



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

**Campus de Chapadinha / MA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA**



**COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**BRENO DOS SANTOS SILVA**

**RELAÇÃO SOLO-MÁQUINA-PLANTA: ESTIMATIVA DE PERDAS NO  
ARRANQUIO MECANIZADO DO AMENDOIM**

Chapadinha – MA

Julho de 2023

**BRENO DOS SANTOS SILVA**

**RELAÇÃO SOLO-MÁQUINA-PLANTA: ESTIMATIVA DE PERDAS NO  
ARRANQUIO MECANIZADO DO AMENDOIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
a Coordenação de Engenharia Agrícola da  
Universidade Federal do Maranhão, como  
requisito para obtenção do Título de  
Engenheiro Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Washington da Silva Sousa  
Coorientador: Msc. Eduardo Arouche da Silva

Chapadinha – MA

Julho de 2023

TCC defendido e aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Washington da Silva Sousa (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão

---

Msc. Eduardo Arouche da Silva (Coorientador)

Mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP

---

Msc. Jarlyson Brunno Costa Souza (Examinador)

Universidade Estadual Paulista – UNESP/FCAV

---

Prof. Dr. Patrício Gomes Leite (Examinador)

Universidade Federal do Maranhão

**FICHA CATALOGRÁFICA**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

dos Santos Silva, Breno.

Relação Solo-Máquina-Planta: Estimativa de perdas no arranquio mecanizado do amendoim / Breno dos Santos Silva. - 2023.

39 f.

Coorientador(a): Eduardo Arouche da Silva.

Orientador(a): Washington da Silva Sousa.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha - MA, 2023.

1. *Arachis hypogaea* L. 2. Colheita mecanizada. 3. Controle de qualidade. I. Arouche da Silva, Eduardo. II. da Silva Sousa, Washington. III. Título.

## DEDICATÓRIA

Dedico esta defesa aos meus pais, meus irmãos, minha família e amigos. A todos que acreditaram nos meus sonhos e estiveram do meu lado em toda minha trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela dádiva da vida e me manter de pé durante todos os dias. Agradecê-lo, por sempre está ao meu lado a onde quer que eu esteja. Muito obrigado Senhor!

À Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, Campus de Chapadinha.

Aos meus pais Benedito Pereira da Silva e Edilene dos Santos Silva por todo apoio e criação, incentivos e confiança no meu esforço. Aos meus irmãos Denilson dos Santos Silva que foi companheiro durante toda a minha trajetória. Denis dos Santos Silva e Walquiria dos Santos Silva por todo apoio e amizade durante meus 24 anos de vida. Aos meus Sobrinhos Glaucon Silva Melo, Grazyele Silva Melo e Douglas Santana dos Santos. E a minha namorada Natália Carvalho pelas palavras de incentivo e o carinho. E a todos meus familiares e amigos.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Washington de Silva Sousa, por quem despertei grande admiração e respeito. Agradeço por seus ensinamentos e amizade.

Ao meu grande amigo, irmão e coorientador Msc. Eduardo Arouche da Silva pela dedicação, paciência, ensinamentos, amizade e disponibilidade para contribuir com meu desempenho durante todo o trabalho, sempre tive você como referência, pois admiro sua trajetória acadêmica, suas atitudes e seu perfil de profissionalismo. Assim também, agradeço à banca examinadora Prof. Dr. Patrício Gomes Leite e Msc. Jarlyson Brunno Costa Souza, pela disponibilidade, por se fazer presente no acompanhamento e avaliação do trabalho.

Ao grupo do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA, Unesp/Jaboticabal, em especial ao Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela confiança e apoio.

Ao grupo CREA Jr núcleo de Chapadinha que me recebeu muito bem e contribuiu diretamente para o meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus amigos de turma, Isabela Araujo, Sheyla Sales, Dara Maria, Milena Cristina, Silvia Adriana, Genylce Aguiar, Emanuele Karolayne, Ronald de Sousa, Luciana Paulino, Andressa Kethlen, por tornarem essa caminhada mais leve e menos desgastante. Ao meu amigo Prof. Dr. Eduardo Silva dos Santos, pelos ensinamentos e acompanhamento em trabalhos acadêmicos. Da mesma forma, agradeço a todos os professores do Centro de Ciências de Chapadinha e a todos os colaboradores dessa instituição.

A minha grande amiga e irmã Taynara da Silva Sousa, Victor Manoel, Maiane Ferreira, Luana Cardoso, Fernanda Arouche, José Matheus, Paulo Roberto, João Ítalo, Silas Souza, Tia

Inês Arouche e família, Tia Dorzinha e família, dona Nazaré e família, amizades sinceras que levarei em toda vida. E aos amigos que conquistei durante o período que estive em Chapadinha, Antônio Barbosa (*in memoriam*), Luiziane Sousa, Bruna Brito, Mirely Meres, Melissa Leite, Gessiele Rodrigues, Ana Karla, Eduardo Campus, Leosvânyo Costa, Werverton Alves, Dailane Oliveira, Thomerson Teixeira, Gildilene Pestana, Tibiriçá Neto, Ruslene dos Santos, Renato Sousa, Ernaldo Balbino, Vitória Karoline, e a todos que contribuíram de forma direta e indiretamente, o meu muito obrigado e os meus sinceros agradecimentos. Muito grato a todos!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE TABELAS .....	12
1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1 Relação Solo-Máquina-Planta .....	15
2.2 Cultura do amendoim.....	15
2.3 Colheita mecanizada .....	16
2.4 Perdas no arranquio de amendoim.....	18
2.5 Cartas de controle .....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	21
3.1 Área experimental.....	21
3.2 Delineamento experimental .....	22
3.3 Indicadores de qualidade .....	22
3.3.1 Teor de água no solo.....	22
3.3.2 Resistência mecânica do solo à penetração .....	23
3.3.3 Resistência do ginóforo ao rompimento.....	24
3.3.4 Perdas no arranquio .....	25
3.3.5 Produtividade.....	26
3.3.6 Maturação .....	26
3.4 Análise estatísticas .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5. CONCLUSÃO .....	34
REFERÊNCIAS .....	35

## RESUMO

### RELAÇÃO SOLO-MÁQUINA-PLANTA: ESTIMATIVA DE PERDAS NO ARRANQUIO MECANIZADO DO AMENDOIM

**Resumo:** Durante o processo de arranquio mecanizado de amendoim, é comum ocorrerem perdas devido a interação entre vários fatores, tais como as regulagens do maquinário e as condições do solo. Dessa forma, o presente trabalho buscou avaliar a variabilidade do processo de arranquio mecanizado de amendoim em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-arrancador-invertedor e das condições físicas do solo. O experimento foi realizado na safra de 2021/2022, em lavoura comercial na região de Jaboticabal, São Paulo. Assim, o delineamento experimental utilizado seguiu as premissas do Controle Estatístico de Qualidade (CEQ), foram coletados 40 pontos amostrais, sendo representado pelas diferentes velocidades 3 e 5 km h<sup>-1</sup> com arrancador 2x1. As variáveis utilizadas foram teor de água no solo (TAS), resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), resistência do ginóforo ao rompimento (RGR), perdas visíveis (PVA), perdas invisíveis (PIA), perdas totais (PTA) e produtividade (PROD). O processo de estudo foi analisado por gráficos individuais através da utilização das cartas de controle. As cartas de controle permitiram avaliar a variabilidade do processo e a detecção de causas especiais, sendo encontrada a maior variabilidade de perdas quando o conjunto trator-arrancador-invertedor se deslocou a 3 km h<sup>-1</sup>. No entanto, a velocidade de deslocamento não expressou efeitos negativos, por tanto as regulagens do maquinário depende exclusivamente de fatores intrínsecos ao solo e a planta.

**Palavras-chaves:** *Arachis hypogaea* L., colheita mecanizada, controle de qualidade.

## ABSTRACT

### SOIL-MACHINE-PLANT RELATION: ESTIMATION OF LOSSES IN PEANUT MECHANIZED DIGGING PROCESS

**Abstract:** During the mechanized digging process of groundnuts, it is common for losses to occur due to the interaction between several factors, such as machinery settings and soil condition. Thus, the present work sought to evaluate the variability of the mechanized digging process of peanut as a function of the displacement speed of the tractor-starter-inverter set and the physical conditions of the soil. The experiment was carried out in the 2021/2022 harvest, in commercial crops in the region of Jaboticabal, São Paulo. Thus, the experimental design used followed the premises of the Statistical Quality Control (SQC), 40 sample points were collected, being represented by the different speeds 3 and 5 km h<sup>-1</sup> with 2x1 starter. The variables used were soil water content (SWT), soil mechanical resistance to penetration (SMR), gynophore resistance to breakage (RGR), visible losses (PVA), invisible losses (PIA), total losses (PTA) and productivity (PROD). The study process was analyzed by individual charts using the control charts. The control charts made it possible to evaluate the variability of the process and the detection of special causes, and the greatest variability of losses was found when the tractor-starter-inverter set moved at 3 km h<sup>-1</sup>. However, the displacement speed did not express negative effects, so the machinery settings depend exclusively on factors intrinsic to the soil and the plant.

**Keywords:** *Arachis hypogaea* L., mechanized harvesting, quality control.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental .....	21
Figura 2. Resumo gráfico do delineamento experimental. ....	22
Figura 3. Avaliação da umidade do solo por meio da TDR .....	23
Figura 4. Avaliação da resistência mecânica do solo à penetração na camada de 0 - 20 cm ...	24
Figura 5. Avaliação da resistência do ginóforo ao rompimento por meio de um dinamômetro digital.....	24
Figura 6. Processo de avaliação de perdas no arranquio de amendoim. ....	25
Figura 7. Processo de avaliação da maturação do amendoim. Adap. Williams e Drexler (1981). .....	27
Figura 8. Carta de controle para o teor de água no solo (%) no arranquio mecanizado de amendoim .....	28
Figura 9. Carta de controle para o índice de cone (0- 20 cm) no arranquio mecanizado de amendoim .....	29
Figura 10. Carta de controle para força de desprendimento (N) .....	30
Figura 11. Carta de controle para perdas visíveis (a); invisíveis (b) e totais (c) (kg ha <sup>-1</sup> ) .....	31
Figura 12. Carta de controle para a produtividade final (kg ha <sup>-1</sup> ) .....	33

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Análise granulométrica do solo da área..... **Erro! Indicador não definido.**

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do amendoim tem se apresentado com relevante importância econômica, pelo fato de ser amplamente utilizado na indústria alimentícia e na produção de óleos. Contudo, vale atentar-se que a cultura do amendoim está interligada desde o manejo adequado do solo, regulagem das máquinas nas etapas de arranquio e recolhimento, quanto as condições da lavoura.

O processo de colheita mecanizada de amendoim é considerado indireto, por depender de duas operações: iniciado com a operação de arranquio, quando a máquina por meio de lâminas em subsuperfície expõe as raízes para cima onde estão os tegumentos fazendo com que eles sequem ao sol, seguido pela operação de recolhimento, a qual outro equipamento retira a rama e recolhe toda a planta e separa os frutos, realiza pré-limpeza e armazena em reservatório (PEREIRA, 2019).

O sistema de colheita mecanizada do amendoim no Brasil é recente, se comparada com outras culturas, e possui perdas elevadas devido o amendoim se desenvolver abaixo do solo e possuir crescimento indeterminado, o que dificulta o processo de colheita mecanizada (FEREZIN, 2014). O arranquio de amendoim é uma etapa importante no processo de colheita desse cultivo, durante essa atividade, ocorrem perdas totais ou parciais devido a diferentes fatores, como o deslocamento da máquina e as características do solo.

O deslocamento da máquina é um fator que está diretamente ligado ao processo de arranquio do amendoim (BRAGACHINI; PEIRETTI, 2008). Quando a máquina se move em alta velocidade, associada com quantidade de material vegetal colhido e vibração da esteira, dificulta o processo de reversão das plantas ocasionando perdas (SANTOS *et al.*, 2016; FEREZIN *et al.*, 2018). Isso resulta em perdas significativas de produtividade, uma vez que os grãos não serão aproveitados na colheita

Outro fator que influencia as perdas no arranquio do amendoim é a condição do solo. Solos muito compactados ou com elevada umidade dificultam a fixação das vagens e a remoção das plantas do solo (BEUTLER *et al.*, 2008). O teor de água no solo também desempenha um papel importante nas perdas no arranquio de amendoim. Behera *et al.* (2008) notaram que as perdas diminuíram gradativamente com o aumento de água no solo. Por outro lado, Zerbato *et al.*, (2014) afirmam que o aumento do teor de água no solo pode dificultar o desempenho da operação da máquina.

É importante destacar que as perdas no arranquio do amendoim não são apenas um prejuízo econômico para o produtor, mas também impactam na qualidade final do produto.

Quanto maior for a quantidade de grãos perdidos, menor será a quantidade que poderá ser comercializada, afetando assim os lucros e a rentabilidade do produtor.

Por fim, é essencial que os produtores adotem práticas adequadas de arranquio, como ajuste correto da máquina, velocidade adequada de deslocamento e avaliação das condições do solo. Além disso, investir em tecnologias modernas e equipamentos de alta qualidade também pode ajudar a minimizar as perdas e maximizar a eficiência do processo de arranquio do amendoim. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade do processo de arranquio mecanizado de amendoim em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-arrancador-invertedor e das condições físicas do solo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Relação Solo-Máquina-Planta**

Nascimento et al. (2016) relataram que a força de desprendimento da planta de amendoim está diretamente relacionada às perdas na colheita mecânica, sendo que plantas com baixa força de desprendimento tendem a apresentar maior quantidade de amendoins deixados no campo. Contudo, a quebra do ginóforo pode não ocorrer somente devido aos processos mecânicos que a cultura sofre, mas também, devido a fatores morfológicos, fitossanitários e o grau de maturação da cultura.

Contudo, um problema comum durante o arranquio mecanizado de amendoim diz respeito ao teor de água no solo. O excesso de umidade dificulta e atrasa a entrada das máquinas no campo, levando a perdas na colheita. Por outro lado, solos muito secos podem impossibilitar a penetração das facas ou, ainda, proporcionar profundidade inadequada de arranquio, levando ao aumento das perdas na colheita (SILVA, 2019).

Nota-se, como em qualquer processo mecanizado, as perdas na colheita do amendoim são inevitáveis. No caso do arranquio do amendoim, as perdas podem ser afetadas por diversos fatores, sendo potencialmente maiores quando o pedúnculo se encontra enfraquecido, seja pelo excesso de maturação, seja pela desfolha prematura causada por doenças, seja ainda, quando o solo se encontra muito seco ou compactado. Além disso, o tipo e as condições do solo, a presença de plantas daninhas, a sanidade e a maturação são fatores importantes para uma boa colheita, com baixo índice de perdas (SILVA,2019).

A respeito disso, outro aspecto a ser observado é a velocidade recomendada, situa-se em torno de 3,0 a 5,0 km h<sup>-1</sup> para o arranquio. O operador deve trabalhar na maior velocidade possível, conforme as condições de umidade, de segurança e das características do produto, procurando não comprometer o funcionamento das máquinas nem ocasionar perdas no campo. Em condições adversas, é preferível trabalhar em velocidades menores, obtendo-se menor capacidade operacional, do que aumentar a velocidade e elevar o nível de perdas além do aceitável, comprometendo também o funcionamento da máquina e ocasionando manutenções desnecessárias (SILVA, 2019).

### **2.2 Cultura do amendoim**

O amendoim (*Arachis hypogaea L.*) é uma oleaginosa, herbácea, anual, pertencente à família Fabaceae e ao gênero *Arachis*, sendo uma espécie originária da América do Sul (ADHIKARI *et al.*, 2018). Em âmbito mundial, essa cultura apresenta grande importância socioeconômica, com produção anual estimada em 49 milhões de toneladas (USDA, 2022). No Brasil, a região Sudeste, representada principalmente pelo Estado de São Paulo é responsável pela maior produção, com aproximadamente 90% do total produzido (CONAB, 2022).

No ranking mundial, o Brasil assume a décima quarta posição, com uma produção estimada em 816,2 toneladas, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor (745,8 toneladas), com cerca de 95% da produção nacional de amendoim (CONAB, 2023). Os cultivos de amendoim são predominantemente feitos em áreas de reforma de canaviais ou de pastagens degradadas Silva *et al.*, (2012), áreas com deficiência de adubação há muito tempo ou manifestam o solo esgotado de nutrientes.

Nesse sentido, Xavier *et al* (2014) afirma que o amendoim desempenha um papel fundamental na rotação de culturas e no plantio dos sistemas Meiosi com cana-de-açúcar, tornando-se uma escolha popular na reforma de canaviais e como consequência tem trazido benefícios econômicos significativos e redução na quantidade de mudas necessárias para a reforma das áreas de cultivo. Assim, o amendoim é considerado como a segunda leguminosa mais importante do mundo, visto que seu cultivo é predominantemente voltado para ser uma fonte crucial de proteína vegetal e óleo. Vale ressaltar que os seus grãos possuem importante fonte de proteína vegetal e de óleo, com teor de lipídio de até 50% (NAKAGAWA; ROSOLEM, 2011).

Considerando essa perspectiva, Carrega *et al.* (2019) e Lana *et al.* (2009) enfatizam que a seca é um dos principais fatores limitantes para o rendimento das sementes de amendoim, o que pode resultar em instabilidade econômica no setor agrícola. Portanto, é essencial que se utilize estratégias que possam mitigar os impactos decorrentes da escassez de água. É importante salientar que o cultivo do amendoim é mais recomendado em solos arenosos devido à melhor capacidade de penetração dos ginóforos, desde que esses solos apresentem boas condições de fertilidade e drenagem (SASAKANDA, 2015).

### **2.3 Colheita mecanizada**

Dentre os sistemas mecanizados agrícolas, a colheita é tida como uma das etapas mais relevantes e cruciais, uma vez que garante o retorno do investimento realizado em todas as

etapas de produção (MENEZES *et al.*, 2018). Porém, quase nunca apresentam eficiência máxima no seu rendimento (SANTINATO *et al.*, 2014), devido a ação de fatores externos que reduzem na qualidade desta operação, como: ocorrência de fatores climáticos, máquina (regulagens), homem (mão de obra) (ZERBATO *et al.*, 2017).

No arranquio, duas lâminas cortantes, suportadas por colunas, cortam as raízes das plantas de amendoim do solo, enquanto as hastes guias as direcionam para a esteira vibratória, onde são puxadas pelas taliscas e, com o movimento ascendente da esteira, atinge o topo do equipamento. Durante o transporte das plantas arrancadas, a esteira, por meio de vibração proporcionada pelas roldanas, elimina o excesso de solo aderido às vagens, facilitando o processo de inversão e proporcionando uma pré-limpeza do material a ser posteriormente recolhido (SILVA, 2019).

Após o arranquio, devido ao alto teor de água (em torno de 35 a 45%), as vagens necessitam serem secadas de forma que elas ficarão expostas na superfície do solo até que cheguem ao teor de água recomendado (cerca de 18 a 24%), para que ocorra a segunda etapa da colheita que é o recolhimento (SILVA, 2019).

A segunda fase da colheita é caracterizada pelo recolhimento e a trilha das vagens, por meio de recolhedoras-trilhadoras, que podem ser acionadas e tracionadas por um trator. Durante o recolhimento, as vagens são separadas das ramas e conduzidas ao tanque graneleiro, onde são armazenadas até à realização da transbordagem para caminhões que efetuarão o transporte à unidade beneficiadora (SILVA, 2019).

A utilização da mecanização agrícola é um importante aliado para a otimização da capacidade operacional (EMAMI *et al.*, 2018), pois melhora à agilidade na realização de serviços pesados, influenciando diretamente na eficiência das propriedades. E, em consequência disso, apresentam crescente desenvolvimento das propriedades agrícolas com técnicas de manejo adequado (CUNHA, 2015).

A etapa do arranquio é realizada quando a cultura atinge o ponto ideal da maturação (acima de 70%), ocorrendo simultaneamente a retirada do amendoim do solo e inversão da leira, deixando as vagens expostas para cima e a parte área para baixo, ou seja, durante esta operação ocorre o enleiramento da mesma sobre a superfície do solo (SILVA, 2019).

No Brasil, o arranquio mecanizado é realizado por arrancadores-invertedores, tracionados por meio do sistema hidráulico de três pontos de um trator de médio porte. O acionamento desta máquina se dá por meio de eixo cardan, que aciona a caixa redutora, mudando a direção e diminuindo a rotação, que por sua vez comanda um sistema de polias e

correias, movimentando finalmente a esteira e os rolos enfileiradores (PATENTES ONLINE, 2012).

#### **2.4 Perdas no arranquio de amendoim**

A colheita do amendoim ocorre em duas fases distintas: arranquio e recolhimento. Durante essas etapas, as perdas podem atingir valores significativos, chegando a 30% no arranquio. No entanto, com planos de melhoria e um gerenciamento adequado, é possível reduzir as perdas para apenas 5%. As particularidades do amendoim, como seu hábito de crescimento indeterminado e frutos abaixo do solo, requerem atenção especial, diferindo das perdas em outras culturas. Portanto, é fundamental desenvolver estratégias e técnicas para minimizar essas perdas e garantir maior eficiência na produção. Ao aprimorar os métodos de colheita, os agricultores podem otimizar os rendimentos e alcançar uma produção mais sustentável e rentável. (SILVA, 2019).

Assim, no processo de arranquio, as perdas podem ocorrer de duas formas: abaixo ou acima do solo. As perdas invisíveis, que acontecem abaixo do solo, ocorrem quando as lâminas de corte cortam as plantas muito superficialmente, resultando na perda das vagens quando o solo é empurrado para cima da esteira vibratória. Por outro lado, as perdas visíveis (acima do solo) acontecem quando as plantas são elevadas e agitadas pela esteira vibratória para remover a terra, ou quando as plantas são enleiradas (ROBERSON et al., 2009).

Desse modo, quando a colheita do amendoim é realizada tardiamente, há um risco de comprometer o valor da cultura devido ao destacamento das vagens mais velhas da planta. Esse fenômeno acontece quando o pedúnculo que liga a vagem à planta começa a se deteriorar devido a diversos fatores, como maturação excessiva, presença de doenças, nematoides, insetos ou danos causados por outros microrganismos. Por essa razão, é quase inevitável ocorrerem perdas no arranquio e no recolhimento do amendoim, podendo atingir níveis bastante elevados, especialmente quando o solo está compactado e seco, ou quando o pedúnculo fica enfraquecido devido ao excesso de maturação ou desfolha prematura causada por doenças (SILVA, 2019).

Silva (2019) enfatiza que para minimizar as perdas na operação de arranquio do amendoim, é crucial garantir a manutenção adequada do afiamento das facas, a estabilidade da profundidade de corte e a vibração correta da esteira vibratória, além de estabelecer uma relação apropriada entre a velocidade de deslocamento e a velocidade da esteira. Assim, o estudo conduzido por Almeida (2008) reforça a importância das velocidades de deslocamento na

ocorrência de perdas visíveis no arranquio e no recolhimento do amendoim onde os resultados indicaram que a velocidade de 5,0 km/h resultou em menores perdas quando comparada à velocidade de 4,4 km h<sup>-1</sup>.

Em seus estudos sobre produtividade e perdas de amendoim, Santos et al. (2013) concluíram que a diminuição do teor de água e a resistência mecânica do solo à penetração não tiveram impacto significativo nas perdas. Eles sugeriram que o arranquio realizado com 120 dias após a semeadura pode ser uma estratégia eficaz para otimizar a produtividade. Por sua vez, Cavichioli et al. (2014) quantificaram as perdas de amendoim em dois períodos de arranquio, manhã e tarde, e observaram que os conjuntos mecanizados e os períodos de colheita não influenciaram significativamente as perdas, independentemente do teor de água das vagens.

Por conseguinte, Zerbato et al (2019) realizaram uma comparação entre o arranquio de amendoim com e sem o uso de piloto automático. Os resultados revelaram que as perdas visíveis de arranquio não apresentaram diferenças significativas entre os dois métodos. No entanto, quando o piloto automático foi empregado durante a colheita, observou-se uma melhoria na qualidade geral do processo. Desse modo os pesquisadores notaram que o direcionamento automático resultou em redução das perdas invisíveis e totais de arranquio, especialmente quando a máquina operava a uma velocidade de 4,5 km h<sup>-1</sup>.

De acordo com Santos et al. (2010), é essencial levar em conta o teor de água nas vagens, já que um menor teor facilita o desprendimento da vagem do pedúnculo da planta, resultando em diminuição das perdas no arranquio. Behera et al. (2008) também chegaram à conclusão de que o arranquio mecanizado apresentou perdas totais de 23% quando o teor de água do solo era de 8%, comparado ao arranquio manual de amendoim. No entanto, eles observaram que essas perdas diminuiriam gradativamente com o aumento do teor de água do solo para 10% (15,96%) e para 12% (12,68%). Portanto, é de extrema importância considerar o teor de água do solo como um fator chave para reduzir as perdas e otimizar o processo de colheita do amendoim.

## **2.5 Cartas de controle**

O Brasil é apontado como um importante exportador de amendoim, a produção desta cultura avança como foco na qualidade, tornando-se necessário cada vez mais implantação de planos de gestão de qualidade para a redução de perdas (SANTOS *et al.*, 2013; SOUSA, 2019).

Desse modo, convém ressaltar que quando há a ocorrência de causas especiais, é importante a utilização de uma análise complementar que normalmente é feito por meio das

cartas de controle, permitindo assim o maior esclarecimento da atuação ou não de causas especiais para a elaboração de ações mitigadoras (BRITO FILHO, 2021).

Em vista disso, o CEQ possui sete ferramentas de qualidade como: histograma, diagrama de causa e efeito, fluxograma, diagrama de Pareto, controle estatístico de processo (CEP), folhas de verificação e gráfico de dispersão (Montgomery, 2016), que contribuem para o monitoramento e análise do processo, sendo aplicadas na identificação do erro gerado no decorrer de sua execução.

Dentre as ferramentas de qualidade, o CEP é uma das ferramentas que destaca tendo as cartas de controle como a mais usada, por permitir o monitoramento e a detecção das causas especiais (Morossini, 2016), que origina instabilidade ao processo e o aumento da variabilidade. As causas de variabilidade podem ser naturais ou especiais. As causas naturais são inerentes ao processo, pois não são controladas, tais como ações climáticas (vento, chuva, temperatura). Contudo, consegue-se reduzir o efeito da causa natural, porém a sua eliminação é mais dificultosa do que a especial (Samohyl, 2009). Enquanto as especiais são àquelas que se conseguem corrigir, como erro durante a operação como regulagem inadequada.

Quando uma observação apresentar falha no teste para causas especiais, o ponto é destacado na carta de controle, indicando variação não-aleatória nos dados, considerada como variação devido a causas especiais, devendo, portanto, essa ser investigada. Todavia, quando nenhum ponto é destacado na carta de controle, não há observação falha no processo, ou seja, não existem causas especiais de variação e, conseqüentemente, o processo está sob controle estatístico (BERTONHA, 2011).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na safra 2020/2021 com a variedade OL3, tipo Runner em lavoura de produção agrícola, utilizadas como objetivos comerciais de amendoim na região de Jaboticabal, SP. Área de estudo está localizada no município de Santa Ernestina – SP (Figura 1). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). O clima da região é Aw, conforme a classificação de Köppen, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013).



Figura 1. Localização da área experimental

Para a análise da classe textural, foram coletadas seis amostras simples aleatoriamente na camada de 0 a 0,20 m. Essas amostras foram misturadas para formar uma amostra composta, que foi encaminhada ao Laboratório Athenas Consultoria Agrícola e Laboratório LTDA para a determinação da classe textural. A análise granulométrica do solo da área revelou teores de 34% de argila, 3% de silte e 63% de areia, classificando a classe textural como Franco-argilo-arenosa, conforme a classificação adotada pela EMBRAPA (1997).

No experimento, empregou-se o conjunto de trator-arrancador-invertedor da marca KBM 2x1, com duas opções de velocidade de deslocamento ( $3 \text{ km h}^{-1}$ ) e ( $5 \text{ km h}^{-1}$ ). O arrancador 2x1 permite arrancar duas linhas simultaneamente e formar uma leira, foi tracionado pelo trator TL 85 New Holland, com rotação do motor ajustada para 1400 rpm. A profundidade de arranquio foi fixada em 15 cm.

### 3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido seguindo as premissas do Controle Estatístico de Qualidade (CEQ), com a coleta de 40 pontos amostrais ao longo do tempo e espaço (conforme ilustrado na figura 2).

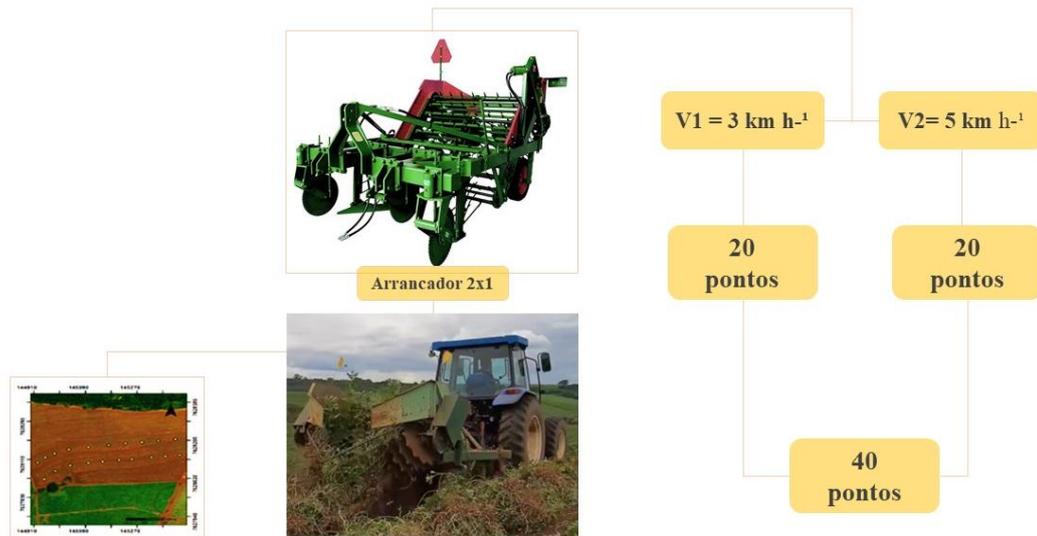


Figura 2. Resumo gráfico do delineamento experimental.

### 3.3 Indicadores de qualidade

No processo de arranquio mecanizado do amendoim, foram utilizadas variáveis como indicadores de qualidade, incluindo o teor de água no solo (TAS), a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), a resistência do ginóforo ao rompimento (RGR), as perdas visíveis (PVA), invisíveis (PIA) e totais (PTA), além da produtividade (PROD). Adicionalmente, também foi feita a caracterização da maturação do amendoim para o momento adequado de arranquio.

#### 3.3.1 Teor de água no solo

No processo de avaliação do teor de água no solo (TAS) durante o arranquio, foi utilizado uma sonda TDR (*Time Domain Reflectometer*), auxiliando na vinculação entre o teor de água e a capacidade dielétrica do solo, equação (1) descrita por Topp et al. (1980).

$$\theta = -5,3 \cdot 10^{-2} + 2,92 \cdot 10^{-2} \cdot \varepsilon_b - 5,5 \cdot 10^{-4} \cdot \varepsilon_b + 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6} \cdot \varepsilon_b^3 \quad (1)$$

Em que:

$\theta$ : teor de água do solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );

$\epsilon_b$ : constante dielétrica (adimensional).



Figura 3. Avaliação da umidade do solo por meio da TDR

### 3.3.2 Resistência mecânica do solo à penetração

Inicialmente, antes do arranquio, foi realizada RMSP em todos os pontos amostrais da área de estudo, atendendo a isto, com um penetrômetro de impacto foi extraído informações em cada 5 cm, na camada do solo de 0-20 cm (Figura 4). Em continuidade foi estipulado o índice de cone para esta camada (equação 2).

$$IC = \frac{\sum RMSP}{n} \quad (2)$$

Em que:

IC: índice de cone na camada de 0-20 cm;

RMSP: resistência mecânica do solo à penetração a cada 5 cm;

n: número de camadas.



Figura 4. Avaliação da resistência mecânica do solo à penetração na camada de 0 - 20 cm

### 3.3.3 Resistência do ginóforo ao rompimento

Durante o processo de avaliação da força de desprendimento do ginóforo, foi utilizado a força média fundamental para o destacamento de cinco vagens de cada ponto coletado, com ajuda de um Dinamômetro Digital Portátil da Instrutherm<sup>TM</sup> modelo DD-500, com potencial para apreciação máxima de 49,03 N (5 kg) e resolução de 0,01 N (0,1 kgf), com precisão de 0,4%.



Figura 5. Avaliação da resistência do ginóforo ao rompimento por meio de um dinamômetro digital

### 3.3.4 Perdas no arranquio

Nesse trabalho, para mensuração das perdas (Figura 6), foi utilizado uma armação com área amostral de 2 m<sup>2</sup> (1,11 x 1,80 m) posicionada transversalmente à leira (SILVA e MAHL, 2008).

-Perdas visíveis: após colocada a armação, exigiu cuidado no levantamento das ramas que formavam a leira, assim, evitando destacamento das vagens e interferência nos dados, dessa maneira foram recolhidas todas as vagens que estavam desprendidas das plantas e se encontravam na superfície do solo.

-Perdas invisíveis: em seguida, com a permanência da armação ainda em posição no solo, foi necessário escavar o solo até uma profundidade em média de 15 cm utilizando uma enxada, em diante coletar as vagens que se mantinham sob o solo.

-Perdas totais: essas foram contabilizadas a partir da soma das perdas visíveis e invisíveis no arranquio mecanizado.



Figura 6. Processo de avaliação de perdas no arranquio de amendoim.

Logo depois a coleta, as amostras foram destinadas ao Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) da Universidade Estadual Paulista – Unesp/Jaboticabal, ambiente onde foi reabilitado o teor de água para 8%, em estufa a 65 °C por um período de 24horas, após isso calculada as perdas em kg ha<sup>-1</sup> e porcentagem em comparação à produtividade real.

### 3.3.5 Produtividade

A estimativa de produtividade foi através das ramas que formavam a leira (2m<sup>2</sup>), resultou-se a determinação das perdas, posteriormente foram destacadas as vagens das ramas e depois disso pesadas. A produtividade real é respectiva à quantidade total de amendoim produzido, desse modo, foi obtido pela soma da produtividade e das perdas totais.

No laboratório foi corrigido o teor de água das amostras para 8% (teor de água de armazenamento do amendoim), conforme a equação:

$$TA = \frac{100 \times (M - m)}{(M - t)} \quad (3)$$

Em que:

TA: teor de água (%);

M: massa úmida (g);

m: massa seca (g);

t: tara do recipiente.

### 3.3.6 Maturação

A maturação foi avaliada de acordo com a metodologia de Williams e Drexler (1981), que consiste na raspagem do exocarpo da vagem, expondo a coloração do mesocarpo. Em cada área foram arrancadas 20 plantas ao acaso, cujo foram selecionadas 200 vagens plenamente formadas para realização da avaliação (Figura 7). Foi realizado a raspagem dessas vagens com auxílio de um jato d'água. Em seguida as vagens foram classificadas pelas cores que alteram de branco a preto, correspondendo a vagens imaturas e maturação máxima, respectivamente. Posterior a isso, procedeu com a contagem do número de vagens para cada classe de cor, dessa maneira determinando a maturação por meio da porcentagem de vagens contidas nas classes marrom e preta.



Figura 7. Processo de avaliação da maturação do amendoim. Adap. Williams e Drexler (1981).

### 3.4 Análise estatísticas

A análise de variabilidade foi verificada por procedimentos do Controle Estatístico de Qualidade, especificamente, gráficos sequenciais e cartas de controle individual por meio do software Minitab 19®.

A utilização das cartas de controle de valores individuais permitiu analisar o controle estatístico de processo para cada variável, expondo a linha central como média ( $\bar{x}$ ) dos pontos e limites inferior (LIC) e superior (LSC). Dessa maneira, possibilitando calcular em função da média e do desvio-padrão, com isso, é possível perceber que o quanto mais afastado da média, será maior a variação do processo.

$$UCL = \bar{x} + 3. \Sigma \quad (4)$$

$$LCL = \bar{x} - 3. \Sigma \quad (5)$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na sequência são apresentados os resultados das cartas de controle para avaliação da qualidade do processo de arranquio do amendoim. Desse modo os valores médios das variáveis analisadas serão discutidos juntamente com as cartas de controle.

O teor de água no solo é um importante indicador na diminuição das perdas na produtividade, além disso possui significativa influencia no desempenho da máquina e do arrancador. Nesse sentido observa-se que a variabilidade foi semelhante nos dois talhões, embora o talhão colhido a  $5 \text{ km h}^{-1}$  apresentou maior variabilidade (Figura 8). Em contrapartida, no talhão colhido a  $3 \text{ km h}^{-1}$  o processo foi instável, nota-se a presença de um ponto fora de controle, embora apresentado menor variabilidade. Tal fato pode ser explicado pelo fator meio ambiente, como chuva, vento e etc., fatores difíceis de ser controlado em campo.

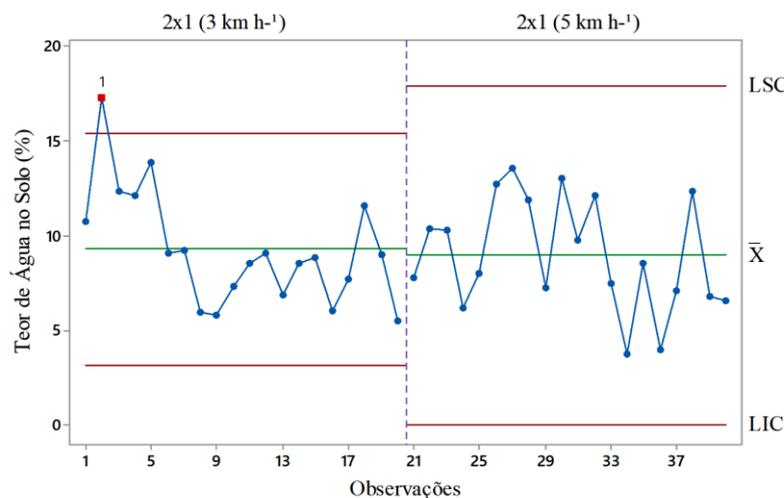


Figura 8. Carta de controle para o teor de água no solo (%) no arranquio mecanizado de amendoim

Neste estudo o teor de água no solo foi em média 9,3% e 9,0% para os respectivos talhões. O teor de água no solo desempenha um papel importante nas perdas no arranquio de amendoim. Um solo excessivamente úmido pode aumentar a aderência das vagens ao solo, dificultando sua remoção durante o processo de arranquio. Por outro lado, um solo muito seco também pode levar a perdas no arranquio de amendoim. Nesse caso, a falta de umidade no solo pode fazer com que as vagens se soltem prematuramente das plantas ou quebrem durante o processo de colheita. A água é um dos principais recursos que as plantas necessitam para o crescimento, sendo considerada fator limitante no desenvolvimento das culturas e produtividade agrícola (Pinto *et al.*, 2014).

Gentile (2009) e Oliveira *et al.* (2009), estudando a operação de arranquio identificaram menores perdas no arranquio em áreas com maior teor de água no solo e nas vagens. Behera *et al.* (2008) encontraram perdas totais de 23% no arranquio mecanizado quando a operação foi realizada com o teor de água de 8%, constatando que essas perdas diminuíram gradualmente com o aumento do teor de água do solo para 10% e 12%.

Outro fator em relação ao solo importante para o desenvolvimento e no momento da colheita é a resistência do solo à compactação, neste estudo representado pelo índice de cone (IC). Nota-se que o processo foi instável em ambos os talhões representado por dois pontos fora de controle (Figura 9) que podem ser atribuídas ao fator meio ambiente (rocha, pedra etc.) Embora a instabilidade no processo, a resistência do solo à penetração situou-se dentro do limite recomendado para a cultura, que é de até 2,0 MPa (LEONEL *et al.*, 2007; BEUTLER *et al.*, 2008).

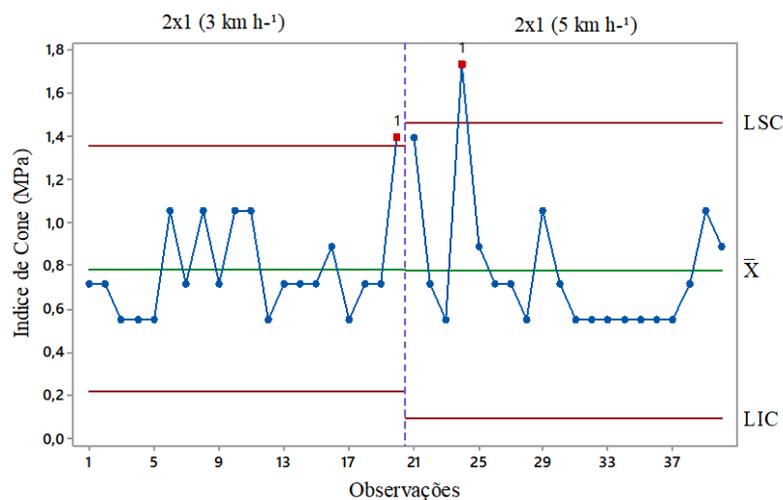


Figura 9. Carta de controle para o índice de cone (0- 20 cm) no arranquio mecanizado de amendoim

Bertonha *et al.*, (2010) verificaram a resistência mecânica do solo à penetração e perdas invisíveis do arranquio em colheita mecanizada de amendoim. Obtiveram resultados de compactação significativa na camada 10 a 20 cm, mas não houve correlação entre os dados. Ribeiro (2009), ao compilar trabalhos sobre resistência mecânica do solo à penetração, estabeleceu a seguinte classificação para o índice do cone: baixo (0 a 2 MPa); médio (2 a 4 MPa); alto (4 a 6 MPa) e muito alto (acima de 6 MPa).

Outro aspecto importante a ser observado além das características do solo, são as perdas durante o arranquio mecanizado devido às características das plantas. Desse modo, a resistência do ginóforo ao rompimento assume fundamental importância no processo de arranquio do

amendoim (RGR). Nota-se que o processo foi estável, embora a variação das forças em todo da média nos dois talhões (Figura 9).

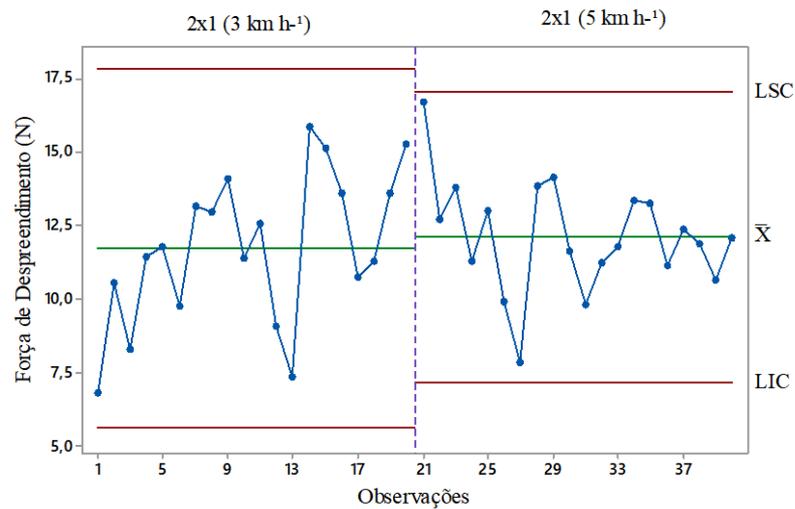


Figura 10. Carta de controle para força de desprendimento (N)

A resistência do ginóforo ao rompimento (RGR) é um fator importante para designar as perdas no arranquio do amendoim, sendo dependente da estrutura e do teor de água do solo (INCE; GUZEL, 2003). Segundo Rowland *et al.*, (2006), quando ocorre a colheita tardiamente a idade do pedúnculo acarreta perdas diretamente no processo de arranquio, causada pela deterioração da resistência do ginóforo. Esta perda ocorre pela retenção de vagens no solo durante o arranquio, causada pela separação da vagem da haste de fixação da planta. E quando ocorre a colheita prematura, o grande número de vagens imaturas pode acarretar prejuízos econômicos para os produtores e indústria.

Observando as cartas de controle para as perdas: visíveis (PVA), invisíveis (PIA) e totais (PTA), nota-se que o processo foi estável em todas as classificações de perdas. No entanto as variabilidades de perdas foram superiores quando a máquina se deslocou a 3 km h<sup>-1</sup>, principalmente para perda visível (Figura 10). Observa-se ainda que os maiores níveis de perdas ocorrem abaixo do solo.

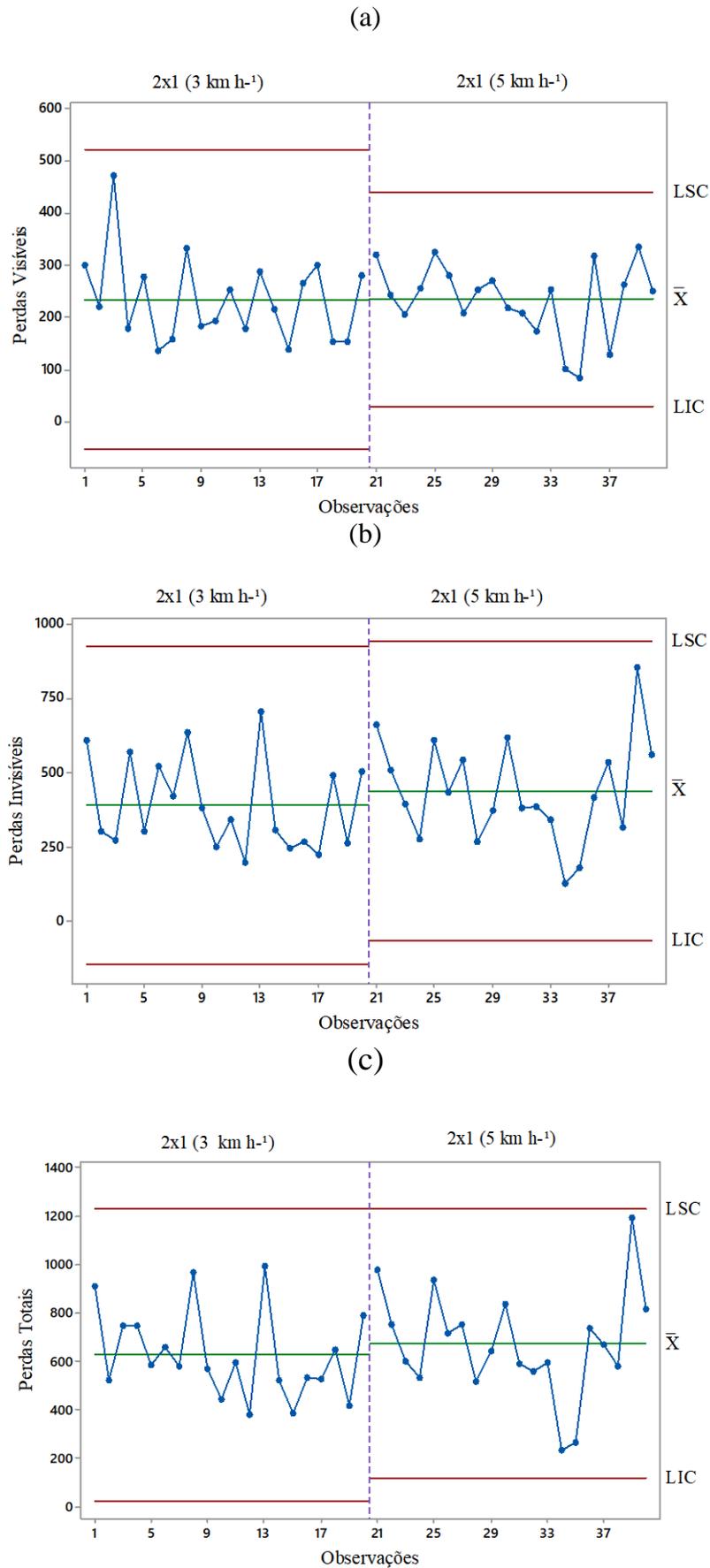


Figura 11. Carta de controle para perdas visíveis (a); invisíveis (b) e totais (c) ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Os maiores percentuais de perdas visíveis para a velocidade  $3 \text{ km h}^{-1}$  pode ser explicado pela interação da quantidade do fluxo de material vegetal e a vibração da esteira (60 rpm), que dificulta o processo de reversão das plantas, ocasionado perdas de vagens, decorrente do maior desprendimento das vagens das plantas, principalmente das vagens com alto grau de maturação, elevando as perdas visíveis (SANTOS *et al.*, 2016; FERREZIN *et al.*, 2018).

Neste estudo o grau de maturação que foi de 69% isso representa que a lavoura possuía 31 % de vagens nas classes imaturas (branca a amarelo 2) o que pode ocasionar perdas, principalmente as invisíveis. Para a colheita mecanizada do amendoim seja economicamente viável, o arranquio deve acontecer com as vagens completamente maduras, ou entre 70 e 75% de maturação fisiológica (SANDERS *et al.*, 1982). Por se tratar de planta com hábito de crescimento indeterminado, mesmo quando a colheita ocorre em momento ótimo, o amendoim apresenta vagens em diferentes estádios de maturação (CARLEY *et al.*, 2008; DORNER, 2008).

Para as perdas invisíveis nota-se que a variabilidade foi semelhante em ambas as velocidades de deslocamento. Perdas abaixo do nível do solo ocorrem quando as lâminas executam o corte muito superficial das plantas e as vagens são perdidas quando o solo é empurrado para cima da esteira vibratória, sendo retiradas do solo. Essas perdas invisíveis podem afetar significativamente o rendimento da colheita, pois parte da produção é perdida sem ser percebida imediatamente.

De modo geral, para alcançar satisfatórias produtividades finais na cultura do amendoim, é necessário atender consideráveis condições para o melhor desempenho das plantas, tornando também importante a utilização adequada da máquina e implemento, desde o preparo do solo ao recolhimento dos frutos. Portanto, no gráfico representativo de produtividade observa-se estabilidade entre o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC) para as velocidades de  $3 \text{ km h}^{-1}$  e  $5 \text{ km h}^{-1}$  (Figura 11). No entanto, nota-se que a produtividade do talhão colhido a  $3 \text{ km h}^{-1}$  é menor devido as perdas serem maiores, e também podem estar relacionadas as condições de cultivo e solo.

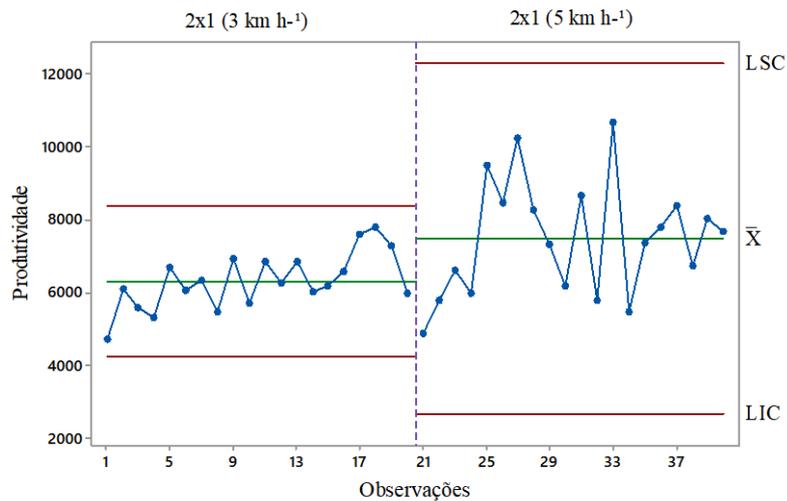


Figura 12. Carta de controle para a produtividade final (kg ha<sup>-1</sup>)

Em condições ideais é possível obter perdas menores que 5% da produtividade, se o arrancador estiver devidamente regulado e for operado corretamente (ROBERSON, 2009). A determinação do momento de início da colheita do amendoim é fundamental para se atingir máxima produtividade.

De modo geral, a velocidade de deslocamento não expressiu efeitos negativos sobre os indicadores de qualidade no processo de arranquio mecanizado do amendoim. Portanto, a determinação da velocidade de deslocamento do conjunto trator-arrancador-invertedor deve levar em consideração os fatores intrínsecos ao solo e planta, além das características da máquina utilizada na colheita, visando minimizar essas perdas e garantir uma colheita eficiente e produtiva.

## 5. CONCLUSÃO

As cartas de controle permitiram avaliar a qualidade do processo e detectaram causas especiais nos indicadores de uniformidade (umidade e compactação do solo).

Os maiores percentuais de perdas visíveis, invisíveis e totais foram obtidos quando realizado o arranquio de amendoim a  $3 \text{ km h}^{-1}$ .

É necessário trabalhos futuros em que possam controlar as condições do solo (e.g. umidade e compactação) sobre o processo de arranquio mecanizado de amendoim.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar a variabilidade do processo de arranquio mecanizado de amendoim em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-arrancador-invertedor e das condições físicas do solo.

## REFERÊNCIAS

ADHIKARI, Bishnu et al. Resveratrol, total phenolic and flavonoid contents, and antioxidant potential of seeds and sprouts of Korean peanuts. *Food science and biotechnology*, v. 27, n. 5, p. 1275-1284, 2018.

AGEITEC – Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. *Cultura de amendoim*, 2015.

ALMEIDA, T. F. Efeito da velocidade na ocorrência de perdas e danos no recolhimento mecanizado de duas variedades de amendoim. 2008. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha, 2008.

BARBOSA, R. M. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim durante o processo de produção. 2014. 59 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2014.

BEHERA, B. K.; BEHERA, D.; MOHAPATRA, A. K. SWAIN, S.; GOEL, A. K. Performance evaluation of a Bullock drawn groundnut digger. *Environment and Ecology*, v. 26, n. 3A, p. 1226-1229, 2008.

BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; CAVICHIOLI, F. A.; CASSIA, M. T.; NASCIMENTO, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração e perdas invisíveis do arranquio em colheita mecanizada de amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2010. Anais..., Ribeirão Preto, SBEA, 2010.

BEUTLER, A. N.; FREDDI, S. O.; LEONEL, C. L.; CENTURION, J. F. Densidade do solo relativa e parâmetro “S” como indicadores da qualidade física para culturas anuais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 27-36, 2008.

BRAGACHINI, M. E.; PEIRETTI, J. **Mejoras en la Eficiencia de Cosecha de Maní. Gacetilla de Prensa:** 09/2008 – Marzo 2008. Disponível em: [http://www.cosechaypostcosecha.org/data/gacetillas/2019/20190319\\_mani.a.sp](http://www.cosechaypostcosecha.org/data/gacetillas/2019/20190319_mani.a.sp). Acesso em 02 mar. 2023.

BRITO, F.; LOPES, A. Qualidade operacional do recolhimento mecanizado do amendoim em três sistemas de preparo de solo. 2021.

CÂMARA, G. M. S.; FREITAS F. G.; MINOTTI D.; HEIFFIG L. S. Determinações de perdas na colheita do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: Resumos do 2º Simpósio do agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel, 2006; Piracicaba. Piracicaba: ESALQ/USP, 2006. p. 32-34. 2006.

CARLEY, D. S. et al. Peanut Response to Planting Date and Potential of Canopy Reflectance as an Indicator of Pod Maturation. *Agronomy Journal*, v. 100, n. 2, p. 376-380, 2008.

CARREGA, W. C. Deficiência hídrica em genótipos de amendoim. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2017.

CARREGA, W. C. et al. Respostas fisiológicas de genótipos de amendoim à deficiência hídrica. *Brazilian Journal of Environmental Sciences*, n. 54, p. 119-133, 2019.

CARVALHO FILHO, Alberto et al. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. *Engenharia Agrícola*, v. 27, p. 229-237, 2007.

- CARVALHO T. L.; ROCHA A. C.; CAMPOS B. F. J.; CUNHA F. N.; SILVA N. F.; TEIXEIRA M. B. Genótipos de amendoim cultivados em semeadura direta e convencional sob regime hídrico do sudoeste goiano. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 8:432-443. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v8n600244>, (2014).
- CAVICHIOLO, F. A.; ZERBATO, C.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; SILVA, V. F. A. Perdas quantitativas de amendoim nos períodos do dia em sistemas mecanizados de colheita. *Revista Científica, Jaboticabal*, v.42, n.3, p.211-215, 2014.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2022/23, sexto levantamento**, Brasília, DF, v. 10, n. 6, 2023.
- CUNHA, J. P. B. Análise técnica e econômica da mecanização na cafeicultura. (Tese apresentada para obtenção do título de doutorado). 102 p. Universidade Federal De Lavras, 2015.
- DORNER, J. W. Relationship between kernel moisture content and water activity in different maturity stages of peanut. *Peanut Science*, v. 35, n. 2, p. 77-80, 2008.
- EMAMI, M.; ALMASSI M.; BAKHODA, H. Agricultural mechanization, a key to food security in developing countries: strategy formulating for Iran. *Agriculture & Food Security* 7: 1-12.; 2018. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0176-2>.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 3rd ed. Rev. ampl.; Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.
- FARIA JR., P. Perdas na colheita do amendoim. In: ENCONTRO SOBRE A CULTURA DO AMENDOIM, 4., 2007, Jaboticabal, SP. Palestras..., Jaboticabal: Funep, 2007. 1 CD-ROM.
- FEREZIN, E.; SILVA, R. P.; SANTOS, A. F. ZERBATO, C. Development of an electrohydraulic drive system for the vibrating conveyor belt of the peanut digger-inverter. **Plos one**, v. 13, n. 10, p. e0203300, 2018.
- FEREZIN, E. Sistema eletrohidráulico para acionamento da esteira vibratória do arrancadorinvertedor de amendoim. 2014.
- GENTILE, D. C. Perdas no arranquio manual e mecanizado de amendoim na região noroeste do Paraná. 2009. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha, 2009.
- HEIFFIG, L. S. Plasticidade da cultura de soja (*Glycine max* (L) Merrill) em diferentes arranjos espaciais, 2002. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- INCE, A.; GUZEL, E. Effects of gynophore breaking resistance on losses in mechanized peanut harvesting. In: International Conference on Crop Harvesting and Processing, 2003, Louisville. ASAE Publication Number 701P1103e, ed. Graeme Quick, 2003.
- LANA, Regina Maria Quintão et al. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. *Bioscience Journal*, v. 25, n. 1, 2009.
- LEONEL, C. L.; CENTURION, M. A. P. C.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. D. S. Relação da compactação do solo com a cultura do amendoim. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 2, p. 70-81, 2007.

LIMA, J.A.N.S., ALVES, R.S., ESCARELA, V.A.C., NASCIMENTO, G.P., NASCIMENTO, E.M.S., CHIODEROLI, C.A. "Perdas quantitativas no arranquio mecanizado de amendoim no Pontal do Triângulo Mineiro". In: XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, Campinas, SP, Brasil.

MENEZES, P. C.; SILVA R. P.; CARNEIRO, F. M.; GIRIO, L. A. S.; OLIVEIRA, M. F.; VOLTARELLI M, A. Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 22: 732-738.; 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p732-738>.

MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 572p. 2016.

NAKAGAWA, J. & ROSOLEM C. A. *O amendoim: tecnologia de produção*. Botucatu, FEPAF. 325p.; 2011.

OLIVEIRA, K. R.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; MEDEIROS, R. S.; CAVICHIOLI, F. A. Teor de água das vagens e perdas na colheita de amendoim na região de olímpia – SP. In: ENCONTRO SOBRE A CULTURA DO AMENDOIM, 6., 2009, Jaboticabal. Anais..., Jaboticabal: Funep, 2009. 1 CD-ROM.

ORMOND, A. T. S.; SANTOS, A. F.; ALCANTARA A. S.; ZERBATO C.; FURLANI C. E. A.; (2018) Tillage interference in the quality of peanut mechanized harvest. *Engenharia Agrícola* 38: 251-259. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n2p251-259/2018>.

PATENTES ON LINE. Arrancador invertedor de amendoim. Disponível em: <http://www.patentesonline.com.br/arrancador-e-invertedor-de-amendoim145161.html#resumo.html>. Acesso em: 26 set. 2012.

PEREIRA, N. O. *Qualidade operacional da colheita mecanizada de amendoim em sucessão a cana de açúcar*. 2019. p. 59. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Ceará, UFC, 2019.

PINTO C. M.; TÁVORA F. J. A. F.; OLIVEIRA PINTO O. R. O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. *Agropecuária Técnica* 35:31-40. 2014.

RIBEIRO, C. A. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas em função do número de cortes da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2009.

ROBERSON, G. T. Planting, harvesting, and curing peanuts. p.131-148. In: JORDAN, D. L.; BRANDENBURG, R. L.; BROWN, A. B.; BULLEN, S. G.; ROBERSON, G. T.; SHEW, B.; SPEARS, J. F. *Peanut information*. North Carolina Coop. Ext. Ser. Series AG-331. 2009.

ROWLAND, D. L.; SORENSEN, R. B.; BUTTS, C. L.; FAIRCLOTH, W. H. Determination of Maturity and Degree Day Indices and their Success in Predicting Peanut Maturity. *Peanut Science*, Raleigh, v. 33, n. 2, p. 125-136, 2006.

Samohyl RW (2009) *Controle estatístico de qualidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 275 p.

SANDERS, T. H.; SHUBERT, A. M.; PATTEE, H. E. Maturity methodology and postharvest physiology. In: Pattee, H.E., Young, C.T., editors. **Peanut science and technology**. Yoakum: American Peanut Research and Education Society, Inc; p. 625- 627, 1982.

- SANTINATO, F.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; SANTINATO, R. Qualitative analysis of mechanized harvesting of coffee in two harvests. *Coffee Science* 9: 495–505; 2014.
- SANTOS, A. F.; KAZAMA, E. H.; ORMOND, A. T. S.; TAVARES, T. O.; SILVA, R. P. Quality of mechanized peanut digging in function of the auto guidance. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 48, p. 4894-4901, 2016.
- SANTOS, E. P.; SILVA, R. P.; BERTONHA, R. S.; NORONHA, R. H. F.; ZERBATO, C. Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v.44, n.4, p.695-702, 2013.
- SANTOS, E. P.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; BERTONHA, R. S.; MEDEIROS, R. S. Perdas na colheita mecanizada de amendoim. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRICOLA, 9, 2010. Anais..., Vitória: SBEA, 2010.
- SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M.; ZAGONEL, G. F.; COSTA, B. J. Produtividade de grãos e óleos de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v.43, n.1, p.72-77, 2012.
- SASAKANDA, J. F.; Formas de produção e uso alimentício de produtos agrícolas comuns entre Brasil e África: palma-de-óleo, café, amendoim e mandioca. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília – UnB, 72 p.; 2015.
- SILVA, A. C.; COSTA, D. S.; BARBOSA, R. M.; LAZARINI, E. Cobalto e molibdênio via foliar em amendoim: características agrônômicas da produção e potencial fisiológico das sementes. *Biotemas*, v.25, n.2, p.9–15, 2012.
- SILVA, L. H. M.; ROGLIO, K. D.; SILVA, W. V. Competências relevantes para a efetividade do processo decisório em defesa aérea. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, 2010. Disponível em: Acesso em: 13 out. 2011.
- SILVA, R. P. Colheita mecanizada de amendoim. In: Silva R. P.; SANTOS A. F.; CARREGA, W. C. (Eds.) Avanços na produção de amendoim. Jaboticabal: FUNEP, p. 129–141; 2019.
- SILVA, R. P.; MAHL, D. Relatório do projeto de pesquisa: Perdas na colheita mecanizada do amendoim safra 2007/2008. Relatório de Pesquisa. Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA. Jaboticabal, Nov. 47p. 2008.
- SILVA, R. P.; SOUZA, F. G.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; VIGNA, G. P. Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p. 742-752. 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. **Water resources research**, v. 16, n. 3, p. 574-582, 1980.
- WILLIAMS, E. J.; DREXLER, J. S. A non-destructive method for determining peanut pod maturity. **Peanut Science**, v. 8, n. 2, p. 134-141, 1981.
- XAVIER, M. A; LANDELL, M. G. A.; TEIXEIRA, L. G.; RODRIGUES, P. A.; NASSIF, G. L.; MINE, K. Sistema de multiplicação MPB e integração com o setor sucroenergético. *O agrônomo*: Campinas, v.64, p.66, 2014.

ZERBATO, C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; VOLTARELLI M. A.; SANTOS, A. F. Statistical control of processes applied for peanut mechanical digging in soil textural classes. *Engenharia Agrícola* 37: 315-322. (2017). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n2p315-322/2017>.

ZERBATO, C.; FURLANI, C. E. A.; OLIVEIRA M. F. D.; VOLTARELLI, M. A.; TAVARES T. O.; CARNEIRO, F. M. Quality of mechanical peanut sowing and digging using autopilot. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, p. 630-637, 2019.