

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA  
CAMPUS JORGE AMADO  
CENTRO DE FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS AGROFLORESTAIS – CFCAf  
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

MURILO MAGALHÃES SANTOS PASSOS

ÂNGULO DE CORTE DO PEDÚNCULO DOS FRUTOS DE  
CACAU EM SISTEMA DE PRODUÇÃO CABRUCO

ITABUNA-BA

2023

MURILO MAGALHÃES SANTOS PASSOS

ÂNGULO DE CORTE DO PEDÚNCULO DOS FRUTOS DE  
CACAU EM SISTEMA DE PRODUÇÃO CABRUCÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado a  
Universidade Federal do Sul da Bahia, como  
parte das exigências do curso de Engenharia  
Agrícola e Ambiental para obtenção do título de  
Engenheiro(a) Agrícola e Ambiental.

Orientador: Rafael Henrique de Freitas  
Noronha

ITABUNA-BA

2023

**Catálogo na Publicação (CIP)**  
**Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)**  
**Sistema de Bibliotecas (SIBI)**

P289a Passos, Murilo Magalhães Santos, 1995 -  
Ângulo de corte do pedúnculo dos frutos de cacau em sistema de produção  
cabruca. / Murilo Magalhães Santos Passos. – Itabuna, 2023.  
41 f.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Henrique de Freitas Noronha  
Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Sul da Bahia. Centro de  
Formação em Ciências Agroflorestais. Bacharelado em Engenharia Agrícola e  
Ambiental. Campus Jorge Amado.

1. *Theobroma cacao* L. 2. Resistência de Corte. 3. Biometria de Frutos. 4.  
Análise Descritiva. 5. Cartas de Controle. I. Noronha, Rafael Henrique de  
Freitas.

CDD – 631.55


**Elaborado por Lucas Sousa Carvalho - CRB-5/1883**

MURILO MAGALHÃES SANTOS PASSOS

ÂNGULO DE CORTE DO PEDÚNCULO DOS FRUTOS DE CACAU EM SISTEMA DE  
PRODUÇÃO CABRUCÁ


Trabalho de conclusão de curso apresentado a  
Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte  
das exigências do curso de Engenharia Agrícola e  
Ambiental para obtenção do título de Engenheiro  
Agrícola e Ambiental.

Aprovado: 27 de dezembro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 **RAFAEL HENRIQUE DE FREITAS NORONHA**  
Data: 27/12/2023 12:42:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Rafael Henrique de Freitas Noronha - SIAPE: 3026285  
Presidente e Orientador  
Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSC

Documento assinado digitalmente  
 **ANTONIO TASSIO SANTANA ORMOND**  
Data: 27/12/2023 12:09:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Antonio Tassio de Santana Ormond  
Membro Convidado  
Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG

Documento assinado digitalmente  
 **NAIARA DE LIMA SILVA**  
Data: 27/12/2023 12:25:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Me. Naiara de Lima Silva - SIAPE: 1254850  
Membro Convidada  
Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSC

## RESUMO

Considerando a necessidade de desenvolver tecnologias que possam auxiliar na mecanização da colheita do cacau, este trabalho busca examinar as variáveis cuja compreensão se faz necessária para a criação dessas tecnologias. Este trabalho teve como objetivo compreender as variáveis que podem influenciar o processo de arranquio mecanizado do cacau (*Theobroma cacao L.*), identificar o ângulo de corte que pode proporcionar menor resistência do pedúnculo ao arranquio, identificar a correlação entre a força necessária para o desprendimento do fruto e variáveis biométricas. O estudo foi realizado em uma área experimental da CEPLAC no município de Ilhéus, na Bahia, com plantio de cacau no sistema cabruca, de variedade Forasteiro ou “cacau comum”. Foram selecionados frutos de cacau em estágio de maturação ideal para colheita e submetidos a três ângulos de corte (0°, 15° e 30°), medindo-se a resistência ao desprendimento em Newtons e variáveis biométricas dos frutos. Os resultados foram avaliados por meio de análise de variância, estatística descritiva, correlação de Pearson e cartas de controle. Os resultados não indicaram diferença significativa entre as médias de resistência ao arranquio em relação aos ângulos de corte. Além disso, não houve correlação significativa entre a resistência ao arranquio e as variáveis biométricas avaliadas.

**Palavras-chave:** *Theobroma cacao L.*, Resistência de corte, Biometria de frutos, Análise descritiva, Cartas de controle.

## ABSTRACT

Considering the need to develop technologies that can assist in the mechanization of cocoa harvesting, this work seeks to examine the variables whose understanding is necessary for the creation of these technologies. This work aimed to understand the variables that can influence the mechanized plucking process of cocoa (*Theobroma cacao L.*), identify the cutting angle that can provide less resistance of the peduncle to plucking, identify the correlation between the force required for detachment of the fruit and biometric variables. The study was carried out in an experimental area of CEPLAC in the municipality of Ilhéus, in Bahia, with cocoa planting in the cabruca system, of the Forasteiro or “common cocoa” variety. Cocoa fruits were selected at an ideal stage of maturity for harvesting and subjected to three cutting angles (0°, 15° and 30°), measuring resistance to detachment in Newtons and biometric variables of the fruits. The results were evaluated using analysis of variance, descriptive statistics, Pearson correlation and control charts. The results did not indicate a significant difference between the means of pullout resistance in relation to the cutting angles. Furthermore, there was no significant correlation between pulling resistance and the biometric variables evaluated..

**Keywords:** *Theobroma cacao L.*, Cutting Resistance, Biometrics, Descriptive Analysis, Control Charts.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Mapa de localização da área experimental. ....                            | 15 |
| Figura 2. Dinamômetro digital portátil.....   | 16 |
| Figura 3. Instrumento de corte angulado.....  | 17 |
| Figura 4. Procedimento de colheita no experimento.. ....                            | 17 |
| Figura 5. Modelo carta de controle.....   | 19 |
| Figura 6. Cartas de Controle para diâmetro do pedúnculo.....                        | 22 |
| Figura 7. Cartas de Controle para comprimento do pedúnculo.....                     | 22 |
| Figura 8. Cartas de Controle para resistência ao arranquio dos frutos de cacau..... | 23 |
| Figura 9. Cartas de Controle para massa fresca total.....                           | 26 |
| Figura 10. Cartas de Controle para massa fresca da casca.....                       | 27 |
| Figura 11. Cartas de Controle para espessura da casca interna. ....                 | 31 |
| Figura 12. Cartas de Controle para espessura da casca externa. ....                 | 32 |
| Figura 13. Cartas de Controle para massa fresca das amêndoas.. ....                 | 29 |
| Figura 14. Cartas de Controle para comprimento dos frutos de cacau. ....            | 33 |
| Figura 15. Cartas de Controle para diâmetro dos frutos de cacau.....                | 34 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Teste de comparação de médias do pedúnculo e resistência ao desprendimento na colheita de cacau para os ângulos de corte de 0°, 15° e 30°. ... | 20 |
| Tabela 2. Estatística descritiva das medidas do pedúnculo submetidos a cada ângulo de corte (0°, 15° e 30°) na operação de colheita.....                 | 20 |
| Tabela 3. Teste de comparação de médias das massas dos frutos submetidos aos ângulos de corte de 0°, 15° e 30°.....                                      | 25 |
| Tabela 4. Estatística descritiva das massas dos frutos de cacau submetido a cada ângulo de corte (0°, 15° e 30°) na operação de colheita. ....           | 25 |
| Tabela 5. Teste de comparação de médias das variáveis biométricas na colheita de cacau para os ângulos de corte de 0°, 15° e 30°. ....                   | 29 |
| Tabela 6. Estatística descritiva das variáveis de produção de cacau submetido a cada ângulo de corte (0°, 15° e 30°) na operação de colheita. ....       | 29 |
| Tabela 7. Correlação entre as variáveis biométricas de cacau. ....   | 34 |



## SUMÁRIO

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO .....                           | 9  |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                | 11 |
|   | 2.1 CULTURA DO CACAU NO SUL DA BAHIA.....  | 11 |
|   | 2.2 SISTEMAS PRODUTIVOS.....               | 12 |
|   | 2.3 COLHEITA DO CACAU.....                 | 13 |
|   | 2.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO ..... | 13 |
|   | 2.5 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS .....            | 14 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS .....                   | 15 |
|   | 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL .....               | 15 |
|   | 3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....       | 16 |
|   | 3.3 ANÁLISE DE DADOS.....                  | 17 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                | 20 |
| 5 | CONCLUSÃO .....                            | 37 |
|   | REFERÊNCIAS .....                          | 38 |

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de cacau no Sul da Bahia fornece matéria-prima para as indústrias de processamento de cacau e chocolates. A escassez de mão de obra e os custos operacionais são os principais desafios regionais que exige métodos mais eficientes e sustentáveis.

O uso de máquinas e equipamentos na cacauicultura pode ser uma solução para aumentar eficiência e qualidade das operações de preparo do solo, plantio, tratos culturais e beneficiamento.

A otimização da eficiência na colheita de cacau é fundamental para os produtores, dado seu impacto direto na produtividade e qualidade do produto final. No entanto, a colheita de cacau continua sendo uma atividade predominantemente manual, frequentemente comprometida pela variabilidade na disponibilidade e qualidade da mão de obra, influenciando a velocidade e consistência do processo.

O desenvolvimento de máquinas e equipamentos agrícolas está intrinsecamente ligado a uma compreensão aprofundada das características biométricas das plantas e frutos do cacau. A análise das variáveis biométricas fornece dados importantes que podem ser aplicados para melhorar a qualidade, produção e eficiência das práticas agrícolas. No contexto da colheita do cacau, a compreensão das relações entre as variáveis biométricas e físicas como a resistência ao desprendimento do fruto, é crucial para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias.

A aplicação da estatística descritiva e do controle estatístico de processos são fundamentais para identificar padrões, tendências e relações entre as variáveis envolvidas na colheita do cacau.

Através do emprego destas técnicas, é possível realizar uma avaliação precisa dos resultados, contribuindo para a tomada de decisões embasadas em dados sólidos.

Considerando a crescente necessidade de práticas agrícolas sustentáveis, este estudo teve como objetivo contribuir com informações relevantes para o desenvolvimento de um mecanismo de corte que possa auxiliar a colheita mecanizada de cacau. Para atingir esse propósito, foram analisadas as variáveis que podem impactar o processo de arranquio mecanizado do cacau em cultivo sob sistema

cabruca. Além disso, buscou-se compreender as variáveis biométricas envolvidas na colheita do fruto e determinar o ângulo de corte do pedúnculo que pode proporcionar menores valores de resistência do pedúnculo do fruto. Essas análises foram realizadas por meio de testes de comparação de dados, cartas de controle e análises de correlação, sendo parte integrante do estudo para garantir uma abordagem abrangente e fundamentada.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CULTURA DO CACAU NO SUL DA BAHIA

O cultivo de cacau (*Theobroma cacao L.*) no estado da Bahia teve início no século XVIII, e seu desenvolvimento se intensificou no século XIX, após a implantação de variedades com maior produtividade (Da Costa *et al.*, 2006). No século XX, o cultivo do fruto se tornou a base da economia da Bahia e o estado se consolidou como um dos principais produtores mundiais de cacau, especialmente na região Sul da Bahia que foi responsável por cerca de 80% da produção nacional do cacau entre as décadas de 1950 e 1980 (Cerqueira Neto, 2013; Xavier; Nascimento; Chiapetti, 2021).

Na década de 1950, o modelo econômico de produção de cacau na Bahia foi comprometido pela queda dos preços internacionais do produto, acesso limitado ao crédito por parte dos produtores e a falta de desenvolvimento de tecnologias para melhorar a produtividade. Nestas circunstâncias, em 1957, foi criada a Comissão Executiva do Plano de Recuperação da lavoura Cacaueira (CEPLAC), com o objetivo de recuperar a lavoura cacaueira por meio do aprimoramento do conhecimento científico, de concessão de crédito para os produtores e contribuir com a comercialização das amêndoas produzidas no país (Da Costa *et al.*, 2006; Xavier; Nascimento; Chiapetti, 2021).

Entre os anos de 1970 e 1985, o Brasil apresentou um crescimento superior à 100%, evidenciando uma rápida expansão. Neste período, a região Sul da Bahia se tornou a principal produtora da amêndoa no país. Entretanto, a região começou a sofrer algumas dificuldades a partir do final da década de 80, provocando a redução na produção do fruto. A nível nacional, os produtores sofreram uma forte diminuição da oferta de crédito provocada por uma crise fiscal, a falta de crédito impactou a capacidade dos cacaucultores de financiar a produção. No ambiente externo, houve um crescimento da oferta das amêndoas no mercado internacional, provocado pelo surgimento de novos polos produtores, essa situação gerou uma forte queda nos preços da *commodity*.

Em 1987, houve a introdução do fungo *monilliophthora perniciososa* conhecido como “vassoura-de-bruxa”, sua disseminação contribuiu para uma queda significativa na produtividade do cacau na região (Carvalho *et al.*, 2020; Da Costa *et al.*, 2006;

Xavier; Nascimento; Chiapetti, 2021). A recuperação da cacauicultura no Sul da Bahia teve início ainda nos anos 90 com o desenvolvimento de novas variedades de cacau resistentes à vassoura-de-bruxa e mais produtivas por meio de técnicas de clonagem do cacau (Carvalho *et al.*, 2020).

## 2.2 SISTEMAS PRODUTIVOS E MECANIZAÇÃO NA CACAUICULTURA

No Sul da Bahia, o cacau é produzido sob diferentes sistemas, que se diferem em relação à densidade de cacauzeiros, espécies utilizadas para sombreamento e produtividade (Müller; Gama-Rodrigues, 2007).

O sistema cabruca, consiste no plantio do cacau sob árvores nativas da Mata Atlântica. Este sistema é predominante no sudeste da Bahia e tem importante relevância socioambiental (Piasentin; Saito, 2014).

O sistema agroflorestal envolve a integração de diferentes culturas agrícolas, combinando a cultura de cacau com árvores de sombra, frutíferas e outras plantas. (Marques; Monteiro, 2016).

O sistema de cultivo a pleno sol consiste em um método em que os cacauzeiros são plantados sem a presença significativa de sombreamento. As plantas são expostas diretamente à luz solar, sem a presença de cobertura de outras árvores (Piasentin; Saito, 2014).

Os produtores brasileiros de cacau enfrentam diversos desafios que contribuem para a baixa utilização de tecnologias no processo produtivo. Fatores como: reduzido acesso ao crédito para custeio; leis ambientais restritivas nas zonas de cultivo tradicional, referentes à mata raleada; obstáculos técnicos e operacionais para o correto manejo do sombreamento, topografia irregular; limitação e elevado custo de mão de obra. No Sul da Bahia, especificamente, observa-se uma reduzida densidade de cacauzeiros, contribuindo para uma baixa produtividade, tornando inviável a implementação das tecnologias disponíveis devido ao baixo retorno econômico (Leite; Sodré, 2017).

Os sistemas de cultivo SAF e pleno sol, são considerados mais propícios à mecanização, especialmente em plantios planejados, no qual os espaçamentos entre plantas favorece a circulação de máquinas e equipamentos agrícolas (Leite; Sodré, 2018).

### 2.3 COLHEITA DO CACAU

A cacauicultura apresenta elevada necessidade de mão de obra nas diversas etapas do cultivo tornando-a vulnerável ao aumento do valor e escassez de trabalhadores disponíveis (Leite; Sodré, 2017). A colheita do cacau é realizada predominantemente de forma manual e é, geralmente, a etapa que mais demanda maior quantidade de funcionários no cultivo do cacau (Estival, 2013).

O procedimento de colheita do cacau é caracterizado por sua elevada complexidade, exigindo abordagens interventivas pré-colheita para facilitar o acesso aos frutos como a utilização de técnicas de poda ou tutoramento (Sodré; Leite, 2018). O processo de colheita dos frutos é realizado manualmente, geralmente, os trabalhadores utilizam tesouras manuais, podões ou facões para remover o pedúnculo do fruto sem danificar os troncos e ramos da planta. Em cultivos tecnificados, a quebra dos frutos pode ser realizada no campo ou em usina de beneficiamento, com a utilização de máquinas extratoras de sementes, essas máquinas efetuam a quebra por corte ou esmagamento e separam as sementes das cascas (Leite; Sodré, 2018). Em relação ao processo de pós-colheita, há crescimento na quantidade de tecnologias desenvolvidas para melhorar a eficiência e qualidade do beneficiamento das amêndoas, principalmente nas etapas de fermentação e secagem (Santos e Araújo, 2020).

A implementação de mecanização na produção cacauera é essencial para padronizar e melhorar as operações agrícolas, aumentar a eficiência produtiva e minimizar a dependência de mão de obra manual (Leite; Sodré, 2017). Mesmo em áreas de cultivo e experimentos tecnificados, a colheita do cacau ainda é realizada de maneira manual, porém, a mecanização é aplicada em diversas etapas, levantamentos iniciais, preparo do solo, produção de mudas, irrigação, plantio, manejo cultural, pré-colheita e pós-colheita (Leite; Sodré, 2018).

### 2.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

O Controle Estatístico de Qualidade (CEP) é uma coleção de técnicas que podem ser usadas de forma combinada com o objetivo de promover melhorias na estabilidade de processos e reduzir a variabilidade (Marshall *et al.*, 2012). O CEP tem

o objetivo de melhorar a qualidade dos processos através da diminuição das fontes de dispersão, ainda assim ocorre variação, pois não existe processo sem oscilação. Dessa forma é importante que o processo seja mantido dentro de padrões de estabilidade para mitigar a variabilidade (Silva *et al.*, 2013).

Os processos industriais começaram a adotar o CEP na década de 1920, e ocorreu um crescimento na sua utilização durante a segunda guerra mundial. Usualmente o CEP é associado a gráficos de controle que auxiliam a análise da estabilidade do processo. A utilização deste do CEP oferece importantes vantagens, porém, é necessário que se observe os Fatores Críticos de Sucesso (FCS), estes, são fatores que afetam a implantação do CEP, podendo levar a um aumento na variabilidade do processo (Marshall *et al.*, 2012).

As cartas de controle, são instrumentos fundamentais na gestão da qualidade, funcionam sob premissas cruciais para garantir sua eficácia. É necessário que o processo em análise esteja em um estado estatisticamente controlado. Deve haver independência das observações, normalidade ou aproximação à normalidade na distribuição dos dados, a constância da variabilidade ao longo do tempo e a precisão e consistência das medições. A amostragem deve ser aleatória e representativa, enquanto as observações devem ser coletadas em intervalos de tempo ou lotes iguais. Ao atender a essas premissas, as cartas de controle oferecem uma ferramenta robusta para monitorar processos (Montgomery, 2000).

## 2.5 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

A análise de variáveis biométricas de vegetais desempenha um papel crucial em diversos campos de pesquisa, contribuindo para a compreensão, otimização e melhoria de processos relacionados à agricultura. Características morfológicas e fisiológicas de plantas apresentam uma importante relação com o desenvolvimento, produtividade e qualidade das culturas (Gallegos-Cedillo *et al.*, 2021).

Conhecer as características biométrica dos frutos e amêndoas de cacau é de grande importância para diversos aspectos da cadeia produtiva, esses dados são essenciais para melhorar práticas agrícolas, qualidade dos frutos, produtividade e seleção de genética (Loureiro *et al.*, 2019).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

A pesquisa foi realizada em uma área experimental da CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira) no município de Ilhéus, na Bahia, nos meses de novembro e dezembro de 2020. A área experimental (Figura 1) está localizada no Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec –Ceplac) ao redor da latitude 14° 46 '00 `` Sul e longitude 39° 13' 32" Oeste, com altitude média de 59 m.

A região apresenta clima quente e úmido, sem estação seca, do tipo Af, com precipitação anual média entre 1.500 a 1.750 mm e precipitação média mensal de 50 a 100 mm (podendo chegar a 150 mm) (köppen, 1936). A temperatura média anual varia de 23°C a 24°C e a amplitude térmica varia de 10°C a 14°C. A evapotranspiração potencial total anual é de 1.200 a 1.300 mm e a umidade relativa do ar é menor que 80% (Roeder, 1975). O solo foi classificado como Nitossolo Háplico Eutrófico típico – NXe (Valladares; Coelho; Chiba, 2008).

A área experimental é plana, conta com plantio de cacau no sistema cabruca, com quebra-ventos e manejo anual de podas. Foram selecionados indivíduos de mesma idade, 10 anos da variedade Forasteiro.

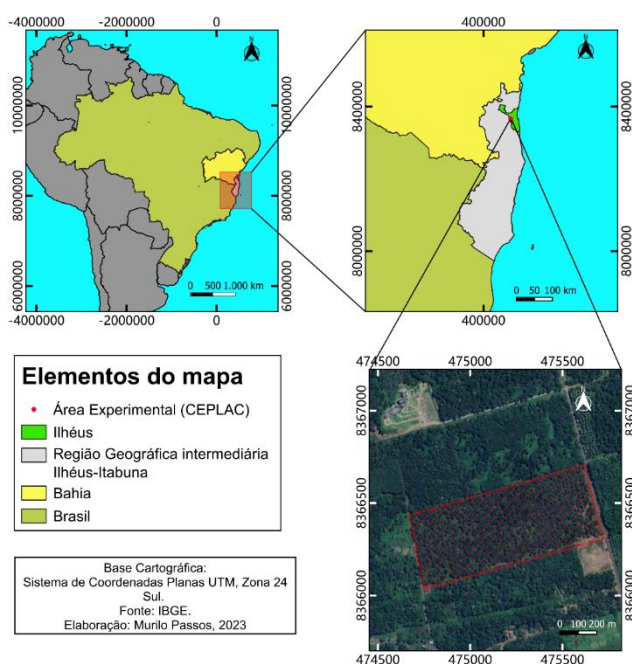


Figura 1. Mapa de localização da área experimental com cultivo de cacau no sistema cabruca dentro da área produtiva da Comissão executiva do plano da lavoura cacaueira (CEPLAC), Ilhéus, Bahia, Brasil. Fonte: Autor.



### 3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

No estudo, foram selecionados frutos de cacau em estágio de maturação ideal para a colheita, conforme orientação do guia de beneficiamento de cacau de qualidade (Ferreira, 2017).

O processo de amostragem consistiu em realizar a coleta dos frutos sob três tratamentos, são estes, os ângulos de corte de 0°, 15° e 30° e a mensuração das variáveis envolvidas na colheita.

Foram analisadas as variáveis biométricas de plantas e frutos, sendo as seguintes características físicas mensuradas: a) comprimento do pedúnculo (mm); b) diâmetro do pedúnculo (mm); c) resistência ao arranquio (N); d) massa fresca total do fruto (g); e) massa fresca da casca (g); f) massa fresca das amêndoas (g); g) comprimento do fruto (g); h) diâmetro do fruto (mm); i) espessura da casca no sulco (mm); j) espessura da casca mais grossa (mm).

Para a avaliação da resistência ao desprendimento dos frutos em estágio de maturação “amarelo ouro”, foi utilizado o dinamômetro digital portátil – Modelo DD-300 da INSTRUTHERM® (Figura 2) como instrumento de medição, este modelo tem capacidade de medir forças de tensão e compressão de até 100 N e precisão de  $\pm 0,05$  N. Este dispositivo permitiu quantificar de maneira precisa a força máxima aplicada para separação de cada fruto à sua estrutura de fixação.



Figura 2. Dinamômetro digital portátil - Modelo DD-300. Fonte: INSTRUTHERM.

A mensuração da força de desprendimento dos frutos selecionados foi realizada por meio da utilização de instrumentos projetados para realizarem cortes no pedúnculo do cacau, provocando a separação do fruto (Figura 3). Estes dispositivos são constituídos por uma lâmina ajustada em um ângulo específico (0°, 15°, 30°) e

uma haste para a fixação do dinamômetro portátil, permitindo a medição precisa da força aplicada durante a operação. Para a realização do processo de arranquio dos frutos, o instrumento de corte foi posicionado perpendicularmente ao pedúnculo do fruto para garantir a angulação de corte esperada conforme a Figura 4.

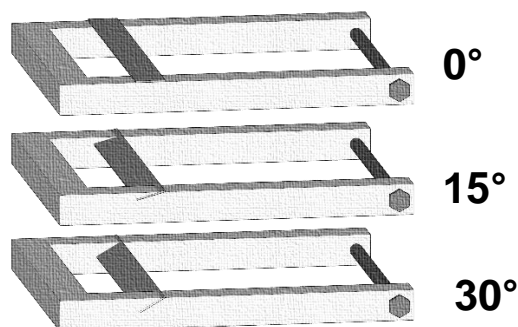


Figura 3. Instrumento de corte angulado. Fonte: Autor.

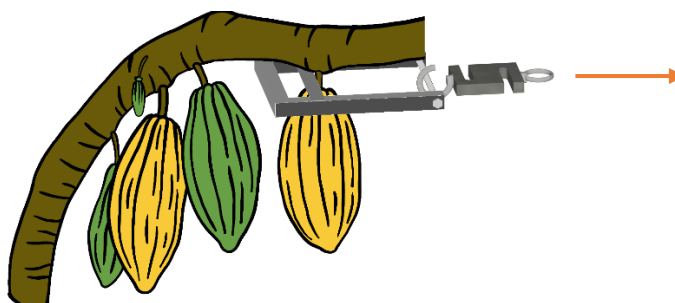


Figura 4. Procedimento de colheita no experimento. Fonte: Autor.

Os diâmetros e comprimentos foram mensurados utilizando-se paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e as massas foram determinadas utilizando balança digital com capacidade de 3310g e precisão de 0,01 g.

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

A avaliação das variáveis biométricas foi realizada através de uma aplicação de análise de variância, utilizando o teste F de Snedecor com um nível de significância de 5%. Quando se observou significância estatística, procedeu-se à aplicação do teste Tukey, com um nível de significância de 5%, para realizar a comparação das médias. Essas análises foram realizadas por meio do pacote estatístico AGROESTAT®. Para a análise estatística descritiva, foi utilizado o *software* Minitab®. A aplicação deste

*software* permitiu calcular medidas de tendência central, como média aritmética e mediana, além de medidas de dispersão, como amplitude, desvio-padrão e coeficiente de variação.

O coeficiente de assimetria ( $C_s$ ) foi empregado para avaliar a simetria da distribuição dos dados. Valores positivos de  $C_s$  ( $> 0$ ) denotam uma distribuição assimétrica à direita, enquanto valores negativos ( $< 0$ ) indicam uma distribuição assimétrica à esquerda.  $C_s = 0$  caracteriza uma distribuição simétrica. O coeficiente de curtose ( $C_k$ ) foi utilizado para medir o grau de achatamento da distribuição, distinguindo entre distribuições mesocúrticas (normal,  $C_k = 0$ ), platicúrticas (achatadas,  $C_k < 0$ ) e leptocúrticas (alongadas,  $C_k > 0$ ) no *software* Minitab®. Além disso, foi conduzido o teste de Anderson-Darling com o objetivo de verificar se os dados coletados no experimento seguiam uma distribuição normal. Quando os dados não seguiam distribuição normal, foi utilizado a transformação box-cox para normalizá-los.

A análise de correlação de Pearson foi utilizada para avaliar a relação linear entre as variáveis, essa metodologia quantifica a força e direção da associação entre as variáveis, atribuindo um coeficiente de correlação que varia de -1 a 1. Valores próximos a zero indicam relação fraca ou inexistente. Para análise da Correlação de Pearson, utilizou-se os coeficientes de todas as características avaliadas a fim de avaliar possíveis correlações das características biométricas da amostra em estudo ao nível de 5% de significância. O programa AGROESTAT® foi usado para as análises estatísticas.

Na análise do comportamento das variáveis, foi utilizado cartas de controle pela média (Figura 5). Os limites de controle, representados pelo Limite Inferior de Controle (LIC) e pelo Limite Superior de Controle (LSC), foram determinados por meio de uma análise estatística que considera a variabilidade intrínseca do processo. Esses limites têm o propósito de possibilitar a inferência quanto à presença de variação nos resultados devido a causas não controladas no processo, designadas causas especiais. Os cálculos desses limites são fundamentados no desvio-padrão ( $\sigma$ ) das variáveis, conforme explicitado nas equações 1 e 2:

$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \quad (1)$$

$$LIC = \bar{x} - 3\sigma \quad (2)$$

Onde:

LSC: Limite superior de controle

$\bar{x}$ : média geral da variável

$\sigma$ : desvio padrão

LIC: Limite inferior de controle (Quando o valor calculado do LIC foi negativo, considerou-se o mesmo como nulo, LIC = 0).

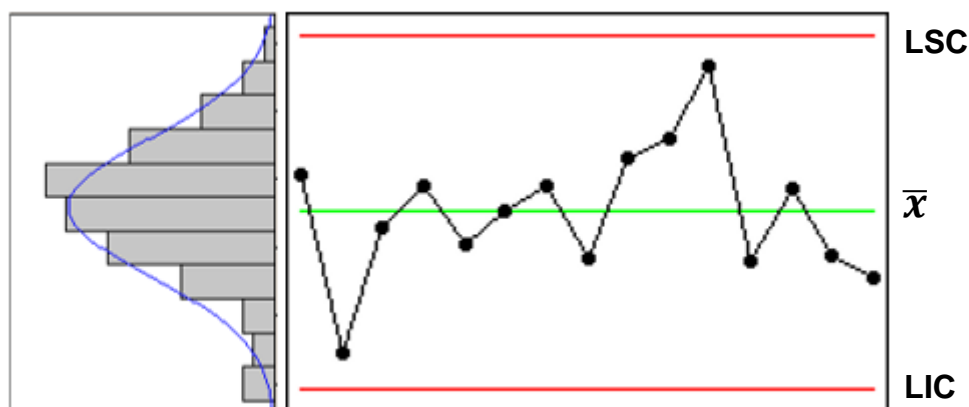


Figura 5. Carta de controle. Fonte: Adaptado de Rouverson da Silva.

Após a conclusão de todas as avaliações, foi implementada uma lista de verificação que abrange os fatores relacionados a máquinas, materiais, meio ambiente, mão de obra, método e medida, estes fatores são conhecidos como os 6M's e representam uma importante ferramenta para analisar e otimizar processos, identificando os fatores críticos envolvidos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos parâmetros biométricos do pedúnculo e das resistências ao desprendimento dos frutos nos diferentes ângulos de corte, foi apresentada na Tabela 1 por meio da aplicação de uma análise de variância. A Tabela 2 apresenta a análise estatística descritiva das variáveis em relação aos ângulos de corte utilizados.

Tabela 1. Teste de comparação de médias do pedúnculo e resistência ao desprendimento na colheita de cacau para os ângulos de corte de 0°, 15° e 30°.

| Variáveis | Ângulos de corte |         |         | Média Geral | DMS   | C.V. % |
|-----------|------------------|---------|---------|-------------|-------|--------|
|           | 0°               | 15°     | 30°     |             |       |        |
| DPED      | 10,10 a          | 10,37 a | 6,73 b  | 9,06        | 1,54  | 22,08  |
| CPED      | 16,36 a          | 13,05 b | 7,26 c  | 12,22       | 2,37  | 25,20  |
| RESP      | 51,45 a          | 57,89 a | 48,87 a | 52,64       | 18,13 | 44,66  |

DPED: diâmetro do pedúnculo dos frutos de cacau (mm); RESP: resistência ao arranquio dos frutos (N); CPED: comprimento do pedúnculo dos frutos (mm). Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si à 5% de probabilidade pelo teste Tukey. DMS: Diferença mínima significativa. C.V. (%): Coeficiente de Variação.

Tabela 2. Estatística descritiva das medidas do pedúnculo submetidos a cada ângulo de corte (0°, 15° e 30°) na operação de colheita.

| Variáveis | Ângulos de Corte | Média | Mediana | Amplitude Móvel | Desvio Padrão | CV (%) | Coeficientes |       | AD                 |
|-----------|------------------|-------|---------|-----------------|---------------|--------|--------------|-------|--------------------|
|           |                  |       |         |                 |               |        | Ck           | Cs    |                    |
| DPED      | 0°               | 10,10 | 9,65    | 4,43            | 2,11          | 20,84  | 2,85         | 1,26  | 0,475 <sup>N</sup> |
|           | 15°              | 10,37 | 10,30   | 4,20            | 2,05          | 19,77  | 0,91         | 0,71  | 0,222 <sup>N</sup> |
|           | 30°              | 6,73  | 5,85    | 5,48            | 2,34          | 34,80  | -0,50        | 0,78  | 0,799 <sup>A</sup> |
| CPED      | 0°               | 16,36 | 16,20   | 9,69            | 3,11          | 19,04  | -0,74        | 0,18  | 0,189 <sup>N</sup> |
|           | 15°              | 13,05 | 12,85   | 12,83           | 3,58          | 27,46  | 0,33         | -0,33 | 0,225 <sup>N</sup> |
|           | 30°              | 7,26  | 6,35    | 8,263           | 2,87          | 39,59  | 1,44         | 1,41  | 1,100 <sup>A</sup> |
| RESP      | 0°               | 51,45 | 52,60   | 186,39          | 13,65         | 26,54  | -0,74        | -0,03 | 0,246 <sup>N</sup> |
|           | 15°              | 57,59 | 50,50   | 774,66          | 27,83         | 48,33  | 5,07         | 1,90  | 1,173 <sup>A</sup> |
|           | 30°              | 48,87 | 43,35   | 556,72          | 23,59         | 48,28  | 7,08         | 2,39  | 1,640 <sup>A</sup> |

DPED: diâmetro do pedúnculo dos frutos de cacau (mm); RESP: resistência ao arranquio dos frutos (N); CPED: comprimento do pedúnculo dos frutos (mm). C.V. (%): Coeficiente de Variação. AD: Teste Normalidade de Anderson-Darling. N: distribuição normal pelo teste de Anderson-Darling; A: distribuição assimétrica ( $p < 0,05$ ).

Em experimentos agrícolas, o coeficiente de variação (CV) é um importante indicativo da precisão dos resultados. Um CV baixo indica que os dados são mais concentrados em torno da média, o que indica maior precisão. Um CV alto indica que os dados estão mais dispersos, o que indica menor precisão. porém, ele varia

conforme a variável observada e a cultura (Costa; Seraphin; Zimmermann, 2002). Na literatura, existem diversas classificações para o CV, entretanto, não há referência sobre valores de coeficiente de variação para a cultura do cacau. Pimentel-Gomes (2023), considerou a seguinte classificação para o coeficiente de variação em experimentos agrícolas baixo, quando inferiores a 10%; médios, de 10 a 20%; altos, de 20 a 30%; e muito altos, quando superiores a 30%.

Nos resultados coletados no presente experimento, os coeficientes de variação variaram majoritariamente entre médios e altos. Estes resultados foram similares aos encontrados por Sodr e e Nery (2023) e Fernandes *et al.* (2021) nas variáveis biométricas dos frutos de cacau.

De modo geral, as variáveis biométricas associadas aos frutos de cacau coletados, sob os três ângulos de corte (0°, 15° e 30°), demonstraram que as médias se aproximam das medianas, indicando normalidade dos dados com base nos coeficientes de assimetria (Cs) e curtose (Ck), conforme evidenciado na Tabela 2.. O teste de Anderson Darling foi aplicado para verificar a normalidade nos resultados, de forma geral, as variáveis apresentaram distribuição normal, com exceção do diâmetro do pedúnculo (30°), resistência ao arranquio (15° e 30°), e comprimento do pedúnculo (30°). Nestes casos, foi aplicado a transformação Box-cox normalidade dos dados e, conseqüentemente, melhorar a confiabilidade dos resultados de análises estatística (Ahmad, 2008).

Em relação às características do pedúnculo, o diâmetro do mesmo apresentou média geral de 9,06 mm e variou entre 6,73 mm e 10,37 mm entre os ângulos, a média do DPED dos frutos coletados com ângulo de corte 15° e 30° não apresentaram diferença significativa entre si, entretanto, o ângulo de 30° apresentou média significativamente inferior conforme a Tabela 1.

Na Tabela 1, o comprimento do pedúnculo apresentou média geral de 12,22 mm, e a análise de variância apontou diferença significativa da variável em todos os ângulos de corte, com valores médios de 16,36 mm, 13,05 mm e 7,26 mm para os ângulos de corte 0°, 15° e 30°, respectivamente.

As cartas de controle para o diâmetro do pedúnculo presentes na Figura 6, indicam que o processo não se manteve sob controle. Houve a ocorrência de dois *outlier* (pontos fora do limite de controle), e também foi observado uma concentração de pontos próximos ao limite superior de controle nos frutos do tratamento C30.

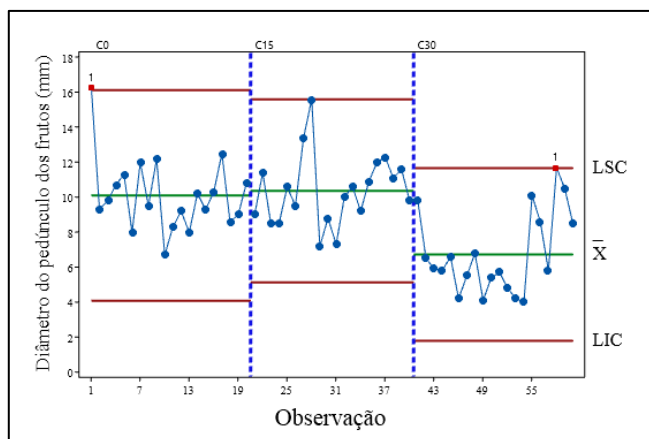


Figura 6. Cartas de Controle para diâmetro do pedúnculo (DPED) dos frutos de cacau para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

A análise das cartas de controle para o comprimento do pedúnculo do fruto (Figura 7) revela que o processo não se manteve sob controle, destacando a presença de dois *outliers* além dos limites de controle nas amostras do tratamento C30, nos pontos 58 e 60.

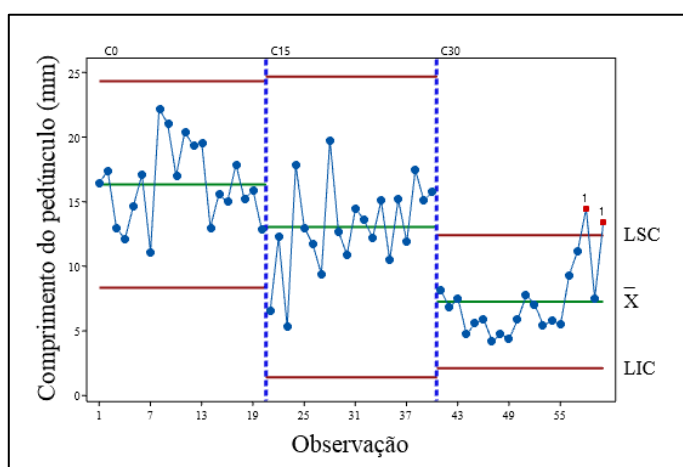


Figura 7. Cartas de Controle para comprimento do pedúnculo (CPED) dos frutos de cacau para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

A análise dos registros do experimento baseada nos fatores 6 Ms revelou que a causa mais provável para a ocorrência dos *outliers* nas medidas de diâmetro e comprimento do pedúnculo reside no fator de mão de obra. Observou-se uma inconsistência entre os operadores responsáveis pelas medições nesses pontos específicos. Variações no procedimento de medição podem ter contribuído para a discrepância nos resultados.

A análise da força necessária para o desprendimento do fruto revelou uma média geral de 52,64 N, variando entre 48,87 N e 57,89 N, conforme apresentado na Tabela 1.

Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas nas médias de resistência ao desprendimento (Tabela 1), indicando que a variação nos ângulos de corte (0°, 15° e 30°) não influenciou de forma estatisticamente significativa essa variável. No entanto, o coeficiente de variação foi de 42,73%, classificado como alto, indicando uma certa heterogeneidade nos dados.

O desvio padrão e o coeficiente de variação (Tabela 1) apresentaram uma variação importante, desvio padrão (13,65 N, 27,83 N, 23,59 N) e CV (26,54%, 48,33%, 48,28%) para 0°, 15° e 30° respectivamente.

As cartas de controle para a resistência ao arranquio do fruto (Figura 8) indicam que o processo não se manteve sob controle, visto que houve dois *outliers* fora dos limites de controle superior, nos pontos 40 e 50. A causa provável para esses resultados atípicos pode ser atribuída ao fator de Material. Variações na resistência dos pedúnculos dos frutos podem ter influenciado diretamente as medições da força necessária para desprendimento. Diferenças na maturação dos frutos ou nas condições de crescimento podem afetar as propriedades físicas do pedúnculo, provocando uma maior resistência ao corte.

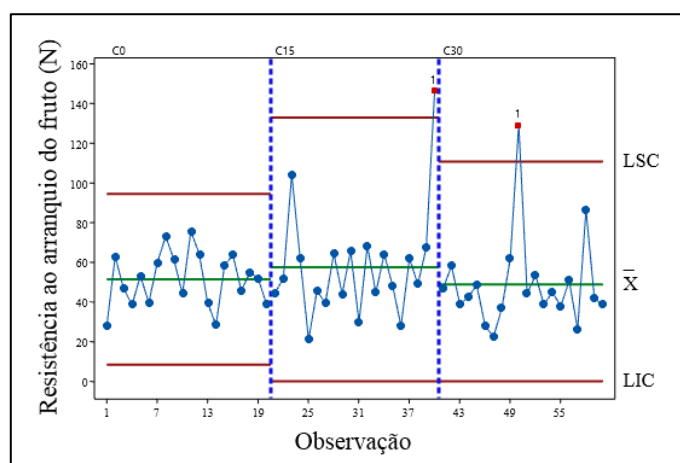


Figura 8. Cartas de Controle para resistência ao arranquio dos frutos de cacau (RESP) para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

Para o cultivo de cacau, não foram encontrados trabalhos realizados para medir a força necessária para desprendimento do fruto, entretanto, algumas pesquisas já



foram feitas para determinar a força de desprendimento de frutos em outras culturas. Atallah (2012) mediu diversas propriedades mecânicas da planta e dos frutos de tomate para diversos cultivares, dentre essas propriedades foi medida a força de desprendimento usando um dinamômetro preso ao pedúnculo sem uso de lâminas. A conclusão foi de que a força está relacionada com o diâmetro do pedúnculo.

Huaibei (2021) utilizou um braço robótico com dois dedos e dotado de sensores que permitiram determinar a força necessária para desprender frutos de tomate cereja em vários ângulos diferentes. Os ângulos medidos eram em relação à posição de agarramento dos frutos e a direção de rotação. Ele concluiu que o ângulo que tem maior influência na força de desprendimento é o de inclinação do eixo de rotação em relação à direção de aplicação da força dos dedos do braço robótico.

Xiao *et al*, (2021) fez um experimento em que os frutos de laranja eram separados dos galhos a partir do corte do pedúnculo. Os cortes foram realizados com duas lâminas, sendo uma fixa e a outra deslizante. Foram consideradas diversas variáveis como: afastamento entre as lâminas, ângulo da lâmina deslizante em relação à lâmina fixa e velocidade da lâmina deslizante. As conclusões foram que, dentro do intervalo medido, a força aumenta linearmente em relação ao diâmetro do pedúnculo, o afastamento ideal entre as lâminas foi de 1,5 mm e o ângulo da lâmina deslizante que gerou menor força foi de 20°, valor esse que está na fronteira do intervalo do experimento.

O método de desprendimento do presente artigo difere dos que foram citados pois nesse trabalho o desprendimento foi feito a partir do corte do pedúnculo utilizando-se uma única lâmina. O desprendimento sem lâmina não seria viável, pois o pedúnculo do cacau tem força suficiente para que a máquina apenas empurrasse o fruto sem que esse se desprenda. O desprendimento com arrancamento por braços robóticos poderia danificar os galhos da árvore devido à resistência do pedúnculo. O desprendimento de cacau usando duas lâminas seria viável e pode ser objeto de novas pesquisas.

As médias dos parâmetros biométricos de massa dos frutos nos diferentes ângulos de corte, foi apresentada na Tabela 3 por meio da aplicação de uma análise de variância. A Tabela 4 apresenta a análise estatística descritiva das variáveis em relação aos ângulos de corte utilizados.

Tabela 3. Teste de comparação de médias das massas dos frutos submetidos aos ângulos de corte de 0°, 15° e 30°.

| Variáveis   | Ângulos de corte |           |          | Média Geral | DMS    | C.V. % |
|-------------|------------------|-----------|----------|-------------|--------|--------|
|             | 0°               | 15°       | 30°      |             |        |        |
| <b>MFTF</b> | 619,25 b         | 661,80 ab | 753,70 a | 678,25      | 114,17 | 21,83  |
| <b>MFCA</b> | 478,25 b         | 504,45 ab | 581,10 a | 521,27      | 92,43  | 22,99  |
| <b>MFAM</b> | 141,00 b         | 157,35 ab | 172,60 a | 156,98      | 29,08  | 24,02  |

MFTF: massa fresca total do fruto (g); MFCA: massa fresca da casca (g); MFAM: massa fresca das amêndoas (g). Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si à 5% de probabilidade pelo teste Tukey. DMS: Diferença mínima significativa. C.V. (%): Coeficiente de Variação.

Tabela 4. Estatística descritiva das massas dos frutos de cacau submetido a cada ângulo de corte (0°, 15° e 30°) na operação de colheita.

| Variáveis   | Ângulos de Corte | Média  | Mediana | Amplitude Móvel | Desvio Padrão | CV (%) | Coeficientes |       | AD                 |
|-------------|------------------|--------|---------|-----------------|---------------|--------|--------------|-------|--------------------|
|             |                  |        |         |                 |               |        | Ck           | Cs    |                    |
| <b>MFTF</b> | 0°               | 619,3  | 610,00  | 19897,5         | 141,1         | 22,78  | 0,40         | 0,74  | 0,364 <sup>N</sup> |
|             | 15°              | 661,8  | 647,50  | 18765,1         | 137,0         | 20,70  | 1,42         | -0,57 | 0,482 <sup>N</sup> |
|             | 30°              | 753,7  | 741,00  | 24453,8         | 156,4         | 20,75  | 1,88         | 1,05  | 0,526 <sup>N</sup> |
| <b>MFCA</b> | 0°               | 478,3  | 457,50  | 12609,2         | 112,3         | 23,48  | 0,44         | 0,82  | 0,477 <sup>N</sup> |
|             | 15°              | 504,4  | 492,50  | 12334,5         | 111,1         | 22,02  | -0,26        | -0,21 | 0,275 <sup>N</sup> |
|             | 30°              | 581,1  | 580,00  | 15837,3         | 125,8         | 21,66  | 2,16         | 1,12  | 0,664 <sup>N</sup> |
| <b>MFAM</b> | 0°               | 141,00 | 138,00  | 1151,79         | 33,94         | 24,07  | -0,85        | 0,26  | 0,281 <sup>N</sup> |
|             | 15°              | 157,35 | 164,50  | 1490,13         | 38,60         | 24,53  | 4,21         | -1,41 | 0,721 <sup>N</sup> |
|             | 30°              | 172,60 | 174,00  | 1685,52         | 41,06         | 23,79  | -0,94        | 0,12  | 0,314 <sup>N</sup> |

MFTF: massa fresca total do fruto (g); MFCA: massa fresca da casca (g); MFAM: massa fresca das amêndoas (g). Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si à 5% de probabilidade pelo teste Tukey. DMS: Diferença mínima significativa. C.V. (%): Coeficiente de Variação.

A análise da massa fresca total do fruto (MFTF) revelou diferenças significativas entre os ângulos de corte, com médias variando entre 619,25 g e 753,70 g, com média geral de 678,25 g (Tabela 1). Este resultado contrasta com as médias encontradas por outros estudos. A média foi superior à encontrada por Fernandes *et al.* (2021), que obteve 495,1 g de média para o cacau Forasteiro “cacau comum”. E Qin *et al.*, (2017) também encontrou média inferior de massa do fruto para o Forasteiro, 461,20 g. Cruz (2013), obteve valores médios de 401,10 para frutos do cacau Forasteiro.

Sodré e Nery (2023), observaram valores médios da massa fresca dos clones PS-13.19, CEPEC-2002, BN-34 e CCN os valores encontrados foram, respectivamente, 728 g, 465 g, 637 g e 671 g. Os clones PS-13.19, BN-34 e CCN não apresentaram diferença significativa, já o CEPEC-2002 mostrou resultados significativamente inferiores.

Fernandes *et al.* (2021), verificaram os valores médios dos frutos das variedades Comum, Catongo, Maranhão Liso e Maranhão Rugoso, e obtiveram respectivamente, 495,1 g, 518,5 g, 523,2 g e 559,5 g.

A manutenção das cartas de controle para MFTF dentro dos limites, conforme ilustrado na Figura 9, é um indicativo positivo de que a variação observada é consistente com a variabilidade natural da variável, refletindo a robustez dos dados.

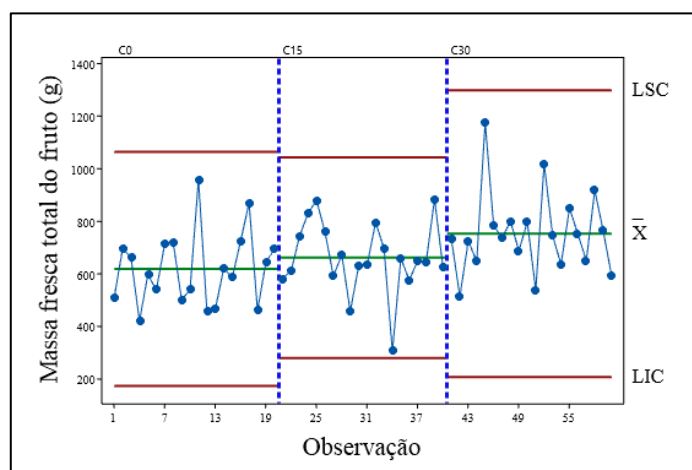


Figura 9. Cartas de Controle para massa fresca total (MFTF) dos frutos de cacau para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

A casca do cacau corresponde à maior fração na composição da massa do fruto, tornando-o o maior resíduo gerado na cacaucultora. Para obter uma tonelada de amêndoas secas, são produzidas cerca de sete toneladas de cascas frescas, apresentando uma umidade de 80% (Sodré *et al.*, 2012).

A análise estatística da variável massa da casca, conforme apresentado na Tabela 1, revela uma heterogeneidade nas distribuições de massa, evidenciada pelos valores de desvio padrão e coeficiente de variação (CV) nos diferentes ângulos de corte.

O coeficiente de curtose (Ck) apresentou os valores de 0,44 (0°), -0,26 (15°) e 2,16 (30°) indicam diferenças significativas na forma das distribuições, sendo 0° platicúrtico, 15° leptocúrtico e 30° platicúrtico (Tabela 2).

Na Tabela 1, o valor médio da massa da casca foi de 521,27 g. Houve diferença significativa entre os ângulos de corte. Os resultados foram, respectivamente, (478,28 g, 504,45 g e 581,10 g) nos ângulos de corte (0°, 15° e 30°).

Fernandes *et al.* (2021), observaram os valores médios de massa da casca das variedades Comum, Catongo, Maranhão Liso, Maranhão Rugoso e obtiveram 371,7 g, 393,8 g, 397,5 g e 416,0 g respectivamente. Alexandre *et al.* (2015), verificou as variedades CCN-10, CEPEC 2002, PH-15, CCN-51, PS-1319, THS-1188 e PH-16 e as médias foram respectivamente, 553,41 g, 362,92 g, 373,11 g, 558,76 g, 385,90 g, 912,04 g e 545,89 g. Cruz (2013), verificou o peso da casca das variedades SR 162, PH-16 e Convencional, os resultados obtidos foram 453,50 g, 475,80 g e 286,80 g, respectivamente.

Ao comparar os resultados médios obtidos neste estudo com pesquisas anteriores, como os estudos de Fernandes *et al.* (2021), Alexandre *et al.* (2015), e Cruz (2013), observa-se uma variação considerável nas médias de massa da casca entre diferentes variedades e clones. Essa variação pode ser atribuída às diferenças genéticas, práticas agrícolas e condições de cultivo específicas de cada estudo.

Para a variável massa fresca da casca, as cartas de controle se apresentaram dentro dos limites de controle (Figura 10). Isso sugere que, apesar das diferenças nas médias entre os ângulos de corte, a variabilidade intrínseca na massa da casca permanece dentro de limites esperados.

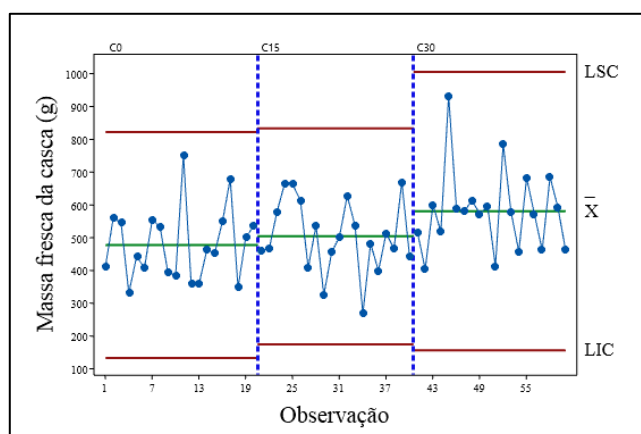


Figura 10. Cartas de Controle para massa fresca da casca (MFCA) dos frutos de cacau para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

A análise da variável massa fresca das amêndoas (MFAM) revela diferenças significativas entre as médias dos ângulos de corte, conforme evidenciado na Tabela 1. O coeficiente de variação foi de 24,02% e as médias foram, 141,00 g, 157,35 g e 172,60 g para os ângulos de 0°, 15° e 30°, respectivamente. A média geral da massa das amêndoas foi de 156,98 g.

Foi observada uma variação expressiva nos valores de desvio padrão para a massa fresca da amêndoa (Tabela 2), desvio padrão (33,94, 38,60, 41,06), e coeficiente de variação (CV) (24,07%, 24,53%, 23,79%) para 0°, 15° e 30°, respectivamente.

Na Tabela 2, o coeficiente de curtose (Ck) para a massa fresca das amêndoas apresentou os valores de -0,85 (0°), 4,21 (15°) e -0,94 (30°) indicam diferenças significativas na forma das distribuições, sendo 0° platicúrtico, 15° leptocúrtico e 30° platicúrtico. O coeficiente de simetria (Cs) destaca uma ligeira assimetria à esquerda em 0°, assimetria à direita em 15° e uma assimetria mais pronunciada à esquerda em 30°.

Sodré e Nery (2023), encontraram valores médios da massa fresca das sementes das variedades PS-13.19, CEPEC-2002, BN-34 e CCN os valores encontrados foram, respectivamente, 89 g, 50 g, 97 g e 134 g. Neste trabalho, ele observou que houve diferença significativa entre todas as variáveis analisadas.

Fernandes *et al.* (2021), observaram os valores médios de massa fresca das amêndoas com polpa das variedades Comum, Catongo, Maranhão Liso, Maranhão Rugoso e obteve 113,3 g, 109,4 g, 117,3 g e 130,2 g respectivamente. variedades Comum, Catongo, Maranhão Liso não apresentaram diferença entre si pelo teste de Ducan a 5% de probabilidade.

As cartas de controle para a massa fresca das amêndoas do fruto (Figura 13) indicam que essa não se manteve sob controle, visto que houve um *outlier* fora dos limites de controle nas amostras coletadas no tratamento C15, no ponto 34. O *outlier* observado pode ser atribuído ao fator material, pois o valor da massa fresca da amêndoa foi menor que o limite inferior de controle. A análise do fruto revelou que, apesar de sua boa aparência externa, ele apresentava uma quantidade de polpa significativamente menor do que o esperado, devido a uma contaminação por microrganismos no interior do fruto.

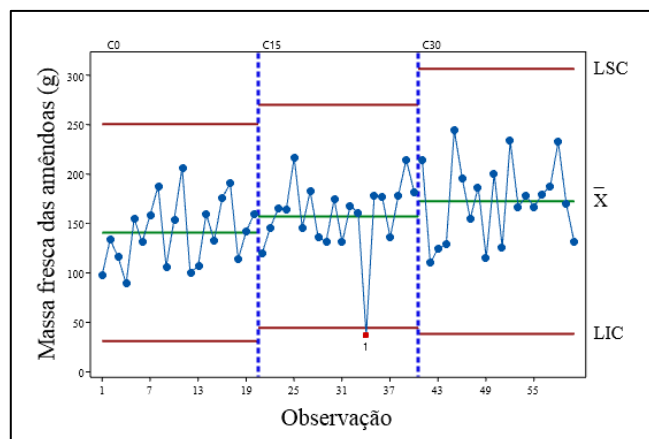


Figura 11. Cartas de Controle para massa fresca das amêndoas (MFAM) dos frutos de cacau para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

As médias dos parâmetros biométricos dos frutos nos diferentes ângulos de corte, foi apresentada na Tabela 5 por meio da aplicação de uma análise de variância. A Tabela 6 apresenta a análise estatística descritiva das variáveis em relação aos ângulos de corte utilizados.

Tabela 5. Teste de comparação de médias das variáveis biométricas na colheita de cacau para os ângulos de corte de 0°, 15° e 30°.

| Variáveis | Ângulos de corte |          |          | Média Geral | DMS   | C.V. % |
|-----------|------------------|----------|----------|-------------|-------|--------|
|           | 0°               | 15°      | 30°      |             |       |        |
| COMP      | 191,68 a         | 201,64 a | 193,31 a | 195,54      | 15,66 | 10,39  |
| DFRU      | 88,28 a          | 90,30 a  | 90,94 a  | 89,84       | 4,47  | 6,45   |
| ECIN      | 15,92 a          | 16,15 a  | 16,32 a  | 16,13       | 1,82  | 14,64  |
| ECEX      | 16,24 a          | 16,21 a  | 16,73 a  | 16,39       | 1,89  | 14,93  |

Tabela 6. Estatística descritiva das variáveis de produção de cacau submetido a cada ângulo de corte (0°, 15° e 30°) na operação de colheita.

| Variáveis | Ângulos de Corte | Média  | Mediana | Amplitude Móvel | Desvio Padrão | CV (%) | Coeficientes |       | AD                 |
|-----------|------------------|--------|---------|-----------------|---------------|--------|--------------|-------|--------------------|
|           |                  |        |         |                 |               |        | Ck           | Cs    |                    |
| COMP      | 0°               | 191,68 | 192,80  | 367,39          | 19,17         | 10,00  | 0,26         | -0,80 | 0,711 <sup>N</sup> |
|           | 15°              | 201,64 | 199,80  | 216,03          | 14,70         | 7,29   | -0,94        | 0,22  | 0,331 <sup>N</sup> |
|           | 30°              | 193,31 | 192,60  | 702,41          | 26,50         | 13,71  | -0,10        | -0,07 | 0,339 <sup>N</sup> |
| DFRU      | 0°               | 88,28  | 87,35   | 37,37           | 6,11          | 6,93   | 0,55         | 0,61  | 0,303 <sup>N</sup> |
|           | 15°              | 90,30  | 90,30   | 23,91           | 4,89          | 5,41   | -0,44        | -0,23 | 0,142 <sup>N</sup> |
|           | 30°              | 90,94  | 90,70   | 25,80           | 5,08          | 5,59   | -0,70        | -0,04 | 0,160 <sup>N</sup> |
| ECIN      | 0°               | 15,92  | 15,350  | 6,30            | 2,51          | 15,77  | 0,19         | 0,47  | 0,370 <sup>N</sup> |
|           | 15°              | 16,15  | 16,50   | 5,11            | 2,26          | 13,99  | -1,05        | -0,25 | 0,356 <sup>N</sup> |

|      |     |       |       |      |      |       |       |       |                    |
|------|-----|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------------------|
|      | 30° | 16,32 | 16,70 | 4,22 | 2,06 | 12,60 | -0,06 | -0,15 | 0,284 <sup>N</sup> |
|      | 0°  | 16,24 | 15,75 | 6,02 | 2,45 | 15,11 | -0,03 | 0,34  | 0,415 <sup>N</sup> |
| ECEX | 15° | 16,21 | 16,60 | 5,70 | 2,39 | 14,72 | -0,57 | -0,60 | 0,422 <sup>N</sup> |
|      | 30° | 16,73 | 17,00 | 4,50 | 2,12 | 12,68 | 1,17  | 0,12  | 0,420 <sup>N</sup> |

A espessura da casca foi separada em duas medidas, espessura da casca na região central da espessura da casca no sulco (ECIN) e outra a outra na região central da espessura da casca mais grossa, nomeada de espessura da casca externa (ECEX).

Em relação às médias (Tabela 1), a espessura da casca no sulco (ECIN), não houve diferença significativa entre as médias, e a média geral registrada foi de 16,13 mm, o coeficiente de variação foi médio, 14,64%, indicando uma relativa homogeneidade nos dados.

Na Tabela 2, o coeficiente de curtose (Ck) apresentou uma distribuição mesocúrtica nos ângulos de corte 0° e 30°, e platicúrtico no ângulo de 15°, indicando um leve achatamento da curva. Os valores de Ck registrados foram: 0,19 (0°), -1,05 (15°) e -0,06 (30°) e refletem uma tendência para a normalidade nas distribuições da espessura da casca no sulco. O coeficiente de simetria (Cs) destaca uma assimetria ligeira à direita em 0°, assimetria à esquerda em 15° e uma assimetria ligeira à direita em 30°.

Alexandre *et al.* (2015), verificaram a espessura da casca no sulco nas variedades CCN-10, CEPEC-2002, PH-15, CCN-51, PS-1319, TSH-1188 e PH-16 e obtiveram as médias 9,24 mm, 13,63 mm, 14,09 mm, 10,12 mm, 11,69 mm, 19,37 mm e 12,61 mm, respectivamente.

Ao comparar os resultados obtidos neste estudo com os de Alexandre *et al.* (2015), que verificaram a espessura da casca no sulco em diferentes variedades, observa-se uma variação nas médias, indicando que possa haver influências genéticas ou de ambiente.

Para a variável espessura da casca no sulco, as cartas de controle se apresentaram dentro dos limites de controle. É possível observar que as médias e a distribuição dos resultados foram homogêneos entre os tratamentos (Figura 11).

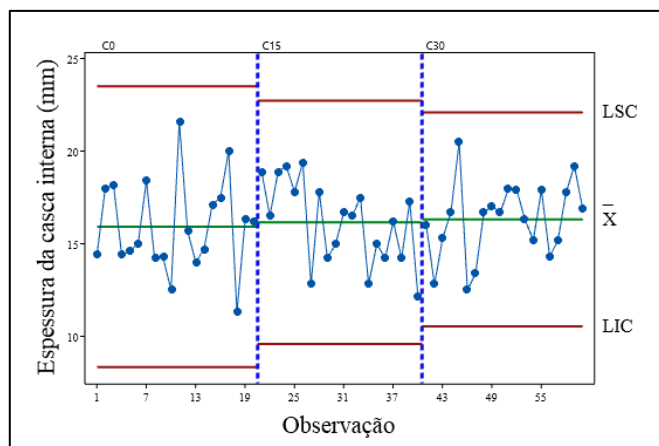


Figura 12. Cartas de Controle para espessura da casca interna (ECIN) dos frutos de cacau para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

A análise de variância da variável casca mais grossa (ECEX), revela resultados consistentes e homogêneos entre os diferentes ângulos de corte, conforme apresentado na Tabela 1. A média geral foi de 16,39 mm e o coeficiente de variação (CV) foi classificado como médio, 14,93%.

Na Tabela 2, foi observada uma variação moderada nos valores de desvio padrão (2,45 mm, 2,39 mm, 2,12 mm) e CV (15,11%, 14,72%, 12,68%) para 0°, 15° e 30°, respectivamente, indicando uma consistência nas distribuições.

Na Tabela 2, o coeficiente de curtose (Ck) apresentou os valores de -0,03 (0°), -0,57 (15°) e 1,17 (30°). O coeficiente de simetria (Cs) destaca uma assimetria ligeira à direita em 0°, assimetria à esquerda em 15° e uma assimetria ligeira à direita em 30°.

Alexandre *et al.* (2015), verificaram a espessura da casca mais grossa nas variedades CCN-10, CEPEC-2002, PH-15, CCN-51, PS-1319, TSH-1188 e PH-16 e obtiveram as médias 16,61 mm, 16,98 mm, 17,47 mm, 16,01 mm, 14,63 mm, 24,12 mm e 18,36 mm, respectivamente.

Para a variável espessura da casca externa, as cartas de controle se apresentaram dentro dos limites de controle (Figura 12), indicando que, apesar das variações nas médias e nas distribuições, a variabilidade intrínseca na espessura da casca mais grossa (ECEX) permanece sob controle, fornecendo dados consistentes.



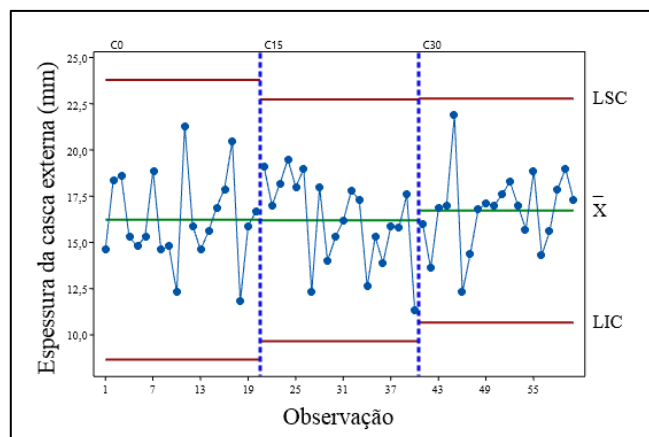


Figura 13. Cartas de Controle para espessura da casca externa (ECEX) dos frutos de cacau para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

Na Tabela 1, a análise de variância demonstrou que não há diferenças estatisticamente significativas entre as médias de comprimento do fruto. A média geral observada foi de 195,54 mm, o coeficiente de variação foi de 10,39%, indicando uma dispersão moderada dos dados.

Na Tabela 2, o coeficiente de curtose ( $C_k$ ) destaca o grau de achatamento da distribuição do comprimento dos frutos. Os valores de 0,26 (0°), -0,94 (15°) e -0,10 (30°) indicam leves diferenças na forma das distribuições, sendo 0° leptocúrtico, 15° platicúrtico e 30° mesocúrtico. O coeficiente de simetria ( $C_s$ ) destaca uma ligeira assimetria à esquerda em 0°, assimetria à direita em 15° e uma assimetria ligeira à esquerda em 30°.

Fernandes *et al.* (2021), observaram os valores médios de comprimento dos frutos das variedades Comum, Catongo, Maranhão Liso, Maranhão Rugoso e obtiveram 149,0 mm, 134,1 mm, 165,4 mm e 171,1 mm respectivamente. As variáveis analisadas apresentaram diferenças significativas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Alexandre *et al.* (2015), verificaram o comprimento dos frutos nas variedades CCN-10, CEPEC-2002, PH-15, CCN-51, PS-1319, TSH-1188 e PH-16 e obtiveram as médias 232,3 mm, 138,9 mm, 139,4 mm, 231,9 mm, 159,9 mm, 221,3 mm e 217,7 mm, respectivamente.

Para a variável comprimento do fruto, as cartas de controle (Figura 14) se apresentaram dentro dos limites de controle, indicando que só houveram variações naturais, inerentes do processo.

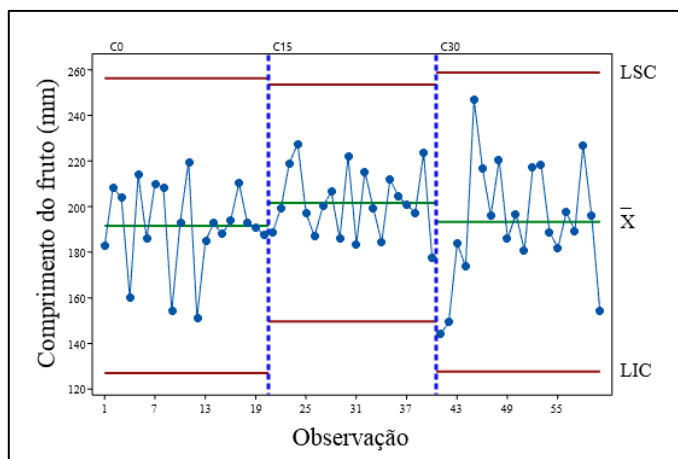


Figura 14. Cartas de Controle para comprimento dos frutos de cacau (COMP) para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

Em relação aos diâmetros dos frutos, as médias nos três tratamentos não apresentaram diferenças significativas (Tabela 1). A média geral obtida foi de 89,84 e o coeficiente de variação foi baixo, 6,45%, indicando baixa dispersão dos dados.

Na Tabela 2, os valores do coeficiente de curtose ( $C_k$ ) de 0,55 (0°), -0,44 (15°) e -0,70 (30°) indicam diferenças na forma das distribuições, sendo 0° levemente leptocúrtico, e 15° e 30° levemente platicúrtico. O coeficiente de simetria ( $C_s$ ) destaca uma assimetria ligeira à direita em 0°, assimetria à esquerda em 15° e uma assimetria ligeira à direita em 30°.

Fernandes *et al.* (2021), observou as medidas de circunferência dos frutos das variedades Comum, Catongo, Maranhão Liso, Maranhão Rugoso, convertendo os valores de circunferência em diâmetro, é possível afirmar que os autores obtiveram valores de diâmetro próximos de 90,94 mm, 92,71 mm, 89,42 mm e 104,70 mm respectivamente.

O valor médio de diâmetro dos frutos encontrado no presente trabalho é similar ao obtido por Fernandes *et al.* (2021).

Alexandre *et al.* (2015), verificou o diâmetro dos frutos nas variedades CCN-10, CEPEC-2002, PH-15, CCN-51, PS-1319, TSH-1188 e PH-16 e obteve as médias 99,6 mm, 84,6 mm, 88,1 mm, 96,4 mm, 88,6 mm, 111,4 mm e 90,0 mm, respectivamente.

Para a variável diâmetro do fruto, as cartas de controle se apresentaram dentro dos limites de controle (Figura 15).

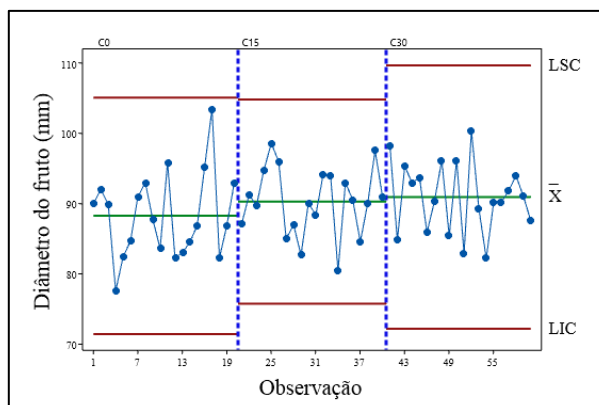


Figura 15. Cartas de Controle para diâmetro dos frutos de cacau (DFRU) para os ângulos de corte 0° (C0), 15° (C15) e 30° (C30). Fonte: Autor.

Com o propósito de compreender a interação entre as diferentes variáveis, foi realizada a análise de correlação (Tabela 3).

Tabela 7. Correlação entre as variáveis biométricas de cacau.

| Variáveis | DPED   | RESP  | CPED   | MFTF         | MFCA         | MFAM         | COMP  | DFRU  | ECIN         |
|-----------|--------|-------|--------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|--------------|
| RESP      | 0,042  |       |        |              |              |              |       |       |              |
| CPED      | 0,543  | 0,144 |        |              |              |              |       |       |              |
| MFTF      | -0,129 | 0,115 | -0,271 |              |              |              |       |       |              |
| MFCA      | -0,137 | 0,097 | -0,276 | <b>0,983</b> |              |              |       |       |              |
| MFAM      | -0,074 | 0,144 | -0,196 | <b>0,826</b> | <b>0,710</b> |              |       |       |              |
| COMP      | 0,014  | 0,124 | -0,051 | <b>0,633</b> | <b>0,608</b> | 0,566        |       |       |              |
| DFRU      | 0,077  | 0,129 | -0,069 | <b>0,766</b> | <b>0,742</b> | <b>0,669</b> | 0,377 |       |              |
| ECIN      | 0,057  | 0,073 | -0,088 | <b>0,638</b> | <b>0,696</b> | 0,314        | 0,359 | 0,539 |              |
| ECEX      | 0,036  | 0,014 | -0,107 | <b>0,664</b> | <b>0,729</b> | 0,313        | 0,358 | 0,553 | <b>0,974</b> |

DPED: diâmetro do pedúnculo dos frutos de cacau (mm); RESP: resistência ao arranquio dos frutos (N); CPED: comprimento do pedúnculo dos frutos (mm); MFTF: massa fresca total do fruto (g); MFCA: massa fresca da casca (g); MFAM: massa fresca das amêndoas (g); COMP: comprimento do fruto (mm); DFRU: diâmetro dos frutos (mm); ECIN espessura da casca no sulco no corte transversal (mm); ECEX espessura da casca mais grossa no corte transversal (mm). Em negrito, estão os valores da correlação acima de 60% entre as variáveis analisadas.  $\rho$ : correlação de Pearson pareada.

Para fins de interpretação de resultados, os coeficientes de correlação foram classificados em quatro categorias: muito forte:  $r \geq 0,90$ ; forte:  $0,70 \leq r < 0,90$ ; média:  $0,50 \leq r < 0,70$ ; fraca:  $0,30 \leq r < 0,50$ . As categorias são definidas com base no valor absoluto do coeficiente de variação (Freitas *et al.*, 2022).

A partir da análise de correlação, foi observado que há correlações entre as variáveis utilizadas neste trabalho.

Ao analisar os resultados, destacamos relações significativas que podem influenciar o desenvolvimento do cacau. Por exemplo, a correlação de 0,710 entre massa fresca da casca (MFCA) e a massa fresca da amêndoa (MFAM) sugere uma

forte associação entre a massa fresca da casca e a massa fresca das amêndoas, indicando possível interdependência em seus crescimentos.

Adicionalmente, a correlação de 0,669 entre massa fresca da amêndoa (MFAM) e diâmetro do fruto (DFRU) sugere que o comprimento do fruto pode moderadamente influenciar o diâmetro dos frutos. Essa relação pode ter implicações práticas para o desenvolvimento de estratégias de cultivo visando frutos de tamanhos específicos.

Outro destaque é a correlação de 0,543 entre comprimento do pedúnculo (CPED) e o diâmetro do pedúnculo (DPED), indicando uma relação positiva moderada entre o comprimento e diâmetro do pedúnculo.

A resistência do fruto ao arranquio não apresentou interação significativa com nenhuma variável analisada.

Diante dos resultados obtidos no presente trabalho, observou-se uma ocorrência de variações entre as médias das variáveis biométricas analisadas nos diferentes ângulos de corte dos frutos de cacau. Embora a expectativa fosse de não encontrar diferenças significativas das variáveis biométricas entre esses ângulos, visto que o ângulo de corte não tem influência sobre as variáveis biométricas, algumas heterogeneidades foram encontradas.

No entanto, é importante destacar que, em geral, os resultados apresentam diferenças suaves entre os ângulos de corte, sugerindo certa homogeneidade nas variáveis estudadas. As médias para as variáveis RESP (resistência ao arranquio), MFTF (massa fresca total do fruto), MFCA (massa fresca da casca), MFAM (massa fresca das amêndoas), COMP (comprimento do fruto), DFRU (diâmetro do fruto), ECIN (espessura da casca no sulco) e ECEX (espessura da casca externa) indicam que, apesar das variações, as médias gerais não apresentam divergências extremas entre os ângulos.

As variações encontradas podem estar relacionadas a particularidades do sistema cabruca, que envolve o cultivo de cacau sob a sombra de árvores nativas, que pode introduzir variações na disponibilidade de luz e nutrientes, influenciando as características dos frutos, contribuindo para as divergências nas médias observadas (Lobão *et al.*, 2011).

Ao comparar esses resultados com estudos anteriores que envolveram diferentes variedades de cacau, ficou evidente que a diversidade genética

desempenha um papel significativo nas características biométricas dos frutos. As variações encontradas em relação a outros estudos podem estar ligadas à variabilidade genética, fatores ambientais e práticas agrícolas distintas. Os resultados de Loureiro *et al.* (2016) no estudo que visou investigar a influência de diferentes locais de cultivo de cacau do clone PH-16, representados por diferentes solos e sistemas produtivos, sobre os atributos biométricos de frutos e amêndoas corroboram para essa conclusão. No estudo, os autores observaram diferenças significativas entre as médias das variáveis biométricas entre os diferentes locais de cultivo, indicando uma influência das características do solo e de fatores ambientais sobre a produtividade e qualidade das amêndoas de cacau.

## 5 CONCLUSÃO

O ângulo de corte de 30° apresentou menor resistência ao arranquio, com média de 48,87 N, entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa em relação aos ângulos de 0° e 15°.

Constatou-se a inexistência de correlação significativa entre a resistência do pedúnculo ao arranquio e as variáveis biométricas consideradas no estudo.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, W. M. A. W.; NAING, N. N.; ABD HALIM, N. An approached of box-cox data transformation to biostatistics experiment. **Journal of Bioscience**, Indonesia, v. 1, p. 137-145, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/242490299\\_AN\\_APPLICATION\\_OF\\_BOX-COX\\_TRANSFORMATION\\_TO\\_BIOSTATISTICS\\_EXPERIMENT\\_DATA](https://www.researchgate.net/publication/242490299_AN_APPLICATION_OF_BOX-COX_TRANSFORMATION_TO_BIOSTATISTICS_EXPERIMENT_DATA). Acesso em: 29 dez. 2023.

ALEXANDRE, R. S.; CHAGAS, K.; MARQUES, H. I.; COSTA, P. R.; CARDOSO FILHO, J. Caracterização de frutos de clones de cacauzeiros na região litorânea de São Mateus, ES. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 19, 785-790. 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/282487748\\_Caracterizacao\\_de\\_frutos\\_de\\_clones\\_de\\_cacauzeiros\\_na\\_regiao\\_litoranea\\_de\\_Sao\\_Mateus\\_ES](https://www.researchgate.net/publication/282487748_Caracterizacao_de_frutos_de_clones_de_cacauzeiros_na_regiao_litoranea_de_Sao_Mateus_ES). Acesso em: 29 dez. 2023.

ATALLAH, M. M. Physical and mechanical properties of tomato plant to design a harvest machine. **Egyptian Journal of Agricultural Sciences**, Giza, Egypt, v. 63, n. 1, p. 8-18, 2012. Disponível em: [https://ejarc.journals.ekb.eg/article\\_214361\\_1b648578335aa06c566a07ccf0098863.pdf](https://ejarc.journals.ekb.eg/article_214361_1b648578335aa06c566a07ccf0098863.pdf). Acesso em: 29 dez. 2023.

CARVALHO, J. I. C.; NETO, H. F. S.; PINHEIRO, L. I. F. Da vassoura de bruxa à fazenda de chocolate: a reconversão produtiva no Sul da Bahia. **Desenvolvimento em Questão**, [Iljuí], v. 18, n. 53, p. 245-265, 2020. Disponível em: <https://www.revista.s.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/9072/6525>. Acesso em: 29 dez. 2023.

CERQUEIRA NETO, S. P. G. Construção geográfica do Extremo Sul da Bahia. **Revista de Geografia**, Recife, v. 30, n. 1, p. 246-264, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/228997/23399>. Acesso em: 29 dez. 2023.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 243-249, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/h6WGY49DygLVGrh8JtvjNLQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2023.

CRUZ, J. F. M. **Caracterização das sementes de variedades de cacau Theobroma cacao L. resistentes à vassoura de bruxa durante a fermentação e após a secagem**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de farmácia, Universidade Federal da Bahia, 2013. Disponível em: <https://repositoriohml.ufba.br/bitstream/ri/8794/1/Jaqueline%20Fontes%20Moreau%20Cruz.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

DA COSTA, J. S.; MILTONS, M. M.; ALVES, A. F.; PARRE, J. L. Fatores Explicativos Para A Diminuição Da Produção De Cacau No Brasil: uma Análise Utilizando O Modelo Shift-Share. In: **44º Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. Fortaleza, SOBER, 2006, p-6. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/147938/files/546.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

ESTIVAL, K. G. S. **Os produtores de cacau da agricultura familiar do Brasil: análise das condições competitivas com base no estudo da cadeia de valor**, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2013.

FERNANDES, I. J.; MELO NETO, B. A.; REIS, N. S.; FILHO, E. S.; MELLO, D. L. N.; CARVALHO, E. A.; MELO, G. J. A. Caracterização de variedades tradicionais de cacau (*Theobroma cacao* L.) Sul da Bahia. In: LIMA, F. S. L.; MELO NETO, B. A. M.; MELO, G. J. A.; CAVALCANTE, D. K. C.; SANTOS, T. R (org.) **Agricultura e agroindústria no contexto do desenvolvimento rural sustentável**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210705540.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

FERREIRA, A. C. R. **Beneficiamento de cacau de qualidade superior**. PTCSB: Ilhéus, 2017. Disponível em: <https://forumdocacau.com.br/wp-content/uploads/2019/01/cartilha2.pdf.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

FREITAS, R. V. S.; SILVA, F. L. H.; CAVALCANTE, J. A.; COSTA, I. I. S.; SARMENTO, D. H. A.; BRAGA, R. C.; SILVA, F. S.; BARBOSA, M. C. F.; RODRIGUES, E. A. Evaluation of nutritional composition, characterization and correlation of pulp quality parameters of cocoa. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.11, n.3, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26677/23501>. Acesso em: 29 dez. 2023.

GALLEGOS-CEDILLO, V. M.; DIÁNEZ, F.; NÁJERA, C.; SANTOS, M. Plant agronomic features can predict quality and field performance: a bibliometric analysis. **Agronomy**, Basel, Switzerland, v. 11, n. 11, p. 2305, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/11/2305/pdf?version=1637719061>. Acesso em: 29 dez. 2023.

KÖPPEN, W..Das geographische system der klimate. Chap. 3. In: Köppen, W. & Geiger, W. (eds.). **Handbuch der Klimatologie**, Vol. 1. Berlin: Teil C. Ebr. Bornträger.44 p. 1936.

LEITE, J. B. V; SODRÉ, G. A. Mecanização do cultivo do cacau no Brasil: “Estado da arte” In: SOUZA JUNIOR S. O. **Cacau: cultivo, pesquisa e inovação (org.)**. Ilhéus, 2018. cap. 16, p. 761-823.

LEITE, J. B. V., SODRÉ, G. A. Experiências de Mecanização em cacauicultura In: SODRÉ, G. A. ed. **Cultivo do cacau no estado da Bahia**. Ilhéus, 2017. cap. 7, p. 111-118. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/outras-publicacoes/cultivo-do-cacau-no-estado-da-bahia.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

LOUREIRO, G. A. H. A.; QUINTINO, R. A.; VALLE, R. R.; SODRÉ, G. A.; SANTOS FILHO, L. P.; OLIVEIRA, S. J. R.; DANTAS, P. A. S.; COUTO, L. R.; LOPES, M. R. Influence of environmental factors on cacao biometric attributes. **Agrotrópica**, v. 28, n. 2, p. 123-140, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista>



[agrotropica/revista-volumes/2000-a-2010/br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/revista-volumes/2000-a-2010/](http://agrotropica/revista-volumes/2000-a-2010/br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/revista-volumes/2000-a-2010/). Acesso em: 29 dez. 2023.

MARSHALL, I. J.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; QUINTELLA, O. M. **Gestão da qualidade e processos**. Rio de Janeiro, 2012.

Marques, J. R. B; Monteiro, W. R. Substituição sustentável de eritrina por seringueira em SAF de cacaueteiro. **Agrotropica**, v. 28, p. 101-122, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/artigos/2016-DOI-10.21757/0103-3816-2016v28n2p101-122.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C.; CALADO, V. Estatística Aplicada E Probabilidade Para Engenheiros. **Grupo Gen-LTC**, 2000.

MÜLLER, M. W.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Sistemas agroflorestais com cacaueteiro. **Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacaueteiro. CEPLAC/CEPEC**, Ilhéus, 2007. p. 246-271. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Gama-Rodrigues/publication/290157741\\_Sistemas\\_Agroflorestais\\_com\\_Cacaueteiro/links/5695025c08ae3ad8e33d4028/Sistemas-Agroflorestais-com-Cacaueteiro.pdf?tp=eyJlb250ZXh01jp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Gama-Rodrigues/publication/290157741_Sistemas_Agroflorestais_com_Cacaueteiro/links/5695025c08ae3ad8e33d4028/Sistemas-Agroflorestais-com-Cacaueteiro.pdf?tp=eyJlb250ZXh01jp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19). Acesso em: 29 dez. 2023.

PIASANTIN, F. B.; SAITO, C. H. Os diferentes métodos de cultivo de cacauete no sudeste da Bahia, Brasil: aspectos históricos e percepções. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 9, p. 61-78, 2014. Disponível em: [http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/24715/1/ARTIGO\\_DiferentesMetodosCultivo.pdf](http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/24715/1/ARTIGO_DiferentesMetodosCultivo.pdf). Acesso em: 29 dez. 2023.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Fealq. Piracicaba, v.15, n.1, 2023.

QIN, X. W., LAI, J. X., TAN, L. H., HAO, C. Y., LI, F. P., HE, S. Z., & SONG, Y. H.. Characterization of volatile compounds in Criollo, Forastero, and Trinitario cocoa seeds (*Theobroma cacao* L.) in China. **International journal of food properties**, v. 20, n. 10, p. 2261-2275, 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/10942912.2016.1236270?needAccess=true>. Acesso em: 29 dez. 2023.

ROEDER, M. Reconhecimento climatológico. *In*: ROEDER, M. **Diagnóstico socioeconômico da região cacaueteira**. Vol. 4. Ilhéus, Bahia: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueteira e Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas - OEA, pp.1-89. 1975.

SANTOS, F. C. G.; ARAÚJO KALID, R. Prospecção tecnológica: um estudo das tecnologias aplicada ao beneficiamento e derivados do cacauete. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e56932354, 2020. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7340972.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

SILVA, R. P. D., CASSIA, M. T., VOLTARELLI, M. A., COMPAGNON, A. M., FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.44, n.1,

p.61-69, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/y5HyNYdyHstbRcMvrQp8Fv/?lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2023.

SODRÉ, A., LEITE, J. B. V. Sistema candelabro": proposta para cultivo intensivo de cacauero, **Agrotropica**, v. 30, n. 2, p. 135–146. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/artigos/2018-DOI-10.21757/0103-3816-2018v30n2p135-146.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

SODRÉ, G. A.; NERY, I. D. Relações entre massas de frutos e amêndoas para estimar rendimentos em cacauicultura. **Agrotropica**, v. 35, n. 1. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/revista-volumes/2023/agrotropica-vol-35-no-1-2023>. Acesso em: 29 dez. 2023.

SODRÉ, G. A., VENTURINI, M. T., RIBEIRO, D. O., & MARROCOS, P. C. L. (2012). Extrato da casca do fruto do cacauero como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacauero. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 34, p. 881-887, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/5dJWPBxqJkV7s8LnBkdMDXF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2023.

VALLADARES, G. S.; COELHO, R. M. CHIBA, M. K. Mapa Pedológico do Município de Campinas, SP: legenda expandida. **Embrapa Territorial-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/17718/1/2211.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2023.

XAVIER, L. B.; NASCIMENTO, F. C.; CHIAPETTI, J. Da crise regional às novas dinâmicas de especialização da produção de cacau no sul da Bahia. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 79, p. 77-96, 2021. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/53461/30987>. Acesso em: 29 dez. 2023.

XIAO, X., HUANG, J., LI, M., XU, Y., & ZHANG, H. Parameter analysis and experiment of citrus stalk cutting for robot picking. **Engenharia Agrícola**, v. 41, p. 551-558, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/NqTxSBQBNxqmdSKnxfKjQVR/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 29 dez. 2023.