



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JOSÉ VIEIRA DINIZ

**SISTEMAS DE COLHEITA NA CULTURA DA ACEROLA: ESTUDO
OPERACIONAL (*Malpighia emarginata*. DC)**

FORTALEZA

2020

JOSÉ VIEIRA DINIZ

SISTEMAS DE COLHEITA NA CULTURA DA ACEROLA: ESTUDO OPERACIONAL
(*Malpighia emarginata*. DC)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Albiero.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D611s Diniz, José Vieira.

Sistemas de colheita na cultura da acerola : estudo operacional / José Vieira Diniz. – 2020.
47 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Daniel Albiero.

1. Acerola. 2. Custo. 3. Seletividade. I. Título.

CDD 630

JOSÉ VIEIRA DINIZ

SISTEMAS DE COLHEITA NA CULTURA DA ACEROLA: ESTUDO OPERACIONAL
(*Malpighia emarginata*. DC)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Albiero (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Angel Pontin Garcia
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

À Deus, minha família, amigos, e orientadores
pelo apoio, incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força para superar as dificuldades e concluir mais uma meta na minha vida.

Aos meus pais Raimundo e Francisca, meus irmãos, minhas irmãs e a minha esposa Iraci e as minhas filhas Jamylle e Samylle, que amo muito, pelo amor, apoio, carinho, paciência e incentivo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Daniel Albiero por acreditar em mim, me mostrar o caminho da ciência e contribuir para o meu crescimento profissional.

Aos membros da minha banca Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, Prof. Dr. Angel Pontin Garcia pelas contribuições ao trabalho.

Ao meu amigo Willian Clayton de Brito Magalhães proprietário da fazenda Piçarreira onde foi desenvolvido o protótipo do sistema de colheita semimecanizado e também onde foi realizado o trabalho de campo.

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação pelo convívio e aprendizado.

RESUMO

A aceroleira (*Malpighia emarginata D.C.*) é a principal fonte natural de vitamina C, apresenta grande potencial econômico e nutricional em contínuo crescimento no mercado interno e externo. A alta demanda de trabalhos manuais na operação da colheita, necessita de estudos sobre os sistemas de colheitas mais eficientes que reduzam os custos de produção de acerola e sane parte dos problemas oriundos da escassez de mão de obra. O presente estudo teve como objetivo avaliar os sistemas de colheita manual e semimecanizado, na cultura da acerola, na variedade BRS 366. O experimento foi conduzido em uma fazenda situada no município de Piracuruca, no interior do estado do Piauí. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, constituído por dois sistemas de colheitas (manual e semimecanizado) com cinco repetições. As variáveis avaliadas foram a qualidade da colheita, os custos operacionais de colheita e a capacidade de campo dos sistemas de colheita. Os dados foram coletados separadamente *in loco* e armazenados na planilha do *Excel*, em seguida, foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias, comparadas pelo teste de *Student*, a 5% de significância. Os dados foram analisados por meio do *software Agroestat*. Os resultados mostraram que o sistema de colheita semimecanizada obteve menores perdas e sendo mais eficiente que o sistema manual para colheita de frutos verdes destinados à indústria de vitamina C. O sistema de colheita semimecanizada apresentou custo operacional de colheita 81% menor que o manual. A capacidade de campo no processo de colheita com reentrada após cinco dias o sistema semi-mecanizado foi de 2,2 ha, e do sistema manual de 0,2ha. Embora diferidos, os danos causados às plantas pela colheita semimecanizada não foram relevantes devido à pequena relação entre a biomassa subtraída, a biomassa total e a velocidade de regeneração estrutural da planta.

Palavras-chave: Acerola. Custo. Seletividade.

ABSTRACT

The aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) is the main natural source of vitamin C, has great economic and nutritional potential in continuous growth in the domestic and foreign markets. The high demand for manual labor in the harvesting operation, requires studies on the most efficient harvesting systems that reduce the production costs of acerola and solves part of the problems arising from the shortage of labor. The present study aimed to evaluate the manual and semi-mechanized harvesting systems in the acerola culture in the BRS 366 variety. The experiment was conducted on a farm located in the municipality of Piracuruca, in the interior of the state of Piauí. The experimental design was completely randomized, consisting of two harvesting systems (manual and semi-mechanized) with five replications. The variables evaluated were the quality of the harvest, the operational costs of harvesting and the field capacity of the harvesting systems. The data were collected separately in loco and stored in the Excel spreadsheet, then they were subjected to analysis of variance by the F test and the means, compared by the Student test, at 5% significance. The data were analyzed using the Agroestat software. The results showed that the semi-mechanized harvesting system obtained less losses and being more efficient than the manual system for harvesting green fruits destined to the vitamin C industry. The semi-mechanized harvesting system presented an operating cost of harvest 81% lower than the manual one. The field capacity in the harvesting process with reentry after five days, the semi-mechanized system was 2.2ha, and the manual system 0.2ha. Although deferred, the damage caused to plants by the semi-mechanized harvest was not relevant due to the small relationship between subtracted biomass, total biomass and the speed of structural regeneration of the plant.

Keywords: Acerola. Cost. Selectivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Produção de frutas (em toneladas) no Ceará (2016/2017).....	20
Figura 2	– Área experimental do estudo, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018.....	26
Figura 3	– Colheita de acerola usando o Kit de colheita, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018..	27
Figura 4	– Frutos no ponto ideal para colheita de acerola (P4, P5 e P6) destinado para indústria com maior concentração de vitamina C.....	28
Figura 5	– Colheita manual, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018.....	28
Figura 6	– Triciclo para auxiliar na colheita manual e semi-mecanizada das acerolas, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018.....	29
Figura 7	– Curvas características de operação para diferentes valores de n para o teste em frente e verso normal para um nível de significância $\alpha = 0,05$	30
Figura 8	– Lonas de projeção das plantas, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018.....	31
Figura 9	– Frutos danificados no processo da colheita, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018....	32
Figura 10	– Classificação dos danos nas plantas classificado como leve (A), médio (B) e grave (C).....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de variância para volume de frutos colhidos, volume de frutos caídos, volume de frutos remanescentes, perdas e eficiência nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018.....	37
Tabela 2 – Valores médios do volume de frutos colhidos, volume de frutos caídos, volume de frutos remanescentes, perdas e eficiência nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018.....	38
Tabela 3 – Análise de variância para os danos causados nos frutos e nas plantas, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018.....	39
Tabela 4 – Valores médios para os danos causados nos frutos e nas plantas, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018.....	39
Tabela 5 – Análise de variância para os componentes de produção nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018.....	41
Tabela 6 – Valores médios para os componentes de produção nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018.....	41
Tabela 7 – Custos operacionais nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018.....	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Acerola: Origem, descrição botânica e morfologia	16
3.2	Fenologia	17
3.3	Produção, cultivo e colheita	18
3.4	Importância econômica	20
3.5	Melhoramento genético	21
3.6	Avaliação de Colheita de Frutas	21
3.7	Colhedoras de Frutas	23
3.8	Estudo de Custo e Viabilidade Econômica do Sistema de Colheita	24
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Localização do experimento	26
4.2	Caracterização da área	26
4.3	Equipamentos utilizados	27
4.4	Varietade	29
4.5	Planejamento estatístico	29
4.6	Delineamento experimental	30
4.7	Variáveis avaliadas	31
4.7.1	<i>Massa dos frutos colhidos, caídos e remanescentes, perdas e eficiência da colheita</i>	31
4.7.2	<i>Danos nos frutos e nas plantas</i>	32
4.7.3	<i>Custos operacionais dos sistemas de colheita (R\$ h⁻¹)</i>	33
4.8	Análise estatística dos dados	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1	Componentes produtivos dos sistemas de colheita	37
5.2	Danos causados nos frutos e nas plantas	38
5.3	Produtividade nos sistemas de colheita	40
5.4	Custos operacionais	43

6	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Originária das Antilhas, a aceroleira é uma planta arbustiva, cujos frutos vermelhos e ácidos possuem alto valor nutricional, semelhante à cereja. A acerola é uma fruta agridoce que aos poucos vem conquistando o paladar das pessoas, embora seu nicho no mercado se deva, principalmente, aos seus elevados níveis de ácido ascórbico quando comparados as frutas tradicionalmente conhecidas. Algumas regiões brasileiras, por possuírem climas quentes e alta luminosidade, têm se mostrado cenários potenciais para o desenvolvimento da cultura e isso tem colocado o país no topo mundial da produção da fruta, tais como, o perímetro irrigado de Petrolina – PE, o perímetro irrigado de Parnaíba – PI e a Região da Ibiapaba – CE, tendo em vista que essas microrregiões são destacadas na produção de acerola.

A colheita da acerola pode ser realizada de forma manual, mecanizada ou semimecanizada. A colheita manual possui alta demanda de mão de obra devido à sua baixa capacidade de colheita. De outro modo, a colheita mecanizada exige pouca mão de obra e possui um dos menores custos na operação, com isso, o investimento e adequação do pomar tem excluído a maioria dos produtores dessa realidade, haja vista, que esses possuem pequenas áreas e isso inviabiliza a compra de grandes máquinas. Já a colheita semimecanizada possui capacidade de colheita inferior à mecanizada, embora ela seja operacionalmente simples, semi-seletiva e exige pouco investimento. Com a escassez de mão de obra, o processo semimecanizado tem se mostrado alternativa potencialmente viável, pois sua produtividade é maior que a manual e, conseqüentemente, demanda menos pessoas no campo.

Com boa adaptação às situações edafoclimáticas do Brasil, a alta demanda de mão de obra passa a ser um dos grandes problemas no cultivo da acerola, principalmente da colheita que, além de demandar elevada quantidade mão de obra, exige boa estratégia na elaboração de um plano de manejo, tendo em vista a curta janela de colheita que a cultura possui.

Nos períodos de pico de safra a situação se agrava por causa da baixa capacidade de colheita e perdas elevadas da produção que reduz a competitividade e, muitas das vezes, inviabiliza o negócio, tendo em vista que hoje a maioria dos produtores no Brasil realiza suas colheitas manualmente.

Paralelo à escassez de mão de obra, a população mundial teve um grande crescimento, e como consequência, a demanda por alimentos elevou-se, o que torna

necessário o aumento da produtividade agrícola para suprir a demanda gerada. Com base nisso, uma hipótese para mitigar esse problema é o uso de tecnologia no desenvolvimento de máquinas, equipamentos de trabalhos, medição, programas de análises em tempo real e métodos mais eficientes.

Embora nas últimas décadas tenha ocorrido bastantes esforços para melhorar a colheita de frutos, pouco se investiu nesse sentido em culturas como acerola. No entanto, a acerola é um fruto bem frágil, que exige uma série de medidas que reduzam os impactos que causam injúrias aos frutos e as plantas.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar dois sistemas de colheita na cultura da acerola (Variedade BRS 366 – sexto ano de produção) avaliando os principais pontos críticos que requer melhorias no sistema semimecanizado como sistema de derraça, comparando os impactos na produtividade, qualidade do fruto, sanidade da planta, custo operacional e capacidade de campo. Para tanto foram considerados todos os fatores próprios da colheita quanto aos de adaptação do pomar aos modelos de colheita, como poda de levantamento de saia. Quanto a poda, não foram levantados os custos, apenas considerados o reflexo na produtividade.

2 OBJETIVOS

Para a execução do trabalho foram propostos os seguintes objetivos.

2.1 Objetivo geral

Avaliar os sistemas de colheita manual e semimecanizada na cultura da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) variedade BRS 366.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade do processo de colheita;
- Analisar capacidade de campo no processo de colheita;
- Avaliar o custo horário e operacional no processo de colheita.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O referencial teórico busca abordar os principais pontos relacionados à pesquisa realizada.

3.1 Acerola: Origem, descrição botânica e morfologia

A acerola (*Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* L. ou *Malpighia emarginata* DC.) teve sua origem nas Antilhas. Devido aos seus elevados teores de vitamina C dispersou-se para outras regiões do mundo estabelecendo-se, particularmente, em ecossistemas tropicais e subtropicais do continente americano (MATSUURA; ROLIM, 2002).

No Brasil, a introdução dessa fruteira ocorreu na década de 50, havendo controvérsias a respeito do ano e local original. Seus plantios, porém, ganharam expressão econômica somente a partir da década de 90 com o aumento da demanda do produto tanto pelo mercado interno como externo, estando hoje difundidas em praticamente todo o território nacional, à exceção de regiões de clima subtropical e/ou de altitude, sujeitas a baixas temperaturas (COUTO; FERREIRA, 2012).

A aceroleira pertence à classe Angiospermae, família Malpighiaceae, gênero *Malpighia* e espécie *Malpighia emarginata* DC (INTERNATIONAL BOARD PLANT GENETIC RESOURCES, 1986). É uma árvore com um único tronco, frequentemente ramificado, sendo árvores de pequeno e médio porte, em pomar comercial, pode crescer de 1.3 a 3.2 m de altura, com ramificação por vários ramos lenhosos e curvados normalmente para baixo, possui copas que podem diferir em função da grande variabilidade genética (MANICA *et al.*, 2003).

As plantas de aceroleira possuem sistema radicular pivotante, quando plantado por sementes ou enxertia, pois em solos profundos e férteis pode chegar até 1 m de profundidade, sendo normalmente sua maior quantidade raízes estão a profundidade entre 20 cm e 40 cm e quando propagadas por estaquia, o sistema radicular destas plantas pode tornar-se ainda mais superficial (DINIZ; HAMANN, 2015).

As folhas da espécie *Malpighia emarginata* medem cerca 2,5 a 7,45 cm de comprimento, com a base e o ápice geralmente agudos. São inteiras, frequentemente onduladas, opostas, com pecíolo curto, pequenas, de coloração verde-escura e brilhante na face superior e verde-pálida na superfície inferior (CALGARO; BRAGA, 2012).

Segundo Manica *et al.* (2003), as flores da aceroleira medem cerca de 1,2 a 2,5 cm

e surgem isoladamente ou em cachos nos mais variados locais da planta desde as axilas foliares de ramos maduros, recém brotados e em crescimento. Quando em cachos, as flores acomodam-se sob pedúnculo num eixo principal em forma de umbela apresentando comprimento variando entre 1,5 e 2,5 cm. A coloração das pétalas pode variar de rosa, rosa esbranquiçada, violeta esbranquiçada a vermelha.

A acerola é uma fruta, cujo cultivo tem crescido muito por possuir elevado teor de vitamina C, sendo encontrado em algumas variedades até 5.000 mg por 100 g de polpa, cerca de 100 vezes mais vitamina C do que encontrado na laranja, ou dez vezes mais do que na goiaba, sendo as duas últimas as mais conhecidas pelo alto teor de vitamina C (COUTO; FERREIRA, 2012).

3.2 Fenologia

O conhecimento sobre a fenologia da cultura é de grande relevância para que o produtor possa organizar e executar as práticas culturais necessárias à produção. A aceroleira é uma planta rústica, que se desenvolve em clima tropical e subtropical, adaptando-se bem à temperatura média de 26°C, sendo, inclusive, resistente a temperaturas próximas de 0°C (EMBRAPA, 2012). Cresce e produz satisfatoriamente quando as chuvas variam entre 1.200 e 1.600 mm anuais bem distribuídos ao longo do ano. Em cultivo comercial, nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, cujas precipitações inferiores aos citados, são necessárias o complemento com irrigação.

A planta de acerola é exigente por luz, haja vista que é sob influência desta que a produção de vitamina C é estimulada por meio da fotossíntese. Uma vez que o ácido ascórbico é antioxidante e protege o sistema fotossintético dos danos solares, interferindo nos processos bioquímicos, e conseqüentemente, na produção de vitamina C. Dessa forma, a radiação solar interfere diretamente na produção e na qualidade dos frutos (CALGARO; BRAGA, 2012).

Almeida *et al.* (2015) estudando o comportamento produtivo da aceroleira no semiárido baiano e em condições naturais, notificou que a cultura teve início de floração no mês de outubro, com frutificação entre novembro e abril. Nesta região o período da estação mais seca do ano compreende de agosto a outubro, período onde o clima é seco com baixa pluviosidade, fatores que podem limitar o número de florações ao ano com reflexos diretos na produtividade na região.

As flores da espécie *Malpighia emarginata* iniciam sua abertura entre 4 e 5 h da

manhã, permanecendo o estigma (estrutura reprodutiva feminina) e as anteras (estrutura reprodutiva masculina) dispostos no centro da flor, o pólen começa a ser liberado a partir das 6h e permanece disponível no período entre 6 e 15 h, não produz néctar, recurso necessário às abelhas melíferas, sendo as *Centris analis* e *Centris tarsata*, seus principais polinizadores. Outras espécies de abelhas podem ser observadas nas flores coletando pólen e/ou óleo. Contudo, o comportamento que estas exibem durante a coleta não as classifica como polinizadoras, ou seja, esses visitantes florais utilizam os recursos oferecidos pelas flores, mas não as polinizam (SAZAN *et al.*, 2014).

3.3 Produção, cultivo e colheita

A aceroleira adapta-se bem a várias classes de solo, preferencialmente profundo, fértil, com bom teor de matéria orgânica, bem drenados com pH próximo de 6,0. Para a escolha do local de cultivo é importante que o histórico da área não tenha ocorrência de nematoides do gênero *Meloidogyne*, pois a cultura é sensível a esta praga (DINIZ; HAMANN, 2015).

Segundo Rufini (2015), a propagação da aceroleira é realizado por dois métodos: sexual (sementes) e assexual/vegetativa (enxertia e estaquia). Para propagação comercial é recomendado os métodos assexuados, tendo em vista que o pomar tem que se apresentar uniforme e que a espécie possui alto grau de variabilidade genética, implicando a produtividade e a qualidade dos frutos. A propagação por sementes é recomendada somente para obtenção de porta-enxertos e programas de melhoramento.

Existe uma expressiva variação no espaçamento da aceroleira, mas em geral, nas áreas irrigadas do Nordeste brasileiro, tem sido adotado o traçado em retângulo, usando-se o espaçamento de 4 m x 4 m ou 4 m x 3 m, considerando a eventual necessidade de uso mais eficiente da área. Pode-se inicialmente adotar um espaçamento mais denso, de 4 m x 2 m e, a partir do segundo ano, eliminar uma em cada duas plantas na fileira, retomando-se ao espaçamento de 4 m x 4 m (CALGARO; BRAGA, 2012).

A aceroleira é uma planta que, do ponto de vista operacional, possui crescimento desordenado, onde a poda de formação é essencial. Conduzida sob-haste única, as plantas devem ser livres de ramos que surgem nos primeiros 50 cm a partir do solo e as brotações laterais estimuladas através da poda apical. Para manter um bom aspecto sanitário é recomendado estabelecer a poda de limpeza, removendo os ramos doentes, praguejados, secos, debilitados ou aqueles que prejudicam o arejamento da planta (PIO, 2003).

As plantas invasoras podem prejudicar o desenvolvimento da aceroleira, podendo ser hospedeiras de pragas e doenças além de dificultar as atividades como colheita, irrigação, fertilização e poda. Seu controle pode ser realizado por meio de capina manual ou mecânica, aplicação de herbicidas, cobertura morta ou cobertura verde na superfície do terreno (MANICA *et al.*, 2003).

Segundo Villegas (2007), a aceroleira é um arbusto que responde bem à aplicação de fertilizantes, todavia é aconselhável determinar a fórmula, dosagem e épocas de aplicação para diferentes solos com base em análises dos mesmos e do estado de desenvolvimento das plantas.

Estudos de três cenários de sistema de irrigação (inundação, micro aspersão e gotejamento), considerando o regime hidro climático seco, foram observados que as culturas mais rentáveis, que consomem menos água e submetidas ao processo de rotatividade nos três tipos de sistemas foram: coco, tomate, uva, banana e acerola e foi averiguado ainda que o sistema de irrigação por gotejamento é o mais eficiente para ser instalado na região do Nordeste do Brasil, já que o mesmo proporciona um aumento na área máxima irrigável e conseqüentemente um aumento na receita líquida (PESSOA; ASSIS; VIEIRA, 2015).

Na cultura da aceroleira um dos grandes problemas é o nematoide em áreas sem cobertura de solo e baixo teor de matéria orgânica. Cavichioli *et al.* (2014) estudaram a suscetibilidade da acerola aos nematoides da espécie *Meloidogyne enterolobii*, utilizando alguns genótipos e variedades: Cereja (BRS 236), Fruta Cor (BRS 238), Roxinha (BRS 237), Mirandópolis, Japi, Okinawa, Olivier e Waldy-CATI e constatou que todos os clones estudados são suscetíveis a esse verme.

As principais pragas que causam danos na aceroleira relatadas por Icuma, Oliveira e Alves. (2003), são pulgão (*Aphis citricidus*), percevejos (*Crinocereus sanctus* e *Theognis stigma*), cochonilhas (*Orthezia praelonga*, *Icerya purchasi*, *Coccus hesperidum*, *Coccus viridis* e *Saissetia sp.*), vaquinha (*Diabrotica epeirosa*), mosca das frutas (*Ceratitis capitata*), formigas cortadeiras saúvas (*Atta spp.*) e quenquéns (*Acromyrmex spp.*) e algumas espécies de ácaros.

A aceroleira está sujeita a diversas doenças, sendo a severidade relacionada com as condições edafoclimáticas da região, sendo as principais: antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), mancha *Cercosporidium* (*Cercosporidium sp.*), verrugose (*Claudosporium herbarum* ou *Sphaceloma sp.*), seca descendente de ramos (*Botryodiplodia theobromae* ou *Phomopsis*), cercosporiose (*Cercospora bunchosiae*) e podridão dos frutos (*Rhizopus sp.*) (JUNQUEIRA, 2003).

3.4 Importância econômica

A fruticultura brasileira produziu menos do que poderia nos últimos anos devido às condições climáticas desfavoráveis. Dentre as 20 principais frutíferas cultivadas no Brasil, há registros de produção de cerca de 40,953 milhões de toneladas de frutas frescas em 2015, de acordo com os dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse resultado significou redução de 1,7 milhão de toneladas de frutas in natura, em comparação as 42,6 milhões de toneladas registradas em 2014 (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA/BRAZILIAN FRUTYEAR BOOK, 2017).

Destaques da produção no estado do Ceará das principais frutas em 2016 indicando bons resultados para quase todas as culturas (Figura 1), portanto, havendo redução na produção em algumas culturas por sofrer com a limitação de água, principalmente as produzidas nos polos irrigados (IPECE, 2016).

Figura 1 - Produção de frutas (em toneladas) no Estado do Ceará, período de 2016-2017

Produção de Frutas	Produção 2016	Estimativa 2017	Varição (%) 2017/2016
Acerola	12.728	12.721	-0,05
Banana	323.840	348.313	7,56
Goiaba	15.434	18.017	16,74
Laranja	8.474	10.642	25,58
Mamão	110.520	135.200	22,33
Manga	43.233	47.087	8,91
Maracujá	98.122	116.432	18,66
Melancia	35.469	44.995	26,86
Melão	98.533	119.936	21,72
Abacaxi*	2.361	535	-77,34
Coco-da-baia*	262.226	226.498	-13,62

Fonte: IBGE. Elaboração: IPECE.

Notas: (1) O valor de 2016 refere-se a produção obtida e o valor de 2017 corresponde a estimativa. (*) Produção em mil frutos.

A empresa Amway Corporation instalada em sua Fazenda Orgânica no município de Tianguá-CE distante 380 km de Fortaleza, uma fábrica para produção de vitamina C em pó proveniente do fruto verde da acerola e exportada para vários países, sendo a acerola, produzidas na própria fazenda, e partes são adquiridos de agricultores familiares da Serra da Ibiapaba-CE, dos irrigantes dos Perímetros Irrigados de Tabuleiros Litorâneos (Parnaíba-PI) e Baixo Acaraú (Marco/CE). Neste contexto, a aceroleira ainda se constitui boa fonte de emprego uma vez que a cultura da acerola exige mão de obra intensiva, principalmente nas

etapas de colheita e classificação das frutas, além de garantir emprego durante o ano todo (ARAÚJO *et al.*, 2009).

3.5 Melhoramento genético

No Brasil, os trabalhos de melhoramento buscam selecionar materiais genéticos que proporcionem o aumento da lucratividade dos pomares de acerola com maior produtividade e também de vitamina C.

Os primeiros trabalhos de seleção ocorreram em plantios comerciais, quando foi descoberto grande variabilidade genética, proveniente de pomares formados com mudas oriundas de propagação sexuada. Sendo a maioria das variedades selecionadas ou introduzidas em plantios comerciais, difundida regionalmente como, por exemplo: COOPAMA-1, Okinawa, Inada, Flor Branca, Barbados, Mineira, Monami e CAMTA 40.2 (PAIVA, 2003).

Segundo Souza *et al.* (2013), as cultivares de aceroleira registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), são 14 e, no entanto, na literatura especializada são relatados 25 clones em uso nos pomares brasileiros, desses, oito são cultivados em maior ou menor escala no Submédio do Vale do São Francisco, como: Junco, Flor Branca, BRS Sertaneja, Costa Rica, Okinawa, Nikki, Coopama N°1 e BRS Cabocla.

3.6 Avaliação de Colheita de Frutas

Os mecanismos utilizados para realizar as operações de colheita e as ordem dessas definem os sistemas, que podem ser classificados como: manual, que pode ser considerado convencional por ser o mais utilizado, em diversas operações da colheita, realizadas a partir de serviços manuais; semimecanizada que consiste na utilização intercalada de serviço manual e máquinas para a execução das operações de colheita; e mecanizada que considera que todas as operações de colheita são realizadas mecanicamente, sendo este o sistema mais difundido e empregado em propriedades grandes e tecnificadas possibilitando maiores lucros aos produtores.

Segundo Cunha, Silva e Dias (2016), o sistema mecanizado de colheita do cafeeiro mais viável tecnicamente e economicamente, aumentando a produção e reduzindo custos, foi do tipo mecanizado independente da colhedora utilizada, em comparação aos sistemas manuais e semimecanizada.

A colheita é uma atividade que está tendo um grande avanço na fruticultura, porém ainda causa muitos danos às plantas e aos frutos. Duran *et al.* (2015) afirma que a colheitadeira de azeitona, modelo 6420 atuou de forma satisfatória, porém, são necessários ajustes que possibilitem a colheita apenas dos frutos viáveis, sem danificar as plantas, visando um melhor rendimento e menor custo nesta operação.

A quebra de ramos gera grandes prejuízos na produtividade quando comparado com a desfolha, pois, a planta necessita de uma maior demanda metabólica para a recuperação dos ramos. Estudo realizado por Santinato *et al.* (2015) relata que a colheita manual obteve maiores danos às plantas e por outro lado maior enfolhamento das plantas em relação à colheita com colhedora adaptada, pode ser explicado por a colheita mecanizada ter quebrado mais ramos e desfolhado menos, já que os danos às plantas são constituídos por todo o material desprendido do cafeeiro durante a colheita.

Estudos apontam a mecanização da colheita como alternativa viável para sanar a escassez de trabalhos manuais e os métodos de coleta de dados se mostraram promissores para análises de variáveis relacionadas à eficiência da colhedora automotriz considerando a derrça, percentual de perda no chão, carga pendente sob metodologia de análises por determinação e estimativa, sendo diferentes da metodologia por determinação, as metodologias por estimativa apresentar imprecisão de até 19% devido à heterogeneidade do pomar (ALVES *et al.*, 2017). Na colheita do café existem perdas em peso quando se colhe os grãos de café antes ou depois da fase ideal de colheita (maduro), indica que necessita de esforços para intensificar a colheita seletiva, apenas os grãos desejáveis (FONSECA, 2015).

Nas plantações adensadas de azeitonas com produção de aproximadamente 3,5 anos após a plantação na primavera, pode já ter uma produção apreciável e outro aspecto de grande interesse é a colheita com máquinas automotrizes que cavalgam as linhas de árvores destacando e recolhendo em simultâneo a azeitona, tendo maior agilidade na colheita por ser totalmente mecanizada, diferenciando do tradicional a colheita é feita árvore a árvore (ALMEIDA, 2017).

Pomares plantados não conduzidos para a mecanização com a brotação de vários trocos dificulta a colheita de vibração de tronco, necessitando de poda para agilizar a colheita e com isso aumenta a eficiência e diminui a produção. Estudos realizados por Jimenez-Jimenez *et al.* (2015) mostrou que altos valores de potência de vibração aplicados à colheita mecânica em pomares tradicionais de oliveira e pomares intensivos foram os melhores resultados para a eficiência da colheita, porém, apresentaram maiores níveis de danos nos troncos.

A eficiência da remoção de frutos realizada pela colhedora autopropelida em pomares de olivais é alta, alcançando aproximadamente 100%, com a maioria dos frutos interceptados pela máquina em movimento em aproximadamente duas horas por hectare. Segundo Ruiz *et al.* (2018) mostrou que, a velocidade nominal e a frequência podem influenciar negativamente a fruta e/ou aumentar os danos nas plantas, particularmente para as variedades menos tolerantes.

Avaliações com mais de três operações com a colhedora de arraste Jacto KTR, o volume remanescente de frutos nas plantas não justifica o repasse manual na lavoura de carga alta (121,54 sacas de café ha⁻¹) e na lavoura com carga intermediária (50,78 sacas de café por hectare), duas operações são suficientes.

3.7 Colhedoras de Frutas

O uso de colhedoras, autopropelidas ou tracionadas, no processo de colheita de frutos promove a redução dos custos, refletindo diretamente a viabilidade técnica e econômica de sistemas mecanizados, em comparação aos sistemas semimecanizada e manual.

Cunha *et al.* (2016) afirma que sistema mecanizado de colheita do cafeeiro é mais viável tecnicamente e economicamente, aumentando a produção e reduzindo custos, independente da máquina utilizada, em comparação aos sistemas manual e semimecanizada.

Dessa forma, a energia empregada na colheita será maior, podendo elevar a eficiência de derriça e conseqüentemente aumentar os danos às plantas. Portanto, nem sempre há necessidade de se usar regulagens tão fortes, dependendo da situação, a colheita não necessita de tanta energia para liberar a carga, possibilitando a utilização de velocidades operacionais maiores e aumentando o rendimento da colheita.

A colheita mecanizada com uma colhedora auto propelida em pomares de olivais adensados em duas variedades mostra que a frequência de vibração de 430 Hz, foi de 3% de danos ocorridos nas plantas da variedade Cacereña e duas vezes mais danos na Sevillana e para uma frequência de vibração de 470 Hz, houve 5% de danos na Cacereña e 10% em Sevillana (MARTINEZ-GUANTER *et al.*, 2017).

Estudos realizados no cultivar Tupi IAC 1669-33 apresenta elevada dificuldade em ser colhida mecanicamente na primeira safra, devendo ser colhida com duas operações mecanizadas. No entanto com adaptações dos derriçadores com extensores de borracha, podendo elevar a quantidade de café colhido em 16,6% comparando com a colheita convencional e reduzindo os danos nas plantas por tornarem os derriçadores mais flexíveis

(SANTINATO *et al.*, 2014).

Estudo realizado com uma colhedora acoplada em um trator para trabalhar de forma circular em árvores adultas irregulares de azeitonas. Segundo Sola-Guirado *et al.* (2018), afirmam que os valores médios de eficiência de derriça (77% e 80%) mostram que ainda é baixo a eficiência desse sistema em comparação com outras colhedoras comerciais que já foram desenvolvidas para trabalhar em linha, pois a eficiência acima de 90%.

3.8 Estudo de Custo e Viabilidade Econômica do Sistema de Colheita

Avaliação comparativa dos custos de colheita e qualidade dos frutos entre a colheita manual e semimecanizada com o uso de derriçador portátil, em pomares antigos de azeitona, conclui-se que é possível reduzir em até 37,1% o custo da colheita em relação ao método de colheita manual (MANSOUR; ELMESIRY; ABDELHADY, 2018).

Estudos veem sendo desenvolvidos com máquina para colheita da azeitona visando melhorar a fase de pico de colheita da azeitona em árvores adultas. Segundo Solazzi *et al.* (2014), foi calculado os custos de produção, a adequação para uma fazenda típica de tamanho médio situada no sul de Itália. Sendo máquina projetada para trabalhar com 1.000 plantas, a produtividade da máquina é estimada em 12 plantas por hora e a colheita das azeitonas derriçada (cerca de 70%) e realizada por três pessoas.

Considerando o volume médio de café a serem colhidos de 240 medidas ha^{-1} , demandando 48 homens ha^{-1} , a diária de R\$ 60,00, o custo da colheita manual é de R\$ 2.880 ha^{-1} , ou seja, R\$ 12,00 medida⁻¹. Com a semimecanizada, na mesma lavoura, o trabalho realizado por uma dupla em 12 dias ha^{-1} , sendo o custo total da colheita semimecanizada de R\$ 1.692,00 ha^{-1} ; ou parcial de R\$ 7,00 medida⁻¹, com redução de 41% em relação a manual (SILVA *et al.*, 2013).

A análise econômica, focada no custo de colheita em relação ao nível de mecanização, mostrou um menor custo, em comparação com a colheita manual. Segundo Sperandio *et al.* (2017) nota-se, que em comparação com a operação manual, a mecanização apresentou redução nos custos da colheita na ordem de 40-90%. A grande variação dessa porcentagem se deve ao tipo de colhedora.

Estudos mostram que a colheita realizada de forma mecânicas com agitadores garante um importante aumento de produtividade, comparado com a colheita manualmente. Segundo Abenavoli e Proto (2015) a colheita mecânica com agitadores mostrou que tem capacidade de colheita de 7.000 $kg.dia^{-1}$ de azeitonas, semimecanizada de 4000 $kg.dia^{-1}$ e a

semimecanizada produziu o dobro comparando com a colheita manual que atingiu uma produtividade de 2.000 kg dia⁻¹.

O aspecto econômico da colheita mecânica é significativo sob as condições israelenses, o custo das azeitonas colhidas manualmente é de US \$ 0,37 kg⁻¹, enquanto que, o custo de azeitonas colhidas mecanicamente é de US \$ 0,17 kg⁻¹, o que é inferior a mais de 50% em comparação com a colheita manual. Segundo Zipori, Dag, Tugendhaft (2014) afirma que a colheita mecânica é economicamente viável, mesmo se a eficiência da colheita for ligeiramente inferior comparando com a colheita manual.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste tópico será apresentada a metodologia utilizada na realização do experimento.

4.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda Piçarreira, situada no Município de Piracuruca, Piauí, com Latitude de 3° 55' 41"S, Longitude de 41° 42' 42"W e altitude 76 m (Figura 2). O clima da região é tropical alternadamente úmido e seco, com duração do período seco de seis meses, apresentando temperaturas de 24 a 36°C, com precipitação média anual de 1305,8 mm. O solo é classificado como latossolos vermelho-amarelo distróficos associados a podzólicos vermelho-amarelo equivalente eutrófico e solos indiscriminados concrecionários tropicais (IBGE, 2002).

Figura 2 – Área experimental de estudo, município de Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018



Fonte: elaborado pelo autor.

4.2 Caracterização da área

O pomar possui 500 plantas da variedade BRS 366, distribuídas em uma área de 1 ha, com espaçamento de 5 metros entre linhas e 4 metros entre plantas, sendo o formato das plantas com vários troncos, diâmetro de 2 a 4 m, altura de 1,5 a 2,5 m. Trata-se de um pomar

implantado no ano de 2012, que apresenta produtividade estável.

Para realizar o experimento, antes da floração, as plantas passaram por uma poda de levantamento de saia com 0,5 m de altura. O experimento foi conduzido no período de janeiro a março, e optou-se pela colheita da acerola verde destinada para indústria e produção de vitamina C, pois nesse estágio a acerola tem maior concentração de vitamina C e foi avaliado por dois ciclos de colheita e três colheitas por ciclo, onde esses dois ciclos foram as melhores produtividades no ano 2018.

4.3 Equipamentos utilizados

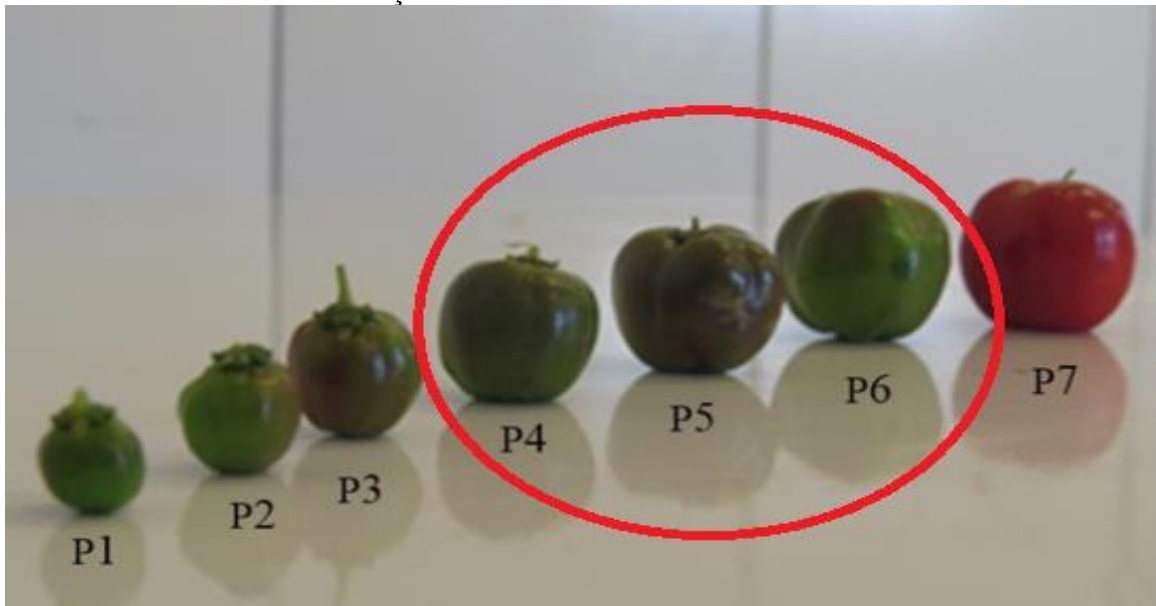
A colheita semimecanizada foi realizada com Kit de colheita MSDAM, modelo cereja 2.4 (duas plataformas e dois derrçadores portáteis) onde foram utilizados dois colhedores trabalhando um de cada lado da planta (Figura 3) fazendo a derrça com um derrçador com 2m de comprimento, com um arco de tecnil no final da haste que é realizado o impacto nos ramos onde estão frutos no ponto de colheita de P4 a P6 (Figura 4), para evitar derrçar nos galhos onde os frutos ainda não estão no ponto de colheita. Os colhedores foram treinados para bater com o derrçador de forma a evitar quebra dos galhos, bem como mostrar os tamanhos ideais dos frutos a serem colhidos e foi disponibilizado um triciclo para coleta e transporte dos frutos até o ponto de apoio, em que atende uma média de 10 kits de colheita.

Figura 3 – Colheita de acerola usando o Kit de colheita, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4 – Frutos no ponto ideal para colheita de acerola (P4, P5 e P6) destinado para indústria com maior concentração de vitamina C



Fonte: Pontes *et al.* (2015).

Para a colheita manual foram utilizados dois baldes de polietilenos com capacidade de 12 litros para cada colhedor, onde os colhedores trabalharam um de cada lado da planta (Figura 5), mas com produção individual. Antes de iniciar a colheita foi realizado um treinamento com os colhedores para que eles compreendessem os tamanhos ideais dos frutos a serem colhidos e foi disponibilizado um triciclo para coleta dos frutos até o ponto de apoio, em que atende uma média de 20 colhedores.

Figura 5 – Colheita manual realizada no município de Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018



Fonte: elaborado pelo autor.

Para auxiliar na colheita foi utilizado um triciclo coletando os frutos no campo e transportando até o ponto de apoio da fazenda (Figura 6).

Figura 6 – Triciclo para auxiliar na colheita manual e semimecanizada, município de Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018



Fonte: elaborado pelo autor.

4.4 Variedade

A variedade utilizada foi a BRS 366 pelo pomar ser mais uniforme para realizar o experimento, não sendo essa a melhor em vitamina C, mas é aceitável pelas indústrias e também a mais desejada pelo produtor por ter um ciclo a mais por ano do que as outras variedades cultivadas na fazenda.

4.5 Planejamento estatístico

Inicialmente foi calculado o número mínimo de amostras para que os dados possivelmente apresentem distribuição normal. A metodologia estatística adotada permite verificar o número de amostras necessárias para que haja normalidade dos dados no experimento por meio do erro médio padrão.

O erro médio padrão será encontrado por meio da Equação 1, sugerida por Montgomery (2004).

$$d = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad (1)$$

Em que:

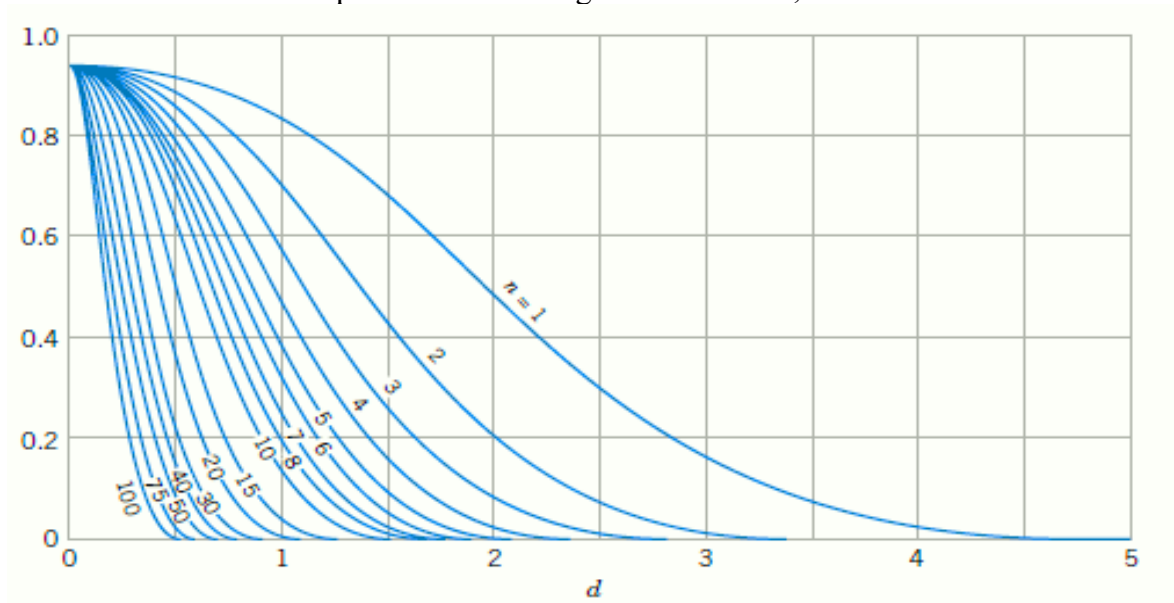
d é o erro médio padrão;

μ_1 é a média e μ_2 é a média;

σ_1 é o desvio padrão e σ_2 é o desvio padrão.

Logo após, com o erro médio padrão em mãos, foi considerado o erro β de 10% e através do gráfico de curvas características de operação (Figura 7) encontrou-se o número de amostras que foi utilizada para as avaliações. De acordo com a metodologia o número mínimo de amostras encontrado foi 7 amostras para cada repetição, no entanto, em virtude de problemas operacionais foi realizado apenas 5 repetições por cada tratamento.

Figura 7 - Curvas características de operação para diferentes valores de n para o teste em frente e verso normal para um nível de significância $\alpha = 0,05$



Fonte: Montgomery (2004).

4.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de bloco casualizados, constituído por dois tratamentos (T1 – colheita manual e T2 – colheita semimecanizada), com cinco repetições para cada tratamento.

4.7 Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas foram a qualidade da colheita (massa de frutos colhidos, massa de frutos caídos, massa de frutos remanescentes, perdas e eficiência de colheita, danos frutos e plantas) e custos operacionais dos sistemas de colheita.

4.7.1 Massa dos frutos colhidos, caídos e remanescentes, perdas e eficiência da colheita

Antes de iniciar a colheita foram colocadas lonas na projeção das plantas para coletar os frutos caídos nos dois sistemas avaliados (Figura 8).

Figura 8 – Lonas de projeção das plantas, município de Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018



Fonte: elaborado pelo autor.

No ato da colheita foram registradas as massas dos frutos colhidos em cada parcela, em seguida coletados separadamente os frutos caídos no chão e os remanescentes nas plantas, sendo após a primeira colheita os frutos maduros contabilizados como remanescentes, pois foram frutos deixados na primeira colheita que estavam no ponto de colheita. Depois de pesados e registrados suas respectivas massas, foi encontrada a eficiência de colheita usando a Equação 2.

$$Ec = \left(\frac{MFCo}{MFCo + MFCa + MFRe} \right) \quad (2)$$

Em que:

EC é a eficiência de colheita (%);

MFCo é a massa de frutos colhidos;

MFRé é a massa de frutos remanescentes;

MFCa é a massa de frutos caídos.

4.7.2 Danos nos frutos e nas plantas

Para análise de danos nos frutos logo em seguida da colheita foram coletadas cinco amostras de 0,5 kg em cada tratamento, selecionados os frutos injuriados e pesados separadamente. Para quantificação foi utilizado a Equação 3.

$$Df = \left(\frac{Fd}{Fd+Fi} \right) * 100 \quad (3)$$

Em que:

Df é o danos nos frutos (%);

Fd é a massa de frutos danificados (g);

Fi é a massa de frutos inteiros (g).

Os danos encontrados nos frutos (Figura 9) no processo de colheita não sendo comprometido quando destinado a indústria para produção de vitamina C.

Figura 9 – Frutos danificados no processo da colheita, Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018



Fonte: elaborado pelo autor.

Para análise de danos nas plantas, logo em seguida da colheita foram contados os números de injúrias que são classificados em três níveis: leve, médio e grave, e calculado conforme a Equação 4.

$$Dp = \left(\frac{n}{N} \right) \quad (4)$$

Em que:

Dp é o danos na planta;

n é o número de injúria;

N é o número de plantas.

Os danos nas plantas foram classificados como leves, médios e graves. Consideraram-se danos leves os ramos quebrados até 20cm de comprimento; danos médios os ramos quebrados de 21 até 50cm de comprimento; e danos graves os ramos quebrados acima de 50cm de comprimento (Figura 10).

Figura 10 – Classificação dos danos nas plantas (A= leve, B= médio e C= grave), Piçarreira, Piauí, Brasil, 2018



Fonte: elaborado pelo autor.

4.7.3 Custos operacionais dos sistemas de colheita (R\$ h⁻¹)

O custo operacional de máquinas agrícolas (CT) é normalmente dividido em custos fixos (CF) e custos variáveis (CV). Os custos fixos incluindo depreciação, juros e as taxas de abrigo e seguros. Os custos variáveis incluem os custos da manutenção, como: consumo de combustível, lubrificante, taxa de manutenção e mão de obra segundo PACHECO (2002). Foram contabilizados individualmente todos os custos envolvidos na colheita dos tratamentos, que são: mão de obra para todos os tratamentos, depreciação dos equipamentos e combustível consumido pelo triciclo.

A depreciação foi calculada pelo método de linha reta, onde o valor de sucata foi

arbitrado em 10% para os equipamentos e triciclo do valor de aquisição (Equação 5).

$$D = \frac{Vi - 0,1Vi}{Vu} \quad (5)$$

Em que:

D é a depreciação (R\$ h⁻¹);

Vi é o preço de aquisição (R\$);

Vu é a vida útil (horas).

Os juros foram calculados sobre o valor de aquisição do bem de capital ao longo de sua vida útil conforme Equação 6.

$$J = \left(\frac{Vi \times 0,1Vi}{2} \right) \times i \quad (6)$$

Em que:

J é o juros (R\$ h⁻¹);

i é a taxa de juros ao ano (%).

O custo com abrigo e seguro (A/S) expresso em R\$ h⁻¹ foi calculado por meio da Equação 7, onde é atribuído valor de 1% sobre o valor de aquisição.

$$AS = 0,03 \times Vi \quad (7)$$

Segundo a ASAE S390.1, o consumo médio de combustível em máquinas agrícolas é estimado em função da sua potência variando de acordo com o tipo de motor e a potência desenvolvida na operação sendo determinado pela Equação 8:

$$C = 0,151 \times Pbt \times \text{preço do combustível} \quad (8)$$

Em que:

C é o consumo de combustível (R\$ h⁻¹);

Pbt é a potência na barra de tração (cv).

A equação descrita acima é usada para o cálculo do consumo de combustível, mais no trabalho foi utilizado o consumo real encontrado no triciclo no período do experimento.

A quantidade de lubrificantes gastos por hora foi obtido conforme Equação 9.

$$L = (4,3 \times 10^{-4}) \times (Pnom \times 0,02169) \times \text{Preço do óleo} \quad (9)$$

Em que:

L é o consumo de lubrificante (R\$ h⁻¹);

Pnom é a potência nominal (cv).

Para o cálculo do custo da manutenção adotou o seguinte critério: Para o triciclo estima-se valor igual a 100% do investimento inicial durante a sua vida útil e para os equipamentos estima-se uma taxa anual de 4 % ao ano, sobre o investimento inicial (Equação

10).

$$M = \left(Vi \times \left(\frac{100}{Vu} \right) \right) \quad (10)$$

Em que:

M é a manutenção (R\$ h⁻¹);

Vi é o valor inicial (R\$);

Vu é a vida útil (anos).

O custo com a mão-de-obra inclui o salário do operador e encargos sociais. Para os encargos sociais adotou-se um valor de 60% do salário do operador, podendo ser obtidos a partir das Equações 11,12 e 13.

$$SM = 2 \times \text{Salário mínimo} \quad (11)$$

$$ES = 60\% \times \text{Salário mensal} \quad (12)$$

$$MO = \frac{SM + ES}{176} \quad (13)$$

Em que:

SM é o salário mensal (R\$);

ES é o encargos sociais;

MO é a mão de obra (R\$ h⁻¹).

As comparações entre os diferentes sistemas de colheita podem ser realizadas pelas Equações 14, 15. De acordo com as condições da cultura da acerola, com objetivo de colher o fruto verde destinado para indústria o produtor determina um tempo de cinco dias para realizar a colheita, trabalhando 7,5 horas por dia, considerando que cada ciclo terá três colheitas, podendo encontrar a capacidade de campo dos sistemas de colheita (Equação 16).

$$CCE = \frac{LE \times VE}{10} \quad (14)$$

Em que:

CCE é a capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹);

LE é a Largura de trabalho efetiva (m);

VE é a Velocidade de deslocamento efetiva (km h⁻¹);

$$COp = \frac{CHc}{CCO} \quad (15)$$

Em que:

COp é o custo operacional (R\$ ha⁻¹);

CH é o custo horário (R\$ h⁻¹);

CCO é a Capacidade de campo operacional (ha h⁻¹);

$$CC = CCO \times Td \times Ir \quad (16)$$

Em que:

CC é a capacidade de campo (ha sc^{-1});

CCO é a capacidade de campo operacional (ha h^{-1});

Td é o tempo que as unidades se dispõem por dia (h);

Ir é o intervalo de tempo necessário para reentrada da colheita (d).

4.8 Análise estatística dos dados

Os dados coletados foram submetidos à estatística descritiva, a normalidade foi avaliada por meio do coeficiente de simetria e curtose, constatados a normalidade os mesmos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F , e as médias, comparadas pelo teste de Student, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados por meio do software Agroestat (BARBOSA; MALDONADO, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Componentes produtivos dos sistemas de colheita

A análise de variância (ANOVA) constatou que os tratamentos para massa de frutos caídos, massa de frutos remanescentes, perdas e eficiência apresentaram p-valor menores que o nível de significância considerado ($\alpha=0,05$), sendo esses tratamentos com valores significativamente diferentes ao nível de 1% de significância, com exceção da massa de frutos colhidos e caídos que não apresentam nenhuma significância (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de variância para massa de frutos colhidos, massa de frutos caídos, massa de frutos remanescentes, perdas e eficiência nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	teste F	p
Massa frutos colhidos (kg)					
Sistemas de colheita	1	32,40	32,40	2,08ns	0,18
Resíduo	8	124,89	15,61		
Total	9	157,89			
Massa frutos caídos (kg)					
Sistemas de colheita	1	0,02	0,02	0,24ns	0,63
Resíduo	8	0,82	0,10		
Total	9	0,84			
Massa frutos remanescentes (kg)					
Sistemas de colheita	1	36,10	36,10	117,21**	<0,0001
Resíduo	8	2,46	0,30		
Total	9	38,56			
Perdas (%)					
Sistemas de colheita	1	255,32	255,32	475,47**	<0,0001
Resíduo	8	4,29	0,53		
Total	9	259,62			
Eficiência da colheita (%)					
Sistemas de colheita	1	255,32	255,32	475,47**	<0,0001
Resíduo	8	4,29	0,53		
Total	9	259,62			

*Significativo a 5% de significância, pelo teste F; ** Significativo a 1% de significância, pelo teste F; ns - Não Significativo a 5% de significância, pelo teste F.

A massa de frutos remanescentes, perdas e eficiência da colheita nos dois sistemas utilizados foram significativamente influenciados pelo sistema de colheita ($p<0,0001$) conforme Tabela 2. Para a massa de frutos colhidos e caídos, os tratamentos não apresentaram efeito significativo.

Tabela 2 - Valores médios da massa de frutos colhidos, massa de frutos caídos, massa de frutos remanescentes, perdas e eficiência nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018

Tratamentos	MFCo (kg)	MFCa (kg)	MFRe (kg)	P (%)	Ec (%)
T1 – Manual	23,22 a	1,60 a	4,46 a	20,43 a	79,56 b
T2 – Semimecanizado	19,62 a	1,50 a	0,66 b	10,32 b	89,67 a
LSD (5%)	5,76	0,46	0,80	1,06	1,06

t de Student, LSD - least significant difference (Diferença mínima significativa).

A produtividade dos tratamentos não foi objeto central do trabalho, apenas expressaram consequências da preparação da área para a execução do experimento, sendo a massa de frutos colhidos e caídos nas áreas operadas pelos sistemas manual e semimecanizado não tiveram diferença estatisticamente significativa (Tabela 2).

Já a massa de frutos remanescentes foi superior na colheita manual contribuindo para que esse tratamento tivesse a maior perda (20,43%) durante a colheita gerando assim, menor eficiência de colheita (79,56%). Isso devido ao fato de que o tamanho da planta dificulta que o colhedor alcance os frutos no centro e no topo da planta. Com os galhos mais rebaixados a planta fica com uma zona de difícil acesso para colheita devido ao fator ergonômico. Nenhum desses fatores são apresentados na colheita semimecanizada, pois o princípio de colheita é a derriça, chacoalhando a planta e mesmo assim não houve perda significativa de frutos caídos comparado ao sistema manual que é colhido quase que fruto a fruto.

A colheita semimecanizada obteve eficiência na derriça de 97% dos frutos acima do encontrado por Duran *et al.* (2015) trabalho realizado com uma colhedora de azeitona (OXBO 6420) adaptada às plantas de aceroleira, com a cultivar BRS 366 (Jaburu) e foram colhidos pela máquina 87,01% dos frutos, 8,74% de frutos deixados na planta e 4,23% derrubados no chão.

5.2 Danos causados nos frutos e nas plantas

Nota-se que os tratamentos para os danos causados nos frutos (verdes) e nas plantas (danos leve, médio e grave) apresentaram p-valor menor que o nível de significância considerado ($\alpha=0,05$), sendo esses tratamentos diferentes significativamente ao nível de 1% de significância, com exceção dos danos nos frutos inteiros que não apresentaram nenhuma significância (Tabela 3).

Tabela 3 – Análise de variância para os danos causados nos frutos e nas plantas, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	teste F	P
Danos nas plantas – Leve					
Sistemas de colheita	1	18,76	18,76	19,20**	0,002
Resíduo	8	7,82	0,97		
Total	9	26,58			
Danos nas plantas – Médio					
Sistemas de colheita	1	10,00	10,00	36,10**	0,0003
Resíduo	8	2,21	0,27		
Total	9	12,21			
Danos nas plantas – Grave					
Sistemas de colheita	1	5,04	5,04	14,00**	0,005
Resíduo	8	2,88	0,36		
Total	9	7,92			
Frutos inteiros					
Sistemas de colheita	1	1744,51	1744,51	2,46 ns	0,155
Resíduo	8	5674,07	709,25		
Total	9	7418,58			
Frutos danificados					
Sistemas de colheita	1	346,92	346,92	27,44**	0,0008
Resíduo	8	101,16	12,64		
Total	9	448,08			

Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - Não Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os danos causados nos frutos e nas plantas nos dois sistemas utilizados foram significativamente influenciados pelo sistema de colheita ($p < 0,0001$), exceto os frutos inteiros que não apresentaram efeito significativo (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores médios para os danos causados nos frutos e nas plantas, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018

Tratamentos	Danos na planta			Danos nos frutos	
	Leve	Médio	Grave	Inteiros	Danificados
T1 – Manual	0,04 b	0,02 b	0,36 b	556,94 a	1,98 b
T2 – Semi-mecanizado	2,78 a	2,02 a	1,78 a	530,53 a	13,76 a
LSD (5%)	1,44	0,76	0,87	38,84	5,18

t de Student, LSD - least significant difference (Diferença mínima significativa).

Os danos causados nos frutos foram influenciados pelo sistema de colheita, onde no sistema semimecanizado os valores foram superiores ao sistema manual, isso ocorreu devido à natureza da derrça, é justificado pelo fato de que na derrça semimecanizada parte dos impactos são voluntários onde o colhedor bate com o derrçador diretamente nos frutos,

enquanto a manual ofereceu menos impactos, pois colheita é realizada quase que fruto a fruto. De forma geral em nenhum método de colheita os danos em frutos verdes superaram 5% da massa.

O mesmo comportamento foi observado com relação aos danos causados nas plantas (Tabela 4), no qual demonstrou que a colheita manual apresentou os menores valores de danos nos três níveis (leve, médio e grave), todavia esse método de colheita não implica impactos diretos nos galhos, apenas alguns quebram quando o colhedor força sua entrada no interior da planta ou quando ele os puxam do topo para alcançar seus frutos. Geralmente esses galhos são maiores e, portanto, seus danos são classificados como graves. O sistema semimecanizado foi responsável pelos maiores danos, em que o principal motivo é que a qualidade de sua derriça depende da habilidade dos colhedores, pois a maioria dos danos nesse sistema foi provocado pelo excesso de força ou batida indevida nos galhos.

Esses impactos podem arrancá-los, quebrando-os na bifurcação, exemplos mais comuns desses danos são encontrados nas áreas colhidas semimecanizadas. Como os colhedores atuam da mesma forma em todos os galhos externos e mediantemente internos era esperado que os danos se assemelhassem nos três níveis. Em média, a colheita semimecanizada apresentou maior número de galhos quebrados que a manual, 6,58 e 0,42 galhos quebrados por planta, respectivamente. Souza *et al.* (2006) encontrou resultado diferente na colheita do café, sendo a colheita manual que apresentou maior número de galhos quebrados 14,5 e 9,2 galhos quebrados por planta, respectivamente.

5.3 Produtividade nos sistemas de colheita

A ANOVA constatou que os tratamentos para os componentes de produção, Produtividade I (kg h^{-1}), Tempo (h ha^{-1}) e Custo ($\text{R\$ kg}^{-1}$) nos dois sistemas de colheita apresentaram p-valor menores que o nível de significância considerado ($\alpha=0,05$), sendo esses tratamentos significativos ao nível de 1% de significância, sendo Produtividade II (kg planta^{-1}) e Produtividade III (kg ha^{-1}) não deferiram estatisticamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Análise de variância para os componentes de produção nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	teste F	p
Produtividade I (kg h ⁻¹)					
Sistemas de colheita	1	25060,03	25060,03	80,88**	<0,0001
Resíduo	8	2478,84	309,85		
Total	9	27538,88			
Tempo (h ha ⁻¹)					
Sistemas de colheita	1	67568,40	67568,40	157,48**	<0,0001
Resíduo	8	3432,50	429,06		
Total	9	71000,90			
Produtividade II (kg planta ⁻¹)					
Sistemas de colheita	1	0,92	0,92	2,06ns	0,18
Resíduo	8	3,58	0,44		
Total	9	4,50			
Produtividade III (kg planta ⁻¹)					
Sistemas de colheita	1	225870,84	225870,84	2,07ns	0,18
Resíduo	8	872591,78	109073,97		
Total	9	1098462,62			
Custo (R\$ kg ⁻¹)					
Sistemas de colheita	1	1,85	1,85	623,36**	<0,0001
Resíduo	8	0,02	0,002		
Total	9	1,88			

*Significativo a 5% de significância, pelo teste F; ** Significativo a 1% de significância, pelo teste F; ns - Não Significativo a 5% de significância, pelo teste F.

De acordo com a Tabela 6 podemos constatar que não houve diferença nos componentes, Produtividade II (kg planta⁻¹) e Produtividade III (kg ha⁻¹). Sendo os demais diferenciando estatisticamente nos dois sistemas de colheita.

Tabela 6 – Valores médios para os componentes de produção nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018

Tratamentos	Produtividade I (kg h ⁻¹)	Tempo (h ha ⁻¹)	Produtividade II (kg planta ⁻¹)	Produtividade III (kg ha ⁻¹)	Custo (R\$ kg ⁻¹)
T1 – Manual	10,74 b	180,30 a	3,88 a	1936,00 a	1,09 a
T2 – Semimecanizado	110,86 a	15,90 b	3,27 a	1635,42 a	0,23 b
LSD (5%)	25,67	30,21	0,97	481,67	0,07

t de Student, LSD - least significant difference (Diferença mínima significativa).

As variáveis: Tempo (h ha⁻¹), Produtividade I (kg h⁻¹) e Custo (R\$ kg⁻¹) tiveram diferenças estatísticas. Isso já era esperado em relação ao tempo gasto por hectare, pois os mecanismos de colheita possuem velocidade muito distinta. A semimecanizada assemelha-se

com a mecanizada quanto ao princípio de colheita (derrixa), embora tenha velocidade bem inferior (média de 0,12 km h⁻¹), haja vista que sua derrixa é realizada fracionada. Já a manual tem princípio nada parecido com a semimecanizada, a colheita é realizada quase que fruto a fruto e sua velocidade média foi de 0,01 km h⁻¹. Diferentemente do sistema de colheita a manual tem o tempo muito influenciado pela quantidade e tamanho do fruto, altura da planta e densidade da copa. Quanto a variável Produtividade II e Produtividade III não é objeto central do trabalho, apenas expressam consequência de uma situação de campo, em que nenhum dos tratamentos exerceu ação direta sobre ela.

A variável tempo (h ha⁻¹) ocorrida na colheita manual foi de 180,3 h ha⁻¹, com o custo de R\$ 1,09 por quilo colhido e na semimecanizada 15,9h/ha, com o custo de R\$ 0,23 por quilo colhido, sendo necessário 4,5 colhedores por hectare, no sistema de colheita manual e 0,4 kit de colheita por hectare no sistema semimecanizado, portanto uma redução de custo de 81% utilizando o sistema de colheita semimecanizada.

Na Produtividade I (kg h⁻¹) onde foram avaliados dois ciclos com três colheitas por ciclos, sendo a média por colheita de 10,74 kg h⁻¹, no sistema manual e no sistema semimecanizado 110,87 kg h⁻¹. Os resultados corroboram com Sperandio *et al.* (2017) que encontrou na colheita de azeitonas (cultura similar à de acerola) valores de colheita manual entre 15 e 25 kg h⁻¹, colheita com derrixador portátil de 35 a 50 kg h⁻¹, demonstrando que o sistema semimecanizado é mais eficiente quando comparado ao sistema manual.

Resultados encontrados por Cunha *et al.* (2016) no processo de colheita promove a redução dos custos, refletindo diretamente a viabilidade técnica e econômica do sistema semimecanizado em comparação ao sistema manual, com redução de custo de 22,65% por medidas colhidas. Obrigatoriamente a variável Produtividade III deve ter valores proporcionais a Produtividade II, pois refere-se apenas a um múltiplo de 500, ou seja, 500 plantas que foi a densidade por hectare. Por fim a variável Custo (R\$ kg⁻¹) diferiu entre tratamentos com valores inversamente relacionados, embora não proporcional devido aos respectivos custos operacionais, conforme Tabela 6.

No Brasil, a cultura da acerola distribui-se nas regiões Nordeste, Norte, Sul e Sudeste (RITZINGER; RITZINGER, 2004), a área colhida é de 5.753 ha, sendo que a quantidade produzida nos pomares brasileiros de 60.966 ton ano⁻¹, equivalente a 3.248 (x1000) unidades com um custo de produção de 91.642 (x1000) R\$ (IBGE, 2017). O Ceará possui uma área colhida de 813 ha, a quantidade produzida é de 7.578 toneladas, equivalente a um número de pés de 430 (x1000) unidades, com um custo de produção de 12.502(x1000) R\$ (IBGE, 2017).

5.4 Custos operacionais

Análise da composição dos custos operacionais nos dois sistemas de colheita como os custos totais (R\$), custo horário (R\$.h⁻¹), capacidade de campo operacional (ha.h⁻¹) e custo operacional (R\$.ha⁻¹) de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 – Custos operacionais nos dois sistemas de colheita, Piracuruca, Piauí, Brasil, 2018

Itens	Triciclo	kit de colheita semimecanizada	Baldes de colheita manual
Custos fixos (CF)			
Valor de aquisição (R\$)	10.000,00	5.000,00	15,00
Valor de sucata (R\$)	1.000,00	500,00	-
Vida útil (ano)	10	5	1
Depreciação (R\$/hora)	0,50	0,50	0,02
Juros (R\$/hora)	0,18	0,09	-
Abrigo (R\$/hora)	0,06	0,03	-
Seguro (R\$/hora)	0,11	0,06	-
Subtotal CF (R\$/hora)	0,85	0,68	0,02
Custos variáveis (CV)			
Combustível (R\$/hora)	7,05	-	-
Lubrificante (R\$/hora)	0,03	-	-
Graxa (R\$/hora)	0,25	-	-
Manutenção (R\$/hora)	0,56	0,56	-
Mão de obra (R\$/hora)	10,78	21,56	10,78
Subtotal CV (R\$/hora)	18,67	22,12	10,78
Total CF + CV (R\$)	19,52	22,80	10,80
Custos horário (R\$ h ⁻¹)			
Sistema de colheita manual			11,78
Sistema de colheita semimecanizada			24,75
Capacidade de campo Operacional (ha h ⁻¹)			
Sistema de colheita manual			0,01
Sistema de colheita semimecanizada			0,06
Custo Operacional (R\$ ha ⁻¹)			
Sistema de colheita manual			2124,59
Sistema de colheita semimecanizada			382,86

Legenda: Custo horário do sistema de colheita manual foi contabilizado pelos custos do triciclo dividido por 20 pessoas, (R\$19,52/20 = 0,98) mais os custos dos baldes e mão de obra de um colhedor. Custo horário do sistema de colheita semimecanizada foi contabilizado pelos custos do triciclo dividido por 10 kits, (R\$19,52/10 = 1,95) mais os custos do kit de colheita e mão de obra de dois colhedores.

O custo hora/máquina do sistema manual foi de R\$ 11,78 h⁻¹, dos quais R\$ 10,78 equivale à hora homem, R\$ 0,02 os custos dos baldes e R\$ 0,98 à hora máquina coletora (triciclo) onde o triciclo ficou movimentando nas ruas coletando as acerolas colhidas pelos colhedores evitando perdas de tempo para transportar os frutos nos baldes até o ponto de

apoio, sendo que a média do triciclo atende 20 colhedores. A capacidade de campo operacional do sistema de colheita manual foi 0,01 ha h⁻¹ e custo operacional de R\$ 2124,59 ha⁻¹ com uma produtividade média de 1936,0 (kg ha⁻¹).

O custo hora/máquina do sistema semimecanizado foi de R\$ 24,75 h⁻¹, dos quais R\$ 22,12 equivale à hora homem, R\$ 0,68 o custo referente ao kit de colheita e R\$ 1,95 à hora máquina coletora (triciclo) onde o triciclo ficou movimentando nas ruas coletando as acerolas colhidas pelos colhedores evitando perdas de tempo de deslocamento até o ponto de apoio, sendo que a média de um triciclo atende 10 kits de colheita. A capacidade de campo operacional do sistema de colheita manual foi 0,06 ha h⁻¹ e custo operacional de R\$ 382,86 ha⁻¹ com uma produtividade média de 1635,42 (kg ha⁻¹).

A capacidade de campo com previsão de reentrada da colheita após 5 dias para o sistema manual foi de 0,2 ha e a semimecanizada 2,2 ha, trabalhando 7,5 horas por dia, sendo na cultura da acerola a necessidade de três colheitas por ciclo quando colhido o fruto verde destinado para indústria. A colheita realizada no sistema manual apresentou um custo mais elevado (R\$ 2124,59 ha⁻¹), quando comparado ao sistema semimecanizado (R\$ 382,86 ha⁻¹). Resultado este, associado a uma grande quantidade de mão de obra que o sistema manual necessita, contribuindo para elevação nos custos.

Como há uma necessidade de pesquisas voltadas para a cultura da acerola com relação ao sistema de colheita, os trabalhos aqui apresentados, demonstram que o sistema semimecanizado é mais eficiente quando comparados ao sistema manual. Isto é possível observar nos trabalhos realizados na colheita do café (SILVA *et al.*, 2016) e na colheita de azeitonas (MANSOUR; ELMESIRY; ABDELHADY, 2018; SOLAZZI *et al.*, 2014; ZIPORI; DAG; TUGENDHAFT, 2014), culturas que apresentam similaridades quanto aos processos de colheita.

O sistema semimecanizado foi o que apresentou menor custo de produção, representando uma redução de 81% em relação ao sistema manual. Sperandio *et al.* (2017) afirma que na colheita de oliveira com derriçadora portátil pode reduzir até 48%, pois a colheita citada pode ser comparada a colheita da acerola devido ao porte e arquitetura da planta e formato dos frutos. Segundo Kashima (1990) e Barbosa *et al.* (2005), o sistema de colheita mecanizada apresenta menor custo operacional e melhor qualidade dos frutos na cultura cafeeira, comparativamente ao sistema de colheita manual. Para a cultura da acerola, não há estudos quanto à colheita semimecanizada, sendo necessários estudos mais abrangentes.

6 CONCLUSÃO

O sistema de colheita semi-mecanizada obteve menor perdas e sendo mais eficiente que o sistema manual para colheita de frutos verdes destinados à indústria de vitamina C.

O sistema de colheita semi-mecanizada apresentou custo operacional de colheita 81% menor que o manual.

A capacidade de campo no processo de colheita com reentrada após cinco dias do sistema semi-mecanizado foi de 2,2 ha, e do sistema manual de 0,2 ha.

Embora diferidos, os danos causados às plantas pela colheita semi-mecanizada não foram relevantes devido a pequena relação entre a biomassa subtraída, a biomassa total e a velocidade de regeneração estrutural da planta.

REFERÊNCIAS

ABENAVOLI, L. M.; PROTO, A. R. Effects of the olives harvesting systems on oil quality. **Agronomy Research**, v. 13, n. 1, p. 7–16, 2015.

ALMEIDA, A. Colheita mecanizada em diferentes tipos de olivais. *In*: 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia. **Optimização para o Desenvolvimento Sustentável**. Maputo, 2017. p.4-8. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/clme/2017/Proceedings/data/papers/6595.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

ALMEIDA, A.; FIGUEREDO, T.; SILVA, A. F. Data used as an indicator of mechanical olive harvest season. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v.7, n.1, p.2-5, 2015.

ALMEIDA, G. F.; AGUIAR, C. M.; SILVA, M.; SANTOS, R. M. Floração e frutificação da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) em uma área no semiárido Brasileiro. **Magistra**, v. 26, n.2, p. 242-248, 2014.

ALVES, P. O.; SOUZA, G. S.; INFANTINI, M. B.; LANI, J. A. Método de determinação da eficiência de colheita de uma máquina automotriz em ensaios com café conilon. *In*: XXI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2017, são José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: INICEP, 2017. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/RE_0518_1485_01.pdf. Acesso em: 15 jul. 2019.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. Disponível em: http://www.editoragazeta.com.br/site/wp/wp-content/uploads/2017/03/PDF-Fruticultura_2017.pdf. Acesso em: 04 ago. 2019.

ARAÚJO, J. B. C.; MATTOS, A. L. A.; VIDAL NETO, F. das C.; PAULA PESSOA, P. F. A. de; PIMENTEL, J. C. M. Produção Orgânica de Acerola: Garantia de Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental para Agricultores Familiares da Serra da Ibiapaba-Ceará. **Revista Brasileira De Agroecologia**, v.4, n.2, p. 127-136, 2009.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE S390.1. Agricultural machinery management data. *In*: ASAE Standards: **Standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1994. p.373-380.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software Agroestat: Sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, Brasil, 2010.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**, Brasília: Embrapa, 2012.

COUTO, F. A. A.; FERREIRA, D. G. S da. **Produção de Acerola**, Viçosa: CPT, 2012.

CUNHA J. P. B.; SILVA F. M.; DIAS R. E. B. A. Eficiência de campo em diferentes operações mecanizadas na cafeicultura. **Coffee Science**, v.11, n.1, p.76-86, 2016.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M.; DIAS, R. E. B.; LISBOA, C.; MACHADO, T. A.

Viabilidade Técnica e econômica de diferentes sistemas de colheita do café. **Coffee Science**, v. 11, n. 3, p. 416-425, 2016.

DINIZ, F.; HAMANN, J. J. **Frutíferas de clima tropical e subtropical**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2015. 115p. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_fruticultura/quinta_etapa/frutiferas_clima_tropical.pdf. Acesso em: 05 ago. 2018.

DURAN, J. A. R.; PONTES, A. T. A. C.; SOARES, F. A. X.; LIMA, F. W. M. Avaliação da eficiência, perdas de frutos e danos nas plantas na colheita mecanizada de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) para produção de vitamina C natural orgânica. **In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2015, Novas tecnologias e inovações na Engenharia Agrícola: SBEA, 2015, v. 1, p. 1-4.**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 306, 2006.

FONSECA, H. D. M. Avaliação quantitativa e qualitativa do café (*Coffea arábica* L.) em função dos diferentes graus de maturação na época da colheita. **In: IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Curitiba, Jun. 2015.** Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/3533>. Acesso em: 30 jul. 2018.

ICUMA, I. M.; OLIVEIRA, M. A. S.; ALVES, R. T. Pragas da aceroleira. **Cinco Continentes**, n.1, v.1, p. 271-278, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diário Oficial da União** Nº 198, CEPRO, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: Acerola**. Censo Agro 2017. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/ipece_conjuntura/IPECE_CONJUNTURA_N1_1_trim2016.pdf. Acesso em: 04 ago. 2018.

INTERNATIONAL BOARD PLANT GENETIC RESOURCES. *Malpighia emarginata* (Acerola). **In: INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES (Rome, Italy). Genetic resources of tropical and subtropical fruits and nuts (excluding musa).** Rome. 1986. p. 52-54.

JIMENEZ-JIMENEZ, F.; BLANCO-ROLDAN, G. L.; CASTILLO-RUIZ, F.J.; ASTRO-GARCIA, S.; SOLA-GUIRADO, R.; GIL-RIBES, J. A. Table Olives Mechanical Harvesting with Trunk Shakers: Orchard Adaption and Machine Improvements. **Chemical Engening Transactions**, v. 44, n.1, p.1-6, 2015.

JUNQUEIRA, N. T. V. Doenças da aceroleira. **In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R.; PAIVA, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. Acerola: tecnologia de produção, pós-colheita, congelamento, exportação, mercados.** Porto Alegre: Cinco Continentes, n.1, v.1, p. 257-270, 2003.

- KASHIMA, T. A colheita mecanizada do café: produtos, desempenho e custos. **In: CICLOS DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA**, Campinas: Fundação Cargill, 1990.
- MANICA, I.; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R.; PAIVA, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Acerola: tecnologia de produção, pós colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 397p.
- MANSOUR, H. A.; ELMESIRY, Th. A.; ABDELHADY, A. A. Cost Analysis of Olive Harvesting By Hand Held Machine. **Word Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development**, v.4, n.2, p.361-363, 2018.
- MARTINEZ-GUANter, J.; GARRIDO-IZARD, M.; AGUERA, J. VALERO, C.; PÉREZ-RUIZ, M. Over-the-row harvester damage evaluation in super-high-density olive orchard by on-board sensing techniques: **Advances in Animal Biosciences: Precision Agriculture**, v.8, n.2, p.487-491, 2017.
- MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um "blend" com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 138-141, 2002.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- PACHECO, E. P. Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas. **Rio Branco: Embrapa, Acre, 2000**.
- PAIVA, J. R. Cultivares e melhoramento genético. *In*: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R.; PAIVA, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Acerola: tecnologia de produção, pós-colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, n.1, v.1, p. 69-88, 2003.
- PESSOA, M. F.; ASSIS, L. F.; VIEIRA, A. S. Planejamento ótimo da água na agricultura irrigada: um estudo de caso em um perímetro paraibano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.7, n.1, p.221-234, 2016.
- PIO, R. **O cultivo da acerola**. Divisão de Biblioteca e Documentação, Piracicaba, 2003.
- PONTES, A. T. A. C.; SOARES, F. A. X.; LIMA, F. W. M.; DINIZ, C. V. Uso do ciclo fenológico da aceroleira para padronização do ponto de colheita mecanizada. **In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola-CONBEA, 2015, São Pedro. Anais do Jubileu de ouro do SBEA, São Paulo. 2015**.
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C.H.S.P. **Acerola: aspectos gerais da cultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. 2p.
- RUFINI, J. C. M. **O cultivo da aceroleira**. Boletim de Extensão Universidade Federal de São Del Rei, Sete Lagoas, 2015. 48p. Disponível em: <http://files.petagronomia.com/2000051035bce75cc8e/Boletim%20volume%201%20%20UFSJ.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2018.
- SANTINATO, F.; RUAS, R. A. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; SANTINATO,

R. Número de operações mecanizadas na colheita do café. **Ciência Rural**, v.45, n.10, p. 37-45, 2015.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, v. 9, n.4, p.38-46, 2014.

SAZAN, M. S.; QUEIROZ, E. P.; FERREIRA-CALIMAN, J.; PARRA-HINOJOSA, A.; SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA.; GAROFAL, C.A. **In: Morgana Silveira Sazan. - 1. ed. - Ribeirão Preto, SP: Holos, 2014. 54 p.**

SILVA, F. C.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; ARAUJO, G.; FERRAZ, S.; SALES, R. S. Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. **Coffee Science**, v.10, n.1, p.56- 64, 2015.

SILVA, F. C.; SILVA, F. M.; SCALCO, M. S.; SALES, R. S. Correlação da força de desprendimento dos frutos em cafeeiros sob diferentes condições nutricionais. **Coffee Science**, v.11, n.2, p.169-179, 2016.

SOLA-GUIRADO, R. R.; BLANCO-ROLDAN, G. L.; CASTRO-GARCIA, S.; CASTILHO-RUIZ, F. J.; GIL-RIBES, J. A. Innovative circular path harvester for mechanical harvesting of irregular and large-canopy olive trees. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**. v.11, n.3, p.86-93, 2018.

SOLAZZI, L.; SCALMANA, R.; ADAMINI, R.; FAGLIA, R.; BORBONI, A. Design of an innovative olive picking machine. **International Agricultural Engineering Journal**, v.16, n.3, p.102-112, 2014.

SOUZA, C. M. A; QUEIROZ, D. M.; RAFULL, L. Z. L. Comparação entre derriça manual e mecânica de frutos de cafeeiro. **Revista Ceres**, v.53, n.30, p.39-43, 2006.

SOUZA, F. de F.; DEON, M. D. I.; CASTRO, J. M. da C. e; LIMA, M. A. C. de; RYBKA, A. C. P.; FREITAS, S. T. de. **Principais variedades de aceroleiras cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. 21p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/982090/1/SDC255.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2018.

SPERANDIO, G.; BIOCCA, M.; FEDRIZZI, M.; TOSCANO, P. Economic and technical features of different levels of mechanization in olive harvesting. **Chemical Engineering Transactions**, v. 58, n.1, p.853-858, 2017.

VILLEGAS, I. C. **La acerola como opción productiva para Costa Rica**. 2007. *In: SAN JOSÉ, C. R.: MAG. 2007. 28p.* Disponível em: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-6774.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2018.

ZIPORI, I.; DAG, A.; TUGENDHAFT, Y. Mechanical Harvesting of Table Olives: Harvest Efficiency and Fruit Quality. **Hortscience**, v. 49, n.1, p.55-58, 2014.