



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS *CAMPUS* ARAGUATINS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

CHRISTIAN ALVES DA SILVA

**PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE MILHO SOB DIFERENTES
VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO E DIFERENTES ROTAÇÕES DO
CILINDRO DE TRILHA NA FAZENDA ACOPIARA EM DOM ELISEU-PA.**

ARAGUATINS - TO

2023

CHRISTIAN ALVES DA SILVA

PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE MILHO SOB DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO E DIFERENTES ROTAÇÕES DO CILINDRO DE TRILHA NA FAZENDA ACOPIARA EM DOM ELISEU-PA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Profº Me. Márcio Rogério Pereira Leite

ARAGUATINS - TO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S586p Silva, Christian Alves da
Perdas na colheita mecanizada de milho sob diferentes velocidades de deslocamento e diferentes rotações do cilindro de trilha na fazenda Acopiara em Dom Eliseu-PA. / Christian Alves da Silva. – Araguatins, TO, 2023.
32 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2023.

Orientador: Me. Márcio Rogério Pereira Leite

1. Perdas na colheita. 2. Colheita de milho. 3. Colheita mecanizada. I. Leite, Márcio Rogério Pereira. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE MILHO SOB DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO E DIFERENTES ROTAÇÕES DO CILINDRO DE TRILHA NA FAZENDA ACOPIARA EM DOM ÉLISEU-PA.”

AUTOR (A): Christian Alves da Silva

ORIENTADOR (A): Me. Marcio Rogerio Pereira Leite

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 01 de dezembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Rogerio Pereira Leite, Servidor**, em 01/12/2023, às 15:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Decio Dias dos Reis, Servidor**, em 01/12/2023, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberta de Freitas Souza Lobo, Servidora**, em 01/12/2023, às 15:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ifto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2156823** e o código CRC **A34298AB**.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Wancleilton Alves da Silva e Cristiane Bogéa da Silva e aos meus irmãos Wancleilton Alves da Silva Júnior e Pedro Henrique Alves da Silva.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder a oportunidade de realizar esse sonho, pela sua misericórdia, por me dar a graça de poder concluir mais essa etapa em minha vida, pelos seus cuidados e por me capacitar para desenvolver esse trabalho.

Agradeço a minha família, meus pais Wancleilton Alves da Silva e Cristiane Bogéa da Silva, por todo esforço que fizeram, pelo apoio, pelas orações, pelos conselhos, por tudo que fizeram por mim, aos meus irmãos Wancleilton Alves da Silva Júnior e Pedro Henrique Alves da Silva por sempre estarem ao meu lado. Aos meus tios Florivan Alves da Silva e Jean Alves da Silva por toda ajuda durante esse período.

Agradeço aos meus amigos Ribamar Manoel de Aquino Júnior, Aritha Eduarda dos Santos Sousa, Franciane de Souza Nunes, Victor Manoel Cruz Macena, João Marcos Barbosa Fernandes, por todos os conselhos, por todo apoio, por sempre estarem ao meu lado quando precisei.

Ao meu orientador Márcio Rogério Pereira Leite pelos ensinamentos e pela paciência. A todos os docentes do curso Bacharelado em Engenharia Agrônômica *campus* Araguatins por todo conhecimento transmitido.

A toda a comunidade acadêmica que conviveu comigo durante todos esses anos, onde pude adquirir boas experiências que levarei para vida toda.

EPÍGRAFE

“O SENHOR é a minha força e o meu escudo; nele confiou o meu coração, e fui socorrido; assim o meu coração salta de prazer, e com o meu canto o louvarei”

Salmos 28:7

RESUMO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies mais cultivadas no mundo, desempenhando um papel significativo na agricultura devido a sua adaptabilidade aos vários tipos de clima e classes de solo. Além disso, é o principal grão utilizado na nutrição animal e um dos alimentos básicos na alimentação humana, desempenhando um papel socioeconômico significativo. Diante disso, dentro do processo produtivo do milho, a colheita mecanizada é a etapa final do método de produção, dessa forma, requer cuidados redobrados, pois o não cumprimento de determinadas orientações pode resultar em perdas significativas que conseqüentemente aumentam os custos de produção e, como resultado, ocorre redução da lucratividade do produtor. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar e quantificar as perdas na colheita mecanizada do milho, sob diferentes velocidades de deslocamento e diferentes rotações do cilindro trilhador. O experimento foi conduzido no município de Dom Eliseu – PA, o híbrido utilizado foi o FORSEED® FS560. As amostras foram coletadas em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três velocidades de deslocamento da colhedora (2 km.h⁻¹; 4 km.h⁻¹ e 6 km.h⁻¹) e duas rotações do cilindro trilhador (450 rpm e 550 rpm) com quatro repetições. Cada parcela analisada tinha 50 metros de comprimento e 5,5 metros de largura. Todas as medidas de peso do experimento foram submetidas a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Foi observado que as rotações de cilindro trilhador não tiveram influência significativa nas perdas, porém, conforme o aumento da velocidade de deslocamento também aumentavam as perdas.

Palavras-chave: Milho. Colheitadeira. Perdas.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most cultivated species in the world, playing a significant role in agriculture due to its adaptability to various types of climate and soil classes. Furthermore, it is the main grain used in animal nutrition and one of the basic foods in human nutrition, playing a significant socioeconomic role. Therefore, within the corn production process, mechanized harvesting is the final stage of the production method, therefore, it requires extra care, as failure to comply with certain guidelines can result in significant losses that consequently increase production costs and, as a result, there is a reduction in the producer's profitability. In this context, the objective of this study was to evaluate and quantify losses in mechanized corn harvesting, under different travel speeds and different rotations of the threshing cylinder. The experiment was conducted in the municipality of Dom Eliseu – PA, the hybrid used was FORSEED® FS560. The samples were collected in a Completely Randomized Design (DIC), with three travel speeds of the harvester (2 km.h⁻¹; 4 km.h⁻¹ and 6 km.h⁻¹) and two rotations of the threshing cylinder (450 rpm and 550 rpm) with four repetitions. Each plot analyzed was 50 meters long and 5.5 meters wide. All weight measurements in the experiment were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Tukey test at 5% probability. It was observed that the threshing cylinder rotations did not have a significant influence on the losses, however, as the displacement speed increased, the losses also increased.

Keywords: Corn. Harvester. Losses.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média das perdas em quilogramas por hectare.	24
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Representação das perdas em diferentes velocidades de deslocamento e diferentes rotações do cilindro trilhador.....	25
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plataforma de corte de milho.....	15
Figura 2. Componentes da colhedora.	15
Figura 3. Colhedora John Deere 1550, com plataforma Vence Tudo de 11 linhas. .	19
Figura 4. Regulagens da colhedora para colher milho.	20
Figura 5. Velocidades de deslocamento da colhedora, 2, 4 e 6 km.h-1.	21
Figura 6. Diferentes rotações do cilindro de trilha, 450 e 550 rpm.	21
Figura 7. Metodologia de amostragem de perdas de grãos soltos e de perdas de grãos em espigas.	22
Figura 8. Grãos não debulhados na espiga e grãos soltos.	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Importância da cultura do Milho	13
2.2 Colheita mecanizada do milho	14
2.3 Regulagens operacionais da colhedora	16
2.4 Perdas na colheita mecanizada	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Localização do experimento	19
3.2 Material utilizado	19
3.3 Metodologia	20
3.4 Coleta de dados e estatística	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies mais cultivadas no mundo, desempenhando um papel significativo na agricultura devido a sua adaptabilidade aos vários tipos de clima e classes de solo. Além disso, é o principal grão utilizado na nutrição animal e um dos alimentos básicos na alimentação humana, desempenhando um papel socioeconômico significativo (VENEGAS et al., 2012).

A princípio, a produção de milho no Brasil em 2010 foi de 54,14 milhões de toneladas, posicionando o país em 3º lugar na produção em escala mundial. Sendo, desse total produzido, 4,6 milhões de toneladas são exportadas (ANEC, 2010). Quando comparada à nações como Estados Unidos e China, a produtividade do Brasil de 4,13 t.ha⁻¹ é considerada baixa. Esses países apresentam médias de produção anual de 10,59 e 5,29 t.ha⁻¹, respectivamente (USDA, 2010).

Uma parcela dos alimentos produzidos no mundo é frequentemente perdida devido à forma como são manuseados, e isso ocorre em toda a cadeia produtiva, desde a instalação da cultura até o consumo final (GERMIRO et al., 2003). Diante disso, dentro do processo produtivo do milho, a colheita mecanizada é a etapa final do método de produção, dessa forma, requer cuidados redobrados, pois o não cumprimento de determinadas orientações pode resultar em perdas significativas que conseqüentemente aumentam os custos de produção e, como resultado, ocorre redução da lucratividade do produtor (BERTONHA et al. 2012).

Mantovani (1989) relatou que a perda na colheita de milho, pode acontecer de três maneiras principais: antes da colheita, na plataforma de corte e no mecanismo interno da colhedora. Esses três fatores juntos provocam graves perdas de produção em nível estadual e nacional. Estas perdas podem ser parcialmente evitadas tomando - se alguns cuidados, como o monitoramento rigoroso da velocidade de trabalho da colhedora e a verificação rotineira dos mecanismos de trilha, limpeza e separação, tais medidas podem ser mais eficazes do que os avanços tecnológicos incorporados às colhedoras (MESQUITA et al. 2002).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar e quantificar as perdas na colheita mecanizada do milho, sob diferentes velocidades de deslocamento da máquina e diferentes rotações do cilindro trilhador na fazenda Acopiara localizada no município de Dom Eliseu-PA.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura do Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente à família Poaceae e é originária da América do Norte, com seu centro de origem genética localizado no México. Esta cultura possui uma ampla variedade de utilizações, incluindo consumo humano e animal, bem como diversas aplicações industriais. O milho é reconhecido pela sua notável adaptabilidade a diferentes condições climáticas e tipos de solo, juntamente com seu elevado potencial produtivo e valor nutritivo (CERATTI et al., 2015; VENEGAS; GASPARELLO; ALMEIDA, 2012).

Segundo dados divulgados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2017), o milho é o grão mais cultivado. Em 2016, a produção mundial de grãos atingiu 968 milhões de toneladas. No Brasil, o cultivo do milho continua crescendo em popularidade e é um dos principais setores econômicos do agronegócio brasileiro, sendo o segundo grão mais exportado. Em 2016, os Estados Unidos ocuparam o primeiro lugar entre os maiores produtores mundiais de milho com uma produção de 345 milhões de toneladas, seguidos pela China com 224 milhões de toneladas e pelo Brasil com 67 milhões de toneladas (DEAGRO, 2016; USDA, 2017).

A safra brasileira de milho no ciclo 2022/23 promete alcançar a marca histórica da maior colheita já registrada. A produção total das três safras desse cereal está projetada para atingir 131,9 milhões de toneladas, representando um aumento significativo de 18,7 milhões de toneladas em relação ao ciclo anterior. A primeira safra do grão resultou em 27,4 milhões de toneladas, enquanto a segunda safra está prevista para alcançar um volume de 102,2 milhões de toneladas. A terceira safra, por sua vez, tem uma estimativa de produção de 2,33 milhões de toneladas (CONAB, 2022).

Devido à sua relevância econômica, seja pela produção agropecuária, área cultivada ou volume produzido, a cultura do milho é explorada tanto em pequenas propriedades rurais quanto em grandes módulos de produção. Pequenos produtores frequentemente não utilizam tecnologias avançadas e dependem da produção para subsistência, enquanto grandes produtores têm maior capacidade

produtiva, área cultivada, capital e empregam tecnologia avançada na produção de milho (AGUILERA et al., 2000; PAIVA, 2011).

O momento ideal para a colheita do milho é determinado pelo seu ponto de maturidade fisiológica, que ocorre aproximadamente de 50 a 60 dias após a polinização. Nesse estágio, ocorre a interrupção do acúmulo de matéria seca nos grãos e inicia-se o processo de senescência natural das folhas das plantas (MAGALHÃES et al., 1994; RITCHIE; HANWAY, 1989).

2.2 Colheita mecanizada do milho

A colheita mecanizada do milho representa um marco significativo na evolução da agricultura moderna, uma vez que possibilitou um aumento na produção de alimentos de forma mais eficiente e rápida em comparação com a colheita manual. A utilização de máquinas colhedoras trouxe benefícios indispensáveis para os produtores, embora também tenha desafios relacionados às perdas durante o processo (QUEIROZ et al., 2004).

A colheita mecanizada desempenha um papel indispensável na agricultura moderna, permitindo que a produção de alimentos acompanhe o crescimento populacional e as demandas crescentes. A necessidade de produzir mais alimentos com menos mão-de-obra agrícola destaca a importância de máquinas eficientes que minimizem as perdas durante o processo de colheita (AGROLINK, 2016).

A produtividade do milho desempenha um papel crítico na determinação da velocidade de trabalho ideal durante a colheita mecanizada. Quanto maior a produtividade, maior a quantidade de produto que entra na colhedora. No entanto, é crucial considerar os níveis toleráveis de perdas por hectare, que são de aproximadamente 1,5 sacas por hectare para a cultura do milho, em vez de se concentrar apenas na capacidade de trabalho da colhedora em hectares por hora (Embrapa, 2012).

O processo de colheita começa com a operação da plataforma de corte, um dispositivo que desempenha um papel essencial na eficácia do processo. A plataforma de corte é projetada para atender às especificidades da cultura do milho e é composta por divisores para cada linha a ser colhida, correntes coletoras com dentes, rolos despigadores e um eixo helicoidal condutor. Esses componentes

trabalham em conjunto para separar a espiga da planta (Srivastava et al., 1996) (Figura1).

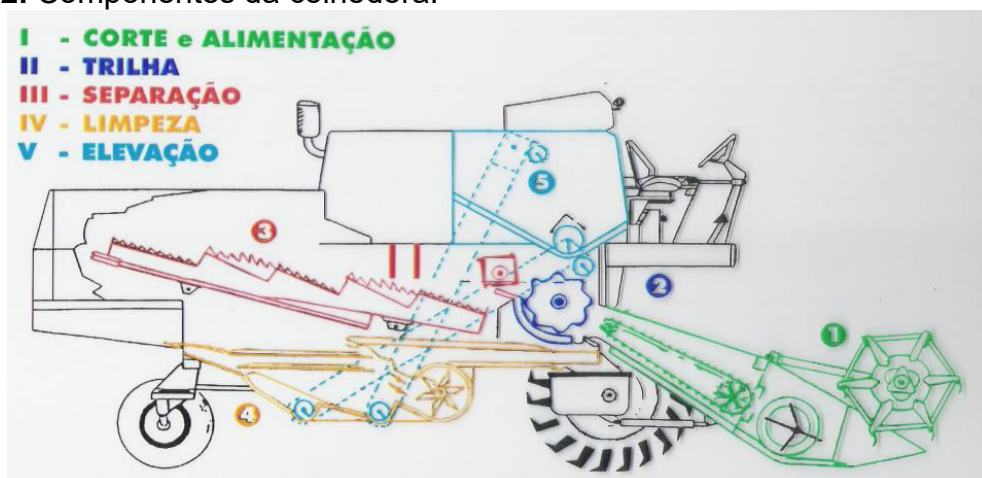
Figura 1. Plataforma de corte de milho.



Fonte: Autor, 2023.

As colhedoras utilizadas na colheita mecânica do milho são complexas e compostas por várias partes interligadas. Os principais componentes incluem o cilindro trilhador, o côncavo, as peneiras, o ventilador, o elevador de grãos e o tanque graneleiro, cada um desempenhando um papel específico na separação e limpeza do grão. A qualidade da operação depende de uma série de regulagens operacionais, como a altura de corte, a rotação do cilindro trilhador, a abertura entre o cilindro e o côncavo, a velocidade da colhedora, entre outros (Mantovani, 2015; Venegas et al., 2012; Chioderoli et al., 2012).

Figura 2. Componentes da colhedora.



Fonte: Embrapa, 2012.

A etapa da trilha, ou debulha, é uma das operações mais críticas na colheita mecânica do milho. A qualidade da debulha afeta diretamente a quantidade e a qualidade do material colhido, bem como as perdas durante o processo. A regulagem adequada do espaço entre o cilindro e o côncavo desempenha um papel importante na prevenção de danos mecânicos aos grãos e na redução das perdas (Mantovani, 2010; Portella, 2005).

2.3 Regulagens operacionais da colhedora

A colheita é uma etapa fundamental na atividade agrícola, pois as perdas nessa fase afetam diretamente o sucesso do trabalho agrícola (VENEGAS; GASPARELLO; ALMEIDA, 2012). Para minimizar tais perdas, é imperativo realizar uma regulagem precisa da trilhadora, uma vez que uma máquina bem regulada pode evitar aproximadamente 50% das perdas na colheita (VENEGAS; GASPARELLO; ALMEIDA, 2012). A importância da regulagem na mecanização da colheita é enfatizada por Chioderoli et al. (2012), que ressalta a necessidade de adequar as regulagens conforme a cultura, material genético, teor de água do grão, velocidade da colhedora e finalidade dos grãos.

A operação de trilha, que faz parte do processo de colheita mecanizada de cereais, é amplamente reconhecida como a etapa mais importante, pois influencia significativamente a qualidade do material colhido e pode resultar em perdas consideráveis do produto (CARVALHO; NAKAGAWA, 1980; MESQUITA et al., 1998). Mantovani (2010) destaca que as perdas de grãos soltos e de grãos no sabugo estão diretamente relacionadas à regulagem da máquina.

Existem dois sistemas principais de trilha: o fluxo axial e o radial (CAMOLESE et al., 2015). Nas colhedoras de fluxo axial, o material vegetal coletado segue paralelamente ao eixo do cilindro trilhador, conhecido como rotor (DALZOTO, 2009). Esse rotor é composto por “gengivas”, barras e aletas de transporte (DALZOTO, 2009). Já no sistema radial, a trilha ocorre devido ao atrito entre a massa das plantas, o côncavo e o rotor (DALZOTO, 2009).

Fatores como altura de corte, rotação do cilindro trilhador, abertura entre cilindro e côncavo, e velocidade de deslocamento são essenciais na minimização de perdas na colheita mecanizada de grãos (FERREIRA et al., 2007). Mantovani (2010) recomenda a consideração da regulagem do espaço entre o cilindro e a abertura do

côncavo, a velocidade de rotação do cilindro, a umidade do grão, a qualidade do grão e as perdas para garantir uma colheita eficaz.

Durante a regulagem do sistema de trilha, é fundamental verificar a saída de grãos para evitar grãos quebrados, a retrilha para controlar o retorno de material para o sistema de debulha e a saída da máquina (saca-palha) para verificar se há grãos presos ao sabugo ou se o sabugo está sendo excessivamente quebrado (MANTOVANI, 2010).

As perdas no processo de trilha geralmente ocorrem devido a condições inadequadas de manutenção e operação das máquinas (DIEHL; JUNQUETTI, 2005). A regulagem adequada da abertura do côncavo é crucial para evitar perdas por danos mecânicos, pois afeta diretamente a qualidade do processo de trilha e a quantidade de grãos separados da palhada (PORTELLA, 2005). Portella (2005) também recomenda uma abertura ligeiramente maior na parte frontal do côncavo, considerando a concentração de material no início da trilha.

2.4 Perdas na colheita mecanizada

A produção de milho no Brasil tem experimentado um crescimento notável, tanto em termos de área cultivada quanto de produtividade, impulsionando os produtores a buscar tecnologias que otimizem a colheita, minimizando as perdas (FERREIRA, 2007). É durante o processo de colheita que os agricultores precisam exercer o máximo de cuidado, garantindo que suas máquinas estejam bem reguladas e operando a uma velocidade adequada, a fim de reduzir as perdas e preservar seus lucros (BERTONHA, 2013). A colheita representa um momento crítico na produção agrícola, e os produtores têm a responsabilidade de buscar o melhor desempenho possível para minimizar as perdas nessa etapa (CAMPOS et al., 2005).

As perdas na colheita de milho podem ser de natureza quantitativa e qualitativa. As perdas quantitativas referem-se à quantidade de grãos que permanecem no campo após a colheita e podem ser divididas em perdas naturais/pré-colheita, perdas na plataforma de colheita e perdas nos mecanismos internos das colhedoras (MANTOVANI, 1989). A velocidade de operação da colhedora desempenha um papel crucial nas perdas quantitativas, e é recomendado que ela trabalhe na faixa de 3 a 7 km/h para evitar sobrecarregar o sistema de trilha da colhedora (CUNHA et al., 2007).

As perdas qualitativas na colheita de milho estão relacionadas aos danos mecânicos que as sementes podem sofrer durante a colheita e o processamento subsequente. Esses danos podem ser imediatos ou encobertos, afetando a qualidade das sementes e sua capacidade de germinação (ANDRADE et al., 1999; FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

A qualidade da colheita também é influenciada pela interação entre fatores como umidade, velocidade da colhedora, velocidade do cilindro trilhador, abertura do côncavo e espaçamento entre linhas. Essas variáveis podem afetar as perdas de diferentes maneiras, e a regulagem adequada da colhedora desempenha um papel fundamental na minimização das perdas (VENEGAS, 2012; LOUREIRO et al., 2012; MANTOVANI, 2015).

Portanto, uma programação cuidadosa da colheita mecanizada, levando em consideração as características da cultura, a regulagem da máquina e as condições climáticas, é essencial para minimizar as perdas e garantir a qualidade da colheita (MANTOVANI, 2015; ZERBATO et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido na fazenda Acopiara do Sr. Vander Valiati localizada no município de Dom Eliseu-PA, no km 36 da BR 222, 5 km adentro, sob a coordenada geográfica da área experimental latitude 4° 16' 59.5" S e longitude 47° 42' 55.5" W, estando a uma altitude de 180m. A região possui um clima classificado como Aw da classificação de Koppen (clima tropical chuvoso com expressivo período seco). A temperatura média anual é de 26°C, e as temperaturas médias máximas e mínimas são de aproximadamente 33°C e 22°C, respectivamente. A umidade relativa média anual é de 80%. A precipitação total anual é de aproximadamente 1.740 mm, sendo o período mais chuvoso de janeiro a maio. O período com menor precipitação é de julho a novembro, resultando em déficits de água no solo para as plantas (EMBRAPA, 2008).

3.2 Material utilizado

O híbrido de milho utilizado foi o FORSEED® FS560 em uma densidade de 2,7 plantas por metro linear, totalizando 54.000 plantas ha⁻¹. O plantio foi realizado por uma plantadeira da marca JOHN DEERE® com 20 linhas espaçadas de 0,50 m.

Na colheita foi utilizada uma colhedora JOHN DEERE®, modelo 1550, ano 2007, com plataforma VENCE TUDO® de 11 linhas de colheita com espaçamento de 0,50 m entre linhas.

Figura 3. Colhedora John Deere 1550, com plataforma Vence Tudo de 11 linhas.



Fonte: Autor, 2023.

3.3 Metodologia

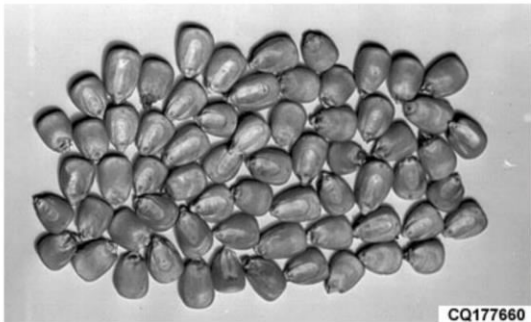
Foi utilizada a metodologia de avaliação de perdas de colheita descrita por Mesquita et al. (1998), com a avaliação das perdas de grãos soltos e grãos em espigas. As perdas ocorridas foram avaliadas nos componentes internos da colhedora e na plataforma de corte, decorrente das diferentes velocidades de deslocamento e rotações do cilindro de trilha.

As amostras foram coletadas em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três velocidades de deslocamento da colhedora (2 km.h⁻¹; 4 km.h⁻¹ e 6 km.h⁻¹) e duas rotações do cilindro trilhador (450 rpm e 550 rpm) com quatro repetições.

O painel digital da colhedora fornece a informação da velocidade de deslocamento da máquina em km.h⁻¹ e a rotação do cilindro de trilha em rpm (Figuras 5 e 6). Decidiu-se utilizar esses tratamentos pois são regulagens recomendadas pelo Manual do Operador da própria colhedora (Figura 4), são velocidades e rotações de cilindro de trilha mais usadas pelos produtores da região, e por ser regulagens que se adequam para colher milho com teor de umidade abaixo de 14%, pois era a faixa em que produtor desejava colher. Para os testes foram feitas quatro repetições dentro de 50 m de comprimento e 5,5 m de largura, pois era a largura da plataforma, cujo objetivo era diminuir o erro experimental. O período de coleta dos resultados foram das 9h até 18h30m no decorrer dos dias.

Figura 4. Regulagens da colhedora para colher milho.

<i>Preparativos e Operação</i>	
Milho	
Especificação	
—Rotação do cilindro.....	200 a 600 rpm
Abertura do Côncavo - Indicação no INFOTRAK	30 a 51
Peneira Superior - Abertura	11 a 16 mm
Peneira Inferior- Abertura.....	8 a 14 mm
Rotação do Ventilador.....	800 a máx. rpm



AG.CO03622.2863 -54-05NOV02-1/1

Fonte: Autor, 2023.

Figura 5. Velocidades de deslocamento da colhedora, 2, 4 e 6 km.h-1.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 6. Diferentes rotações do cilindro de trilha, 450 e 550 rpm.

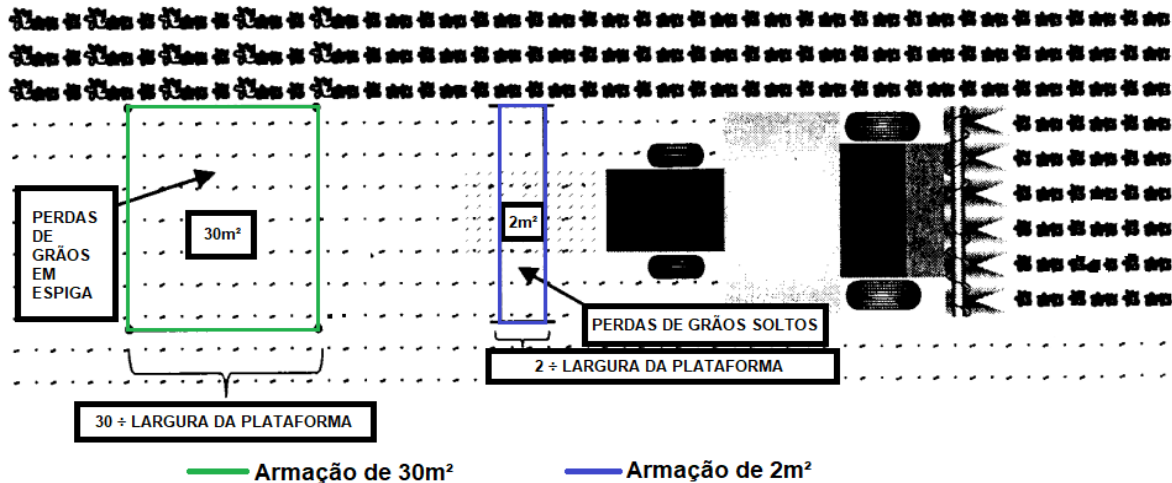


Fonte: Autor, 2023.

Para avaliação das perdas de grãos soltos foi utilizado uma armação retangular de 5,5 x 0,36 m, totalizando uma área de 2 m². Para avaliar as perdas de

grãos na espiga, foi utilizado uma armação de 5,5 x 5,4 m, totalizando uma área de 30 m². As armações foram fixadas conforme mostra a Figura 7.

Figura 7. Metodologia de amostragem de perdas de grãos soltos e de perdas de grãos em espigas.



Fonte: Mesquita 1998.

Para o método de amostragem das perdas de grãos soltos e das perdas de grãos nas espigas, os materiais utilizados para as armações foram: estacas de madeira, barbante e sacos plásticos para armazenamento do material coletado.

3.4 Coleta de dados e estatística

Foi considerado Tratamento 1 o primeiro material coletado, sendo o conjunto de velocidade de 2 km.h⁻¹ e a rotação do cilindro de trilha em 450 rpm. Após a colhedora passar, utilizando as armações para avaliação de perdas, foi coletado o material e armazenado em sacos plásticos apropriados. Seguidamente, o material foi debulhado e classificado, para que restassem apenas grãos de milho. Posteriormente o material foi pesado utilizando uma balança analítica. A umidade do grão se encontrava em 12,5%.

Para efetuar a coleta do Tratamento 2 foi mantida a velocidade de 2 km.h⁻¹, porém a rotação do cilindro de trilha foi alterada para 550 rpm. Seguindo os passos do Tratamento 1, após a colhedora passar, utilizando os mesmos equipamentos para avaliar perdas, o material foi coletado e armazenado para logo

em seguida, efetuar a debulha restando apenas grãos de milho. Logo após, foi feito a pesagem utilizando uma balança de precisão.

No Tratamento 3 ocorreu alterações na velocidade e na rotação do cilindro trilhador, onde a velocidade de deslocamento da colhedora passou a ser 4 km.h⁻¹ e a rotação do cilindro de 450 rpm. Foi realizado o mesmo processo de avaliação de perdas dos Tratamentos 1 e 2.

No Tratamento 4 se manteve a velocidade de deslocamento da colhedora em 4 km.h⁻¹ e foi alterada a rotação do cilindro para 550 rpm. Seguindo o mesmo procedimento dos Tratamentos 1, 2 e 3 para avaliação de perdas.

No Tratamento 5 a colhedora passou a operar com a velocidade de deslocamento de 6 km.h⁻¹, e sua rotação do cilindro passou a ser 450 rpm. Seguindo a mesma trajetória e procedimentos dos Tratamentos 1, 2, 3 e 4.

No Tratamento 6 a colhedora manteve a velocidade de deslocamento em 6 km.h⁻¹ e passou a operar com a rotação do cilindro em 550 rpm. O mesmo procedimento de avaliação de perdas dos Tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 foi seguido.

Todas as medidas de peso do experimento foram submetidas a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 1998).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados alcançados a partir do teste de Tukey a 5% de probabilidade revelaram que dois dos seis tratamentos tiveram perdas superiores a 90 kg por hectare, envolvendo a velocidade de deslocamento da colhedora de 6 km/h. Como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1. Média das perdas em quilogramas por hectare.

Velocidades (km.h ⁻¹)	Rotação (RPM)	
	450	550
2	62,92 a	64,05 a
4	75,95 b	75,2 b
6	97,12 c	96,57 c

*Letras diferentes na coluna indicam diferenças para teste de Tukey a 5% de probabilidade.

T1 (2 km.h⁻¹ + 450 rpm); T2 (2 km.h⁻¹ + 550 rpm); T3 (4 km.h⁻¹ + 450 rpm); T4 (4 km.h⁻¹ + 550 rpm); T5 (6 km.h⁻¹ + 450 rpm); T6 (6 km.h⁻¹ + 550 rpm).

Os valores de perda nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 estão abaixo do limite recomendado para a colheita de milho, que não deve exceder 1,5 sacos por hectare (Embrapa, 1998). Os valores elevados observados nos tratamentos 5 e 6 podem ser explicados pelo aumento da velocidade de deslocamento, o que levou a uma incapacidade da colhedora em processar todo o material. De acordo com KYDD (1980), é comum observar um aumento nas perdas à medida que a taxa de alimentação em colhedoras aumenta.

Figura 8. Grãos não debulhados na espiga e grãos soltos.

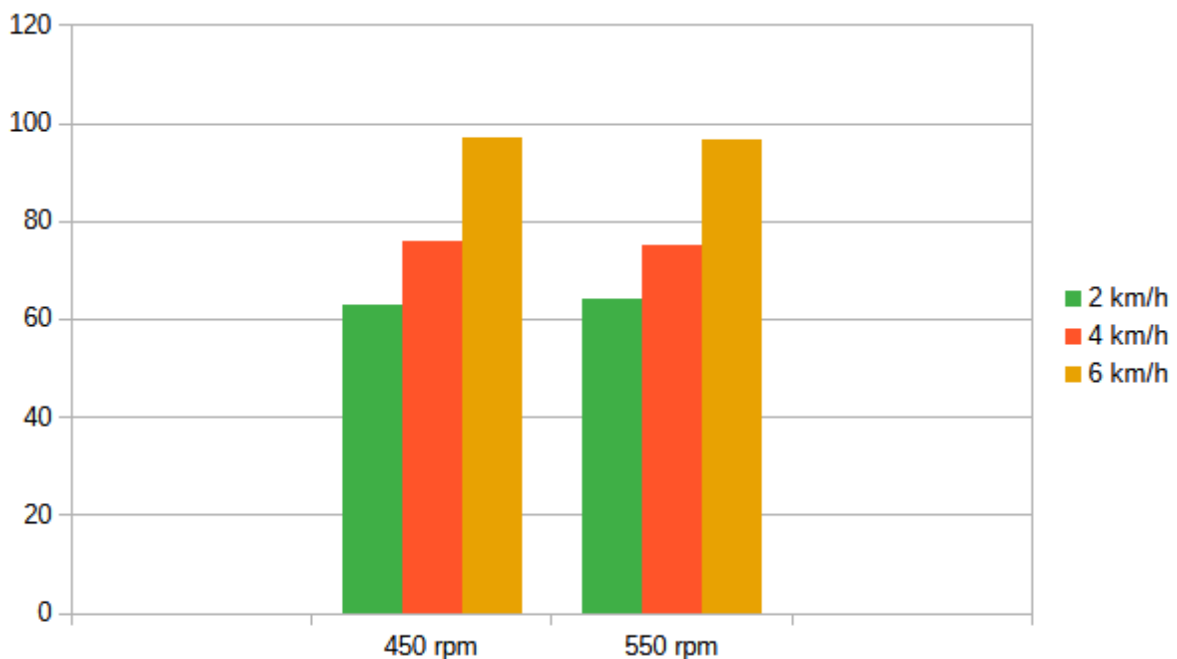


Fonte: Autor, 2023

Segundo Silva et al. (2004), utilizando uma colhedora automotriz com sistema de fluxo axial, foi observado que a velocidade de deslocamento exerce uma influência significativa nas perdas de grãos de milho. Essas perdas foram mais acentuadas quando as colhedoras operavam em faixas de velocidade de 4 a 6 km.h⁻¹, em contraste com máquinas que operavam em velocidades superiores a 7 km.h⁻¹, onde as perdas foram menores. Lima et al. (2007), também observou que as perdas diminuíram à medida que a velocidade de deslocamento aumentou.

Porém, Ferreira (2007), destaca que uma taxa de alimentação reduzida na colhedora possibilita que o cilindro de trilha realize uma separação mais eficaz dos grãos, resultando em perdas menores. Conforme o gráfico 1.

Gráfico 1. Representação das perdas em diferentes velocidades de deslocamento e diferentes rotações do cilindro trilhador.



Fonte: Autor, 2023

Foi observado que as perdas foram levemente maiores quando a rotação do cilindro era menor, resultados que também foram encontrados por Venegas et al. (2012), em que, as perdas foram mais significativas em rotações mais baixas do cilindro, em contraste com rotações mais elevadas.

O experimento foi realizado com uma colhedora “antiga”, podendo influenciar nas perdas, por conta da idade dela. Silva et al. (2004) destacam que as máquinas com idade entre zero e cinco anos registraram níveis mais baixos de

perdas na cultura de milho em comparação com aquelas com mais de seis anos de idade. No entanto, Magalhães et al. (2009), afirmam que colhedoras fabricadas no ano de 2001/02 podem, em algumas situações, obter resultados superiores aos de uma colhedora produzida em 2012. Isso sugere que configurações específicas, manutenção regular e uma operação cuidadosa desempenham um papel mais significativo na redução de perdas do que o ano de fabricação do equipamento, um ponto também ressaltado por Mesquita et al. (2001).

De acordo com Galvão, Borém e Pimentel (2015), a velocidade ideal de operação na colheita de milho varia conforme a produtividade da cultura, devido à capacidade da colhedora em lidar com a massa vegetal que é colhida juntamente com os grãos. O autor também destaca que, em geral, as velocidades de colheita costumam situar-se na faixa de 4 a 6 km.h⁻¹. No entanto, é importante salientar que a eficiência da colheita é medida em termos de toneladas por hora, e, portanto, a decisão de aumentar a velocidade não deve ser baseada apenas na quantidade de hectares colhidos por hora, mas sim se os níveis de perdas estão dentro dos limites recomendados, que correspondem a 90 kg por hectare (1,5 sacos por hectare).

5 CONCLUSÃO

As diferentes rotações do cilindro de trilha utilizadas nos tratamentos não tiveram influência significativa nas perdas de grãos de milho. Entretanto, à medida que a velocidade de deslocamento aumentava, as perdas também aumentavam. Destacando-se os tratamentos 1, 2, 3 e 4 não ultrapassando o limite recomendado de perdas de 1,5 sacos por hectare.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLINK **Tecnologia de sementes – Colheita**, 2016. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologiasementes/colheita_361342.html. > Acessado em 15 de setembro de 2023.

AGUILERA, L. A.; CARON, B. O.; CELLA, W. L.; JUNIOR, I. L. Qualidade fisiológica de sementes de milho em função da forma e do tratamento químico das sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 30, n. 2, p. 211-215. 2000.

ANDRADE, E.T. de; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H.; ALVARENGA, E.M. **Avaliação de dano mecânico em sementes de feijão por meio de condutividade elétrica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.1, p.54–60, 1999.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE CEREAIS – ANEC. Área, estatísticas. 2010. Disponível em: <<http://www.anec.com.br/links.html>>. Acesso em: 15 set. 2011.

BERTONHA, R.S. et al. Perdas e desempenho de sementes de milho em dois sistemas de preparo do solo e velocidade de deslocamento da colhedora. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 243-253, 2013.

BERTONHA, R.S.; SILVA, R.P.; BARROZO, L.M.; CAVICHIOLI, F.A.; CASSIA, M.T. Perdas e desempenho de sementes de milho em dois sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento da colhedora. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p. 243-253, 2012.

CAMOLESE, H. S.; BAILO, F. H. R.; ALVES, C. Z. Perdas quantitativas e qualitativas de colhedoras com trilha radial e axial em função da umidade do grão. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 1, p. 21-29, 2015.

CAMPOS, M.A.O. et al. Perdas na colheita mecanizada de soja no Estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.207-13, 2005.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**, Campinas, Fundação Cargill, 1988. 424p.

CERATTI, R.; SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; ZIMMERMANN JUNIOR, A. **Análise da qualidade fisiológica de semente de milho (Zea mays) e de teosinto (Euchlaena mexicana) em diferentes substratos**. In: Seminário de Iniciação Científica, 23. 2015.

CHIODEROLI, C.A.; SILVA, R.P.; NORONHA, R.H.F.; CASSIA, M.T.; SANTOS, E.P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, v.71, n.1, p.112-121, 2012.

CONAB. **Com novo recorde, produção de grãos na safra 2022/23 chega a 322,8 milhões de toneladas.** Conab – Companhia Nacional de Abastecimento, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5157-com-novo-recorde-producao-de-graos-na-safra-2022-23-chega-a-322-8-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 12 Setembro 2023.

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues; ZANDBERGEN, Hendricus Petrus. Perdas na colheita mecanizada da soja na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6662/4388>> . Acesso em 08 de setembro de 2023.

DALZOTO, M. **Caracterização de parâmetros agrônômicos e operacionais da colheita mecanizada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** 2009. 74p. (Dissertação), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

DEAGRO. **Balança Comercial Brasileira do Agronegócio -Consolidado 2016.** DEAGRO DEPARTAMENTO DO AGRONEGÓCIO -FIESP, São Paulo. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/balanca-comercial/>>. Acesso em: 12 Setembro 2023.

DIEHL, S. R. L; JUNQUETTI, M. T. de G. 2005. **Contextos gerais da soja.** Disponível em: <<http://www.agrobyte.com.br/soja.htm>>. Acesso em 08 de setembro de 2023.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Colheita e pós colheita.** 2012 Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/referencias.htm> Acesso em 15 de setembro de 2023.

EMBRAPA. **Sistema agroflorestal com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum) e banana (*Musa* spp.), Dom Eliseu-PA.** Embrapa, 2008. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/409311/1/Digitalizar0197.pdf>>. Acesso em: 12 Setembro 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar - **sistema de análise de variância para dados balanceados.** Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

FERREIRA, I. C.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. **Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v. 15, n. 2, p. 141-150, 2007.

FERREIRA, N.P.; TAVARES, L.C.V. **Fatores responsáveis pelos elevados percentuais de perdas de grãos durante a colheita mecânica em soja.** Informativo ABRATES, Londrina v.5, p. 17-25, 2007.

FERREIRA, V. de F. **Qualidade de sementes de milho colhidas e despalhadas com altos teores de água**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FRANÇA NETO, J. B., HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de semente de soja**. EMBRAPA-CNPSo, Londrina, 39p, Circular Técnica, n. 9. 1984.

GALVÃO, João Carlos Cardoso; BORÉM, Aluizio; PIMENTEL, Marco Aurélio. **Milho: do plantio a colheita**. UFV, 2015.

GERMIRO, R. **Análise da viabilidade da colheita mecanizada da cultura do milho (*Zea mays* L.), cultivada em diferentes espaçamentos entre linhas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003. Anais. Goiânia: SBEA, 2003. v. 1. p. 6.

KYDD, H.D. **Measuring combine capacity**. PAMI - Prairie Agricultural Machinery Institute, 1980.

LIMA, C.M.; MOLIN, J.P.; ARAÚJO, J.C.; FLEMING, W.; PEREIRA, A.J. **Avaliação do desempenho de uma colhedora semimontada para colheita mecanizada direta de milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. Anais ... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. 1CD-ROM.

LOUREIRO, D.R. et al. **Perdas germinativas na colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamentos reduzido e convencional**. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 4, p. 1251-1358, 2012.

MAGALHÃES, P. C.; RESENDE, M.; OLIVEIRA, A. C. de; DURÃES, F. O. M.; SANS, L. M. A. **Caracterização morfológica de milho de diferentes ciclos**. In: Congresso Nacional De Milho e Sorgo, 20, 1994, Goiânia. Centro Oeste-cinturão do milho e do sorgo no Brasil: resumos. Goiânia, ABMS, 1994. p. 190.

MAGALHÃES, S.C.; OLIVEIRA, B.C.; TOLEDO, A.; TABILE, R.A.; SILVA, R.P. **Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em diferentes condições operacionais de duas colhedoras**. Bioscience Journal, v.25, n.5, p.43-48, 2009.

MANTOVANI, E. C. **Colheita mecânica do milho**. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Colheita mecânica, secagem e armazenamento do milho. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 1-24.

MANTOVANI, E. C. **Cultivo do milho: Colheita e pós-colheita**. Embrapa milho e sorgo, 6ed., 2010. (Embrapa milho e sorgo: Sistema de produção 1). Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/colregula.htm>. Acesso em 08 de setembro de 2023.

MANTOVANI, E.C. **Colheita mecanizada de milho**. In: Colheita mecânica, secagem e armazenamento do milho. Campinas - SP: Fundação Cargill, 1989, 35p.

MANTOVANI, E.C. **Componentes do sistema de colheita devem atuar em perfeita sintonia**. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE). Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1046453/1/Componentessisma.pdf> Acesso em 15 de setembro de 2023.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. E. M. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, v.22, n.3, p. 398-406. 2002.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTOVANI, E.C.; ANDRADE, J.G.M.; FRANÇA NETO, J.B.; SILVA, J.G.; FONSECA, J.R.; PORTUGAL, F.A.F.; GUIMARÃES SOBRINHO, J.B. **Manual do produtor: Como evitar desperdícios nas colheitas da soja, do milho e do arroz**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; PEREIRA, J.E.; MAURINA, A.C.; ANDRADE, J.G.M. **Caracterização da colheita mecanizada da soja no Paraná**. Engenharia Agrícola, v.21, n.2, p.197-205, 2001.

PAIVA, J. R. G. **Comportamento produtivo da cultura do milho em sistema orgânico de cultivo**. 2011. 40 f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2011.

PORTELLA, J. A. **Sintonia total. Cultivar máquinas**, fev. 2005. Disponível em: http://www.fatecpompeia.edu.br/arquivos/arquivos/colhedora_regulagens_2005a.pdf. Acesso em 08 de setembro de 2023.

QUEIROZ, D. M.; SOUZA, C. M. A.; PINTO, F. A. C.; MANTOVANI, E.C. **Simulação dos processos de trilha e separação em colhedoras de grãos**. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 105-117, 2004.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report, 48).

SILVA, R.P.; CAMPOS, M.A.O.; MESQUITA, H.C.B.; ZABANI, S. Perdas na colheita mecanizada de milho no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG. **Fazu em Revista**, Uberaba, v.1, n.1, p.3-10, 2004.

Srivastava, D., Kapoor, R., Srivastava, S.K. and Mukerji, K.J. 1996. **“Mycorrhizal research— A priority in agriculture”**. In Concepts in Mycorrhizal Research, Edited by: Mukerji, K.G. 41 – 75. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Area, yield, and production. 2010. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 15 set. 2011.

USDA. Commodity Forecasts | World Agricultural Supply and Demand Estimates. USDA, 2017. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>>. Acesso em: 12 Setembro 2023.

VENEGAS, F.; GASPARELLO, A. V.; ALMEIRA, M. P. Determinação de perdas na colheita mecanizada do milho (*Zea mays* L.) utilizando diferentes regulagens de rotação do cilindro trilhador da colheitadeira. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde.** Campo Grande, v.16, n.5, p.43-55, 2012.

ZERBATO, C.; CAVICHIOLI, F. A.; RAVELI, M. B.; MARRAFON, M.; SILVA, R. P. Controle estatístico de processo aplicado à colheita mecanizada de milho. **Engenharia na agricultura,** Viçosa, MG, v. 21 n. 3, p. 261-270, 2013.