

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

VARIABILIDADE DO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA EM
QUATRO CULTIVARES DE AMENDOIM

Breno dos Santos Silva
Engenheiro Agrícola

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**VARIABILIDADE DO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA EM QUATRO
CULTIVARES DE AMENDOIM**

Discente: Breno dos Santos Silva
Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

FICHA CATALOGRAFICA

S586v

Silva, Breno dos Santos

Variabilidade do processo de colheita mecanizada em quatro cultivares de amendoim / Breno dos Santos Silva. -- Jaboticabal, 2025
43 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira Silva

1. Colheita. 2. Controle. 3. Indicadores. 4. Qualidade. 5. Perdas durante a colheita. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: VARIABILIDADE DO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA EM QUATRO CULTIVARES DE AMENDOIM

AUTOR: BRENO DOS SANTOS SILVA

ORIENTADOR: ROVERSON PEREIRA DA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROVERSON PEREIRA DA SILVA (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. FÁBIO ALEXANDRE CAVICHIOLI (Participação Presencial)
Departamento de Agronegócio / Centro Paula Souza Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga - Taquaritinga/SP

Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 17 de julho de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

BRENO DOS SANTOS SILVA – nascido em Presidente Médici, Estado do Maranhão, no dia 10 de março de 1999, filho de Benedito Pereira da Silva e Edilene dos Santos Silva. Em agosto de 2018 ingressou no Curso de Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA/CCCh, *Campus* Chapadinha, no Estado do Maranhão. De agosto de 2020 a julho de 2021 foi bolsista voluntário de iniciação científica pela UFMA. Em agosto de 2023, ingressou no mestrado do programa de Agronomia (Produção Vegetal), pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Durante o mestrado foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Foi integrante do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), localizado no Departamento de Engenharia dessa instituição.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação 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 de mestrado.

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!

Aos meus pais, Benedito Pereira da Silva e Edilene dos Santos Silva, por toda minha criação, apoio, confiança no meu esforço, incentivos que contribuíram para que eu chegasse até aqui. Aos meus irmãos, Walquiria dos Santos Silva, Denis dos Santos Silva e Denilson dos Santos Silva por todo apoio e amizade durante meus 26 anos de vida. Aos meus sobrinhos Glaucon Silva Melo, Grazele Silva Melo e Douglas Santana dos Santos. E a minha namorada Fernanda Lefort pelas palavras de incentivo, apoio e carinho; ao seu lado, aprendo diariamente a ser uma pessoa melhor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, por quem despertei grande admiração e respeito. Agradeço por seus ensinamentos e amizade sincera. Agradeço por todo período em tive a oportunidade de trabalhar ao seu lado. Pela sua orientação, pois me tornou mais profissional e me tornei um ser humano melhor. Sua colaboração foi fundamental para o meu desenvolvimento e toda minha trajetória do mestrado. Agradeço por toda experiência e aprendizado que desfrutei, pois levarei para toda vida. Obrigado, professor, por todos os conselhos e conhecimento repassado.

Aos meus amigos do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, com quem construí amizades sinceras e tive o privilégio de conviver durante essa trajetória de mestrado. Sem a ajuda de vocês, não teria conseguido realizar este trabalho. Obrigado a todos pelo companheirismo e ensinamentos que adquiri de vocês.

Aos amigos da República Toca Fogo, com quem construí amizades verdadeira e compartilhei diversas experiências. Agradeço por cada momento e por todo aprendizado compartilhado, vocês serão parte essencial desse percurso caminhado.

Agradeço a todos os amigos que conquistei nesse período que tive em Jaboticabal, em especial dona Tereza Rocha, pelas orações, confiança e apoio.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta e indiretamente, o meu muito obrigado e os meus sinceros agradecimentos. Muito grato a todos!

Sumário

RESUMO	vi
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 Objetivos específicos	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1 Cultura do amendoim	2
3.2 Colheita mecanizada	3
3.3 Perdas na colheita mecanizada de amendoim	4
3.4 Controle Estatístico de Processo (CEP)	5
4 MATERIAL E MÉTODOS	6
4.1 Área experimental	6
4.2 Caracterização do clima	6
4.3 Delineamento experimental	9
4.4 Máquinas utilizadas	10
4.5 Variáveis relacionadas ao solo	11
4.6 Variáveis relacionadas à cultura	12
4.6.1 Teor de água das vagens	12
4.6.2 Maturação	13
4.6.3 Comprimento do ginóforo e força de desprendimento da vagem	13
4.7 Variáveis relacionadas às perdas e à produtividade	14
4.8 Forma de análise dos resultados	16
5 RESULTADOS	17
6 DISCUSSÃO	21
6.1 Discussão sobre estabilidade e variabilidade	25
7 CONCLUSÃO	26
8 REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das áreas experimentais.	7
Figura 2 - Caracterização do clima durante o ciclo das cultivares de amendoim..	9
Figura 3 - Esquema de amostragem do delineamento experimental.	10
Figura 4 - Avaliação da rotação por minuto da esteira vibratória e rolos invertedores	11
Figura 5 - Cilindro extrator de amostras indeformadas e penetrômetro de impacto.	12
Figura 6 - Quadro de maturação do amendoim. Adap. Williams e Drexler (1981).	13
Figura 7 - Avaliação da força de desprendimento. a) Comprimento do ginóforo; b) Vagens selecionadas; c) Força de desprendimento da vagem; d) Força pico.	14
Figura 8 - Avaliação de perdas na cultura do amendoim. Fonte: Santos (2018).	16
Figura 9 - Cartas de controle de valores individuais para: a) Teor de água do solo; b) Índice de cone; c) Densidade do solo.	18
Figura 10 - Cartas de controle de valores individuais para: a) Teor de água nas vagens; b) Maturação; c) Tamanho do ginóforo; d) Força de desprendimento.	19
Figura 11 - Cartas de controle de valores individuais para: a) Perdas visíveis; b) Perdas invisíveis; c) Perdas totais; d) Perdas visíveis totais; e) Produtividade.....	20
Figura 12 - Balanço hídrico mensal do município de Jaboticabal, SP. a) Balanço hídrico de 2023; b) Balanço hídrico de 2024.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das áreas e cultivares de amendoim.	7
Tabela 2 - Avaliação granulométrica do solo das áreas avaliadas.	8

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Escala Celsius	LIC – Limite Inferior de Controle
CEP – Controle Estatístico de Processo	LSC – Limite Superior de Controle
CEQ – Controle Estatístico de Qualidade	m – Metros
CG – Comprimento do Ginóforo	MPa – Mega Pascal
cm – Centímetros	MSS – Massa do Solo Seco
cv – Cavalo-vapor	MSU – Massa do Solo Úmido
DS – Densidade do Solo	N – Newton
dm – Decímetros	PIA – Perdas Invisíveis no Arranquio
FDV – Força de Desprendimento da Vagem	PMI – Peanut Maturity Index
g – Gramas	PTA – Perdas Totais no Arranquio
h – Horas	PVA – Perdas Visíveis do Arranquio
ha – Hectares	PVT – Perdas Visíveis
IAC – Instituto Agronômico de Campinas	RMSP – Resistência Mecânica do Solo à Penetração
IC – Índice de cone	rpm – Rotação por minuto
kg – Quilograma	TAS – Teor de Água do Solo
kgf – Quilograma-força	TAV – Teor de Água da Vagem
km – Quilômetro	TDP – Tomada de Potência
kw – Quilowatt	VCR – Válvulas de Controle Remoto

VARIABILIDADE DO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA EM QUATRO CULTIVARES DE AMENDOIM

RESUMO – No processo de colheita mecanizada do amendoim, é comum ocorrerem perdas resultantes da combinação de diversos fatores, entre eles o ajuste inadequado das máquinas e as características ou condições do solo e planta. Diante disso, o presente trabalho buscou avaliar a variabilidade do processo de colheita, em quatro cultivares de amendoim, em função dos indicadores de qualidade no arranquio e recolhimento. O experimento foi realizado na safra de 2023/2024, em quatro lavouras comerciais de amendoim na região de Jaboticabal, São Paulo. O delineamento experimental utilizado foi o Controle Estatístico de Processo (CEP), sendo coletados 30 pontos amostrais em cada área, totalizando 120 pontos. As variáveis utilizadas como indicadores de qualidade foram teor de água do solo (TAS), densidade do solo (DS), resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), teor de água das vagens (TAV), maturação, comprimento do ginóforo (CG), força de desprendimento da vagem (FDV), perdas visíveis (PVA), perdas invisíveis (PIA), perdas totais no arranquio (PTA), perdas visíveis totais (PVT) e produtividade. O processo de análise dos resultados foi com utilização de gráficos individuais de cartas de controle. As cartas de controle permitiram avaliar a variabilidade do processo e a detecção de causas especiais, encontrando a maior porcentagem de perdas na operação de arranquio na área com a cultivar IAC 677.

Palavras-chaves: Cartas de controle, Gráficos individuais, Indicadores de qualidade, Qualidade do processo, Perdas na colheita.

VARIABILITY OF THE MECHANIZED HARVESTING PROCESS IN FOUR PEANUT CULTIVARS

ABSTRACT – In the mechanized peanut harvesting process, losses often occur as a result of a combination of several factors, including inadequate machine adjustment and soil and plant characteristics or conditions. Therefore, this study sought to evaluate the variability of the harvesting process in four peanut cultivars, based on quality indicators during uprooting and collection. The experiment was carried out in the 2023/2024 harvest in commercial peanut plantations in the Jaboticabal region, São Paulo. The experimental design followed the premises of Statistical Process Control (SPC), with 30 sampling points being collected in each area, totaling 120 points. The variables used as quality indicators were soil water content (TAS), soil bulk density (DS), soil mechanical resistance to penetration (RMSP), pod water content (TAV), maturity, gynophore length (CG), pod detachment force (FDV), visible losses (PVA), invisible losses (PIA) and total uprooting losses (PTA), total visible losses (PVT) and productivity. The results were analyzed using individual control chart graphs. The control charts allowed the evaluation of process variability and the detection of special causes, finding the highest percentage of losses in the uprooting operation in the area with the IAC 677 cultivar.

Keywords: Control charts, Individual graphic, Quality indicators, Process quality, Harvest losses.

1 INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é amplamente reconhecido em nível mundial como uma das oleaginosas mais importantes. Devido ao seu elevado valor energético, constitui matéria-prima fundamental, tanto para a indústria alimentícia quanto para a produção de biocombustíveis, desempenhando papel relevante na segurança alimentar e energética sustentável (RABONATO et al., 2017). Apesar da relevância mundial, por muitos anos a extensão da cultura foi limitada devido aos desafios no seu cultivo, que apresenta hábito de crescimento indeterminado, e desenvolvimento de vagens sob o solo.

A rápida expansão de áreas destinadas ao cultivo de soja na América do Sul, especialmente no Brasil, foi impulsionada pela mecanização agrícola e pela necessidade de suprir a crescente demanda mundial, acarretando na redução de áreas destinadas a cultura do amendoim (SONG et al., 2021). Essa perda de espaço da cultura do amendoim, além dos desafios encontrados na colheita, tornam o manejo desafiador.

O desenvolvimento de vagens abaixo da superfície do solo exige que a colheita aconteça em duas etapas separadas, denominadas arranquio e recolhimento. A primeira etapa é o arranquio que ocorre quando o amendoim atinge seu estágio ideal de maturação, e depois a cultura permanece no campo para secagem natural até atingir umidade entre 25 e 35%, após isso, realiza-se o recolhimento (SANTOS et al., 2021).

A colheita do amendoim está frequentemente associada a perdas expressivas, representando desafios importantes para a cadeia produtiva. Em virtude disso, vale ressaltar que ambas as etapas da colheita apresentam inúmeras dificuldades, porém, o maior percentual de perdas acontece durante a etapa do arranquio, devido ser uma operação agressiva ao solo. Diante dessa operação, prejuízos expressivos podem ocorrer, influenciados por fatores adversos como: regulagens na máquina e mudanças climáticas, podendo afetar a umidade do solo no momento da colheita (BRITO FILHO, 2023).

Vale levar em consideração o nível de umidade das vagens, pois o alto teor de água nas vagens pode levar ao aumento das perdas devido à dificuldade de desprendimento, (SANTOS et al., 2021). Quando se refere a umidade do solo, é creditado que o solo friável não apresenta tanta resistência no desprendimento das vagens e favorece a colheita mecanizada do amendoim (BERTOLINO et al., 2021). De acordo com os estudos, Souza et al., (2019) ao avaliar a produtividade de diferentes genótipos de amendoim, observaram que os diferentes genótipos se comportaram de forma diferente.

De acordo com estudos de Sorensen et al., (2017), cultivares como 'Georgia06G' e 'Florida-07', cujos ginóforos apresentaram maior resistência, tiveram menores perdas e

proporcionaram maior produtividade em comparação a outras variedades. Contudo, diferentes cultivares exibem variações significativas, uma vez que cultivares possuem atributos próprios, como ginóforos mais desenvolvidos e menor resistência mecânica ao desprendimento. No entanto, os estudos realizados em âmbito nacional, a respeito de pesquisas comparativas específicas de perdas na colheita entre diferentes cultivares ainda são limitados. Presume-se que este estudo possa oferecer informações relevantes e contribuir significativamente para a tomada de decisões estratégicas no manejo e na seleção de cultivares para realização de uma colheita mais eficiente.

Dito isso, objetivamos com esse trabalho utilizar ferramentas do Controle Estatístico para avaliar a qualidade do processo de colheita mecanizada do amendoim, para quatro cultivares, integrando os resultados obtidos por meio de cartas de controle, aplicadas a distintos indicadores de qualidade. Esses indicadores abrangeram variáveis associadas às condições do solo, à planta e ao desempenho da máquina, permitindo análise conjunta e mais precisa da qualidade do processo e dos fatores que influenciam diretamente as perdas e o desempenho do sistema de colheita.

2 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se nesse trabalho avaliar a variabilidade do processo de colheita, em quatro cultivares de amendoim, em função dos indicadores de qualidade no arranquio e recolhimento.

2.1 Objetivos específicos

I. Analisar o processo de colheita de quatro cultivares de amendoim, utilizando ferramentas do Controle Estatístico de Processo.

II. Avaliar as condições físicas do solo e seu impacto na eficiência de colheita mecanizada do amendoim.

III. Identificar as interações entre os parâmetros operacionais do maquinário e a integridade da colheita.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultura do amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma oleaginosa, cultura anual, porte herbáceo, pertencente à família das leguminosas (Fabaceae), e nativa da América do Sul (ADHIKARI et al., 2018). O amendoim é produzido em diversos países, tendo a China liderando a produção mundial, com 37% da produção global, seguida pela Índia com 14% e pela Nigéria com 8%. O

Brasil que contribui com 2% da produção mundial, ocupa a 8ª posição (USDA, 2025). O Estado de São Paulo destaca-se por representar 83,36% da produção nacional (CONAB, 2025).

A utilização de áreas destinadas à renovação dos canaviais para o cultivo de amendoim é uma prática produtiva de grande relevância para os agricultores do estado de São Paulo, sendo o estado o principal responsável pela produção da leguminosa no país (SAMPAIO, 2016). O uso de cultivares do tipo “Runner”, com alto teor de óleo e ciclo precoce, tem se destacado como uma das principais demandas. Essa escolha tem como objetivo alinhar o ciclo de cultivo do amendoim na safra das águas com o cronograma de plantio das áreas recém-renovadas de cana-de-açúcar (GODOY et al., 2018).

O amendoim exerce uma função estratégica na rotação de culturas e no plantio em sistemas MEIOSI com cana-de-açúcar, sendo amplamente adotado na renovação dos canaviais. Essa prática tem gerado importantes ganhos econômicos (XAVIER et al., 2014). O amendoim é reconhecido como a segunda leguminosa mais relevante em nível mundial, principalmente por seu cultivo ser destinado à produção de proteína vegetal e óleo. Destaca-se que seus grãos representam uma importante fonte de nutrientes, podendo conter até 50% de lipídios (NAKAGAWA; ROSOLEM, 2011).

A escassez hídrica é um dos principais fatores que limitam a produtividade das sementes de amendoim, podendo comprometer a estabilidade econômica do setor agrícola. Diante disso, é indispensável a adoção de medidas que atenuem os efeitos provocados pela escassez de água (CARREGA et al., 2019). Vale destacar que o cultivo do amendoim é mais indicado em solos arenosos, pois esses favorecem a penetração dos ginóforos. No entanto, é essencial que esses solos possuam boa fertilidade e adequada capacidade de drenagem.

A presença de plantas invasoras no cultivo do amendoim pode causar sérios prejuízos ao longo do ciclo de produção e desenvolvimento da cultura, além de dificultar as operações de colheita e comprometer a qualidade dos grãos (SOUZA JUNIOR et al., 2010). Durante a fase crítica de competição entre a cultura do amendoim e as plantas invasoras, diversos fatores abióticos indispensáveis ao desenvolvimento da lavoura, como a disponibilidade de nutrientes, água, luz solar e espaço, podem ser significativamente afetados. Essa limitação no acesso aos recursos compromete o estabelecimento inicial das plantas, reduzindo seu potencial produtivo e impactando negativamente na produtividade final da cultura (VIEIRA et al., 1990).

3.2 Colheita mecanizada

Entre as operações mecanizadas na agricultura, a colheita se destaca como a etapa mais decisiva, por ser responsável por assegurar o retorno econômico dos recursos aplicados durante

todas as fases do processo produtivo (MENEZES et al., 2018). No entanto, a qualidade dessa operação pode ser comprometida pela influência de fatores externos, como condições climáticas adversas, falhas na regulação das máquinas e limitações relacionadas à 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 capturadas pelas taliscas e, impulsionadas pelo movimento ascendente da esteira, são transportadas até a parte superior da máquina. Durante o transporte das plantas arrancadas, a esteira realiza a vibração gerada pelas roldanas, o que contribui para a remoção do excesso de solo aderido às vagens. Esse processo facilita a inversão das plantas nos rolos invertedores e promove uma pré-limpeza do material que será recolhido na etapa seguinte (ZERBATO et al., 2017).

Após o arranquio, as vagens de amendoim apresentam um elevado teor de água, variando entre 35% e 45%. Por isso, é necessário que passem por um período de secagem natural, permanecendo expostas sobre a superfície do solo até que atinjam o nível ideal de umidade, entre 18% e 24%. Somente após essa etapa é possível realizar a segunda fase da colheita: o recolhimento. Essa etapa, consiste na trilha das vagens, por meio de recolhedoras-trilhadoras acopladas e tracionadas por tratores ou recolhedoras autopropelidas que não necessitam da tração de tratores. Nesse processo, as vagens são separadas das ramas e direcionadas para o tanque graneleiro, onde permanecem armazenadas até serem transferidas para caminhões, que farão o transporte até a unidade de beneficiamento (SILVA, 2019).

Uso da mecanização agrícola representa um recurso essencial para aumentar a eficiência e otimizar a capacidade operacional das atividades no campo. Contribui para a maior agilidade na execução de tarefas pesadas, impactando diretamente na eficiência das propriedades rurais. Como resultado, observa-se um avanço contínuo no desenvolvimento das atividades agrícolas, impulsionado pela adoção de práticas adequadas de manejo (EMAMI et al., 2018).

3.3 Perdas na colheita mecanizada de amendoim

Durante o arranquio e recolhimento, as perdas podem ser expressivas, alcançando até 30%. Contudo, com a adoção de planos de melhoria e gerenciamento eficiente, é possível reduzir esse índice para cerca de 5%. As características específicas do amendoim, como seu crescimento indeterminado e o desenvolvimento dos frutos abaixo do solo, exigem cuidados diferenciados, o que o torna distinto de outras culturas no que se refere às perdas na colheita (SILVA, 2019).

No arranquio, as perdas podem ocorrer abaixo ou acima do solo. As subterrâneas, chamadas de invisíveis, ocorrem quando o corte é raso e as vagens permanecem sob solo, essas perdas podem ser influenciadas também quando os frutos atingem maturação excessiva e enfraquecimento dos ginóforos. Já as visíveis acontecem na elevação e agitação das plantas pela esteira vibratória ou durante o enleiramento (SANTOS et al., 2019). A colheita tardia é um fator limitante que pode reduzir o valor da produção amendoim, pois as vagens mais velhas tendem a se soltar da planta. Isso ocorre pela deterioração do ginóforo, causada por fatores como maturação avançada, pragas, doenças ou ação de microrganismos (ZERBATO et al., 2014).

No que diz respeito à redução das perdas durante a operação de arranquio do amendoim, é fundamental manter as facas devidamente afiadas, assegurar a constância na profundidade de corte e garantir a vibração adequada da esteira vibratória. Além disso, é essencial ajustar corretamente a relação entre a velocidade de deslocamento do conjunto e a velocidade da esteira. Em virtude disso, vale ressaltar a influência direta da velocidade de deslocamento com as perdas visíveis durante as operações de arranquio e recolhimento do amendoim. Os resultados mostraram que a velocidade de $5,0 \text{ km h}^{-1}$ proporcionou menores perdas em comparação à de $4,4 \text{ km h}^{-1}$ (JORGE et al., 2008).

Comparando o arranquio do amendoim com e sem o uso de piloto automático indicaram que não houve diferença significativa nas perdas visíveis entre os dois métodos. No entanto, o uso do piloto automático contribuiu para uma melhoria na qualidade geral da operação. Os pesquisadores observaram que o direcionamento automatizado reduziu as perdas invisíveis e totais no arranquio, especialmente quando a máquina operava a uma velocidade de $4,5 \text{ km h}^{-1}$, de acordo com estudos realizados (ZERBATO et al., 2019).

3.4 Controle Estatístico de Processo (CEP)

Pesquisadores têm aplicado o Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) na avaliação da qualidade dos processos agrícolas, com o objetivo de identificar causas especiais ou não aleatórias associadas à instabilidade e à variabilidade nas operações mecanizadas (SANTOS et al., 2017; ZERBATO et al., 2017; ORMOND et al., 2018; TAVARES et al., 2018). Com o propósito de identificar os fatores que comprometem a qualidade das operações agrícolas, o uso do CEQ tem contribuído para o aprimoramento da colheita. Ao detectar causas geralmente associadas a falhas ou equívocos nas etapas mecanizadas, torna-se viável elaborar e implementar planos de melhoria, com foco na elevação da qualidade do processo e na redução de erros (ZERBATO et al., 2017).

O CEQ dispõe de sete ferramentas de qualidade, entre elas o histograma, diagrama de causa e efeito, fluxograma, diagrama de Pareto, controle estatístico de processo (CEP), folhas de verificação e gráfico de dispersão, que auxiliam no monitoramento e na análise dos processos. Esses recursos são aplicados com o objetivo de identificar falhas ocorridas durante a execução das atividades (MYERS, 2016). Entre as ferramentas de qualidade, o CEP se destaca, especialmente pelo uso das cartas de controle, que são amplamente aplicadas por possibilitarem o monitoramento contínuo do processo e a identificação de causas especiais de variação (SAMOHYL, 2009).

Caso uma observação não atenda aos critérios do teste para causas especiais, ela será sinalizada na carta de controle, o que evidencia uma variação fora do padrão esperado, associada a causas específicas que devem ser analisadas. Por outro lado, quando não há marcações na carta, entende-se que o processo está livre de variações anormais, indicando que permanece sob controle estatístico (FEREZIN, 2018).

A carta de controle, ferramenta precursora do CEQ (STUART et al., 1996) é o principal recurso estatístico utilizado nos sistemas de controle voltados à melhoria da qualidade. Possibilita o acompanhamento contínuo do desempenho do processo, facilitando a identificação de momentos em que ele se encontra fora de estabilidade (MONTGOMERY, 2000). O processo de alta qualidade tende a apresentar baixa variabilidade em seus resultados, enquanto processos com menor qualidade geralmente estão associados a maiores níveis de variação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

Área de estudo está localizada no município de Jaboticabal – SP (Figura 1). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

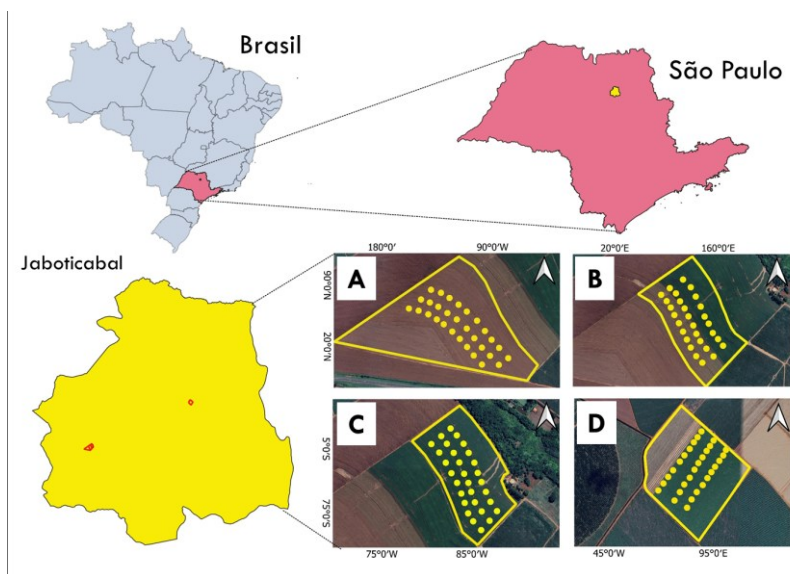


Figura 1 - Localização das áreas experimentais.

O experimento foi conduzido na safra 2023/2024 em lavouras comerciais de amendoim, às quais chamaremos áreas A, B, C e D, cujas características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das áreas e cultivares de amendoim.

Áreas	Área (ha)	Cultivares	Ciclo (DAS)	Data de semeadura	Data de arranquio	Lat/Long *	Alt (m)
A	14,5	IAC OL3	120	15/10/2023	26/02/2024	21°15'S 48°22'W	670
B	12,0	Granoleico	130	14/10/2023	03/03/2024	21°15'S 48°22'W	660
C	19,0	IAC 503	150	11/10/2023	12/03/2024	21°15'S 48°22'W	645
D	19,3	IAC 677	130	15/10/2023	13/03/2024	21°11'S 48°15'W	640

* Lat: latitude; Long: longitude; Alt: Altitude.

De acordo com a classificação de Koppen, as quatro áreas possuem clima Aw, com estação seca no inverno e estação chuvosa no verão (ALVARES et al., 2013), apresentam solos predominante arenosos, com boa aeração, drenagem e profundidade (ZERBATO et al., 2017).

A análise da classe textural (Tabela 2) foi realizada de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1979) por meio de amostras simples, retiradas na camada de 0 a 20 cm. Posteriormente foram encaminhadas para a determinação do teor de argila, silte e areia.

Tabela 2 - Avaliação granulométrica do solo das áreas avaliadas.

Áreas	Argila	Silte	Areia	Classe textural
	-----	-----%-----	-----	
A				
B	29	2	69	Franco-argiloso-arenosa
C				
D	30	10	60	Franco-argiloso-arenosa

Os experimentos ocorreram em áreas de reformas de canaviais, nas quais o amendoim foi semeado em sucessão à cana-de-açúcar. Durante o ciclo da cultura do amendoim foram aplicados 9 vezes defensivos químico para o controle de doenças macha-preta (*Cercosporidium personatum*) e mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*), iniciando a primeira aplicação 30 dias após a emergência da cultura.

Dentre as cultivares estudadas cada uma delas possui características particulares com ciclos variando de 120 a 150 dias. A cultivar IAC OL3 possui crescimento vegetativo rápido, quando formado a frutificação as plantas praticamente cessam o seu crescimento vegetativo e priorizam o enchimento das vagens, esta cultivar é suscetível a doenças foliares e mais vulneráveis a estresses, possui produtividade média de 4.500 kg ha⁻¹, mas seu potencial produtivo pode ultrapassar 7.000 kg ha⁻¹.

A cultivar Granoleico foi desenvolvida pelo *Criadero El Carmen* na Argentina, é conhecida por seu hábito de crescimento rasteiro e ciclo médio, apresenta moderada resistência a doenças foliares mancha-preta e ferrugem (*Cercosporidium personatum* e *Puccinia arachidis*), além de ser adaptada para diferentes tipos de solo e adequada para o cultivo em larga escala, seus grãos possuem alto teores oleicos, o que contribui para vida útil do produto e a torna uma opção interessante para o mercado. Possui produtividade média de 4.500 kg ha⁻¹ podendo estender seu potencial produtivo para até 6.500 kg ha⁻¹.

Em relação a cultivar IAC 503, apresenta hábito de crescimento rasteiro e moderada resistência a doenças foliares (mancha preta e ferrugem). Entre as demais cultivares esta é a que possui ciclo mais longo, além de apresentar o crescimento vegetativo acentuadamente indeterminado, com plantas vigorosas e produtividade média 4.500 kg ha⁻¹, podendo estender seu potencial produtivo para 6.500 kg ha⁻¹.

Quanto a cultivar IAC 677, apresenta moderada resistência a doenças foliares e ciclo médio e hábito de crescimento rasteiro, destaca-se pela rusticidade e estabilidade produtiva, sendo tolerante a fatores de estresse. Sua produtividade média é de 4.500 kg ha⁻¹ com potencial para atingir 6.500 kg ha⁻¹. Esta cultivar ainda está no processo de difusão ao setor produtivo.

4.2 Caracterização do clima

No que diz respeito ao clima, os dados utilizados foram extraídos do projeto de dados climáticos *National Aeronautics and Space Administration Prediction Of Worldwide Energy Resources* – NASA POWER, e remodelado por meio do aplicativo *LAMMA.PY* desenvolvido no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Unesp/FCAV por (VIEIRA et al., 2025), foi avaliado a variação temporal de precipitação, temperatura mínima e máxima para o município de Jaboticabal, SP (Figura 2) ao longo de seis meses, outubro de 2023 a março de 2024, período em que as cultivares estiveram estabelecidas no campo. Avaliamos a distribuição sazonal desses elementos climáticos e suas possíveis inter-relações.

A precipitação, representada por barras verticais em azul-claro, apresenta grande variabilidade diária, com eventos concentrados e volumes que atingem picos superiores a 20 mm. Episódios esses influenciados pelas zonas de instabilidade típicas do período de primavera-verão. A temperatura máxima (linha vermelha), obteve oscilações de temperaturas que variaram de 24 °C e 30 °C ao longo do ciclo da cultura. Para temperatura mínima (linha azul-escuro), observamos valores mais estáveis variando de 17 °C e 21 °C que representa menor oscilação.

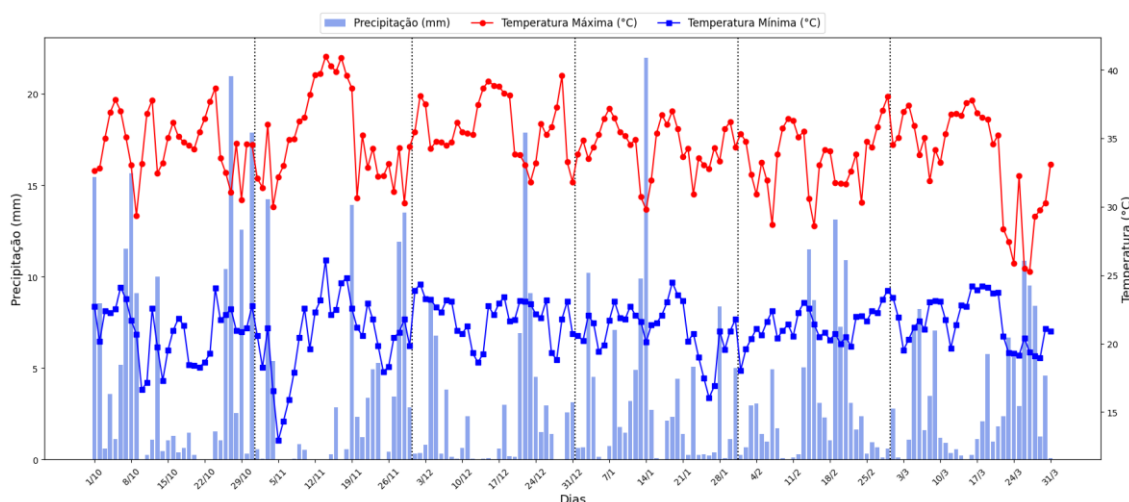


Figura 2. Caracterização do clima do município de Jaboticabal, SP durante o ciclo das cultivares de amendoim. Adap. NASA POWER (2025).

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental seguiu a premissa do Controle Estatístico de Processo (CEP), com as amostras coletadas ao longo do tempo, sendo coletadas 30 amostras em cada

área, com 50 metros entre si, para cada variável analisada, o que corresponde a um intervalo de tempo de 30s.



Figura 3 - Esquema de amostragem do delineamento experimental.

4.4 Máquinas utilizadas

Durante o arranquio foram utilizados dois conjuntos de tratores-arrancadores-invertedores. Os dois arrancadores eram da marca Santal, modelo AIA2, montados e acionados pela tomada de potência (TDP), e possuíam configuração 2x1 (duas linhas arrancadas, formando uma leira), ambos revisados, possuindo facas novas, como recomendado pelo fabricante. Os tratores utilizados trabalharam à velocidade média de 6 km h^{-1} , sendo um trator Massey Ferguson, modelo 5710, com 73,5 kW (100 cv) de potência no motor, e um trator New Holland, modelo TL 85E, com 62,5 kW (85 cv) de potência no motor, ambos trabalhando com rotação de 1500 rpm no motor. A profundidade média das facas do arrancador foi de 15 cm em ambas as máquinas utilizadas. Para mensurar a rotação por minuto (RPM) da esteira vibratória que trabalhava com rotação 88 rpm e rolos invertedores com 44 rpm, utilizamos um tacômetro digital portátil *Lutron* (Figura 4), posicionado no centro de ambos os eixos de rotação. Na etapa de recolhimento foi utilizada uma recolhedora da marca Colombo, Double master 3, com velocidade média de 5 km h^{-1} , acionada pela TDP e tracionada por um trator Massey Ferguson, modelo 7390, com 139,7 kW (190 cv) de potência no motor e rotação de 1800 rpm no motor.



Figura 4 - Avaliação da rotação por minuto da esteira vibratória. a) Rotação das roldanas; b) Tacômetro digital.

4.5 Variáveis relacionadas ao solo

Foram determinadas as seguintes variáveis relacionadas ao solo: teor de água (TAS) e densidade (DS) do solo e índice de cone (IC). O TAS foi determinado com a metodologia desenvolvida pela EMBRAPA (1979), coletando 30 amostras na camada de 0-20 cm. As amostras foram levadas para o laboratório para determinação da umidade, onde realizamos a pesagem e acondicionamos na estufa por 48 horas à 105 °C, até chegar à estabilidade da umidade das vagens.

$$U = \frac{MSU - MSS}{MSS} * 100 \quad (1)$$

Em que,

U: umidade (%)

MSU: massa do solo úmido (kg)

MSS: massa do solo seco (kg)

Para avaliar a DS, as amostras foram coletadas com um cilindro extrator de amostras indeformadas com 5 cm de comprimento e 5,36 cm de diâmetro (Figura 5), forçado manual e verticalmente no solo. A densidade do solo foi determinada, dividindo a massa de solo seco a 105°C pelo volume da amostra (112 cm³). O IC foi determinado por meio da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), um dia antes do arranquio em todos os pontos, por meio de um penetrômetro de impacto, sendo coletadas informações a cada 5 cm nas camadas do solo de 0-20 cm. Os dados de impactos por decímetro foram transformados em RMSP (kgf cm⁻²), por meio da equação 1, desenvolvida por STOLF (1990). Os resultados foram

convertidos para MPa, e por meio da equação 2 determinamos o IC para camada de resistência média.



Figura 5 – a) Cilindro extrator de amostras indeformadas; b) penetrômetro de impacto no solo.

$$RMSP = 5,6 + 6,89 \cdot N \quad (2)$$

Em que,

RMSP: resistência mecânica do solo à penetração (kgf cm^{-2});

N: impactos $0,5 \text{ dm}^{-1}$.

$$IC = \frac{\sum_i^n RMSP_i}{n} \quad (3)$$

IC: índice de cone (MPa);

n: número de amostras.

4.6 Variáveis relacionadas à cultura

Foram determinadas as seguintes variáveis relacionadas à cultura: teor de água das vagens (TAV), maturação, comprimento do ginóforo (CG) e força de desprendimento da vagem (FDV).

4.6.1 Teor de água das vagens

Para avaliação do TAV foram coletadas amostras, sendo em média 200 vagens para cada ponto, e após terem as suas massas mensuradas, foram levadas à estufa por 48 horas por 105°C até massa da amostra se estabilizar. O TAV foi obtido em base úmida pela diferença entre as massas úmida e seca do material coletado.

4.6.2 Maturação

Na avaliação da maturação das vagens do amendoim utilizamos o método *Hull Scrape* descrito por (WILLIAMS E DREXLER, 1981), na qual se baseia na raspagem do exocarpo da vagem para expor a coloração do mesocarpo. Em cada ponto foram arrancadas oito plantas, que foram selecionadas vagens plenamente formadas, obtendo uma faixa de 150 a 200 vagens para avaliação. A raspagem das vagens foi realizada com auxílio de um jato d'água de pressão. As vagens foram classificadas por cores que alteram de branco ao preto. Nesse processo de avaliação da maturação das vagens, utilizamos o quadro de maturação do amendoim (Figura 6). Em seguida, realizamos a contagem do número de vagens para cada classe de cor, dessa forma, definindo a maturação por meio da porcentagem de vagens abrangendo as classes de laranja ao preto. Para calcular o nível da maturação do amendoim utilizamos o PMI (*Peanut Maturity Index*) descrito por Rowland et al. (2006), em que a soma das vagens nas classes laranja, marrom e preto foi dividida pelo número total de vagens (Equação 4). O resultado varia de 0 a 1, sendo que valores entre 0,70 e 0,75 indicam o ponto ideal de colheita.

$$PMI = \frac{L + M + P}{B + A1 + A2 + L + M + P} \quad (4)$$

Em que, B: vagens brancas; A1: vagens amarelo-claras; A2: vagens amarelas escuras; L: vagens laranjas; M: vagens marrons; P: vagens pretas.

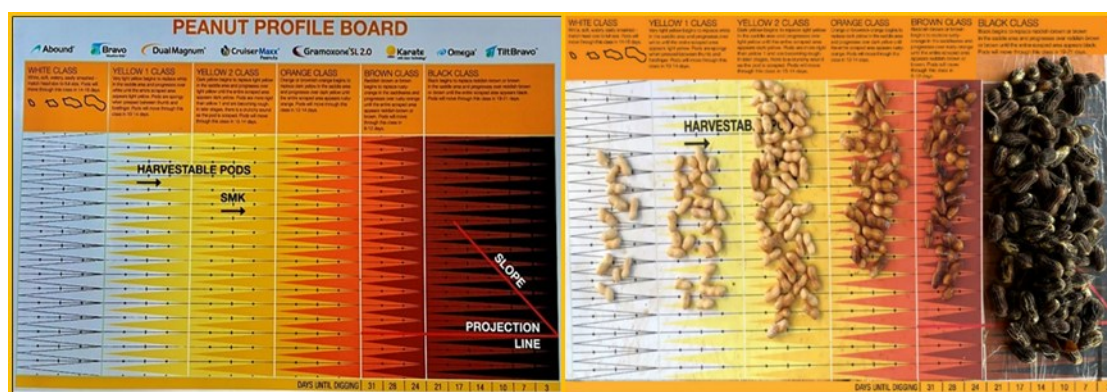


Figura 6 - Quadro de maturação do amendoim. Adap. Williams e Drexler (1981).

4.6.3 Comprimento do ginóforo e força de desprendimento da vagem

O comprimento do ginóforo foi mensurado com auxílio de um paquímetro, sendo medida a distância entre os pontos de interseção do ginóforo com a vagem e com o caule das plantas (Figura 7.a). Foram mensurados os ginóforos de 12 vagens completamente formadas, selecionadas aleatoriamente em seis plantas de cada ponto amostral, totalizando 360 vagens

para cada cultivar (Figura 7.b). Estas mesmas vagens foram utilizadas para determinação da Força de Desprendimento da Vagem (FDV), por meio de um dinamômetro digital portátil DD-500 da *Instrutherm*, com resolução de 0,01 N e tempo de atualização de 0,2 a 0,6s, a FDV foi determinada em Newtons (Figura 7.c), prendendo uma vagem por vez ao aparelho e aplicando uma força de tração até o ponto de rompimento do ginóforo, sendo utilizada a força pico (Figura 7.d).

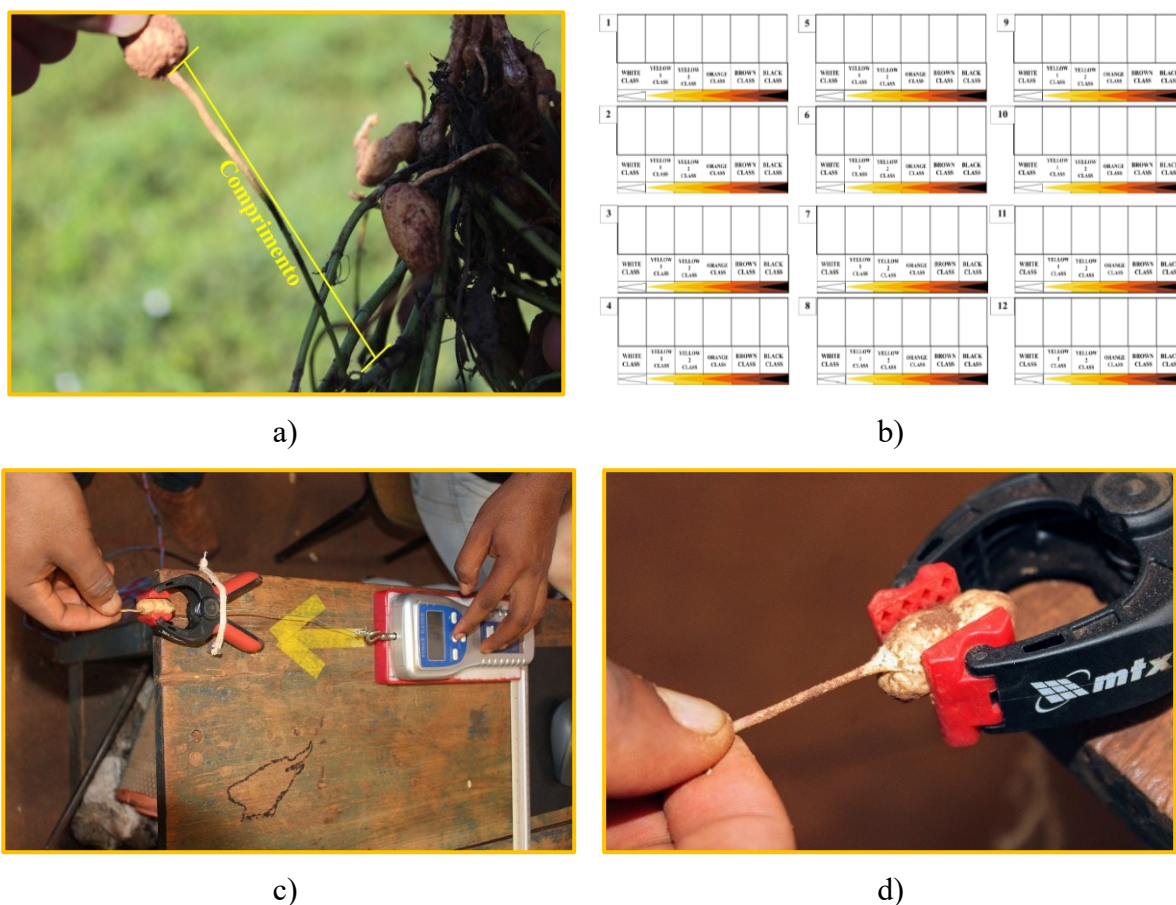


Figura 7 - Avaliação da força de desprendimento. a) Comprimento do ginóforo; b) Tabela de maturação das vagens; c) Força de desprendimento da vagem; d) Força pico.

4.7 Variáveis relacionadas às perdas e à produtividade

As seguintes variáveis relacionadas às perdas e à produtividade foram determinadas: perdas visíveis (PVA), invisíveis (PIA) e totais no arranquio (PTA), perdas visíveis totais (PVT) e produtividade. Em todas as determinações de perdas e de produtividade posicionamos uma armação de 2 m² sobre as ramas de amendoim que formavam as leiras, de acordo com a metodologia descrita por Silva e Mahl (2008).

Para determinação das PVA retiramos com cuidado todo o material vegetal que estava dentro da armação (Figura 8). Após isso, coletamos todas as vagens que estavam destacadas das plantas e sobre o solo. Todas as vagens foram inseridas em sacos de papel identificados, e encaminhados ao laboratório onde foram submetidas à peneira para retirada do excesso de solo aderida e tiveram a massa mensurada em balança digital de precisão de 0,01 g. Posteriormente, foram colocadas em estufa elétrica, a 105 °C, por 48 horas (ZERBATO, 2014). Após a secagem, determinamos novamente a massa das amostras, assim, obtendo os valores de perdas que foram extrapolados para quilogramas por hectare, após correção para 8% de teor de água.

A determinação das PIA foi necessário revolver o solo com enxadas no mesmo local de avaliação das PVA, à profundidade de 15 cm, dentro da área da armação para coletar vagens e sementes de amendoim, as quais foram acondicionadas em sacos de papel identificados e encaminhado ao laboratório, onde seguiu o mesmo processo descrito para as PVA. Por meio do somatório das PVA e PIA obtivemos as PTA. Já para determinação das PVT, realizamos após a etapa de recolhimento, com a armação de 2 m² posicionada sobre o solo, sendo coletadas todas as vagens e sementes sobre o solo, correspondendo às perdas visíveis totais nas operações de arranquio e de recolhimento.

A produtividade determinamos posteriormente ao arranquio, todas as plantas de amendoim dentro da área de 2 m² foram coletadas e levadas ao laboratório, onde destacamos todas as vagens completamente desenvolvidas e realizamos o peneiramento para retirada do solo contido nas vagens. Posteriormente, para determinação da massa todos os pontos amostrais foram mensurados em balança digital de precisão de 0,01 g. Após isso, as vagens foram acondicionadas na estufa elétrica, a 105 °C por 48 horas para secagem, em seguida a massa das vagens foram determinadas novamente para o cálculo do teor de água e da produtividade em (kg ha⁻¹), dessa forma o teor de água foi corrigido para 8% em base úmida. Todas as vagens coletadas nas determinações de perdas e de produtividade tiveram sua massa determinada no momento da coleta e, posteriormente, após secagem na estufa.

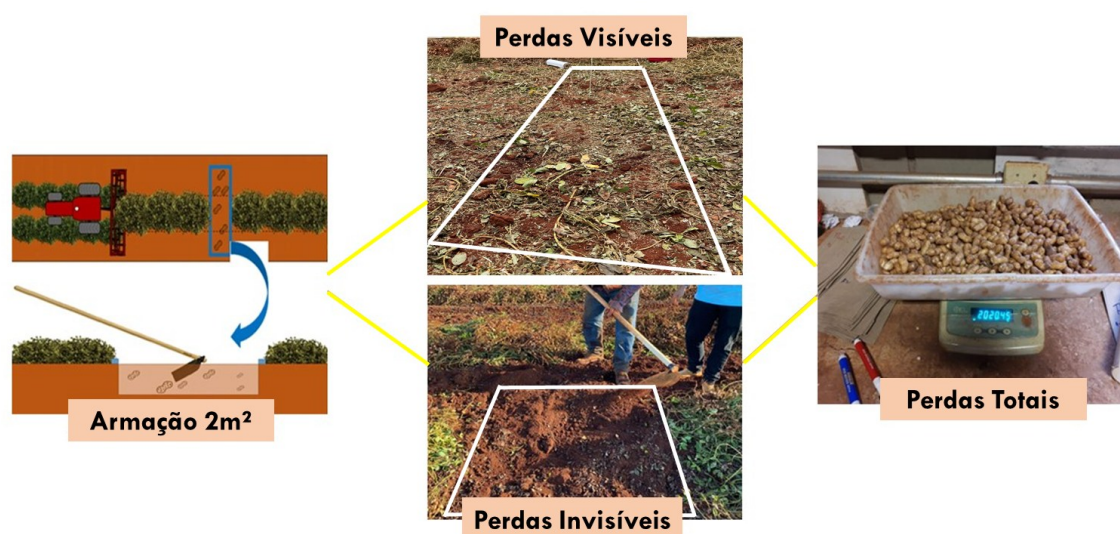


Figura 8 - Avaliação de perdas na cultura do amendoim. Adap. Santos (2018).

4.8 Análise dos resultados

Todas as variáveis foram analisadas por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP), utilizando cartas de controle para valores individuais como ferramenta principal, por meio do software Minitab 17[®]. Dessa forma, permitiu monitorar a estabilidade e a qualidade do processo de colheita do amendoim, identificando possíveis variações e oportunidades de melhoria. Cada uma das variáveis foi considerada como um indicador de qualidade e analisamos quanto a sua variabilidade e estabilidade, determinadas com auxílio dos limites superiores e inferiores de controle (Equações 4 e 5).

$$LSC = \bar{x} + 3.\sigma \quad (5)$$

$$LIC = \bar{x} - 3.\sigma \quad (6)$$

Em que:

LSC = limite superior de controle;

$\bar{x}$ = média dos valores observados;

σ = desvio padrão

LIC = limite inferior de controle.

Quando todos os valores observados estão dentro dos limites superiores e inferiores de controle, o processo é considerado estável, ou seja, sob a ação somente de causas naturais (aleatórias). Quando um ou mais pontos ultrapassam um dos limites de controle o processo é

dito instável ou fora de controle, estando sujeito à ação de causas especiais, que podem ser definidas por meio dos chamados Fatores 6 M's: Máquina, Mão de obra, Material, Método, Medição e Meio Ambiente, relatado por Trindade et al. (2007). Para analisar a variabilidade, consideramos a distância entre os limites de controle. Quanto maior essa distância, maior é a dispersão dos dados, indicando uma maior variabilidade no indicador de qualidade avaliado. Essa abordagem permite identificar a consistência do processo e o grau de estabilidade dos resultados ao longo do tempo.

5 RESULTADOS

5.1 Variáveis relacionadas ao solo

Observamos que o teor de água do solo (TAS) no momento da colheita variou em média entre 8,2 e 12,1% nas áreas avaliadas (Figura 9.a). A área que continha a cultivar IAC 677 foi a que apresentou maior umidade do solo, enquanto a menor umidade foi na área com cultivar IAC 503. Em relação ao índice de cone (IC_{0-20}) encontrado na (Figura 9.b) as áreas que apresentaram maiores médias foram aquelas com as cultivares IAC 503 e IAC 677, com valores de 1,50 e 1,43; respectivamente. Já a densidade do solo (DS) apresentou maiores médias para as áreas com as cultivares Granoleico e IAC 503, com 2,20 e 2,17 g cm⁻³, respectivamente, (Figura 9.c).

Quando analisamos a variabilidade das variáveis relacionadas ao solo, constatamos que área com a cultivar IAC 503 apresentou maior variabilidade em relação às demais, que apresentaram variabilidade semelhante. Além disso a área com a cultivar IAC 677 apresentou pontos fora de controle para as três variáveis, indicando que para estas variáveis o processo está sobre influência de causas especiais. De acordo com Silva (2019) as causas especiais na colheita de amendoim são atribuídas a fatores ligados à planta (como maturação excessiva e doenças), ao solo (nível de umidade e sua fertilidade), além de questões relacionadas às máquinas (ajustes e manutenção).

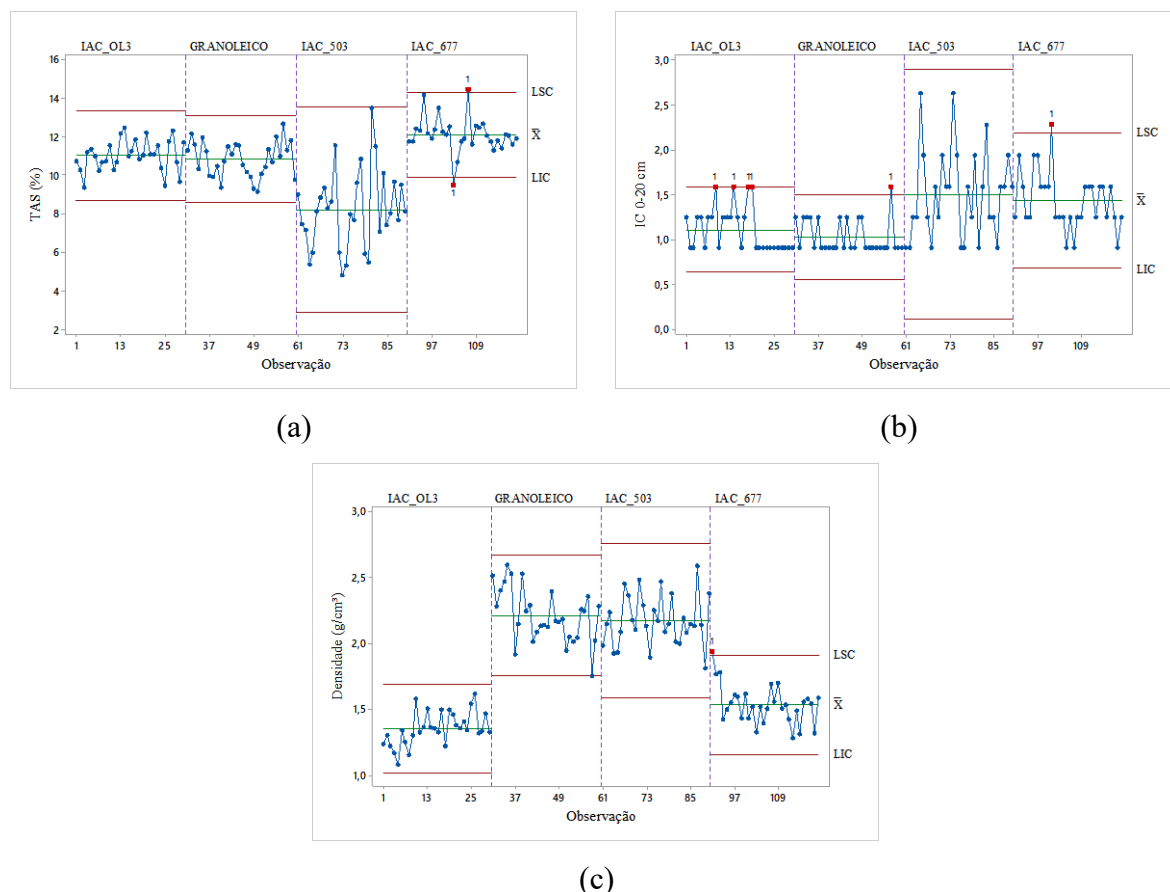


Figura 9 - Cartas de controle de valores individuais para: a) Teor de água do solo; b) Índice de cone; c) Densidade do solo.

5.2 Variáveis relacionadas à cultura

Constatamos na (Figura 10.a) que, nas áreas analisadas, a média do teor de água das vagens (TAV) no dia da colheita variou entre 13,6 e 31,9% para as cultivares IAC 677 e IAC OL3, respectivamente. Já a maturação (Figura 10.b) no momento da colheita, as médias variaram entre 68,2 e 84,8% para as cultivares IAC 677 e Granoleico, respectivamente. Embora a cultivar IAC 677 tenha apresentado menor média de maturação, foi a cultivar que apresentou maior variabilidade.

Além disso, percebemos na (Figura 10.c), que a cultivar IAC OL3 demonstrou maiores médias e variabilidade no tamanho do ginóforo (5,8 cm). Em relação à força de desprendimento da vagem (FDV) ao ginóforo na (Figura 10.d) a cultivar IAC 503 apresentou maiores médias e variabilidade de resistência. Contudo, ao avaliarmos as variáveis relacionadas à planta, percebemos que a cultivar IAC 677 apresentou menores médias para o TAV e maturação. Além disso, demonstrou também menores variabilidades para o tamanho do ginóforo e FDV.

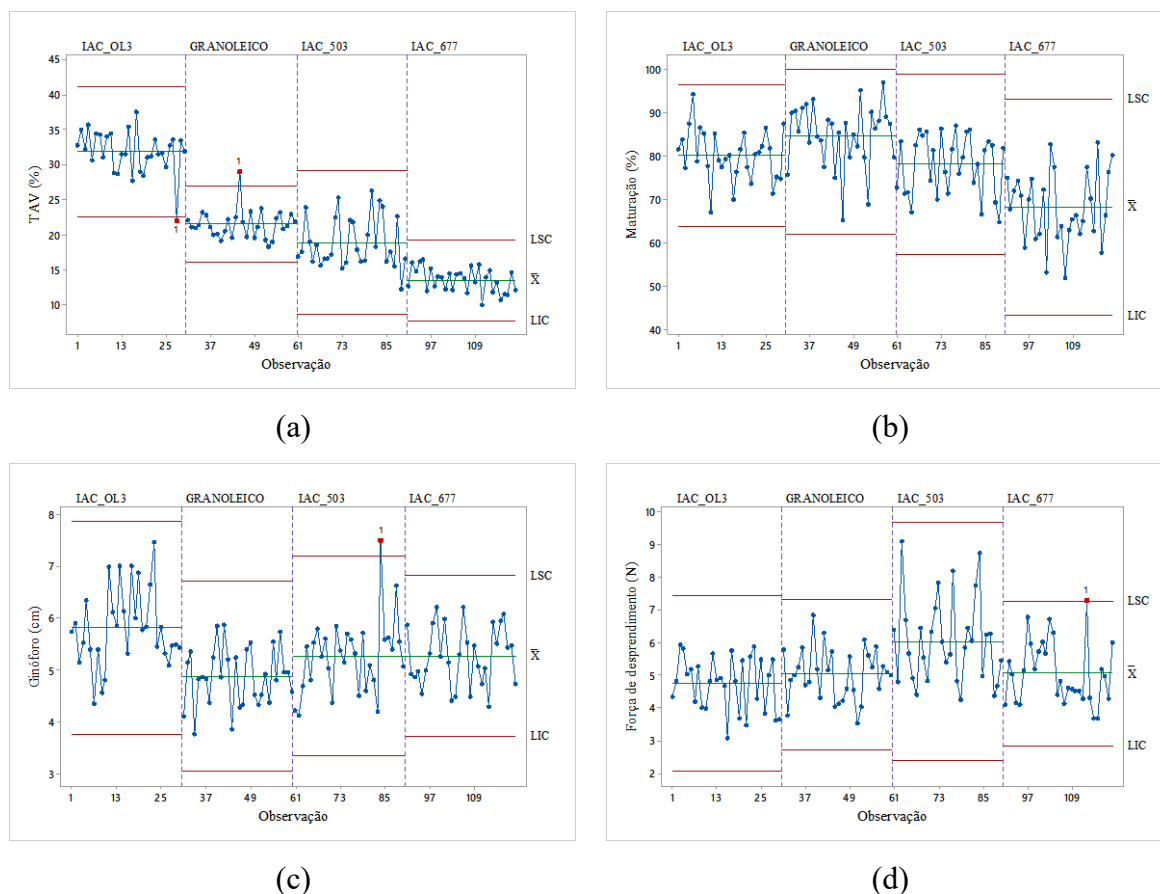


Figura 10 - Cartas de controle de valores individuais para: a) Teor de água nas vagens; b) Maturação; c) Tamanho do ginóforo; d) Força de desprendimento.

5.3 Variáveis relacionadas às perdas e à produtividade

As médias das perdas visíveis no arranquio (PVA) variaram entre 2,6 e 5,0% nas áreas com as cultivares IAC OL3 e IAC 677, respectivamente (Figura 11.a). Conforme mostrado na Figura 11.b (PIA), a área com a cultivar IAC 677 também se destacou por apresentar a maior média de perda, atingindo 4,1%. Os valores da soma de PVA e PIA resultaram nas perdas totais no arranquio (PTA) na Figura 11.c que revelou média de perda até 9,1% na área com a cultivar IAC 677. Além disso, notamos pontos fora de controle na avaliação de PIA que influenciou diretamente no resultado de PTA, sendo reveladores que essas ações sofreram influências de causas especiais.

Em relação ao recolhimento, para as perdas visíveis totais (PVT), na Figura 11.d, percebemos que na área com a cultivar IAC 503, a média das perdas foram 5,6%, superando todas as demais cultivares. Nesta mesma área identificamos dois pontos fora de controle que podem ter sido influenciados por causas especiais ou antrópicas.

Quando analisamos a Figura 11.e na área com cultivar IAC OL3 identificamos média produtividade com 6.040,00 kg ha⁻¹; sendo a cultivar com maior variabilidade em comparação com as demais. A área com a cultivar IAC 677 apresentou menor variabilidade e média de produtividade 3.285,00 kg ha⁻¹.

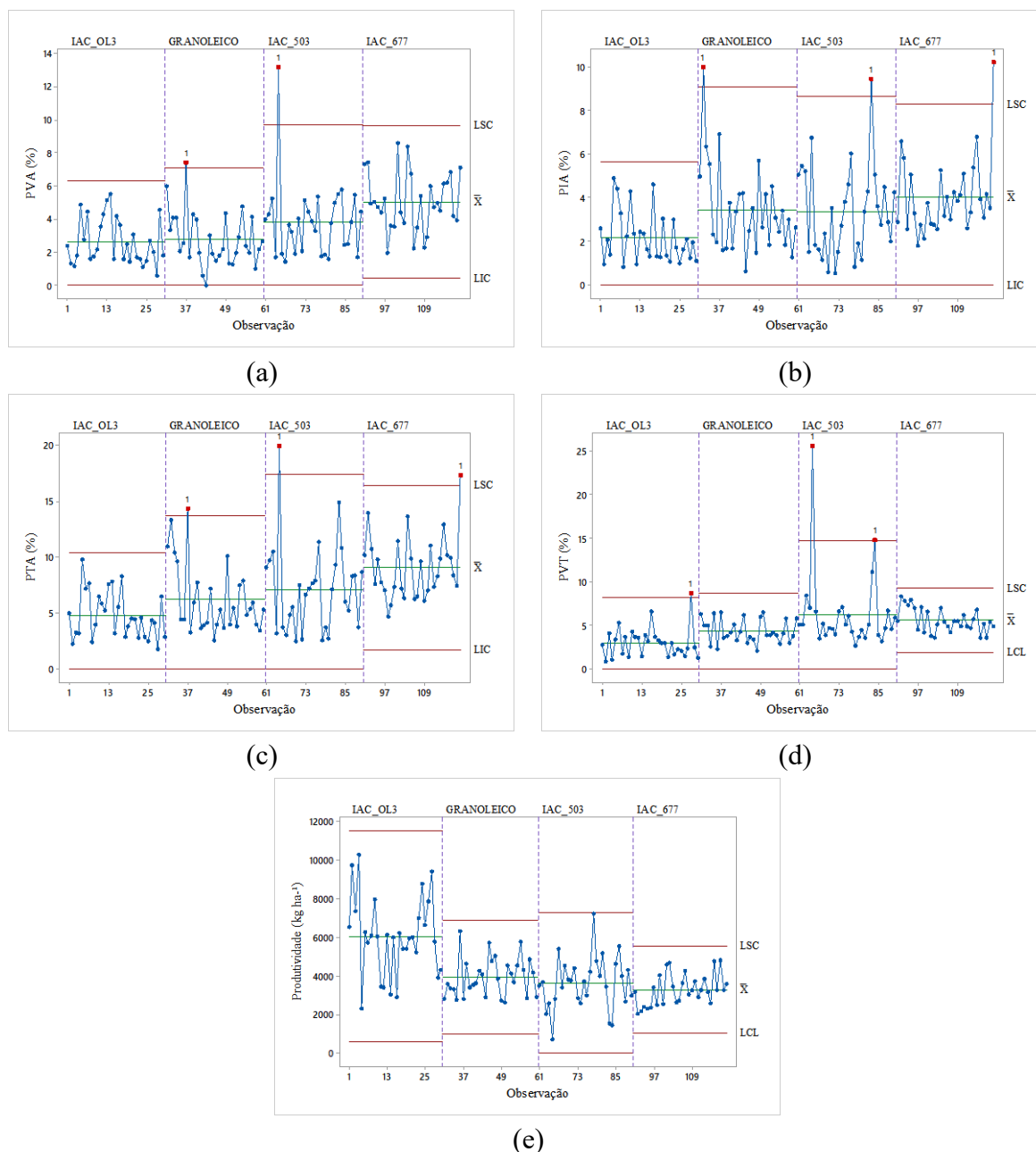


Figura 11 - Cartas de controle de valores individuais para: a) Perdas visíveis; b) Perdas invisíveis; c) Perdas totais; d) Perdas visíveis totais; e) Produtividade.

6 DISCUSSÃO

O monitoramento do balanço hídrico mensal, evidencia períodos de excedente (área azul) e deficiência hídrica (área vermelha), ao longo dos anos de 2023 (Figura 12.a) e 2024 (Figura 12.b). Em outubro de 2023, período de semeadura do amendoim, identificamos que houve redução na intensidade do déficit hídrico em comparação com o mês anterior, pois ocorreu a variabilidade de precipitações ao longo de alguns dias desse mês. Entretanto, as condições estabelecidas para esse período do ano ainda se mantiveram seca. Para o balanço hídrico do ano de 2024, observamos que de janeiro a setembro ocorreu predominância de déficit hídrico, indicando menor disponibilidade de água no solo em função da elevada demanda de evapotranspiração. Essa análise de informação é fundamental para o planejamento agrícola.

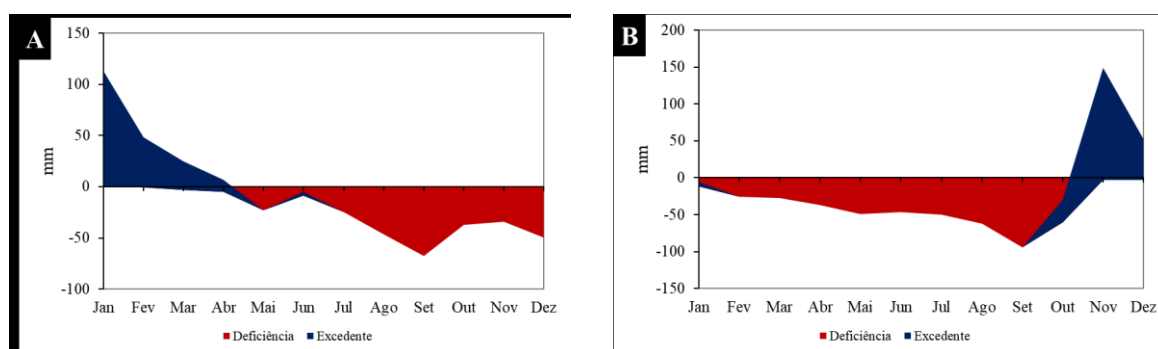


Figura 12. Balanço hídrico mensal do município de Jaboticabal, SP. a) Balanço hídrico de 2023; b) Balanço hídrico de 2024. Adap. NASA POWER (2025).

Durante qualquer processo mecanizado de colheita as perdas são inevitáveis. Na cultura do amendoim não é diferente, pois existem diversas variáveis que favorecem as perdas na colheita. O TAS, IC, DS, TAV e maturação, por exemplo, são fatores que podem influenciar diretamente na quantidade de perdas na colheita mecanizada.

O TAS exerce influência direta no desempenho das máquinas agrícolas durante a colheita. Solos muito úmidos dificultam a remoção das vagens devido à aderência excessiva, o que pode aumentar as perdas e afetar a capacidade operacional da colheita (SANTOS et al., 2013). Por outro lado, solos mais secos podem provocar a ruptura precoce do ginóforo ou a quebra das vagens, comprometendo a eficiência do processo (INCE; GUZEL, 2003), ou ainda, dificultar a penetração das facas do arrancador-invertedor no solo, aumentando assim as perdas invisíveis no arranquio. Assim, a umidade ideal do solo é crucial para maximizar a eficiência da colheita e minimizar danos às vagens. Nas áreas avaliadas (Figura 9.a) a área com a cultivar IAC 677 encontrava-se com maior TAS e as maiores perdas que as demais.

Os valores médios de índice de cone (IC_{0-20}) aqui encontrados (Figura 9.b) situaram-se dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da cultura do amendoim, pois de

acordo com Beutler et al. (2008) os valores limitantes para cultura do amendoim situam-se acima de 2 MPa. Dessa forma, mesmo na área com a cultivar IAC 503, que apresentou a maior média de IC (1,50 MPa), este valor não chegou a ser limitante para o desenvolvimento da cultura, embora possa ter influenciado na operação de arranquio.

A Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP), é um fator determinante no desenvolvimento das vagens de amendoim, assim também, durante a colheita. Solos compactados dificultam o crescimento dos ginóforas, impactando negativamente a produtividade da cultura. Nas áreas analisadas (Figura 9.c) as áreas não apresentam valores discrepantes de densidade entre si, esse motivo está relacionado com o TAS que também foram próximos em todas as áreas. Entretanto, solos compactados estratégias de manejo, tornam-se então essenciais para mitigar os efeitos da escassez de água, uma vez que o solo precisa estar suficientemente solto para permitir a penetração das estruturas reprodutivas em busca de água e nutrientes. O cultivo de amendoim é preferível em solos arenosos (LEONEL et al., 2007; BEUTLER et al., 2008), pois oferecem melhor drenagem e menor resistência à penetração, desde que tenham fertilidade e água suficiente para plantas.

Durante o arranquio, solos com maiores valores de RMSP, ainda que não sejam limitantes para cultura do amendoim, podem afetar a ação das facas do arrancador-invertedor (SANTOS et al., 2021). A qualidade do afiamento das facas, e a profundidade aplicada no arranquio podem impactar em maiores perdas de vagens. Consequentemente, a precisão nesses ajustes é essencial para minimizar perdas e otimizar a colheita.

Na área com a cultivar IAC 677 no momento do arranquio apresentou menor teor de água das vagens com média de 13,6% como ilustrado (Figura 10.a). Geralmente, as vagens imediatamente após a colheita, apresentam umidade em torno de 40% (CAVICHIOLO et al., 2014), vagens com teor de água abaixo de 15% no arranquio indica que esses valores estão abaixo dos níveis aceitáveis para colheita (SANTOS et al., 2021). Essa variável necessita de bastante atenção no momento da colheita, pois quando as vagens estão muito secas podem se desprender com maior facilidade ao passarem pela agitação da esteira vibratória. Em vista disso, indispensável ressaltar que na área com cultivar IAC 677 foi onde ocorreu os maiores percentuais de perdas no arranquio.

No ponto ideal de maturação do amendoim (entre 70 e 75%), ocorre o arranquio (SANDERS et al., 1982), processo que envolve a retirada simultânea das vagens do solo e a inversão das leiras. As lavouras com as cultivares IAC OL3, Granoleico e IAC 503 (Figura 10.b) apresentaram médias de maturação acima de 70% no momento do arranquio, enquanto a lavoura com a cultivar IAC 677 apresentou maturação média de 68%. Embora a maturação para

essa cultivar não tenha atingido o valor ideal para colheita, ela se encontrava bem próxima de 70%, o que permitiu realizar a colheita mecanizada. Contudo, cultivares do ciclo curto são mais adequadas para áreas de renovação de canaviais, para que o cronograma de plantio da cana-de-açúcar não seja prejudicado, porém, alguns produtores optam por cultivares de ciclo mais longo para adequar a logística, quando as áreas semeadas não são tão próximas umas das outras. No caso da área com a cultivar IAC 677 que está afastada das demais.

Compreender a densidade do solo é essencial para garantir melhores produtividades e sustentabilidade das lavouras. Esse fator é problemático para a cultura do amendoim que desenvolve suas vagens abaixo da superfície do solo. Neste trabalho os valores de densidade do solo na Figura 9.c situaram-se dentro do esperado para os solos das áreas avaliadas, garantindo condições adequadas para o desenvolvimento da cultura e para a realização da operação de arranquio. Estudos realizados por Warner et al. (2014) com o arranquio de amendoim, demonstraram que solos com textura seca mais fina como silte e argila tendem a provocar maiores perdas de vagens, quando comparados a solos de textura mais grossa, como os arenosos. Isso se deve à maior aderência do solo fino às raízes e vagens, dificultando sua remoção completa durante a colheita.

O TAV do amendoim desempenha papel fundamental na eficiência da colheita. Quando as vagens têm menor teor de água, o desprendimento do ginóforo da planta ocorre com mais facilidade, devido apresentar enfraquecido, o que pode aumentar as perdas durante o arranquio, já que as vagens se soltam mais facilmente do sistema radicular (BERTONHA et al., 2014). No momento da colheita o TAV nas áreas com as cultivares avaliadas apresentaram baixa umidade Figura 10, tornando o processo mais desafiador e mais vulnerável às perdas. Os valores de teor de água das vagens no arranquio variam normalmente de 35 a 45% (SEGATO; PENARIOL, 2007). A redução na umidade também favorece o processo de recolhimento, minimizando as perdas nessa etapa. Isso demonstra que o teor de água deve ser cuidadosamente manejado para equilibrar as perdas nas duas etapas da colheita.

Conforme informações coletadas por Girio et al. (2018) e Colvin et al. (2018) a colheita ideal do amendoim está diretamente ligada ao estágio de maturação das vagens, que é identificada pela predominância de cores laranja, marrom e preta. Nas colorações laranja e marrom, as vagens são consideradas maduras e demonstram maior resistência ao desprendimento, o que favorece a eficiência da colheita e minimiza perdas, no entanto as vagens na coloração preta reduz a resistência do ginóforo. É importante ressaltar que as vagens na coloração laranja e marrom garante uma produtividade otimizada, já que as vagens imaturas ou muito maduras podem comprometer a qualidade e a produtividade da safra. Portanto, a

coloração das vagens é um indicador importante para definir o momento exato da colheita. Já quando as vagens estão na fase de coloração preta, o ginóforo perde resistência, o que facilita maiores perdas durante a colheita.

O tamanho do ginóforo afeta a sua deformação e, consequentemente, a tensão quando ele é submetido à ação de forças. Durante o arranquio as vagens de amendoim, ao serem arrancadas do solo são submetidas a um certo nível de tensão e, em virtude disso ocorre a deformação do ginóforo. Portanto, o tamanho do ginóforo tem uma relação direta com a FDV, pois, maiores comprimentos de ginóforos resultam em menores forças para o desprendimento das vagens, observado na cultivar IAC OL3 (Figuras 10.c e 10.d). Isso mostra que, à medida que o ginóforo aumenta, as chances de perdas durante a colheita também se elevam (GIRIO et al., 2018).

A FDV de amendoim pode estar diretamente relacionada com o tipo de cultivar, pois algumas cultivares possuem características próprias, comprimento do ginóforo (CG) mais desenvolvido e maiores resistência mecânica ao desprendimento) descrito por (INCE; GUZEL, 2003). A cultivar IAC OL3 apresentou o tamanho do ginóforo médio de 5,8 cm, valor este que superou a média das demais cultivares avaliadas, e para a resistência mecânica ao desprendimento apresentou menor média com 4,7 N. Tendo em vista isso, se torna fundamental atentar-se ao comprimento do ginóforo e a força de desprendimento durante a colheita, pois quanto menor resistência mecânica ao desprendimento, mais a cultura irá se apresentar suscetível a ampliar os valores das perdas no arranquio.

As PVA do amendoim correspondem às vagens que permanecem sobre o solo após a operação de arranquio, a qual é realizada pela remoção das plantas com auxílio das facas, agitação pela esteira vibratória para retirada do excesso de solo, em seguida inversão realizada pelos rolos invertedores da máquina arrancador-invertedor. As PIA são encontradas abaixo do solo após as facas desta mesma máquina realizar o corte na profundidade superficial do solo. Quanto às PTA, essas são resultado da soma das PVA e PIA. Durante estas operações é necessário ter conhecimento sobre a lavoura e ao maquinário para reduzir as perdas e elevar a produtividade.

Observamos que o TAS apresentou média de 11,0% na cultivar IAC OL3 e o valor médio de PTA foi de 4,7% nessa mesma cultivar. Quando analisamos a média do TAS de 10,8% na cultivar Granoleico a média de PTA foi 6,2%. Isso também seguiu para a cultivar IAC 503, quando o valor médio 8,2% de TAS diminuiu, o valor médio 7,1% de PTA aumentou. Essa premissa não seguiu para cultivar IAC 677, entretanto esta cultivar está localizada afastada das demais.

É importante enfatizar que, para se obter produtividade que atendam às expectativas desejáveis é necessário cumprir diversas condições no desempenho da colheita, desde o preparo de solo. Para este trabalho foi realizado a operação convencional, com uma passada de grade pesada com discos de 34" polegadas, seguida por uma subsolagem e por último uma passada de grade niveladora com discos de 22" polegadas. Além da operação dos maquinários na etapa de arranquio e recolhimento das vagens. Contudo, é essencial determinar o ponto ideal de maturação do amendoim para iniciar a colheita e obter máxima produtividade.

6.1 Discussão sobre estabilidade e variabilidade

No que diz respeito à estabilidade dos indicadores de qualidade do solo: TAS, IC, DS. Constatamos que nesses fatores ocorreram estabilidade na maioria das cultivares, entretanto apenas a cultivar IAC 677 registrou instabilidade para todos indicadores observados e menor variabilidade para TAS. Em razão disso, quando se trata da variabilidade, as cultivares IAC OL3 e Granoleico, ambas apresentam 0,47 MPa e menores variações para IC, já para DS apenas a cultivar OL3 obteve menor variabilidade.

Considerando os indicadores de qualidade relacionados à planta, observamos que o processo pôde ser considerado estável para a maioria destes indicadores, exceto para TAV (cultivares IAC OL3 e Granoleico), CG (IAC 503) e FDV (IAC 677). No entanto, cabe ressaltar que, apesar da instabilidade detectada, todos os indicadores apresentaram apenas um ponto fora de controle. Dessa maneira, evidenciando que as condições de produção de uma cultura não são efetivamente controláveis, podemos analisar que para estes indicadores o processo foi praticamente estável. Quanto à variabilidade dos indicadores da planta, a cultivar IAC 503 revelou maiores variações para (TAV, PTA, PVT e FDV), a cultivar IAC 677 para maturação e a cultivar IAC OL3 para CG.

Os indicadores de qualidade das perdas na colheita do amendoim, constataram que nas duas etapas da colheita (arranquio e recolhimento), o processo se manteve instável para todos indicadores da cultivar IAC 503 e pelo menos um indicador instável para às demais. A respeito da produtividade, todos os valores se mantiveram estáveis para todas as cultivares, portanto para variabilidade a cultivar IAC OL3 ultrapassou todas as outras. Em virtude disso, quando analisamos a variabilidade, identificamos que a cultivar IAC 503 demonstrou maiores variações para todos indicadores de qualidade das perdas nas etapas de colheita, com exceção para PIA.

7 CONCLUSÃO

Para a maioria dos indicadores de qualidade a cultivar IAC 503 apresentou maior variabilidade do processo, enquanto a cultivar IAC OL3 apresentou menor variabilidade para os indicadores relacionados às perdas no arranquio.

Os maiores percentuais de perdas visíveis, invisíveis e totais foram obtidos na área com a cultivar IAC 677 na operação de arranquio, para esta cultivar o TAS manteve maior e TAV menor que as demais cultivares, sendo isto fator desafiador nesta etapa da colheita. Na operação de recolhimento, as maiores perdas foram observadas na área com a cultivar IAC 503.

8 REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B.; DHUNGANA, S. K.; ALI, M. W.; ADHIKARI, A.; KIM, I.; SHIN, D. 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.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AREAL, FRANCISCO J.; JONES, P. J., MORTIMER, S. R.; WILSON, P. Measuring sustainable intensification: Combining composite indicators and efficiency analysis to account for positive externalities in cereal production. **Land Use Policy**, v. 75, p. 314-326, 2018.
- BERTOLINO, K. M.; DUARTE, G. R. B.; VALADARES, G. M. P.; BOTREL, E. P.; MARTINS, F. A. D. Produção de biomassa e cobertura do solo pelo consórcio de crotalária e milho e sua influência em propriedades físicas dos solo. **ForScience**, v. 9, n. 2, p. 931, 2021.
- BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; NASCIMENTO, J. M.; CAVICHIOLI, F. A. Perdas e teor de água das vagens no arranquio mecanizado de amendoim. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 3, p. 167-173, 2014.
- 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.
- BRITO FILHO, A. L.; CARNEIRO, F. M.; SOUZA, J. B. C.; ALMEIDA, S. L. H.; LENA, B. P.; SILVA, R. P. Does the Soil Tillage Affect the Quality of the Peanut Picker?. **Agronomy**, v. 13, n. 4, p. 1024, 2023.
- CARREGA, W. C.; SANTOS, J. I.; CESARIN, A. E.; GALLARDO, G. J. T.; BACHA, A. L.; GODOY, I. J.; ALVES, P. L. D. C. A. Respostas fisiológicas de genótipos de amendoim à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 54, p. 119-133, 2019.
- CAVICHIOLI, 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. **Científica**, v. 42, n. 3, p. 211-215, 2014.
- COLVIN, B. C.; TSENG, Y.; TILLMAN, B. L.; ROWLAND, D. L.; ERICKSON, J. E.; CULBREATH, A. K.; FERRELL, J. A. Consideration of peg strength and disease severity in the decision to harvest peanut in southeastern USA. **Journal of Crop Improvement**, v.32, n.3, p. 287-304, 2018.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/2025, Sétimo levantamento: Abril/2025. Brasília: Conab, 2025. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0>
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRÍCOLA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 353 p. ISBN 978-85-7035-198-2, 2013.

EMAMI, M.; ALMASSI, M.; BAKHODA, H.; KALANTARI, I. Agricultural mechanization, a key to food security in developing countries: strategy formulating for Iran. **Agriculture & Food Security**, v. 7, p. 1-12, 2018.

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. 20-33, 2018.

GIRIO, L. A. S.; MENEZES, P. C.; ZERBATO, C.; SANTIAGO, L.; RINCÃO, R. O.; SILVA, R. P. Força de destacamento de vagens de amendoim de acordo com a maturação e a relação com o comprimento do ginóforo. In: **XV Encontro sobre a cultura do Amendoim, Jaboticabal**. UNESP/FCA, 2018.

GODOY, I. J.; MORAES, A. R. A.; SANTOS, J. F.; MICHELOTTO, M. D.; BOLONHEZI, D.; FREITAS, R. S.; CAVICHIOLI, J. C.; CARVALHO, C. R. L. C.; MARTINS, A. L. Cultivares de amendoim alto oleicos: Uma inovação para o mercado produtor e consumidor brasileiros. **Cultiv. Amend. alto oleicos uma Inovação para o Merc. Prod. Consum. Bras.** p. 1–12, 2018

INCE, A.; GUZEL, E. Effects of gynophore breaking resistance on losses in mechanized peanut harvesting. In: International Conference on Crop Harvesting and Processing. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, p. 28, 2003.

JUNG, J.; MAEDA, M.; CHANG, A.; BHANDARI, M.; ASHAPURE, A.; LANDIVAR-BOWLES, J. The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 70, p. 15-22, 2021.

JORGE, A. C.; MAHL, D.; ALMEIDA, T. F.; SERON, C. C.; MORAES, M. B. Perdas no arranquio mecanizado do amendoim em função da velocidade de espaçamento entre hastes. In: **Anais do 5º Encontro do Amendoim, Jaboticabal**. Jaboticabal: Funep, 2008.

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.

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**, v. 22, n. 10, p. 732-738, 2018.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. 4. ed. **New York: John Wiley e Sons**, p. 677, 2000.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C.; ANDERSON-COOK, C. M. Metodologia de superfície de resposta: otimização de processos e produtos usando experimentos planejados. **John Wiley & Sons**, 2016.

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

NASA POWER. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION PREDICTION OF WORLDWIDE ENERGY RESOURCES. Setembro/2025. NASA POWER, 2025. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/>.

OLIVEIRA, M. F.; CARNEIRO, F. M.; ORTIZ, B. V.; THURMOND, M.; OLIVEIRA, L. P.; BAO, Y.; SANZ-SAEZ, A.; TEDESCO, D. Predicting below and above-ground peanut biomass and maturity using multi-target regression. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 218, p. 108647, 2024.

ORMOND, A. T. S.; SANTOS, A. F.; ALCANTARA, A. S.; ZERBATO, C.; FURLANI, C. E. Interferência da lavoura na qualidade da colheita mecanizada de amendoim. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 2, p. 251-259, 2018.

RABONATO, L. C.; AMARAL, R. D. A.; OLIVEIRA, R. D. S.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Obtenção de óleo, farinha e biodiesel etílico a partir da prensagem a frio de amêndoas de girassol. **Revista Energia na Agricultura**, v. 32, n. 3, 2017.

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**, v. 33, n. 2, p. 125-136, 2006.

SAMOHYL, R. W. Controle estatístico de qualidade. **Elsevier**, 2009.

SAMPAIO, R. M. Tecnologia e Inovação: evolução e demandas na produção paulista de amendoim. **Informações Econômicas**, v. 46, n. 4, p. 27-42, 2016.

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.

SANTOS, A. F. D.; SILVA, R. P. D.; TAVARES, T. O.; ORMOND, A. T.; ROSALEN, D. L.; ASSIS, L. C. D. Parallelism error in peanut sowing operation with auto-steer guidance. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 10, p. 731-736, 2017.

SANTOS, A. F.; SILVA, R. P.; ZERBATO, C.; MENEZES, P. C.; KAZAMA, E. H.; PAIXÃO, C. S. S.; VOLTARELLI, M. A. Use of real-time extend GNSS for planting and inverting penuts. **Precision Agriculture**, v. 19, p. 1-17, 2018.

SANTOS, A. F. D. SILVA, R. P. ZERBATO, C.; MENEZES, P. C.; KAZAMA, E. H.; PAIXÃO, C. S. S.; VOLTARELLI, M. A. Use of real-time extend GNSS for planting and inverting peanuts. **Precision Agriculture**, v. 20, p. 840-856, 2019.

SANTOS, A. F. D.; ALCÂNTARA, A. S.; CORRÊA, L. N.; QUEIROZ, R. F. D.; SILVA, R. P. D. Does moisture in pods interfere with mechanized harvesting of peanuts? **Engenharia Agrícola**, v. 41, p. 98-106, 2021.

SANTOS E. P.; SILVA R. P.; BERTONHA R. S.; NORONHA R. H.; ZERBATO C. Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 695-702, 2013.

SEGATO, S. V.; FERNANDES, C.; SENE PINTO, A. Expansão e Renovação de Canavial. **Piracicaba: Editora CP**, v. 2, p. 85-116, 2007.

SILVA, R. P. Colheita mecanizada de amendoim. **Avanços na produção de amendoim. Jaboticabal: FUNEP**, p. 129-141, 2019.

SILVA, R. P.; MAHL, D. Perdas na colheita mecanizada do amendoim safra 2007/2008. **Relatório de Pesquisa**. Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA. Jaboticabal, 47p. 2008.

SONG, X. P. HANSEN, M. C.; POTAPOV, P.; ADUSEI, B.; PICKERING, J.; ADAMI, M.; TYUKAVINA, A. Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation. **Nature sustainability**, v. 4, n. 9, p. 784-792, 2021.

SORENSEN, R. B.; NUTI, R. C.; HOLBROOK, C. C.; CHEN, C. Y. Peanut peg strength and associated pod yield and loss by cultivar. **Peanut Science**, v. 44, n. 2, p. 77-82, 2017.

SOUZA, F. E. C.; SOUSA, G. D.; SOUZA, M. D.; FREIRE, M. D. C.; LUZ, L. D.; SILVA, F. D. Productivity of different peanut genotypes submitted to different forms of fertilization. **Nativa**, v. 7, n. 4, p. 383-388, 2019.

SOUZA, J. B. C.; ALMEIDA, S. L. H.; BRITO FILHO, A. L.; CARNEIRO, F. M.; SANTOS, A. F.; SILVA, R. P. Unmanned aerial system and satellite: Which one is a better platform for monitoring of the peanut crops?. **Agronomy Journal**, v. 115, n. 3, p. 1146-1160, 2023.

SOUZA JUNIOR, N. L.; PERREIRA, M. C.; COSTA, P. L. A. Plantas daninhas na cultura do amendoim em função do espaçamento e densidade de plantas. **Agronomia Tropical**, v. 60, n. 4, p. 341-354, 2010.

STOLF, R. Fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em força/unidade de área. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. p. 823-836, 1990.

STUART, M.; MULLINS, E.; DREW, E. Statistical quality control and improvement. **European Journal of Operational Research**, v. 88, n. 2, p. 203-214, 1996.

USDA-United States Department of Agriculture. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2221000>
Acessado em 24 de Abril de 2025.

TAVARES, T. O.; BORBA, M. A. P.; OLIVEIRA, B. R.; SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; ORMOND, A. T. S. Effect of Soil Management Practices on the Sweeping Operation during Coffee Harvest. **Agronomy Journal**, v. 110, p.1689-1696, 2018.

TRINDADE, C.; REZENDE, J.; JACOVINE, L.; SARTÓRIO, M. Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal. **Viçosa, MG: UFV**, 2007.

VIEIRA, C.; SILVA, J. F.; CARDOSO, A. A. Efeitos da competição com plantas daninhas sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v. 37, n. 212, 1990.

VIEIRA, I. C. O.; ZONFRILLI, L. E.; SILVA, R. P. Lammapy: NASA POWER - Download de Dados Climáticos, 2025. Disponível em: <https://lamma.com.br/lammapy>

WARNER, A. C.; KIRK, K. R.; THOMAS, J. S.; MONFORT, W. S.; WHITE, J. W.; BRANTLEY, S. A.; MASSEY, H. F. Variable depth Peanut digger: Part II—digging loss analysis. Montreal, Quebec Canada. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, p. 1. 2014.

WILLIAMS, E. J.; DREXLER, J. S. Um método não destrutivo para determinar a maturidade da vagem de amendoim. **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**, v. 64, p. 66, 2014.

ZERBATO, C.; SILVA, V. F.; TORRES, L. S.; SILVA, R. P. D.; FURLANI, C. E. Peanut mechanized digging regarding to plant population and soil water level. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 459-465, 2014.

ZERBATO, C.; FURLANI, C. E.; SILVA, R. P. D.; VOLTARELLI, M. A.; SANTOS, A. F. D. Statistical control of processes applied for peanut mechanical digging in soil textural classes. **Engenharia Agrícola**, v. 37, p. 315-322, 2017.

ZERBATO, C.; FURLANI, C. E.; OLIVEIRA, M. F. D.; VOLTARELLI, M. A.; TAVARES, T. D. 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.