

TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO

AVALIAÇÃO DA COLHEITA E TRANSPORTE DO TOMATE INDUSTRIAL

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M149a Machado, Túlio de Almeida, 1983-
2018 Avaliação da colheita e transporte do tomate industrial /
Túlio de Almeida Machado. – Viçosa, MG, 2018.
xix, 124 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Haroldo Carlos Fernandes.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Máquinas agrícolas. 2. Tomate - Máquinas - Custos.
3. Custo industrial. 4. Tomate - Tecnologia pós-colheita.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

CDD 22. ed. 631.3

TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO

AVALIAÇÃO DA COLHEITA E TRANSPORTE DO TOMATE INDUSTRIAL

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

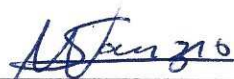
APROVADA: 27 de julho de 2018.



Marcus Vinícius Moraes de Oliveira



Francisco de Assis de Carvalho Pinto



Sânzio Mollica Vidigal



Derly José Henriques da Silva



Haroldo Carlos Fernandes
(Orientador)

“Nem todos aqueles que viajam sem rumo estão perdidos”
J. R. R. Tolkien

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e pela sua imensa sabedoria em me colocar no caminho certo dando oportunidade de alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Vivaldo e Mara; à minha filha Júlia; à minha irmã Marcela e ao meu sobrinho Jair; e aos demais parentes que me incentivaram ao longo de mais essa caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela realização do Programa de Pós-Graduação.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, pela oportunidade do afastamento pleno para poder cursar e concluir o doutorado.

Ao professor orientador Haroldo Carlos Fernandes pela oportunidade, pela orientação, conselhos e, principalmente, por acreditar no meu trabalho desenvolvido longe da instituição, e no meu potencial e responsabilidade para que o presente trabalho fosse realizado.

Aos professores coorientadores Clarice Aparecida Megguer (muito obrigado pelo laboratório, pela coorientação, pela ajuda dos seus orientados e pela amizade dispensada), Fábio Lúcio Santos (muito obrigado por me fazer entender algo de vibrações) e Nerilson Terra Santos (muito obrigado por me fazer entender algo de estatística e pelas contribuições, sugestões e conselhos).

Aos demais professores Amaury, Carlos Machado, Mauri Martins e Jadir pela oportunidade do aprendizado em suas respectivas áreas.

Aos amigos e colegas do laboratório de mecanização. Obrigado a todos pela recepção, convivência e amizade.

À república “Os Largado” (Hugo, Bruno, Luiz e Cristina) por ser a minha família temporária e aguentar vários momentos de ascensão e queda.

Ao Anderson Costa e Rafael Alvarenga (gorduchos) e ao João Barreto pelos momentos de descontração, amizade, companheirismo, cumplicidade e discussões sobre futebol.

A todos os amigos espalhados pelo Brasil e pelo mundo.

BIOGRAFIA

TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO, filho de Vivaldo de Souza Machado e Mara de Almeida Silva Machado, nasceu em Morrinhos, Goiás, em 15 de março de 1983.

De 1998 a 2000, formou-se no ensino médio pelo Colégio Goyaz, em Morrinhos, Goiás.

De 2001 a 2006 graduou-se em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás.

De 2007 a 2008 especializou-se em Máquinas Agrícolas: Projetos, aplicações e regulagens pela Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

Em 2013, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, área de concentração em Mecanização Agrícola, pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Em julho de 2012, tornou-se professor do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, Goiás.

Em julho de 2013, defendeu a sua dissertação, e foi aprovado para se tornar *Magister Scientiae*.

Em agosto de 2013, foi removido para o cargo de professor do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos.

Em 2015, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Doutorado, área de concentração em Mecanização Agrícola, pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Em julho de 2018, submeteu-se aos exames de defesa da Tese, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE QUADROS	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xviii
INTRODUÇÃO GERAL	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	04

ARTIGO I – ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL DE SISTEMAS DE COLHEITA MECANIZADA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Resumo	08
Abstract	08
1. Introdução	09
2. Material e métodos	10
2.1 Caracterização da área experimental	10
2.2 Sistemas de colheita utilizados	10
2.3 Materiais utilizados para a coleta dos tempos	12
2.4 Caracterização dos tempos produtivos e improdutivos.....	13
2.5 Disponibilidade mecânica (D_m)	13
2.6 Eficiência de utilização (E_u).....	14
2.7 Eficiência operacional (E_o).....	14
2.8 Eficiência de campo (e)	14
2.9 Custos operacionais	15
2.9.1 Valores iniciais de aquisição	16
2.9.2 Custos com depreciação	16
2.9.3 Custos com juros sobre capital investido	17
2.9.4 Custos com abrigos, seguros e impostos	17
2.9.5 Custos com combustíveis	18
2.9.6 Custos com lubrificantes	18
2.9.7 Custos com reparos e manutenção	19
2.9.8 Custos com mão de obra.....	19
2.9.9 Determinação do custo de produção	20

2.10 Delineamento estatístico.....	20
2.11 Taxa interna de retorno (TIR)	21
3. Resultados e discussão.....	21
3.1 Disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional	21
3.2 Determinação de tempos produtivos e improdutivos	22
3.3 Determinação dos custos horários de produção.....	23
3.4 Determinação dos custos por hectare	25
3.5 Determinação da taxa interna de retorno (TIR)	25
4. Conclusões.....	27
5. Referências bibliográficas	27

ARTIGO II – PERDAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DOS FRUTOS DE TOMATE DURANTE A COLHEITA MECANIZADA

Resumo.....	32
Abstract.....	32
1. Introdução	33
2. Material e métodos.....	35
2.1 Caracterização da área experimental	35
2.2 Caracterização das colhedoras utilizadas.....	35
2.3 Caracterização dos frutos colhidos de acordo com a portaria nº 085 de 06 de março de 2002 expedida pelo MAPA.....	37
2.4 Amostragem para análises físico-químicas	38
2.5 Metodologia para análises de atributos físico-químicos.....	38
2.6 Delineamento e análise estatística dos atributos físico-químicos	38
2.7 Coleta e análise das perdas quantitativas	39
3. Resultados e discussão.....	40
3.1 Classificação dos frutos colhidos através da portaria nº 085 de 06 de março de 2002 expedida pelo MAPA.....	40
3.2 Influência da colheita mecanizada nos atributos físico-químicos.....	40
3.3 Controle de firmeza nos frutos colhidos mecanicamente.....	42
3.4 Controle de perda de massa nos frutos colhidos mecanicamente.....	43
3.5 Correlação de Pearson entre os atributos físico-químicos.....	45
3.6 Perdas quantitativas nas colhedoras avaliadas	46

4. Conclusões.....	47
5. Referências bibliográficas	48

ARTIGO III – DESENVOLVIMENTO DE UM COLETOR DE FRUTOS EM CARGAS A GRANEL

Resumo.....	53
Abstract.....	53
1. Introdução	54
2. Material e métodos.....	55
2.1 Planejamento do projeto	56
2.2 Projeto informacional	57
2.3 Projeto conceitual	58
2.4 Projeto preliminar.....	58
2.5 Projeto detalhado.....	59
3. Resultados e discussão.....	59
3.1 Planejamento do projeto	59
3.2 Projeto informacional	60
3.3 Projeto conceitual	64
3.4 Projeto preliminar.....	69
3.5 Projeto detalhado.....	71
4. Conclusões.....	77
5. Referências bibliográficas	78

ARTIGO IV – ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM RESPOSTA AOS PROCESSOS DE COLHEITA E TRANSPORTE DE FRUTOS DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Resumo.....	82
Abstract.....	82
1. Introdução	83
2. Material e métodos.....	84
2.1 Caracterização da área experimental	84
2.2 Caracterização dos equipamentos utilizados na colheita	85
2.3 Tratamentos de colheita utilizados.....	85

2.4 Coleta dos sinais de aceleração	85
2.5 Determinação da raiz média quadrática (RMS) de cada eixo	87
2.6 Parâmetros utilizados para retirada das amostras no transporte.....	88
2.7 Atributos físico-químicos analisados	89
3. Resultados e discussão.....	90
3.1 Valores de aceleração média quadrática (RMS) em cada eixo analisado	90
3.2 Análise dos atributos físico-químicos nos tratamentos de colheita e transporte.....	91
3.3 Análise de variância dos atributos físico-químicos no transporte	93
3.4 Firmeza em relação à posição no recipiente de transporte	95
3.5 Firmeza e pH nos diferentes recipientes em relação ao momento de retirada.....	95
3.6 Acidez titulável e °Brix nas diferentes profundidades.....	96
3.7 pH para a posição e perda de massa para o recipiente nas diferentes profundidades	97
3.8 Acidez titulável e da perda de massa para os diferentes momentos de retirada.....	98
4. Conclusões.....	100
5. Referências bibliográficas	100

ARTIGO V – CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS DE TOMATE EM FUNÇÃO DE
PARÂMETROS DE QUALIDADE, DURANTE A COLHEITA MECANIZADA E
TRANSPORTE

Resumo	105
Abstract	105
1. Introdução	106
2. Material e métodos	107
2.1 Caracterização da área experimental	107
2.2 Caracterização dos equipamentos utilizados na colheita	108
2.3 Tratamento de colheita utilizado	108
2.4 Coleta dos sinais de aceleração	108
2.5 Determinação da raiz média quadrática (RMS) de cada eixo.....	110
2.6 Determinação da aceleração média resultante (AMR)	110

2.7 Parâmetros utilizados para a retirada das amostras de transporte.....	111
2.8 Classificação do MAPA de 2002	111
3. Resultados e discussão.....	113
3.1 Valores de aceleração média resultante (AMR).....	113
3.2 Análise dos tratamentos de colheita mecânica e transporte.....	114
3.3 Análise de variância para as amostras do transporte	116
3.4 Quantidade de frutos bons em relação à posição em cada recipiente de transporte	117
3.5 Quantidade de frutos bons, rachados e com danos gerais em relação à profundidade	118
3.6 Quantidade de frutos bons em relação à posição em cada momento de retirada.....	119
3.7 Quantidade de frutos com danos gerais em relação a cada recipiente de transporte	120
3.8 Quantidade de frutos com danos gerais em relação a cada momento de retirada.....	120
4. Conclusões.....	121
5. Referências bibliográficas	122

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I – ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL DE SISTEMAS DE COLHEITA MECANIZADA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Tabela 1. Identificação e combinação dos equipamentos utilizados nos sistemas avaliados.....	11
Tabela 2. Valores iniciais de aquisição e vida útil de máquinas e implementos utilizados na colheita do tomate para processamento industrial.....	16
Tabela 3. Disponibilidade Mecânica, Eficiência de Utilização e Eficiência Operacional dos sistemas de colheita avaliados.....	21
Tabela 4. Tempo produtivo, auxiliar, com manobras e com reparos para os diferentes sistemas avaliados.....	23
Tabela 5. Custos de produção em US\$ h ⁻¹ para os sistemas de colheita avaliados.....	24
Tabela 6. Custos em tempos produtivos, improdutivo e totais por hectare nos sistemas de colheita avaliados.....	25

ARTIGO II – PERDAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DOS FRUTOS DE TOMATE DURANTE A COLHEITA MECANIZADA

Tabela 1. Colhedoras avaliadas e suas respectivas horas de trabalho.....	36
Tabela 2. Classificação do tomate (em %) quanto aos danos caracterizados pela portaria 085 de 6 de março de 2002 do MAPA.....	40
Tabela 3. Médias e os respectivos desvios padrão para: firmeza (N cm ⁻²), acidez titulável (% de ácido cítrico), sólidos solúveis (°Brix), pH e perda de massa (%) para a colheita manual e para a colheita nas máquinas.....	41
Tabela 4. Correlação de Pearson entre os atributos fisiológicos mensurados em frutos colhidos mecanicamente.....	45
Tabela 5. Médias (t ha ⁻¹) e respectivos desvios padrão para as perdas nas ramas, no solo e totais ao realizar a colheita com três máquinas diferentes (M1, M2 e M3).....	46

ARTIGO IV – ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM RESPOSTA AOS PROCESSOS
DE COLHEITA E TRANSPORTE DE FRUTOS DE TOMATE PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Tabela 1. Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade para o RMS ($m s^{-2}$) nos diferentes eixos para cada recipiente de transporte nos diferentes tipos de pavimentação avaliados.....	90
Tabela 2. Análise de variância para comparar os efeitos dos tratamentos (colheita manual, colhedora mecânica e transporte) em termos das médias dos atributos firmeza, acidez, brix, pH e perda de massa.....	91
Tabela 3. Médias e os respectivos erros padrão para os atributos de firmeza ($N cm^{-2}$), acidez titulável (% de ácido cítrico), °Brix, pH e porcentagem de perda de massa para os diferentes tratamentos.....	92
Tabela 4. Análise de variância para avaliar o efeito dos fatores recipiente (A), posição (B), profundidade (C) e momento de retirada (D) e suas respectivas interações em termos das médias dos atributos de firmeza, acidez titulável, °Brix, pH e perda de massa.....	94
Tabela 5. Médias e os respectivos desvios padrão para a firmeza ($N cm^{-2}$) nas diferentes posições durante o transporte	95
Tabela 6. Médias e os respectivos desvios padrão para a firmeza ($N cm^{-2}$) e pH para os diferentes momentos de retirada das amostras em cada recipiente durante o transporte.....	96
Tabela 7. Médias e os respectivos desvios padrão para a acidez titulável (% de ácido cítrico) e °Brix nos diferentes intervalos de profundidades (cm) durante o transporte.....	97
Tabela 8. Médias e os respectivos desvios padrão do pH em cada posição e da porcentagem da perda de massa em função de cada recipiente nas diferentes profundidades (cm) durante o transporte.....	98
Tabela 9. Médias e os respectivos desvios padrão para a acidez titulável (% de ácido cítrico) e porcentagem de perda de massa, nos diferentes momentos de retirada durante o transporte.....	99

ARTIGO V – CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS DE TOMATE EM FUNÇÃO DE
PARÂMETROS DE QUALIDADE, DURANTE A COLHEITA MECANIZADA E
TRANSPORTE

Tabela 1. Aceleração Média Resultante (AMR) ($m s^{-2}$) para cada recipiente de transporte avaliado nos diferentes tipos de pavimento.....	113
Tabela 2. Análise de variância para avaliar o efeito dos tratamentos em termos da média de porcentagem de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais de acordo com a classificação proposta pela portaria do MAPA (2002).....	114
Tabela 3. Médias e os respectivos erros padrão para a porcentagem média de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais de acordo com a classificação proposta pela portaria do MAPA (2002) para os tratamentos: Colhedora (T1) e Transporte (T2).....	115
Tabela 4. Análise de variância para avaliar o efeito dos fatores recipiente (A), posição (B), profundidade (C) e momento de retirada (D) e suas respectivas interações em termos das porcentagens médias dos frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais de acordo com a classificação proposta pela portaria do MAPA (2002).....	116
Tabela 5. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, de acordo com a portaria do MAPA (2002), para as diferentes posições em cada recipiente durante o transporte.....	117
Tabela 6. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais, de acordo com a portaria do MAPA (2002) nas diferentes profundidades (cm) durante o transporte.....	118
Tabela 7. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, de acordo com a portaria do MAPA (2002), para as diferentes retiradas em cada posição durante o transporte.....	119
Tabela 8. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados com danos gerais, de acordo com a portaria do MAPA (2002) nos diferentes recipientes de carga durante o transporte.....	120
Tabela 9. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados com danos gerais, de acordo com a portaria do MAPA (2002), nas diferentes retiradas durante o transporte.....	121

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I – ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL DE SISTEMAS DE COLHEITA MECANIZADA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Figura 1. Sistema 1 composto por colhedora, caminhão, reboque e caçambas.....	11
Figura 2. Sistema 2 composto por colhedora, trator, reboque e caçamba.....	12
Figura 3. Sistema 3 composto por colhedora caminhão e caçamba.....	12
Figura 4. Taxa interna de retorno para os três sistemas de colheita avaliados.....	26

ARTIGO II – PERDAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DOS FRUTOS DE TOMATE DURANTE A COLHEITA MECANIZADA

Figura 1. Conjunto mecanizado utilizado para o trabalho.....	36
Figura 2. Cartas de controle para as máquinas analisadas: (M1) (A), (M2) (B) e (M3) (C), em relação à firmeza ($N\ cm^{-2}$) tendo como média os valores dos frutos colhidos manualmente.....	43
Figura 3. Cartas de controle para as máquinas analisadas: (M1) (A), (M2) (B) e (M3) (C), em relação a porcentagem de perda de massa tendo como média os valores dos frutos colhidos manualmente.....	44

ARTIGO III – DESENVOLVIMENTO DE UM COLETOR DE FRUTOS EM CARGAS A GRANEL

Figura 1. Adaptação do processo geral de solução proposto por Pahl et al. (2005).....	56
Figura 2. Calador de grãos para cargas a granel.....	61
Figura 3. Coletor de frutos a granel proposto por Maion (1990).....	62
Figura 4. Esquema do sistema de análise de transporte de frutos criado por Pérez López (2014).....	63
Figura 5. Elementos estruturais do chassi.....	69
Figura 6. Elementos do recipiente coletor de frutos.....	70
Figura 7. Vista lateral com todos os componentes montados formando o coletor.....	72
Figura 8. Vista superior do coletor de amostras completo.....	74

Figura 9. Suporte para retirada das amostras.....	75
Figura 10. Coletor durante a colheita.....	76
Figura 11. Depósito de pedido de patente resultante do projeto proposto.....	77

ARTIGO IV – ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM RESPOSTA AOS PROCESSOS
DE COLHEITA E TRANSPORTE DE FRUTOS DE TOMATE PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Figura 1. Acelerômetros e sistema de aquisição de dados montados em um recipiente de transporte.....	86
Figura 2. Disposição dos eixos xyz dos acelerômetros em relação ao sentido do caminhão.....	87
Figura 3. Coletor de amostras de cargas a granel instalado na caçamba do caminhão antes da colheita mecanizada.....	88
Figura 4. Esquema experimental da coleta de amostras durante o transporte.....	88

ARTIGO V – CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS DE TOMATE EM FUNÇÃO DE
PARÂMETROS DE QUALIDADE DURANTE A COLHEITA MECANIZADA E
TRANSPORTE

Figura 1. Acelerômetros e sistema de aquisição de dados montados em um recipiente de transporte.....	109
Figura 2. Disposição dos eixos xyz dos acelerômetros em relação ao sentido do caminhão.....	110
Figura 3. Coletor de amostras de cargas a granel instalado na caçamba do caminhão antes da colheita mecanizada.....	111
Figura 4. Esquema experimental da coleta de amostras durante o transporte.....	112

LISTA DE QUADROS

ARTIGO III – DESENVOLVIMENTO DE UM COLETOR DE FRUTOS EM CARGAS A GRANEL

Quadro 1. Plano de trabalho com o período de execução e as atividades pertinentes ao desenvolvimento do coletor de amostras separados por quinzena de cada mês.....	60
Quadro 2. Lista de requisitos para o coletor de amostras.....	65
Quadro 3. Matriz morfológica de subfunções e soluções.....	67
Quadro 4. Seleção de variantes resultantes das combinações da matriz morfológica.....	68
Quadro 5. Variantes com a soma dos valores das notas, após a ponderação pelos critérios de avaliação.....	68
Quadro 6. Lista de peças e respectivos custos aproximados em US\$.....	71

RESUMO

MACHADO, Túlio de Almeida, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Avaliação da colheita e transporte do tomate industrial.** Orientador: Haroldo Carlos Fernandes. Coorientadores: Clarice Aparecida Megguer, Fábio Lúcio Santos e Nerílson Terra Santos.

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de tomate para processamento industrial, na América do Sul lidera a produção, sendo ainda, nessa região, o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. Devido ao crescimento econômico da cultura, o sistema de produção de tomate para processamento industrial vem passando por melhorias, o que tem resultado em otimização dos processos, ganhos de produtividade e redução de custos. Não há trabalhos relevantes em relação aos custos de produção e efeitos do sistema de colheita mecanizada e do transporte de frutos. Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar os seguintes quesitos: uma análise técnica, econômica e operacional de três sistemas de colheita mecanizada de tomate industrial; o efeito do número de horas de colhedoras mecânicas em atributos físico-químicos do tomate industrial; a confecção de um conceito de coletor de frutos em cargas transportadas a granel e os efeitos da colheita mecânica e do transporte nos atributos físico-químicos do tomate industrial. Todos os trabalhos foram executados no município de Morrinhos, Goiás, no período de julho de 2016 a setembro de 2017. Para o estudo das capacidades técnicas, econômicas e operacionais foram utilizados: uma colhedora autopropelida da marca GUARESI, modelo G-89/93 MS 40", com motor FIAT-Iveco 128,7 kW, com plataforma de recolhimento flutuante; um caminhão da marca Volkswagen, modelo 31330, com motor Cummins ISL de 142,7 kW de potência e tração 6x4 com carroceria para transportar caçambas *roll on/off* de aproximadamente 40 m³; um reboque com rodas duplas de 2 eixos com chassi e amortecedor próprio, da marca Imavi; e um trator da marca John Deere, modelo 6130J, de 95,61 kW de potência nominal no motor. Esses equipamentos foram combinados em três sistemas de colheita. Foram coletados os tempos produtivos e improdutivos e, posteriormente, realizada uma análise econômica de cada um, assim como o cálculo da taxa interna de retorno em função da vida útil de cada sistema. Após a coleta e análise dos dados, concluiu-se que os tempos produtivos e improdutivos foram semelhantes para os sistemas avaliados. Apenas o sistema formado pela colhedora, trator, reboque e caçamba se diferenciou dos demais em relação aos valores em US\$ h⁻¹ e

US\$ ha⁻¹. Para o estudo dos efeitos das horas de uso das colhedoras nos atributos físico-químico do tomate industrial foram utilizadas três colhedoras autopropelidas da marca GUARESI, modelo G-89/93 MS 40”, com motor FIAT-Iveco com 128,7 kW com diferentes números de horas de trabalho. Os atributos físico-químicos avaliados foram firmeza, acidez titulável, teor de sólidos solúveis (°Brix), pH, perda de massa e a classificação dos frutos, de acordo com a portaria N° 85 de 6 de março de 2002, do MAPA. Nesse contexto, a colheita mecanizada afetou os atributos físicos dos frutos, tais como a firmeza e a porcentagem de perda de massa. Para a construção do coletor de amostras de frutos em cargas a granel foi desenvolvido um coletor de frutos em qualquer posição xyz da carga e, posteriormente, realizar um depósito de patente para essa inovação. Para o presente estudo, foi aplicada e adaptada uma metodologia de projeto para a execução das etapas denominadas: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar, finalizando com o projeto detalhado. Foi selecionada a variante considerada mais adequada para o projeto preliminar e o projeto detalhado. Os conceitos foram divididos em chassi ou suporte, coletor de amostras e suporte para a retirada das amostras. Foi proposta a retirada de frutos que mantivesse a sua maior interação com o meio externo ao coletor. De posse do projeto detalhado finalizado foi possível realizar o depósito no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), da patente referente ao coletor de amostra de frutos em cargas a granel. Na análise da colheita e transporte nos atributos físico-químicos do tomate industrial foi utilizada uma colhedora autopropelida e um conjunto de caminhão com reboque e comparou-se o efeito da colheita mecânica e do transporte nos frutos. Foram avaliados dois pavimentos para o transporte, onde, com o auxílio dos dados de vibração para controle, houve diferença entre os níveis e em algumas interações dos fatores analisados. Os níveis de vibração no transporte foram diferentes no que diz respeito ao pavimento de terra e de asfalto. O transporte afetou a qualidade dos frutos em relação à colheita mecanizada. A profundidade da carga afetou a qualidade dos frutos bons, rachados e com danos gerais. O momento de retirada afetou a quantidade de frutos com danos gerais. A intervenção mecânica modificou os atributos de firmeza, acidez titulável, pH e porcentagem de perda de massa. A alteração da composição física das amostras alterou alguns atributos químicos durante o transporte.

ABSTRACT

MACHADO, Túlio de Almeida, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Evaluation of harvest and transport of industrial tomato.** Adviser: Haroldo Carlos Fernandes. Co-advisers: Clarice Aparecida Megguer, Fábio Lúcio Santos and Nerilson Terra Santos.

Brazil is the fifth largest producer of tomato for industrial processing, in South America it leads the production, being in this region also the largest consumer market of its industrialized derivatives. Due to the economic growth of the crop, the tomato production system for industrial processing has undergone improvements, which has resulted in process optimization, productivity gains and cost reduction. There are no relevant works in relation to the production costs and effects of the mechanized harvesting system and fruit transport. The objective of this work was to evaluate the following requirements: a technical, economic and operational analysis of three mechanized tomato harvesting systems; the effect of the number of hours of mechanical harvesters on physical-chemical attributes of industrial tomato; the elaboration of a concept of fruit collector in loads transported in bulk and the effects of mechanical harvesting and transportation on the physical-chemical attributes of industrial tomato. All the works were carried out in the municipality of Morrinhos, Goiás, from July 2016 to September 2017. For the study of technical, economic and operational capacities, a self-propelled harvester of the brand GUARESI, model G-89/93 MS 40 ", with engine FIAT-Iveco 128,7 kW, with floating platform of pickup; a Volkswagen model 31330 truck with Cummins ISL 142,7 kW powertrain and 6x4 drive with body to transport roll on / off buckets of approximately 40 m³; a twin-axle 2-axle trailer with its own Imavi brand chassis and damper; and a John Deere tractor model 6130J, 95,6 kW rated power in the engine. These equipment were combined in three harvesting systems. The productive and unproductive times were collected and, subsequently, an economic analysis of each one was carried out, as well as the calculation of the internal rate of return as a function of the useful life of each system. After the data collection and analysis, it was concluded that the productive and unproductive times were similar for the evaluated systems. Only the system formed by the harvester, tractor, trailer and bucket was different from the others in relation to the values in US \$ h⁻¹ and US \$ ha⁻¹. For the study of the effects of the hours of use of harvesters on the physical-chemical attributes of the industrial tomato, three self-propelled harvesters of the brand GUARESI, model G-89/93 MS 40", with FIAT-Iveco

engine with 128,7 kW with different numbers of work hours. The physical-chemical attributes evaluated were firmness, titratable acidity, soluble solids content (°Brix), pH, loss of mass and classification of fruits according to ordinance N^o. 85 of March 6, 2002 of MAPA. In this context, mechanized harvest affected the physical attributes of the fruits, such as firmness and percentage of mass loss. For the construction of the fruit sample collector in bulk loads a fruit collection was developed in any position xyz of the load and later, a patent deposit for this innovation. For the present study, a project methodology was applied and adapted for the execution of the stages called: project planning, informational project, conceptual project, preliminary project, finalizing with the detailed project. The most appropriate variant was chosen for the preliminary design and detailed design. The concepts were divided into chassis or support, collector of samples and support for the withdrawal of samples. It was proposed the removal of fruits that maintain the maximum possible of their interaction with the environment external to the collector. In possession of the completed detailed project, it was possible to deposit the patent with the National Institute of Industrial Property of the patent referring to the sample collector of fruits in bulk cargoes. In the analysis of the harvest and transport in the physical-chemical attributes of the industrial tomato was used a self-propelled harvester and a truck set with trailer and the effect of the mechanical harvest and the transport in the fruits was compared. Two floors were evaluated for transport, where with the aid of vibration data for control. There was a difference between the levels and in some interactions of the factors analyzed. The vibration levels in the transport were different with respect to the pavement of earth and of asphalt. The transport affected the quality of the fruits in relation to the mechanized harvest. The depth of the load affected the quality of the good fruits, cracked and with general damages. The withdrawal moment affected the amount of fruits with general damage. The mechanical intervention modified the attributes of firmness, titratable acidity, pH and percentage of mass loss. Changes in the physical composition of the samples altered some chemical attributes during transport.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, o Brasil é o 5º maior produtor mundial de tomate para processamento industrial. Na América do Sul, lidera a produção, sendo ainda, nessa região, o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. Em 2015, a área transplantada foi de 56,69 mil ha, cuja produção total foi de 3,672 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 64.785 kg ha⁻¹. Dentre os estados brasileiros com maior produção, destaca-se o Estado de Goiás, com uma produção total de 882,8 mil toneladas, totalizando, aproximadamente, 24% da produção nacional (IBGE, 2015).

A mecanização do processo de colheita do tomate industrial vem proporcionando melhores resultados em todo o mundo, através do aumento da capacidade operacional. No Brasil, a colheita mecanizada é um processo que ganhou importância a partir da década de 90 e vem sendo praticada por grandes produtores (CORTEZ et al., 2002).

Arazuri et al. (2010) concluíram que a tendência dos modelos mais novos de colhedoras é a utilização de sistemas rotativos, que, mesmo apresentando baixas rotações na sua operação, apresentam vantagens como o tamanho reduzido, um menor requerimento de energia para separação dos frutos e menor ruído. Por se tratar de um processo ainda novo no Brasil, as perdas estão relacionadas às questões de manejo, principalmente pela utilização de equipamentos nem sempre adaptados para a nossa realidade.

Estudos sobre o monitoramento das perdas, considerando tanto as quantitativas como as qualitativas, durante a colheita mecanizada e o transporte de tomate industrial no Brasil são escassos. Por essa razão, são necessários maiores esforços por parte dos pesquisadores para tentar minimizar a quantidade de perdas e melhorar a qualidade desta operação, principalmente quando se trata da variabilidade destas perdas ao longo da colheita.

Essas perdas podem ocorrer em níveis elevados dependendo das condições da lavoura (maturação e cultivar), colhedora (facas de corte da plataforma da colhedora e velocidade de trabalho da máquina), mão de obra (experiência do operador em conduzir a máquina), do transporte (condições de pavimentação e caçambas adequadas), dentre outros fatores, como teor de água no solo e quantidade de plantas invasoras, sendo estes relacionados ao meio ambiente (ARAZURI et al., 2007).

Mesquita et al. (2001) observaram que as perdas podem ser parcialmente evitadas, tomando-se uma série de cuidados como: monitoramento rigoroso das velocidades de trabalho da colhedora, aferição regular dos mecanismos de trilha, limpeza e separação. As perdas estão relacionadas aos 6 M's (máquina, matéria prima, meio ambiente, método, medição e mão de obra) preconizados pelos programas de qualidade, e que devem ser investigados e eliminados do processo produtivo (PELOIA et al., 2010).

Um dos principais problemas associados à colheita mecânica é o dano mecânico do fruto (HACISEFEROGULLARI et al., 2007; TANIGAKI et al., 2008). As investigações para a redução dos danos mecânicos nas propriedades físicas de frutos de tomate estão sendo realizadas para a adequação de projetos de equipamentos desde o início da década de 90.

Pesquisas anteriores podem ser resumidas em três aspectos: o primeiro é o estudo das propriedades físicas e mecânicas do fruto do tomate (VISWANTHAN et al., 1997; JAHNS et al., 2001; ARORA & KUMAR, 2005; THIAGU et al., 1993; VARSHNEY et al., 2007); outra vertente é o estudo das propriedades físicas e micromecânicas do tomate em diferentes componentes, tais como células individuais, epicarpo e mesocarpo (BLEWETT et al., 2000; ALLENDE et al., 2004; WANG et al., 2004, 2006.; MATAS et al., 2004, 2005; GLORIA et al., 2007; ARAZURI et al., 2007); e finalmente a relação entre propriedades mecânicas e lesões do fruto do tomate (DESMET et al., 2002; DEVAUX et al., 2005; ZEEBROECK et al., 2007; LI et al., 2010).

As propriedades mecânicas obtidas nos frutos incluem principalmente a ruptura e força de penetração, deformação, a firmeza, módulo de elasticidade e de Possion proporcional e os seus componentes de diferentes variedades, em vários estágios de amadurecimento por compressão do fruto como um todo e testes de microcompressão.

As propriedades físicas obtidas incluem principalmente: tamanho, densidade, cor, forma, volume, massa e porosidade de frutos de tomate. Todas as propriedades são necessárias para a concepção de equipamento para colheita, transporte, limpeza, embalagem, armazenagem, processamento, etc. do fruto (KABAS et al., 2006; KILICKAN & GUNER, 2008).

Os parâmetros de impacto que normalmente são utilizados para analisar danos pós-colheita são os de aceleração e força de impacto. Por conseguinte, um modelo FEM (Métodos de Elementos Finitos) elementar de um fruto, com base em

comportamento linear elástico do material, foi desenvolvido com o principal objetivo de avaliar os efeitos do tamanho e das principais propriedades físicas do fruto em aceleração e força de impacto (CERRUTO et al., 2015).

Informações acerca da capacidade operacional no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas auxiliam nas decisões a serem tomadas pela administração, visando a sua eficiência. A habilidade de uma máquina para desempenhar eficientemente sua função, trabalhando em qualquer ambiente, é um critério importante que afeta decisões sobre o seu gerenciamento (TAYLOR et al., 2002).

O estudo de tempos e movimentos (*motion-time study*) é o instrumento básico para se racionalizar qualquer tipo de operação. Assim, este pode ser executado melhor e de forma mais econômica, por meio da divisão e subdivisão de todos os movimentos necessários à execução de cada operação de uma tarefa. A análise de tempos e movimentos permite a decomposição de cada tarefa em uma série ordenada de movimentos simples, sendo eliminados os movimentos inúteis e simplificados os movimentos úteis, possibilitando a determinação do tempo médio para a realização de cada tarefa (CHIAVENATO, 2003).

A determinação do custo de produção agrícola é uma ferramenta de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de informações para subsidiar as tomadas de decisões pelos produtores rurais e, também, a formulação de estratégias pelo setor público. Os custos de produção são divididos em custos variáveis totais e em custos fixos totais, sendo que os custos variáveis referem-se à parcela dos custos totais que dependem da produção e por isso mudam com a variação do volume de produção. Ao contrário dos custos fixos que não dependem da variação do volume de produção (VASCONCELOS & GARCIA, 2004).

O custo de produção agrícola é uma ferramenta de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de informações para subsidiar as tomadas de decisões pelos produtores rurais e, também, de formulação de estratégias pelo setor público (CONAB, 2010).

Neste contexto, foi realizada uma avaliação do processo de colheita mecanizada por meio do estudo de sua viabilidade econômica; capacidade operacional e efeito da vibração nas etapas de colheita e transporte na cultura do tomate para processamento industrial.

Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar um sistema de colheita e transporte de tomate para processamento industrial a partir da determinação de parâmetros operacionais, fisiológicos e de custos.

Referências bibliográficas

- ALLENDE, A.; DESMET, M.; VANSTREELS, E.; VERLINDEN, B. E.; NICOLAI, B. M. Micromechanical and geometrical properties of tomato skin related to differences in puncture injury susceptibility. *Postharvest biology and technology*, v.34, n.2, p.131-141, 2004.
- ARAZURI, S.; JAREN, C.; ARANA, J. I.; PEREZ DE CIRIZA, J. J. Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food Engineering*, v.80, n.1, p.190-198, 2007.
- ARAZURI, S.; ARANA, I.; JAREN, C. Evaluation of mechanical tomato harvesting using wireless sensors. *Sensors*, v.10, n.12, p.11126-11143, 2010.
- ARORA, S.; KUMAR, S. Studies on engineering properties of different varieties of tomatoes. *IE (I) Journal AG*, v.86, n.12, p.58-60, 2005.
- BLEWETT, J.; BURROWS, K.; THOMAS, C. A micromanipulation method to measure the mechanical properties of single tomato suspension cells. *Biotechnology Letters*, v.22, n.23, p.1877-1883, 2000.
- CERRUTO, E.; AGLIECO, C.; GOTTSCHALK, K.; SURDILOVIC, J.; MANETTO, G.; GEYER, M. FEM Analysis of effects of mechanical impact parameters on fruit characteristics. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, v.17, n.3, 2015.
- CHIAVENATO, I. *Introdução à teoria geral da administração*. Elsevier Brasil, 2003. 634 p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab*. Brasília:Conab, 2010. 60 p.
- CORTEZ, L. A. B. et al. Sistemas de colheita para frutas e hortaliças: oportunidades para sistemas semimecanizados. *Revista Frutas & Legumes*, v.12, n.1, p.26-29, 2002.
- DESMET, M.; LAMMERTYN, J.; VERLINDEN, B. E.; NICOLAI, B. M. Mechanical properties of tomatoes as related to puncture injury susceptibility. *Journal of texture studies*, v.33, n.5, p.415-429, 2002.

DEVAUX, M. F.; BARAKAT, A.; ROBERT, P.; BOUCHET, B.; GUILLON, F.; NAYEZ, B.; LAHAYE, M. Mechanical breakdown and cell wall structure of mealy tomato pericarp tissue. *Postharvest Biology and Technology*, v.37, n.3, p.209-221, 2005.

GLORIA, L. C.; MATAS, A. J.; DOMINGUEZ, E.; CUARTERO, J.; HEREDIA, A. Biomechanics of isolated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit cuticles: the role of the cutin matrix and polysaccharides. *Journal of experimental botany*, v.58, n.14, p.3875-3883, 2007.

HACISEFEROUGULLARI, H.; GEZER, I.; OZCAN, M. M., MURATASMA, B. Post-harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. *Journal of Food Engineering*, v.79, n.1, p.364-373, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, v.29, n.11, p.1-85, 2015.

JAHNS, G.; NIELSEN, H. M.; PAUL, W. Measuring image analysis attributes and modelling fuzzy consumer aspects for tomato quality grading. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 31, n.1, p.17-29, 2001.

KABAS, O.; OZEMERZI, A.; AKINCI, I. Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus india* L.) grown wild in Turkey. *Journal of food Engineering*, v.73, n.2, p.198-202, 2006.

KILICKAN, A.; GUNER, M. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (*Olea europaea* L.) under compression loading. *Journal of Food Engineering*, v.87, n.2, p.222-228, 2008.

LI, Z. G.; LIU, J. Z.; LI, P. P. Relationship between mechanical property and damage of tomato during robot harvesting. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v.26, n.5, p.112-116, 2010.

MATAS, A. J.; COBB, E. D.; BARTSCH, J. A., PAOLILLO, D. J.; NIKLAS, K. J. Biomechanics and anatomy of *Lycopersicon esculentum* fruit peels and enzyme-treated samples. *American Journal of Botany*, v.91, n.3, p.352-360, 2004.

MATAS, A. J.; GLORIA, L. C.; CUARTERO, J.; HEREDIA, A. Relative humidity and temperature modify the mechanical properties of isolated tomato fruit cuticles. *American Journal Of Botany*, v.92, n.3, p.462-468, 2005.

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

PELOIA, P. R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugar cane billets. *Scientia Agrícola*, v.67, n.6, p.619-623, 2010.

TANIGAKI, K.; FUJIURA, T., AKASE, A.; IMAGAWA, J. Cherry-harvesting robot. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.63, n.1, p.65-72, 2008.

THIAGU, R.; CHAND, N.; RAMANA, K. V. R. Evolution of mechanical characteristics of tomatoes of two varieties during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.62, n.2, p.175-183, 1993.

TAYLOR, R. K.; SCHROCK, M. D.; STAGGENBORG, S. A. Extracting machinery management information from GPS data. In: 2002 ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2002.

VARSHNEY, A. K.; SANGANI, V. P.; ANTALA, D. K. Effect of storage on physical and mechanical properties of tomato. *Agricultural Engineering Today*. v.31, n.3, p.1–8, 2007.

VASCONCELOS, M. A. S. de; GARCIA, M. E. Fundamentos de economia. São Paulo: Saraiva, 2ª ed., 2004.

VISWANATHAN, R.; PANDIYRAJAN, T.; VARADAJU, N. Physical and mechanical properties of tomato fruits as related to pulping. *Journal of food science and technology*, v.34, n.6, p.537-539, 1997.

WANG, C. X.; WANG, L.; THOMAS, C. R. Modelling the mechanical properties of single suspension-cultured tomato cells. *Annals of Botany*, v.93, n.4, p.443-453, 2004.

ZEEBROECK, M. V.; LINDEN, V. V.; DARIUS, P.; KETELAERE, B. D., Ramon, H.; TIJSKENS, E. The effect of fruit properties on the bruise susceptibility of tomatoes. *Postharvest biology and technology*, v.45, n.2, p.168-175, 2007.

Capítulo I

Análise econômica e operacional de sistemas de colheita mecanizada
de tomate para processamento industrial

ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL DE SISTEMAS DE COLHEITA MECANIZADA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

RESUMO: A determinação do custo de produção agrícola é uma ferramenta de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de informações para subsidiar as tomadas de decisões. Objetivou-se efetuar uma avaliação técnica e econômica de três sistemas de colheita mecanizada de tomate para processamento industrial por meio do estudo de tempos, movimentos e da determinação dos custos operacionais. Foram coletados os tempos produtivos e improdutivos e, posteriormente, realizada uma análise econômica de cada um, assim como o cálculo da taxa interna de retorno em função da vida útil de cada sistema. Após a coleta e análise dos dados, concluiu-se que os tempos produtivos e improdutivos foram semelhantes para os sistemas avaliados. Apenas o sistema formado pela colhedora, trator, reboque e caçamba se diferenciou dos demais em relação aos valores em US\$ h⁻¹ e US\$ ha⁻¹. A partir do quarto ano a Taxa Interna de Retorno foi positiva para todos os sistemas avaliados.

Palavras-chave: custos de produção, tempos e movimentos, *Solanum lycopersicum*.

ECONOMIC AND OPERATIONAL ANALYSIS OF TOMATO MECHANIZED HARVESTING SYSTEMS FOR INDUSTRIAL PROCESSING

ABSTRACT: The determination of the cost of agricultural production is a tool for controlling and managing productive activities and generating information to support decision-making. The objective was to carry out a technical and economical evaluation of three mechanized tomato harvesting systems for industrial processing through the study of times, movements and the determination of operational costs. The productive and unproductive times were collected and, subsequently, an economic analysis of each one was carried out, as well as the calculation of the internal rate of return as a function of the useful life of each system. After the data collection and analysis, it was concluded that the productive and unproductive times were similar for the evaluated systems. Only the system formed by the harvester, tractor, trailer and bucket was different from the others in relation to the values in US

\$ h⁻¹ and US \$ ha⁻¹. From the fourth year the internal rate of return was positive for all systems evaluated.

Keywords: costs of production, times and movements, *Solanum lycopersicum*.

1. Introdução

O Brasil é o 5º maior produtor mundial de tomate para processamento industrial, na América do Sul, liderando a produção, sendo ainda, nessa mesma região, o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. Dentre os estados brasileiros com maior produção, destaca-se o estado de Goiás, com uma área transplanteda de 12.670 ha e uma produtividade média de 75 toneladas ha⁻¹ (CAMARGO, et al., 2016).

Neste contexto, a colheita mecanizada de tomate industrial se ganha importância, pois, quanto menores as perdas decorrentes desta operação, poderá haver incremento na produtividade por área, refletindo, conseqüentemente, na maior produção total do país (CASA & EVANGELISTA, 2009). No Brasil, a colheita mecanizada é um processo que obteve relevância a partir da década de 90 e vem sendo praticada por grandes e médios produtores (CORTEZ et al., 2002).

A análise de tempos e movimentos permite a decomposição de cada tarefa em uma série ordenada de movimentos simples, onde são eliminados os movimentos inúteis e simplificados os movimentos úteis, possibilitando uma determinação do tempo médio para a realização de cada tarefa (CHIAVENATO, 2003).

Molin et al. (2006) complementam que as informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas influenciam no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões. A obtenção de informações sobre o desempenho é normalmente realizada de modo manual, por meio da análise dos tempos e movimentos.

De acordo com Callado & Moraes Filho (2005), a identificação e a ponderação dos principais aspectos relacionados a determinado contexto possuem um papel no processo de tomada de decisão, agindo como referência coletora de dados relevantes sobre custos, despesas, mercado e tecnologias.

Segundo Toledo et al. (2010), o conhecimento dos parâmetros de desempenho é uma ferramenta para a tomada de decisões e permite o melhor gerenciamento das operações mecanizadas. Dessa forma, o desempenho operacional de uma máquina

refere-se a um complexo conjunto de informações que definem seus atributos, quando são executadas operações sob determinadas condições.

O custo de produção agrícola é uma ferramenta de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de informações para subsidiar as tomadas de decisões pelos produtores rurais e, também, de formulação de estratégias pelo setor público (CONAB, 2010).

Os custos de produção são divididos em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos englobam a depreciação, juros sobre o capital investido, além dos custos de seguro e alojamento. Os custos variáveis, que são aqueles dependentes do uso do maquinário, são os que envolvem combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e mão de obra (ROCHA et al., 2009).

Nesse contexto, realizou-se uma avaliação técnica e econômica de três sistemas de colheita mecanizada de tomate para processamento industrial, por meio do estudo de tempos e movimentos e da determinação dos custos operacionais dos processos que o constituem.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido na Fazenda Santa Rosa, localizada no município de Morrinhos, Goiás. A altitude média é de 770 m. A longitude e a latitude são de 17°44'31,7"S e 49°03'12,6"W, respectivamente. A parte experimental restringiu-se a uma área homogênea de 300 ha para cada sistema avaliado. O relevo foi considerado levemente ondulado (10%). No momento da colheita, o solo se encontrava com o teor médio de água de 20%, através da metodologia da Embrapa (EMBRAPA, 2011). O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2013).

2.2 Sistemas de colheita utilizados

O material vegetal utilizado neste trabalho foi o tomate cultivar HEINZ 9553, que foi transplantado na área comercial, utilizando-se o sistema de plantio direto, e o processo de colheita sendo realizado em, aproximadamente, 125 dias após o transplante.

Os equipamentos utilizados na execução deste trabalho foram: uma colhedora autopropelida da marca GUARESI, modelo G-89/93 MS 40", com motor FIAT-Iveco 128,7 kW, com plataforma de recolhimento flutuante; um caminhão da marca Volkswagen, modelo 31330, com motor Cummins ISL de 242,7 kW de potência e tração 6x4, com carroceria para transportar caçambas *roll on/off* de aproximadamente 40 m³; um reboque com rodas duplas de dois eixos, com chassi e amortecedor próprio, da marca Imavi; e um trator da marca John Deere, modelo 6130J, de 95,6 kW de potência nominal no motor.

Foram coletados os tempos produtivos e improdutivos de três sistemas de colheita descritos de acordo com a Tabela 1 (Figuras 1, 2 e 3).

Tabela 1. Identificação e combinação dos equipamentos utilizados nos sistemas avaliados

	Combinação
Sistema 1	1 Colhedora + 1 caminhão + 1 reboque + 2 caçambas
Sistema 2	1 Colhedora + 1 trator + 1 reboque + 1 caçamba
Sistema 3	1 colhedora + 1 caminhão + 1 caçamba



Figura 1. Sistema 1 composto por colhedora, caminhão, reboque e caçambas.



Figura 2. Sistema 2 composto por colhedora, trator, reboque e caçamba.



Figura 3. Sistema 3 composto por colhedora, caminhão e caçamba.

2.3 Materiais utilizados para a coleta dos tempos

Para mensuração dos tempos foram utilizados um cronômetro digital. As medidas coletadas foram aplicadas na escala de segundos, sendo compostas pelo tempo gasto na realização das operações de colheita como um todo.

2.4 Caracterização dos tempos produtivos e improdutivos

Os tempos mensurados foram classificados em produtivos e improdutivos. Os tempos produtivos foram obtidos durante a ação dos conjuntos mecanizados em campo, sendo determinados a partir dos deslocamentos dos conjuntos mecanizados, durante a execução das operações de colheita. Os tempos de deslocamento para os três sistemas de colheita foram mensurados a partir do momento em que os conjuntos estavam em regime estável de trabalho, considerando-se uma distância de 50 m.

Para os tempos improdutivos foram considerados: tempo auxiliar (tempo de limpeza da colhedora e do tempo para engate e desengate do reboque), tempo para manobras (somatório dos tempos de manobra de cada sistema de colheita) e tempo para reparo e manutenção. O tempo para manobras foi composto pela soma dos tempos de manobra de cada sistema de colheita. Tempos com eventuais paradas foram obtidos por meio da soma dos tempos para reparos pontuais de cada sistema.

2.5 Disponibilidade mecânica (D_m)

A disponibilidade mecânica, segundo Simões et al. (2010), foi definida como o percentual do tempo de trabalho, delineado à máquina mecanicamente apta a desenvolver suas operações, desconsiderando o tempo despendido para efetuar reparos ou manutenção (Equação 1).

$$D_m = \left(\frac{T_{pro}}{T_{pro} + T_{rep}} \right) 100 \quad (1)$$

em que,

D_m = Grau de disponibilidade mecânica (%);

T_{pro} = Tempo produtivo (horas); e

T_{rep} = Tempo de interrupção para efetuar reparos ou manutenção (h).

2.6 Eficiência de utilização (E_u)

Segundo Simões et al. (2010), a eficiência de utilização apresenta equivalência com relação às horas utilizadas e às horas totais, por conseguinte, advém do tempo improdutivo da máquina agrícola (Equação 2).

$$E_u = \left(\frac{T_{pro} + T_{aux}}{T_{pro} + T_{imp}} \right) 100 \quad (2)$$

em que,

E_u = Eficiência de utilização (%);

T_{pro} = Tempo produtivo (horas);

T_{aux} = Tempo auxiliar (h); e

T_{imp} = Tempo improdutivo (h).

2.7 Eficiência operacional (E_o)

Para determinar a porcentagem de tempo efetivamente trabalhado, foi determinada a eficiência operacional, de acordo com a metodologia proposta por Oliveira et al. (2009), conforme apresentado na Equação 3.

$$E_o = \left(\frac{T_{pro}}{T_{pro} + T_{imp}} \right) 100 \quad (3)$$

em que,

E_o = Eficiência operacional (%);

T_{pro} = Tempo produtivo (horas); e

T_{imp} = Tempo improdutivo (h).

2.8 Eficiência de campo (e)

A eficiência de campo e a capacidade de campo teórica foi determinada segundo Molin & Milan (2002), de acordo com a Equação 4.

$$C_{ct} = \frac{V L}{10} \quad (4)$$

em que,

C_{ct} = Capacidade de campo teórica ($ha\ h^{-1}$);

V = Velocidade de operação em ($km\ h^{-1}$); e

L = Largura de trabalho da máquina (m).

Para o estudo da eficiência de campo foram considerados os seguintes itens: tempo improdutivo, tempo produtivo, capacidade teórica de trabalho e capacidade efetiva de trabalho. Foi considerado tempo improdutivo aquele gasto em manobras, ajustes, regulagem etc. e, como tempo efetivo de trabalho, aquele realmente gasto na execução da tarefa no campo. Com isso, a eficiência de campo (e) foi definida como a razão entre a capacidade efetiva obtida em função da área feita por cada operação, em razão da capacidade teórica que será em razão da largura do implemento e foi determinada pelas Equações 5 e 6.

$$C_{ce} = \frac{A}{T} \quad (5)$$

em que,

C_{ce} = Capacidade de campo efetiva, ($ha\ h^{-1}$);

A = Área total trabalhada, (ha); e

T = Tempo total gasto para realizar a operação, (h);

$$e = \frac{C_{ce}}{C_{ct}} \quad (6)$$

em que,

e = Eficiência operacional, (decimal);

C_{ce} = Capacidade de campo efetiva, ($ha\ h^{-1}$); e

C_{ct} = Capacidade de campo teórica, ($ha\ h^{-1}$);

2.9 Custos operacionais

Os custos operacionais foram estimados empregando-se a mesma metodologia proposta por Machado et al. (2017).

2.9.1 valores iniciais de aquisição

Os valores iniciais de aquisição das máquinas e implementos foram obtidos por meio de consultas em revendas da região, no ano de 2018 e são apresentados na Tabela 2. Os valores de vida útil foram os mesmos da metodologia proposta pela Conab (2010).

Tabela 2. Valores iniciais de aquisição e vida útil de máquinas e implementos utilizados na colheita do tomate para processamento industrial (2018)

Equipamentos utilizados	Valor inicial (R\$)	Vida útil (anos)
Caminhão	350.000,00	10
Reboque	70.000,00	10
Caçamba	12.000,00	10
Trator de 130 cv	195.000,00	10
Colhedora	1.300.000,00	8

Os resultados encontrados em R\$ ano⁻¹ foram, posteriormente, convertidos em R\$ h⁻¹ em função do número de horas utilizadas em cada ano, para cada máquina e implemento. Após a determinação do custo horário de cada conjunto mecanizado, os custos operacionais foram expressos em dólar comercial americano, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800), a preço de venda, por hora de trabalho (US\$ h⁻¹). Foi considerado como taxa de câmbio, o preço da moeda estrangeira, medido em unidades e frações da moeda nacional, no valor de R\$ 3,73 (20/06/2018).

2.9.2 Custos com depreciação

Para a depreciação dos equipamentos e máquinas foi utilizado o método da soma dos dígitos, que consiste em distribuir proporcionalmente a depreciação de um bem no decorrer de sua vida útil de forma decrescente (Equação 7). Tal método consiste em associar cada período de utilização do bem a uma fração cujo denominador é dado pela soma de todos os seus períodos de uso.

$$D_{sd} = \frac{\left[\frac{nd}{SD} (V_a - V_r) \right]}{H_e} \quad (7)$$

em que,

D_s = depreciação soma dos dígitos (R\$ h⁻¹);

V_a = valor de aquisição da máquina (R\$);

V_r = valor residual (R\$);

n_d = ano decrescente da vida útil (n;...; 4; 3; 2; 1); e

SD = soma dos dígitos dos anos (1+2+3+4+...+n);

H_e = número de horas trabalhadas por ano (h).

2.9.3 Custos com juros sobre capital investido

Para a estimativa dos juros sobre o capital, utilizou-se uma taxa real de juros de 7% a.a. para a colhedora e para o conjunto de transporte, 9,5% a.a, referente ao dia 20/06/2018. No caso do transporte (caminhão, trator, reboque e caçambas) considerou-se o especificado pela Caixa Econômica Federal para o financiamento rural. A Equação 8 refere-se ao cálculo de juros sobre capital médio investido (J).

$$J = \frac{\left(\frac{V_a + 0,1 V_r}{2} \right) i}{H_e} \quad (8)$$

em que,

J = Juros sobre capital médio investido, (R\$ h⁻¹);

V_r = Valor residual (R\$);

i = Taxa de juros (decimal);

H_e = número de horas trabalhadas por ano (h).

2.9.4 Custos com abrigo, seguros e impostos

Para determinar o custo com abrigo, seguros e impostos utilizou-se o valor de 1% (de cada custo), em função do valor de aquisição de cada equipamento (Equação 9).

$$ASI = \frac{3 (0,01 V_a)}{H_e} \quad (9)$$

em que,

ASI = custos com abrigos, seguros e impostos (R\$ h⁻¹);

V_a = valor de aquisição da máquina (R\$); e

H_e = número de horas trabalhadas por ano (h).

2.9.5 Custos com combustíveis

Para o consumo de combustível foi considerado o consumo horário médio. A quantidade consumida se deu através do preenchimento do tanque das máquinas até a sua capacidade máxima e, posteriormente, a visualização das horas de trabalho e do consumo obtido após uma nova operação de abastecimento. O preço local do combustível foi cotado a R\$3,40 por litro, na data de 20/06/2018. O consumo de combustível foi expresso pela Equação 11.

$$V_{comb} = P_u C_{comb} \quad (10)$$

em que,

V_{comb} = Valor do combustível (óleo diesel) (R\$ h⁻¹);

P_u = preço do litro de combustível (R\$ L⁻¹);

C_{comb} = consumo horário de combustível (L h⁻¹).

2.9.6 Custos com lubrificantes

O custo com lubrificantes foi calculado com base no percentual de combustível da máquina. Foi considerado o consumo de combustível da vida útil da máquina e obtido junto ao histórico da máquina durante o ano (20% para a colhedora, caminhão e trator e 2% para o reboque). O custo com lubrificantes foi determinado pela Equação 11.

$$C_{lub} = ILG V_{comb} \quad (11)$$

em que,

C_{lub} = custo de lubrificantes (R\$ h⁻¹);

ILG = índice de custos com lubrificantes; e

V_{comb} = custos com combustíveis (R\$ h⁻¹).

2.9.7 Custos com reparos e manutenção

Correspondem aos custos destinados às manutenções e aos reparos das máquinas durante sua vida útil, como mão de obra e encargos sociais, além de peças de reposição e outros materiais, conforme a metodologia citada por Simões e Fenner (2010), expressos pela Equação 12.

$$C_{rm} = \frac{\left(V_a FR_1 \left(\frac{h + H_e}{1000} \right)^{FR_2} \right) - \left(V_a FR_1 \left(\frac{h}{1000} \right)^{FR_2} \right)}{H_e} \quad (12)$$

em que,

C_{rm} = custos de manutenção e reparos (R\$ h⁻¹);

V_a = valor de aquisição da máquina (R\$);

FR_1 = fator de reparo 1 (0,003);

h = horas de uso acumulada, até o início do ano em análise (h);

FR_2 = fator de reparo 2 (2,0); e

H_e = horas efetivas de uso no ano de análise (h).

2.9.8 Custos com mão de obra

O custo com mão de obra refere-se ao custo total dos operadores e diaristas, como salário mensal (R\$ 954,00 em 20/06/2018), 13º salário, férias, benefícios, encargos sociais, seguros, cuidados médicos e alimentação.

Este custo foi obtido a partir dos dados fornecidos pelo produtor onde se realizou o trabalho, em valores mensais, divididos pela quantidade de horas trabalhadas por mês, demonstrado pela Equação 13.

$$C_{mo} = \left(\frac{S_{op} ES M}{H_e} \right) \quad (13)$$

em que,

C_{mo} = custo de mão de obra (R\$ h⁻¹);

S_{op} = salários mensais dos operadores (R\$);

ES = taxa de encargos sociais (1,74);

M = meses no ano (12); e

H_e = horas efetivas de uso anual da máquina (h).

2.9.9 Determinação do custo de produção

Na determinação do custo de produção, considerou-se apenas a fração do tempo total, durante o qual o sistema de colheita foi programado para executar um trabalho produtivo, ou seja, o tempo gasto efetivamente no trabalho (LOPES et al., 2009).

O custo anual de cada sistema foi calculado a partir da soma dos custos operacionais e do valor de aquisição de cada equipamento. Para os anos posteriores foi considerado apenas o custo operacional, e no último ano da vida útil, foi somado ao custo operacional o valor residual de cada equipamento.

A receita anual de cada sistema foi calculada considerando-se o produto da produção total em cada área, pelo valor da tonelada de tomate colhida (colhedora) ou pelo valor da tonelada de tomate transportada até a indústria (transporte). Os valores foram separados de acordo com cada sistema avaliado. A produtividade média considerada foi de 100 t ha^{-1} , sendo o valor da tonelada colhida de R\$ 23,00 e o valor da tonelada transportada de R\$ 25,00.

2.10 Delineamento estatístico

Empregou-se o delineamento em blocos casualizados, onde foram consideradas dez repetições para a mensuração dos tempos em cada sistema de colheita, sendo a média dos tempos observados utilizada para a determinação dos rendimentos de campo e capacidade operacional de cada sistema de colheita.

Posteriormente, os tempos produtivos e improdutivos e os custos fixos e variáveis de cada sistema foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, assim como os tempos produtivos e tempos improdutivos. As análises estatísticas foram realizadas através do software Minitab 17.0 ® (2014).

2.11 Taxa interna de retorno (TIR)

Para avaliar a atratividade dos sistemas avaliados foi calculada a taxa interna de retorno (TIR), que representa a real rentabilidade do investimento, e por essa razão é considerada a taxa interna do empreendimento. Conforme Silva et al. (2005), ela é obtida com o auxílio da Equação 14, expressa de forma porcentual.

$$\sum_{j=0}^n R_j(1 + TIR)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1 + TIR)^{-j} = 0 \quad (14)$$

em que,

TIR = taxa interna de retorno;

R_j = receitas do período de tempo j considerado;

C_j = custos do período de tempo j considerado; e

n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

Para comparação da TIR, a taxa de atratividade utilizada para o presente estudo foi a taxa Selic, que no dia 20/06/2018 era de 6,50% a.a.

3. Resultados e discussão

3.1 Disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional

Não houve influência dos sistemas de colheita sobre a disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional (Tabela 3).

Tabela 3. Disponibilidade Mecânica, Eficiência de Utilização e Eficiência Operacional dos sistemas de colheita avaliados

	Disponibilidade Mecânica (%)	Eficiência de Utilização (%)	Eficiência Operacional (%)
Sistema 1	90,59 a	89,11 a	87,41 a
Sistema 2	90,76 a	89,67 a	86,90 a
Sistema 3	90,68 a	89,57 a	86,78 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que a disponibilidade mecânica nos diferentes sistemas de colheita foi em torno de 90%, o que pode ser explicado pelo maior tempo despendido para efetuar a manutenção corretiva, prevista nos tempos improdutivo, gerando uma redução da eficiência de utilização, justificada principalmente pela perda ou impedimento de trabalho decorrente do tempo improdutivo.

Tempos gastos com reparo e manutenção foram os mesmos nos três sistemas, pois como há dependência entre a colhedora e o sistema de transporte, quando há a parada de um equipamento, o funcionamento do outro fica comprometido.

Como não há trabalhos semelhantes na colheita do tomate, faz-se necessária a comparação com outras culturas. Nesse contexto, com o objetivo de avaliar técnica e economicamente o desempenho de um *Harvester* na colheita de eucalipto em floresta de primeiro corte, Simões et al. (2010), observando todas as parcelas experimentais, constataram uma disponibilidade mecânica média de 92,04%, que resultou em uma eficiência operacional média de 91,53%. Esses valores apresentam que a eficiência operacional na colheita do eucalipto, na situação descrita pelos autores, é maior do que a encontrada no presente estudo.

Os valores de eficiência operacional estiveram em torno de 86% e devem-se a um menor tempo gasto com tempos improdutivo, caracterizando-se por um maior tempo em operação de colheita.

Avaliando colhedoras autopropelidas na colheita do arroz irrigado, Araldi et al. (2013), concluíram que a eficiência operacional média em diferentes tipos de sistematização do solo foi de 65%, com valores mínimos de 50,8% e máximos de 77,6%, apresentando que os valores encontrados no presente trabalho mostram a alta eficiência durante a colheita nos três sistemas avaliados.

Uma alternativa sugerida por Fontes & Machado (2014) para o aumento da eficiência operacional, seria aumentar a disponibilidade de uma máquina reduzindo o número de falhas ocorridas, aumentando assim a rapidez na correção e melhorando os procedimentos de trabalho e logística, bem como a interdependência destes fatores.

3.2 Determinação de tempos produtivos e improdutivo

O tempo total improdutivo foi composto pela soma dos tempos auxiliares de manobras e de reparo e manutenção nas diferentes operações. Os valores não se diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4).

Tabela 4. Tempo produtivo, auxiliar, com manobras e com reparos para os diferentes sistemas avaliados

	Tempo Produtivo (h)	Tempo auxiliar (h)	Tempo com manobras (h)	Tempo com reparos (h)	Tempo total Improdutivo (h)
Sistema 1	420,37 a	8,18 a	8,72 a	43,64 a	60,54 a
Sistema 2	428,70 a	13,64 a	7,31 a	43,64 a	64,59 a
Sistema 3	424,54 a	13,64 a	7,40 a	43,64 a	64,68 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados apresentam que os tempos produtivos de cada sistema foram maiores do que os tempos improdutivo. Tal comportamento representa que todos os sistemas passaram o maior tempo na operação de colheita em regime de trabalho.

O tempo auxiliar despendido pelos sistemas não influenciou nos valores de tempos auxiliares dos sistemas 2 e 3, caracterizando-se como operações rápidas e que se adequam bem aos sistemas de colheita que a usam as diversas máquinas.

A princípio, os sistemas 2 e 3 apresentam uma maior facilidade em diminuir o raio de giro para manobras em relação ao sistema 1, uma vez que o caminhão possui o reboque acoplado, e com isso há um maior comprimento do equipamento, dificultando as manobras e, conseqüentemente, aumentando o tempo para realizá-las. Entretanto, esta condição não resultou em diferenças significativas em relação sistema de colheita no tocante ao tempo gasto com manobras.

Os sistemas de colheita apresentaram o mesmo comportamento, onde os tempos produtivos foram maiores do que os tempos improdutivo, o que é explicado pelos valores de disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional.

3.3 Determinação dos custos horários de produção

Os custos fixos foram compostos pela depreciação, juros, abrigos e seguros. Já o consumo de combustível e de lubrificantes, mão-de-obra e gastos com reparo e manutenção fizeram parte dos custos variáveis. (Tabela 5).

Tabela 5. Custos de produção em US\$ h⁻¹ para os sistemas de colheita avaliados

	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Depreciação	38,09	37,01	36,10
Juros	8,63	8,28	7,99
ASI	2,99	1,95	2,86
Combustível	18,72	15,68	18,72
Lubrificantes	3,80	3,19	3,74
Reparos e manutenção	9,66	8,76	9,31
Mão de obra	1,91	1,96	1,91
Total	83,80	76,84	80,83

Os custos foram maiores quando foram utilizados equipamentos com maior custo de aquisição, no caso dos Sistemas 1 e 3, onde foram utilizados os caminhões. O custo horário total do sistema 1 foi o de maior valor dentre os analisados, a soma dos custos fixos e variáveis totalizou 83,80 US\$ h⁻¹. O fato pode ser explicado por um maior valor de aquisição (Tabela 2) para o conjunto mecanizado utilizado na execução da operação. O sistema 2 foi o de menor custo horário (76,84 US\$ h⁻¹). Esse valor foi obtido devido a utilização de um trator com um menor valor de aquisição (Tabela 2) e equipamentos de baixo custo, tais como um reboque e uma caçamba.

Os custos fixos obtiveram maiores valores em todos os sistemas avaliados. Isso explica que os valores iniciais dos equipamentos de cada sistema tiveram uma influência maior nos custos.

Nesse mesmo contexto e corroborando com o presente trabalho, Cunha et al. (2015), avaliaram diferentes tipos de colheita de café e concluíram que os fatores de depreciação, combustíveis e reparos e manutenção foram os elementos que tiveram maior participação nos custos operacionais dos sistemas mecanizados estudados.

Esse comportamento é o mesmo explicado por Oliveira et al. (2009) que analisaram um “Forwarder” na extração de toras de pinus e concluíram que os custos fixos corresponderam juntos a 42,8% dos custos operacionais totais, sendo que a depreciação obteve 34,1% e foi o fator que mais influenciou no resultado final.

Com relação aos fatores reparos, manutenção e combustíveis os mesmos também apresentaram grande participação na composição, corroborando com os resultados encontrados por Jasper & Silva (2013). Simões et al. (2011), analisaram que o item combustível é o principal componente dentre os demais que compõem o

custo operacional da maquinaria agrícola, impactando diretamente os custos finais de produção.

3.4 Determinação dos custos por hectare

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de custos para a realização dos diferentes sistemas de colheita por hectare, considerando os custos associados aos tempos produtivos e aos tempos improdutivo.

Tabela 6. Custos em tempos produtivos, improdutivo e totais por hectare nos sistemas de colheita avaliados

	Custo Produtivo (US\$ ha ⁻¹)	Custo Improdutivo (US\$ ha ⁻¹)	Total (US\$ ha ⁻¹)
Sistema 1	\$117,42 a	\$16,91 a	\$134,33 a
Sistema 2	\$109,80 b	\$16,55 a	\$126,35 b
Sistema 3	\$114,10 a	\$17,39 a	\$131,49 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os custos produtivos nos sistemas de colheita 1, 2 e 3 por hectare apresentaram um custo de 134,33; 126,35 e 131,49 US\$ ha⁻¹, respectivamente. O sistema 2 se diferenciou estatisticamente dos demais. Esse comportamento dos resultados econômicos deve-se ao menor valor de aquisição do trator (Tabela 2) para a realização da colheita nesse sistema.

Os custos improdutivo não inviabilizaram a colheita nos diferentes sistemas, pois obtiveram menores valores em relação aos tempos produtivos, mantendo seus custos de maneira semelhante. O custo total da operação no sistema 2 foi menor do que os sistemas 1 e 3, enquanto que esses dois sistemas não diferiram em termos dos custos totais.

3.5 Determinação da taxa interna de retorno (TIR)

A TIR foi calculada para a os diferentes sistemas de colheita, conforme apresentado na Figura 4. No sistema 2, a TIR foi de -43,07% no segundo ano. No terceiro ano, o valor passou a ser positivo (6,59%), e, a partir deste momento obteve valores crescentes até o final da vida útil (50,98%). Esse sistema foi o que obteve

um maior valor inicial de TIR devido ao valor de aquisição do trator ser menor do que o do caminhão, influenciando diretamente no resultado ao final da vida útil.

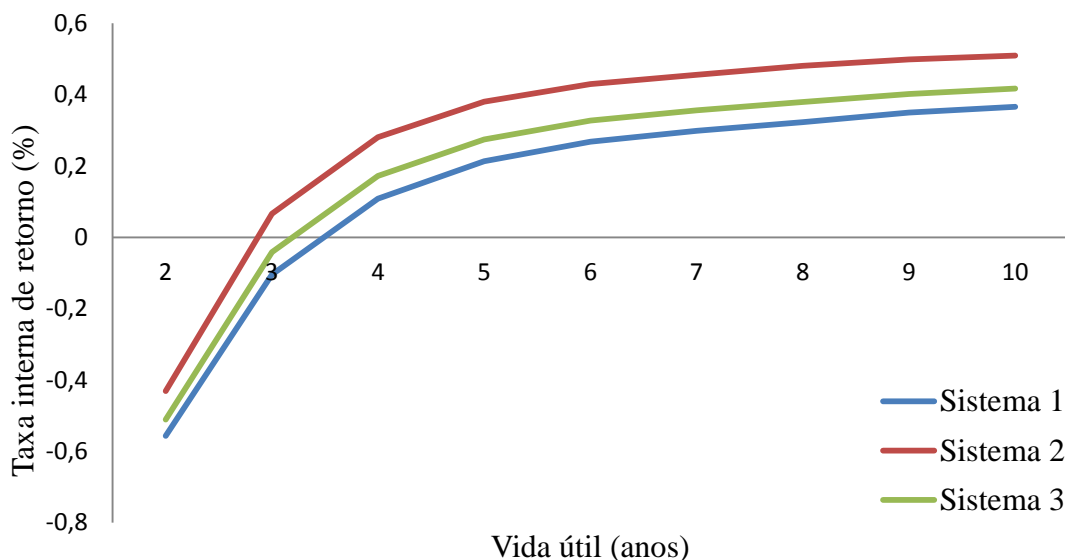


Figura 4. Taxa interna de retorno para os três sistemas de colheita avaliados.

O sistema 1 foi o que obteve uma menor TIR no final da vida útil dos seus equipamentos e também o que mais demorou a obter valores positivos com o passar dos anos. No segundo ano de uso, houve uma TIR com um valor de -55,71%, caracterizando que o valor de aquisição do equipamento influenciou diretamente na TIR no primeiro ano, em que o valor negativo foi devido à inserção do valor de aquisição dos equipamentos no custo. Porém, no quarto ano de uso já há valor positivo de 10,86%, apresentando que o sistema se paga somente a partir deste ano. Nos outros anos, até o final da vida útil, é crescente o valor da TIR. No final da vida útil, o sistema 1 foi pago e gerou um ganho de 36,64% sobre os serviços prestados.

Nesse contexto, a partir do detalhamento dos custos de produção, Santos (2014), avaliou que o valor máximo da TIR do investimento de um *Harvester* e um *Forwarder* foi obtido no quinto ano de vida útil para duas avaliações, com depreciação até o sexto ano de vida útil e com depreciação até o quarto ano de vida útil sendo este percentual da ordem de 34% e 21%, respectivamente.

Todos os sistemas apresentaram resultados superiores ao da taxa de atratividade, considerada a taxa Selic de 6,50% a.a., demonstrando que a atividade é rentável até o final da vida útil dos equipamentos estudados.

A estimativa de rentabilidade para os sistemas de colheita do tomate para processamento industrial evidencia que, apesar dos altos valores de aquisição dos

equipamentos, ao final do quarto ano de vida útil, todos os equipamentos já apresentam um valor de TIR positivo, e, ao final da vida útil com valores acima da taxa de rentabilidade, mostrando que a operação é economicamente viável.

4. Conclusões

Não houve diferença entre os fatores de disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional entre os sistemas de colheita avaliados.

Para todos os sistemas de colheita, os custos fixos foram maiores que os custos variáveis, tanto para valores em US\$ h⁻¹, quanto para valores em US\$ ha⁻¹.

Apenas o sistema formado pela colhedora, trator, reboque e caçamba obteve menor custo do que os demais em relação aos valores em US\$ h⁻¹ e US\$ ha⁻¹.

O sistema 2 obteve um valor positivo da Taxa Interna de Retorno após o 3^o ano de colheita, enquanto os sistemas 1 e 3 tiveram um valor positivo após o quarto ano de vida útil dos equipamentos.

5. Referências bibliográficas

ARALDI, P. F.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; RIBAS, R. L.; SANTOS, P. M. Eficiência operacional na colheita mecanizada em lavouras de arroz irrigado. *Ciência Rural*, v.43, n.3, p.445-451, 2013.

CALLADO, A. A. C.; MORAES FILHO, R. A. de. Gestão empresarial no agronegócio. In: CALLADO, Antônio André Cunha (Org.). *Agronegócio*. São Paulo: Atlas, 2005. p. 1-10.

CAMARGO, M. S.; BRITO JÚNIOR, J. S.; MOLENA, L. A. Alta nos custos limita rentabilidade em 2016. *Anuário Hortifruti Brasil*, v.163, n.1, p.14-17, 2016.

CASA, J.; EVANGELISTA, R. M. Influência das épocas de colheita na qualidade de tomate cultivado em sistemas alternativos. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, v.30, n.1, 2009.

CHIAVENATO, I. *Introdução à Teoria Geral da Administração*. 7^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab. Brasília: Conab, 2010, 60 p.

CORTEZ, L. A. B.; BRAUNBECK, O. A.; CASTRO, L. R. DE; ABRAÃO, R. F.; CARDOSO, J. L. Sistemas de colheita para frutas e hortaliças: oportunidades para sistemas semimecanizados. *Frutas & Legumes*, v.12, n.1, p.26-29, 2002.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M.; ANDRADE, F.; MACHADO, T. A.; BATISTA, F. A. Análise técnica e econômica de diferentes sistemas de transplante de café (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, v.10, n.3, p.289-297, 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Ciência do Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa, 2011, 230 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Brasília, DF, Embrapa, 2013, 353 p.

FONTES, J. M.; MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. In: MACHADO, C. C. Colheita florestal. 3.ed. Viçosa: UFV, 2014. p.265-298.

JASPER, S. P.; SILVA, R. A. P. Estudo comparativo do custo operacional horário da mecanização agrícola utilizando duas metodologias para o estado de São Paulo. *Nucleus*, v.10, n.2, p.119-126, 2013.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; SILVEIRA, J. C. M.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de um “Skidder” operando em diferentes produtividades e distâncias de extração. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, n.6, p.1621-1626, 2009.

MACHADO, T. A.; SANTOS, F. L.; FERNANDES, H. C.; VALENTE, D. S. M.; CUNHA, J. P. B. Technical and economic analysis of an industrial tomato transplanting system. *Espacios*, v.38, n.13, p.07-16, 2017.

MINITAB Release 17.0. Sistema de Ajuda do Software. BCIS Lab St. Cloud State University: Minitab Inc., 2014.

MOLIN, J. P.; MILAN, M. trator e implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J. L. M. STAPE, J. L. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, cap. 13, p.409-436, 2002.

MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N. & GIMENEZ, L. M.; Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. Engenharia Agrícola, v.26, n.3, p.759-767. 2006.

OLIVEIRA, D.; LOPES, E. S.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. Scientia Forestalis, v.37, n.84, p.525-533, 2009.

ROCHA, E. B. D.; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E. D. S.; GUIMARÃES, P. P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. Cerne, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.

SANTOS, L. N. Avaliação econômica da colheita florestal mecanizada com Harvester e Forwarder. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. Economia florestal. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 178 p.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. Scientia Forestalis, v.38, n.85, p.107-114, 2010.

SIMÕES, D.; IAMONTI, I. C.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com Feller-Buncher em diferentes condições operacionais. Ciência Florestal, v.20, n.4, p.649-656, 2010.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R.; FENNER, P. T. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. Bioscience Journal, v. 27, n.5, p.692-700, 2011.

TOLEDO, A. D.; FURLANI, C. E.; SILVA, R. P. D.; LOPES, A.; DABDOUB, M. J. Comportamento espacial da demanda energética em semeadura de amendoim em latossolo sob preparo convencional. Engenharia Agrícola, v.12, n.30, p.459-467, 2010.

Capítulo II

Perdas quantitativas e qualitativas dos frutos de tomate durante a colheita mecanizada

PERDAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DOS FRUTOS DE TOMATE DURANTE A COLHEITA MECANIZADA

RESUMO: O uso da mecanização na colheita do tomate industrial proporciona maior rendimento e rapidez desta etapa. Entretanto, a intervenção mecânica nesse processo pode alterar a fisiologia dos frutos colhidos. Portanto, objetivou-se com o trabalho mensurar em colhedoras, com diferentes horas de uso, as perdas quantitativas de frutos de tomate e verificar o comportamento físico-químico dos frutos colhidos. Para a avaliação foram utilizadas três colhedoras autopropelidas da mesma marca e modelo, com diferentes números de horas de trabalho. Primeiramente foram colhidos os frutos manualmente, quando só foram considerados os sem danos, posteriormente, realizou-se a colheita mecanizada. Foram avaliados firmeza, acidez titulável, teor de sólidos solúveis (°Brix), pH, perda de massa e a classificação do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento de 2002. As perdas quantitativas foram divididas entre: perdas nas ramas, perdas no solo e perdas totais. Foi constatado que o número de horas trabalhadas pela colhedora não influenciou nas perdas quantitativas. A quantidade de danos gerais ocorrida em uma determinada quantidade de frutos é maior quando a colhedora possui um maior número de horas trabalhadas. A colheita mecanizada afetou os atributos físicos dos frutos, tais como a firmeza e a porcentagem de perda de massa.

Palavras-chave: injúria mecânica, pós-colheita, *Solanum lycopersicum* L.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE LOSS OF TOMATO FRUIT DURING THE MECHANIZED HARVEST

ABSTRACT: The use of mechanization in the harvesting of industrial tomatoes provides greater yield and speed of this stage. However, the mechanical intervention in this process may alter the physiology of harvested fruits. Therefore, the objective of this work was to measure the quantitative losses of tomato fruits and to verify the physical-chemical behavior of fruits in harvesters with different hours of use. For the evaluation, three self-propelled harvesters of the same make and model with different numbers of working hours were used. First, the fruits were harvested manually, which were only considered without damage, and then the mechanized harvest. The firmness, titratable acidity, soluble solids content (°Brix), pH, mass loss and the

classification of the Ministry of Livestock and Food Supply of 2002 were evaluated. The quantitative losses were divided among: losses in the branches, losses in the soil and total losses. It was found that the number of hours worked by the harvester did not affect the quantitative losses. The amount of general damage generated in a certain amount of fruit is greater when the harvester has a greater number of hours worked. Mechanical harvesting affected the physical attributes of the fruits, such as firmness and percentage of mass loss.

Keywords: mechanical damage, postharvest, *Solanum lycopersicum* L

1. Introdução

Atualmente, o Brasil é o 5º maior produtor mundial de tomate para processamento industrial. Na América do Sul, lidera a produção, sendo ainda, nessa região, o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. Dentre os Estados brasileiros com maior produção na variedade para processamento industrial, destaca-se o estado de Goiás, com uma área transplantada de 12.670 ha e uma produtividade média de 75 toneladas ha⁻¹ (CAMARGO et al., 2016).

No Brasil, a colheita mecanizada é um processo recente que ganhou importância a partir da década de 90 e vem sendo praticada por grandes produtores (CORTEZ et al., 2002). Arazuri et al. (2010) concluíram que a tendência dos modelos do sistema de trilha das colhedoras e a utilização de sistemas rotativos, que mesmo com baixas rotações na sua operação, apresentam vantagens como: tamanho reduzido, menor requerimento de energia para separação dos frutos e menor ruído.

Estudos sobre o monitoramento das perdas de tomate, considerando tanto as quantitativas como as qualitativas durante a colheita mecanizada são escassos. Por essa razão, é necessário o desenvolvimento de pesquisas para tentar minimizar a quantidade de perdas e melhorar a qualidade desta operação.

As perdas podem ocorrer em níveis elevados dependendo das condições da lavoura (maturação e cultivar), colhedora (facas de corte da plataforma da colhedora e velocidade de trabalho da máquina), mão de obra (experiência do operador em conduzir a máquina), transporte (condições de pavimentação e caçambas adequadas), dentre outros fatores, como teor de água no solo e quantidade de plantas invasoras, sendo estes relacionados ao meio ambiente (ARAZURI et al., 2007).

Segundo Ferreira et al. (2006), sempre foi difícil o processo de mensurar as perdas na colheita mecanizada e, no caso da cultura do tomate, há mais uma preocupação, por se tratar de um produto bastante sensível e que envolve alto custo horário com máquinas e mão de obra. De acordo com Pelóia et al. (2010), os fatores de variação das perdas estão relacionados aos 6 M's (máquina, matéria prima, meio ambiente, método, medição e mão de obra) preconizados pelos programas de qualidade, e que devem ser investigados e eliminados do processo produtivo.

Tatlidil et al. (2005), ao avaliarem as perdas ocasionadas no período de colheita mecanizada de tomate, observaram valores de perdas totais de 5,1 a 9,8%. Os mesmos autores citaram a necessidade de um controle bem feito de todos os atributos de produção, por parte dos produtores, onde a regulação adequada das colhedoras e o transporte eficiente do produto, quando bem monitorados e controlados, podem minimizar as perdas.

Um dos principais problemas associados com colheita mecanizada é o dano mecânico no fruto (HACISEFEROGULLARI et al., 2007; TANIGAKI et al., 2008). As investigações para a redução dos danos mecânicos, com consequente resposta sobre as propriedades físicas de frutos de tomate estão sendo realizadas para a adequação de projetos de equipamentos desde o início da década de 90. As mudanças que ocorrem na composição do tomate durante a maturação têm sido estudadas por meio de algumas características de qualidade, tais como: tamanho do fruto, acidez, sólidos solúveis, teor de açúcares, textura, dentre outros (FERREIRA et al., 2010).

Bargel & Neinhuis (2005) avaliando cultivares de tomate de mesa, constataram que, alterações morfológicas, especialmente da cutícula, estão relacionadas à maturação dos frutos, pois ocorre intensa cutinização das paredes das células epidérmicas na maturidade.

O valor nutricional do alimento pode ser reduzido durante as diversas etapas a que são submetidos desde a colheita até à ingestão. Diante disso, é de suma importância prever as perdas fisiológicas e estabelecer medidas preventivas e critérios que possam ser adotados para minimizar prejuízos em sua composição (DELLA LÚCIA et al., 2008).

Nachtigal & Migliorini (2011) concluíram que a qualidade dos frutos, para os fins a que se destinam, depende além de suas características físicas, das químicas, tecnológicas e sensoriais, que são próprias de cada cultivar. As características físicas dos frutos referem-se às dimensões, massa, volume, densidade, forma, cor

da pele e da polpa. As características químicas são relacionadas à acidez, ao teor de sólidos solúveis (°Brix), ao teor e tipo de pigmentos, dentre outras. As características tecnológicas consistem em aspectos relacionados à facilitação da colheita (resistência mecânica às injúrias e ao impacto), do transporte a granel (resistência mecânica à compressão) e do processamento; enquanto, as análises sensoriais remetem à aparência, ao odor, à textura e ao sabor.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho mensurar em colhedoras, com diferentes horas de trabalho, as perdas quantitativas de frutos de tomate e verificar o comportamento fisiológico dos frutos colhidos, a partir de análises de firmeza, acidez titulável, sólidos e solúveis, pH e porcentagem de perda de massa dos frutos para essas mesmas máquinas.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Rosa, localizada no município de Morrinhos, Goiás. A altitude média da propriedade de 770 m, sendo sua longitude e latitude de 17° 44' 31,7" S e 49° 03' 12,6" W, respectivamente. A área experimental restringiu-se a uma área de 58 há, sob um pivô central. O relevo é considerado levemente ondulado (10%) onde anteriormente estava instalada a cultura de milho doce. Utilizando a metodologia da Embrapa (2011) verificou-se que no momento da colheita, o solo se encontrava com o teor médio de água de 20%. O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2013).

Por se tratar de uma área comercial, a cultura foi conduzida de acordo com as recomendações da empresa contratante. Desde a análise de solo, passando pela recomendação de fertilizantes necessários para o desenvolvimento da cultura e tratos culturais, foram padronizados para a obtenção de uma boa produtividade média (100 t ha⁻¹)

2.2 Caracterização das colhedoras utilizadas

Utilizou-se a cultivar híbrido de tomate HEINZ 9553, que foi transplantada e conduzida em sistema de plantio direto. A colheita foi realizada aos 125 dias após o transplante e, para as avaliações das perdas e danos físico-químicos nos frutos, as

amostragens foram obtidas em três colhedoras autopropelidas com diferentes horas de trabalho (Tabela 1), fabricadas pela GUARESI, modelo G-89/93 MS 40”, com motor FIAT-Iveco 128,7 kW, com plataforma de recolhimento flutuante e dotada de selecionador eletrônico de frutos verdes e torrões. A Figura 1 ilustra a composição do conjunto mecanizado empregado neste trabalho.

Tabela 1. Colhedoras avaliadas e suas respectivas horas de trabalho

Colhedora	Horas de trabalho
(M1)	8762
(M2)	5787
(M3)	5222



Figura 1. Conjunto mecanizado utilizado para o trabalho.

A manutenção de todas as máquinas avaliadas foi realizada antes do início da colheita da safra. Durante o período da colheita, as colhedoras trabalharam de maneira regular nas áreas colhidas até a coleta dos dados. A área colhida foi semelhante em termos de inclinação, umidade e textura do solo para todas as máquinas.

As colhedoras trabalharam com a mesma configuração na plataforma de corte e recolhimento e no sistema de trilha. No cilindro de trilha, adotou-se a configuração

sugerida pelo fabricante (presente no manual de operação da máquina), a qual consistiu de uma rotação de 12 rpm e a vibração de 2,5 Hz. Durante os ensaios com as colhedoras, empregou-se a rotação do motor de 1.900 rpm e velocidade média operacional de $1,14 \text{ m s}^{-1}$. A rotação e vibração do cilindro de trilha, bem como a velocidade operacional, foram aferidas durante a execução dos ensaios.

O sensor de separação de torrões e frutos verdes se encontrava desligado no momento da operação, pois a maioria dos frutos se encontrava no estágio de maturação desejado pela indústria. Portanto, a seleção de frutos e impurezas foi realizada apenas pelos trabalhadores que se encontravam na esteira de cada colhedora.

2.3 Caracterização dos frutos colhidos de acordo com a portaria nº 085 de 06 de março de 2002 expedida pelo MAPA

Durante a colheita mecanizada, os frutos foram recolhidos na saída do braço de descarga. Para a análise dos valores de cada classificação da portaria foram coletadas sete caixas para cada colhedora. Essas caixas continham amostras compostas por frutos que saíram do braço de descarga da colhedora em direção ao caminhão.

Os frutos foram classificados em: bons, rachados, brocados, verdes e com danos gerais. Foram considerados frutos bons os sadios, com coloração avermelhada, uniforme, sem pedúnculo, fisiologicamente desenvolvido, com diâmetro horizontal maior que 15 (quinze) milímetros, limpo, com textura de polpa firme e avermelhada, livre de danos mecânicos, fisiológicos, pragas e doenças.

Frutos rachados se apresentam com uma fenda profunda (lóculo visível), não cicatrizada, expondo os tecidos internos e ocasionando perda de líquido. Brocados possuem a presença de larvas ou seus efeitos (furos). Os verdes não atingiram seu completo desenvolvimento fisiológico, apresentando mais de 50% de sua superfície verde. Danos gerais são defeitos que comprometem a apresentação e a qualidade do tomate.

Após a classificação dos frutos e o peso de cada quantidade de frutos classificados foi transformado em porcentagem em relação ao peso total contido em cada caixa.

Seguiu-se o esquema de delineamento em blocos casualizados, com sete repetições para cada colhedora avaliada. Os valores médios de cada classificação

foram submetidos a uma análise de variância e aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4 Amostragem para análises físico-químicas

Para a avaliação físico-química, foram colhidos de maneira aleatória dez repetições, com dez frutos de maneira manual dentro da área experimental antes da passagem da colhedora mecânica. Todos esses frutos estavam em ponto de colheita, com coloração visual uniforme e vermelha. Os frutos contidos nessas amostras foram considerados sem danos e empregados como tratamento por não sofrerem intervenções mecânicas das colhedoras.

Para a análise após a colheita mecanizada, dez repetições das amostras dos frutos foram recolhidas na saída do braço de descarga, sendo ensacados, identificados e levados para as análises físico-químicas em laboratório. As mesmas análises dos atributos físico-químicos foram realizadas para os frutos colhidos manualmente e mecanicamente. Os atributos avaliados foram firmeza, acidez titulável, sólidos e solúveis (°Brix), pH e a perda de massa.

2.5. Metodologias para as análises dos atributos físico-químicos

A firmeza foi determinada pelo método do aplanador (CALBO & NERY, 1995), onde foram analisados cinco frutos por cada repetição de cada colhedora. A acidez titulável foi determinada pela metodologia oficial, descrita pela AOAC (2010). Para a determinação dos sólidos solúveis (°Brix) utilizou-se um refratômetro portátil da marca Instrutemp, de escala 0–32 °Brix. Na mensuração do pH utilizou-se um medidor da marca Lucadema, modelo Luca 210P.

Na perda de massa, os frutos foram pesados em 0, 24, 48, 72, 96 e 120 h após a colheita. A perda foi estimada em relação à massa inicial dos frutos antes do tratamento e após a última pesagem e seus valores foram transformados em porcentagem de perda de massa.

2.6 Delineamento e análise estatística dos atributos físico-químicos

As amostras colhidas manualmente e mecanicamente foram compostas por sete repetições, com sete frutos por cada amostra contida em cada tratamento, onde

foi adotado o esquema de delineamento em blocos casualizados, com sete repetições para cada colhedora avaliada, onde os valores das análises dos atributos físico-químicos nos frutos colhidos manualmente em cada colhedora avaliada foram submetidos a uma análise de variância e aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Adicionalmente, cartas de controle para os atributos físico-químicos foram confeccionadas com o intuito de verificar o comportamento dos valores médios nas amostras colhidas mecanicamente. A média existente das cartas de controle foi obtida por meio dos valores referentes ao atributo analisado nos frutos sem danos (colheita manual). Portanto, o LSC (Limite Superior de Controle) e LIC (Limite Inferior de Controle) foram traçados baseando-se nessa média, onde 3σ para LSC e -3σ da média para LIC.

Posteriormente, foi realizada uma correlação de Pearson a 5% de significância para avaliar a existência de correlação significativa entre as características avaliadas.

2.7 Coleta e análise das perdas quantitativas

A análise das perdas quantitativas das colhedoras foi realizada pela determinação da quantidade de frutos não colhidos e dos que não se destacaram das ramas. A quantificação das perdas foi realizada empregando-se um gabarito de $2,5 \text{ m}^2$, onde, após a passagem da colhedora, foram coletados em cada um dos pontos amostrais, os frutos no solo e nas ramas que se encontravam dentro da área demarcada (CUNHA et al., 2014).

As perdas foram separadas em: perdas nas ramas (frutos que não se desprenderam das ramas), perdas no solo (frutos não recolhidos pela colhedora) e perdas totais (somatório das classificações anteriores). Foram realizadas sete repetições de cada tipo, em cada colhedora avaliada.

Após a coleta dos frutos, os valores foram extrapolados para t ha^{-1} , sendo que, posteriormente, os valores foram submetidos à análise de variância, e as médias analisadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software Minitab 17.0[®].

3. Resultados e discussão

3.1 Classificação dos frutos colhidos através da portaria nº 085 de 06 de março de 2002 expedida pelo MAPA

Na Tabela 2 são apresentados os valores, em porcentagem, da quantidade de frutos bons, rachados, brocados, defeitos gerais e verdes, e a classificação da carga de acordo com a classificação do MAPA de 2002.

Tabela 2. Classificação do tomate (em %) quanto a danos caracterizados pela portaria 085 de 6 de março de 2002 do MAPA

	Bons	Rachados	Brocados	Danos Gerais	Verdes	Classificação
(M1)	61,74 b	12,17 a	0,76 a	24,52 a	0,81 b	Especial
(M2)	58,78 b	10,90 a	1,67 a	22,10 a	6,55 a	Especial
(M3)	68,56 a	12,26 a	2,08 a	17,10 b	0,00 b	Especial

M1, M2 e M3 representam: Máquina 1, Máquina 2 e Máquina 3. Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As médias das amostras recolhidas de cada colhedora foram classificadas na categoria “Especial”, pois, nessa classificação, há, de acordo com a normativa, uma quantidade maior que 50% de frutos identificados como bons. Verificou-se que todas as máquinas atingiram esse patamar. Em relação aos frutos bons, (M3), com menor quantidade de horas de trabalho apresentou uma maior porcentagem, gerando uma menor quantidade de danos gerais do que as demais colhedoras.

3.2 Influência da colheita mecanizada nos atributos físico-químicos

A influência do tempo de uso das máquinas na colheita mecanizada sobre a qualidade pós-colheita dos tomates para processamento industrial é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Médias e respectivos desvios padrão para: firmeza (N cm^{-2}), acidez titulável (% de ácido cítrico), sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), pH e perda de massa (%) para a colheita manual e para a colheita nas máquinas

	Firmeza	Acidez titulável	Sólidos solúveis	pH	Perda de massa
CM	3,54 \pm 0,51 a	0,50 \pm 0,05 a	4,42 \pm 0,32 a	4,54 \pm 0,05 a	3,57 \pm 1,49 b
(M1)	2,23 \pm 0,28 b	0,51 \pm 0,04 a	4,01 \pm 0,41 b	4,87 \pm 0,71 a	11,66 \pm 3,53 a
(M2)	2,27 \pm 0,25 b	0,55 \pm 0,04 a	4,48 \pm 0,16 a	4,40 \pm 0,10 a	9,53 \pm 1,07 a
(M3)	2,14 \pm 0,49 b	0,48 \pm 0,05 a	4,15 \pm 0,18 ab	4,57 \pm 0,07 a	12,75 \pm 3,04 a

CM: Colheita Manual, (M1), (M2) e (M3): Máquina 1, Máquina 2 e Máquina 3. Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A firmeza e a perda de massa foram afetadas pelo sistema de colheita. Já os frutos colhidos manualmente e aqueles colhidos pelas três máquinas mantiveram médias sem diferença estatística de acidez titulável e o pH, permitindo afirmar que a colheita mecânica não influenciou sobre esses atributos químicos.

Em comparação com a colheita manual, a firmeza dos frutos colhidos mecanicamente foi menor em relação aos frutos considerados sem danos. Os tomates colhidos pelas três máquinas não tiveram diferenças significativas entre si, acarretando em resultados que permitem inferir que houve uma influência direta das etapas de enleiramento (pré-colheita) e dos mecanismos internos da colhedora, onde a perda da textura, provavelmente, ocorreu devido a impactos dos frutos com as superfícies rígidas durante a realização desses processos.

Taheri-Garavand et al. (2011), ao avaliarem a correlação da massa de frutos de tomate com diferentes atributos físicos através de modelos lineares e não lineares em três diferentes classificações, concluíram que nas operações de transporte e colheita, os frutos são expostos a cargas mecânicas, que provocam lesões, por corte e/ou, esmagamento, causando perdas qualitativas e quantitativas.

Os teores de sólidos solúveis em frutos colhidos por (M1) não diferiu estatisticamente da (M3). Já os menores valores de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) observados para os frutos colhidos por (M3) são decorrentes da maior percentagem de frutos brocados, cerca de 300% a mais que os observados naqueles colhidos por (M1) (Tabela 2).

Assim como os danos mecânicos (defeitos gerais), os danos causados por pragas (frutos brocados) promovem um aumento na respiração. Sabe-se que o processo respiratório leva a uma degradação de substância de reserva, a exemplo dos açúcares e como consequência uma redução nos teores de sólidos solúveis.

Em relação à perda de massa em tomates, Rab et al. (2013) concluíram que a alteração da matéria fresca pode ter sido ocasionada pela saída da água por transpiração do fruto e pela resistência do fruto à perda de umidade, podendo reduzir a quantidade de massa à medida que ele avança na maturidade.

Mendes et al. (2011), avaliaram produtos hortícolas e concluíram que em poucos minutos após um dano físico, ocorrem aumento da respiração, produção de etileno e outras reações bioquímicas responsáveis por mudanças na coloração, textura e qualidade nutricional.

Para Beckles (2012), a fase de maturação do tomate no momento da colheita, bem como o controle de pré e pós-colheita, são fatores essenciais para garantir a qualidade do fruto.

3.3 Controle de firmeza nos frutos colhidos mecanicamente

Na Figura 2 é apresentada a carta de controle da firmeza dos frutos colhidos pelas três máquinas em relação à média dos frutos colhidos manualmente e seus LSC e LIC. O valor de $3,54 \text{ N cm}^{-2}$ (Tabela 3) nas três figuras representa a média de firmeza dos frutos sem danos. Todos os valores para as máquinas com diferentes horas de trabalho estiveram abaixo da média proposta.

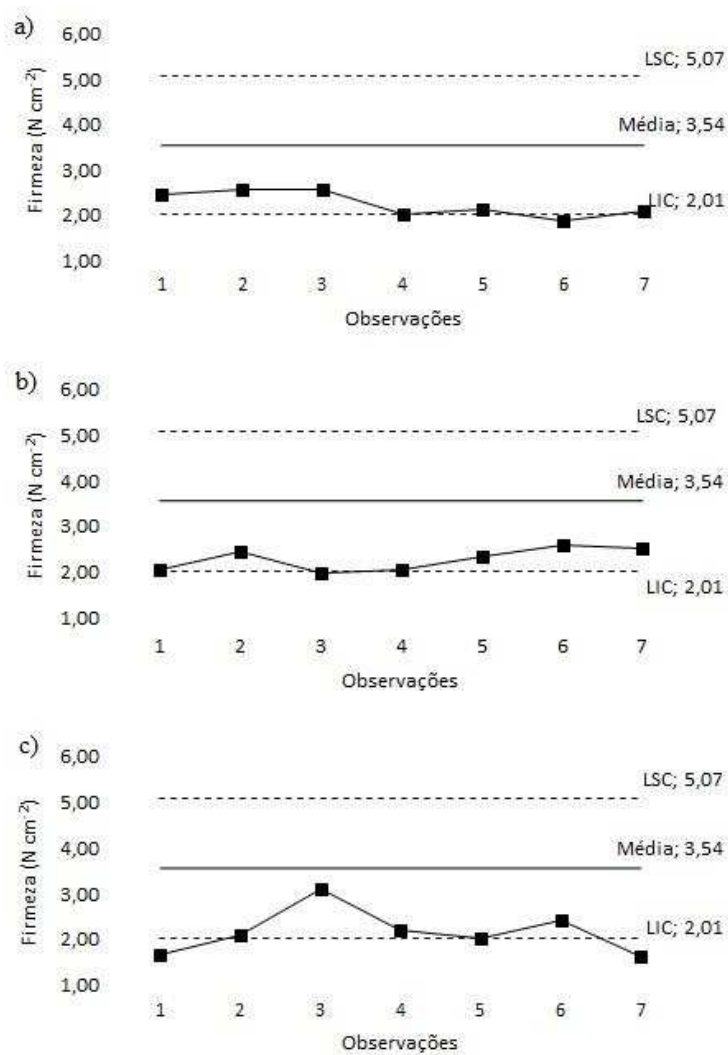


Figura 2. Cartas de controle para as máquinas analisadas: (M1) (A), (M2) (B) e (M3) (C) em relação à firmeza (N cm^{-2}), tendo como média os valores dos frutos colhidos manualmente.

A maior variação foi encontrada em (M3), enquanto a menor foi encontrada em (M2). Apesar de (M3) possuir menor número de horas trabalhadas e maior variabilidade de valores devido a um desgaste maior no seu mecanismo de trilha que, durante a manutenção antes do início da safra, foi classificado inicialmente como aceitável para uma continuidade na safra seguinte.

3.4 Controle de perda de massa nos frutos colhidos mecanicamente

Na Figura 3 é apresentada a carta de controle da porcentagem de perda de massa dos frutos colhidos pelas três máquinas em relação à média dos frutos colhidos manualmente e seus LSC e LIC. A porcentagem de perda de massa dos

frutos colhidos pelas máquinas alcançou valores acima da média de controle, em relação aos frutos colhidos manualmente. Apesar de não possuir a maior média geral, a (M1) possui o maior coeficiente de variação em relação às perdas de massa avaliadas, indicando que essa máquina não causa danos de maneira uniforme em todos os frutos, onde uns estão sujeitos a maiores danos do que outros.

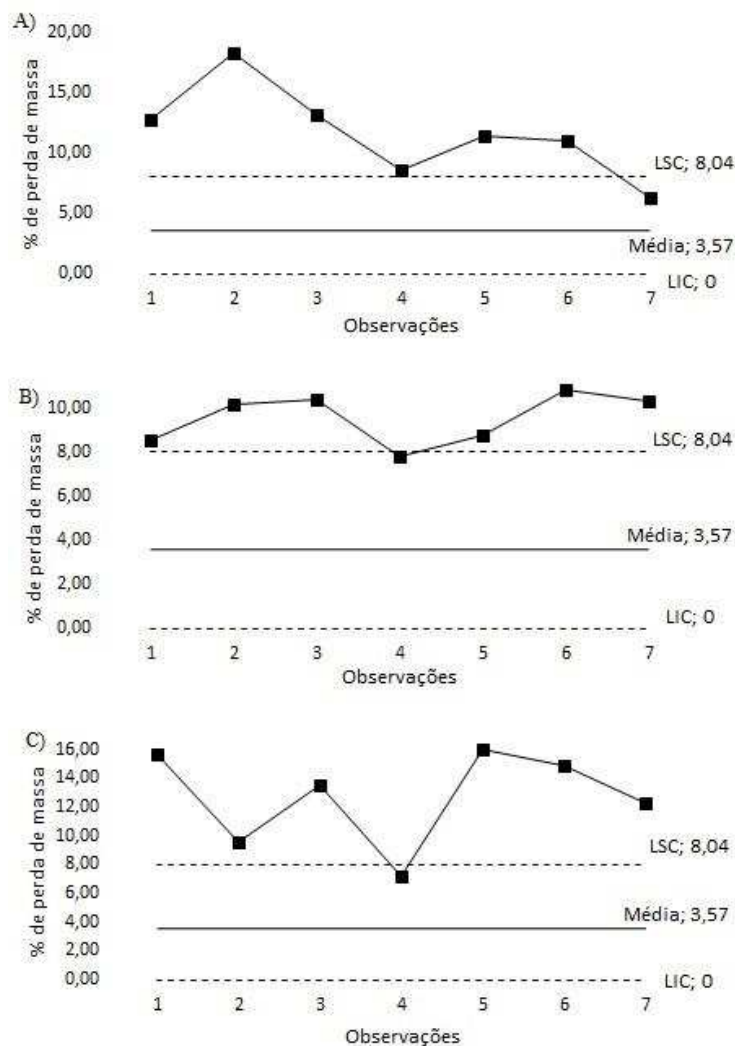


Figura 3. Cartas de controle para as máquinas analisadas: (M1) (A), (M2) (B) e (M3) (C) em relação a porcentagem de perda de massa, tendo como média os valores dos frutos colhidos manualmente.

Esse comportamento é reforçado pela maior variação de firmeza da (M1), sendo que esse parâmetro está diretamente ligado à porcentagem de perda de massa. A (M2) foi a que apresentou maior regularidade de perda de massa entre as amostras, ficando assim com um menor coeficiente de variação, e também seguindo

a tendência do comportamento das amostras para a firmeza dos frutos provenientes dessa máquina (Figura 2).

Seguindo essa mesma tendência de avaliações, estudos mostram que a alteração na qualidade tem sido objeto de estudo para diversas culturas no processo de pós-colheita. Para goiabas “Paluma”, Grigio et al. (2011) constataram que danos por impacto e compressão causaram maior perda de massa fresca e redução nos teores de vitamina C e sólidos solúveis. Em mamões “Golden”, Godoy et al. (2010) observaram que as injúrias por abrasão e impacto promoveram redução da firmeza da polpa e perda de massa.

Para os pêssegos, Kasat et al. (2007) reportaram que as injúrias provocadas por corte, compressão e impacto promoveram manchas que comprometeram a aparência dos frutos. De modo semelhante Durigan et al. (2005) observaram, que as injúrias mecânicas também comprometeram a aparência externa de limas ácidas “Tahiti”, reduzindo a qualidade dos frutos.

3.5 Correlação de Pearson entre os atributos físico-químicos

Dentre os atributos avaliados, as únicas correlações significativas foram obtidas entre firmeza e perda de massa, e acidez titulável e sólidos solúveis (Tabela 4).

Tabela 4. Correlação de Pearson entre os atributos fisiológicos mensurados em frutos colhidos mecanicamente

	Acidez titulável	Sólidos solúveis	pH	Perda de massa
Firmeza	-0,222 ^{ns}	-0,200 ^{ns}	0,194 ^{ns}	0,793*
Acidez titulável.	----	0,776*	0,312 ^{ns}	-0,506 ^{ns}
Sólidos solúveis	----	----	-0,069 ^{ns}	-0,471 ^{ns}
pH	----	----	----	0,393 ^{ns}
Perda de massa	----	----	----	----

^{ns}Não significativo; *Significativo a 5% de probabilidade.

A relação da firmeza dos frutos com a perda de massa ficou evidente em função do comportamento observado na Tabela 3, onde as maiores variações de firmeza foram acompanhadas de maiores variações da perda de massa. Esse comportamento é evidenciado pelos danos contidos nos frutos, através da perda da

firmeza, que diretamente, auxiliam na alteração dos atributos físico-químicos através das mudanças metabólicas dos frutos, tal como a taxa de respiração.

Os tomates são muito suscetíveis à rápida perda de água, o que é determinado pela perda de massa; isto ocorre devido à epiderme fina que oferece pouca resistência à transferência de massa para o lóculo (GARCÍA et al., 2014). Em tomate cereja foram encontradas perdas de massa de até 10%, após 25 dias de armazenamento a 5°C e 80 a 85% UR (FAGUNDES et al., 2015) e corroborando com o presente estudo, nota-se que os valores de perda de massa em torno de 10% são tolerados para a comercialização *in natura* (Tabela 3).

Entretanto, por se tratar de tomate para indústria acredita-se que essa perda não seja relevante quanto ao aspecto de qualidade visual, mas indica que os danos mecânicos foram decisivos na maior perda de massa dos produtos.

De acordo com Ferreira et al. (2004), um alto valor da relação entre acidez titulável e sólidos solúveis determina sabor suave devido à excelente combinação de açúcar e ácido, enquanto que valores baixos se correlacionam com ácido e sabor desagradável ou adstringente, por ser mais próprio para o processamento, corroborando com o resultado encontrado neste trabalho.

3.6 Perdas quantitativas nas colhedoras avaliadas

Para as perdas nas ramas, (M1), (M2) e (M3) apresentaram as perdas médias de 2,55, 2,19 e 9,84 t ha⁻¹, respectivamente. Apenas a máquina 3 diferiu estatisticamente das demais, apesar de possuir menos horas de uso, obteve maiores valores de perdas. Com relação às perdas no solo, a (M2) obteve o melhor desempenho dentre as máquinas avaliadas. A perda total em (M3) foi influenciada diretamente pelo alto valor de perdas nas ramas, onde 75% dessa perda foi composta pelo histórico anterior da máquina antes de chegar à área amostral.

Tabela 5. Médias (t ha⁻¹) e respectivos desvios padrão para as perdas nas ramas, no solo e totais ao realizar a colheita com três máquinas diferentes (M1, M2 e M3)

	Perda nas ramas	Perda no solo	Perda total
(M1)	2,55 ± 1,48 b	3,70 ± 0,98 a	6,25 ± 1,97 b
(M2)	2,19 ± 0,57 b	2,17 ± 0,37 b	4,36 ± 0,81 b
(M3)	9,84 ± 3,62 a	3,27 ± 0,73 a	13,11 ± 3,89 a

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados corroboram com Cunha et al. (2014) que, ao avaliarem perdas quantitativas em diferentes configurações de regulagens de uma colhedora de tomate, concluíram que quando utilizadas as duas maiores vibrações, as perdas totais foram menores e dentro de limites aceitáveis.

As perdas podem ser parcialmente evitadas, tomando-se alguns cuidados com a velocidade de trabalho da máquina e regulagens dos mecanismos de trilha, limpeza e separação (MESQUITA et al. 2001). Neste contexto, as máquinas podem ter sofrido interferências não controladas e terem sido influenciadas pelo desgaste dos mecanismos de corte, recolhimento e pelo sistema de trilha, pois todas as máquinas já se encontravam no período de final de safra.

Os diferentes operadores podem ter influenciado nas perdas relativas ao solo, pois a altura da plataforma de corte é regulada por eles, além da velocidade de operação que também pode influenciar nessas perdas, em função de a velocidade da colhedora ser diferente da velocidade do caminhão.

A origem das perdas pode ocorrer de formas diversas, tanto antes quanto durante a colheita. Entretanto, nesse contexto, Cunha et al. (2007) afirmam que 80 a 85% das perdas na colheita mecanizada ocorrem pela ação dos mecanismos da plataforma de corte das colhedoras, 12% ocasionadas pelos mecanismos internos (trilha, separação e limpeza) e 3% causadas por deiscência natural.

5. Conclusões

O número de horas trabalhadas pela colhedora não influenciou diretamente nas perdas quantitativas.

Uma maior quantidade de frutos com danos gerais foi obtida quando a colhedora possuiu um maior número de horas trabalhadas.

A colheita mecanizada afetou os atributos físicos dos frutos, tais como a redução da firmeza e o aumento da perda de massa e para os frutos colhidos mecanicamente.

Houve a correlação entre firmeza e porcentagem de perda de massa e acidez titulável e sólidos solúveis, apresentando, assim, que a modificação de um atributo influencia nos valores de outro.

6. Referências bibliográficas

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18^aed., Washington: AOAC, 2010. 1094p.

ARAZURI, S.; JAREN, C.; ARANA, J. I.; PEREZ DE CIRIZA, J. J. Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Food Engineering, v.80, n.1, p.190-198, 2007.

ARAZURI, S.; ARANA, I.; JAREN, C. Evaluation of mechanical tomato harvesting using wireless sensors. Sensors, v.10, n.12, p.11126-11143, 2010.

BARGEL, H.; NEINHUIS, C. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. Journal of Experimental Botany, v.56, n.413, p.1049-1060, 2005.

BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology, v.63, n.1, p.129-140. 2012.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SARC n° 085 de 06 de março de 2002. Propõe o Regulamento técnico de identidade e qualidade para classificação do tomate. Brasília, 06 mar. 2002.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. Horticultura Brasileira, v.13, n.1, p.14-18, 1995.

CAMARGO, M. S.; BRITO JÚNIOR, J. S.; MOLENA, L. A. Alta nos custos limita rentabilidade em 2016. Anunário hortifruti Brasil, n.163, n.1, p.14-17, 2016.

CORTEZ, L. A. B.; BRAUNBECK, O. A.; CASTRO, L. R. DE; ABRAÃO, R. F.; CARDOSO, J. L. Sistemas de colheita para frutas e hortaliças: oportunidades para sistemas semimecanizados. Frutas & Legumes, v.12, n.1, p.26-29, 2002.

CUNHA, J. P. A. R.; ZANDBERGEN, H. P. Perdas na Colheita Mecanizada da Soja na Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Brasil. Bioscience Journal, v.23, n.4, p.61-66, 2007.

CUNHA, J. P. B.; MACHADO, T. A.; SANTOS, F. L.; COELHO, L. M. Perdas na colheita de tomate industrial em função da regulagem da colhedora. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 4, p. 363-369, 2014.

DELLA LUCIA, C. M.; CAMPOS, F. M.; MATA, G. M. S. C; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Controle de perdas de carotenóides em hortaliças preparadas em unidade de alimentação e nutrição hospitalar. Ciência & Saúde Coletiva, v.13, n.5, p.1627-1636. 2008.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida "*Tahiti*" armazenada sob condição ambiente. Revista Brasileira de Fruticultura, v.27, n.3, p.369-372, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Ciência do Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2ªed. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa, 2011, 230p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ªed. Brasília, DF, Embrapa, 2013, 353p.

FAGUNDES, C.; MORAES K.; PÉREZ-GAGO, M. B.; PALOU, L.; MARASCHIN, M.; MONTEIRO, A. R. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. Postharvest Biology and Technology, v.109, p.73-81, 2015.

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI, E. N. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. Ciência Rural, v.34, n.1, p.329-335. 2004.

FERREIRA, M. D.; CORTEZ, L. A.; HONÓRIO, S. L.; TAVARES, M. Avaliação física do tomate de mesa “romana” durante manuseio na pós-colheita. Engenharia Agrícola, v.26, n.1, p.321-327, 2006.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A.; KARKLE, E. N.L.; LIMA, J. J.; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.30, n.1, p.858-864. 2010.

GARCÍA, M.; CASARIEGO, A.; DÍAZ, R.; ROBLEJO, L. Effect of edible chitosan/zeolite coating on tomatoes quality during refrigerated storage. Emirates Journal of Food and Agriculture, v.26, p.238-246, 2014.

GODOY, A. E.; JACOMINO, A. P.; PEREIRA, E. C. C.; GUTIERREZ, A. S. D.; VIEIRA, C. E. M.; FORATO, L. A. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões “Golden”. Revista Brasileira de Fruticultura, v.32, n.3, p.682-691, 2010.

GRIGIO, M. L.; NEVES, L. C.; TOSIN, J. M.; NASCIMENTO, C. J.; CHAGAS, E. A.; VIEITES, R. L. Efeito da modificação atmosférica em goiabas var. *Paluma* na redução de danos mecânicos em pós-colheita. Revista Agroambiente On-line, v.5, n.1, p.57-65, 2011.

HACISEFEROUGULLARI, H.; GEZER, I.; OZCAN, M. M., MURATASMA, B. Post-harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. Journal of Food Engineering, v.79, n.1, p.364-373, 2007.

KASAT, G. F.; MATTIUZ, B-H.; OGASSAVARA, F. O.; BIANCO, M. S.; MORGADO, C. M. A.; CUNHA JR., L. C. Injúrias mecânicas e seus efeitos em pêssego „*aurora-1*”. Revista Brasileira de Fruticultura, v.29, n.2, p.318-322, 2007.

MACHADO, T. A.; CUNHA, J. P. B.; COUTO, R. F.; NEVES JÚNIOR, V. O.; QUEIROZ, L. F.; OLIVEIRA, L. A. Efeitos da máquina. Revista Cultivar Máquinas, v.10, n.110, p.14-18, 2011.

MENDES, T. D. C.; SANTOS, J. S. dos; VIEIRA, L. M.; CARDOSO, D. S. C. P.; FINGER, F. L. Influência do dano físico na fisiologia pós-colheita de folhas de taioba. *Revista Bragantia*, v.70, n.3, p.682-687, 2011.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. G. M. de; Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: Perdas e qualidades físicas do grão relacionadas à características operacionais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30. Anais..., 2001. Foz do Iguaçu – PR: SBEA, 2001.

MINITAB Release 17.0. Sistema de Ajuda do Software. BCIS Lab St. Cloud State University: Minitab Inc., 2014.

NACHTIGAL, J. C.; MIGLIORINI, L. C. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Recomendações para o Cultivo da Goiabeira no Rio Grande do Sul. 1 ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011, 8 p.

PELOIA, P. R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugar cane billets. *Scientia Agricola*, v. 67, n.6, p.619-623, 2010.

RAB, A.; REHMAN, H.; HAQ, I.; SAJID, M.; NAWAB, K.; ALI, K. Harvest stages and pre-cooling influence the quality and storage life of tomato fruit. *Journal of Animal and Plant Sciences*, v.23, p.1347-1352, 2013.

TAHERI-GARAVAND, A.; RAFIEE, S.; KEYHANI, A. Study on some morphological and physical characteristics of tomato used in mass models to characterize best post harvesting options. *Australian Journal of Crop Science*, v.5, n.4, p.433-438, 2011.

TANIGAKI, K.; FUJIURA, T., AKASE, A.; IMAGAWA, J. Cherry-harvesting robot. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.63, n.1, p.65-72, 2008.

TATLIDİL, F. F.; KIRAL, T.; GÜNDOĞMUŞ, E.; FİDAN, H.; AKTÜRK, D. The effect of crop losses during preharvest and harvest periods on production costs in tomato production in the Ayas and Nallihan districts of Ankara province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v.29, n.6, p.499-509, 2005.

Capítulo III

Desenvolvimento de um coletor de frutos em cargas a granel

DESENVOLVIMENTO DE UM COLETOR DE FRUTOS EM CARGAS A GRANEL

RESUMO: O projeto de uma máquina ou instrumento agrícola pode ser considerado de grande complexidade, devido às interações entre o operador, a máquina, o produto e o ambiente. A coleta de frutos em cargas a granel, em qualquer momento do transporte até as indústrias, é comprometida pela falta de tecnologias disponíveis para esse fim. Um dos fatores limitantes está na coleta de frutos que ficam na base da carga. Portanto, objetivou-se, com este trabalho, desenvolver um projeto detalhado de um coletor de frutos a granel que possa coletar frutos em qualquer posição xyz. Para o presente estudo, foi aplicada e adaptada uma metodologia de projeto para a execução das etapas denominadas: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar, finalizando com o projeto detalhado. Foi selecionada a variante considerada mais adequada para o projeto preliminar e projeto detalhado. Os conceitos foram divididos em chassi ou suporte, coletor de amostras e suporte para a retirada das amostras. Foi proposta a retirada de frutos que mantêm o máximo possível da sua interação com o meio externo ao coletor. De posse do projeto detalhado finalizado, foi possível realizar o depósito no Instituto Nacional de Propriedade Industrial, da patente referente ao coletor de amostra de frutos em cargas a granel.

Palavras-chaves: metodologia de projeto, amostrador de frutos, projeto de máquinas.

DEVELOPMENT OF A COLLECTOR OF FRUITS IN BULK LOADS

ABSTRACT: The design of an agricultural machine or instrument can be considered of great complexity, due to the interactions between the operator, the machine, the product and the environment. The collection of fruits in bulk loads at any time of transportation to the industries is compromised by the lack of technology available for this purpose. One of the limiting factors is the collection of fruits that are at the base of the load. Therefore, the objective of this work was to develop a detailed design of a bulk fruit collector that can collect fruits in any xyz position of the load. For the present study, a project methodology was applied and adapted for the execution of the stages called: project planning, informational project, conceptual project, preliminary project, finalizing with the detailed project. The most appropriate variant

was chosen for the preliminary design and detailed design. The concepts were divided into chassis or support, collector of samples and support for the withdrawal of samples. It was proposed the removal of fruits that maintain the maximum possible of their interaction with the external environment to the collector. With possession of the finalized detailed project, it was possible to make a deposit at the National Institute of Industrial Property of the patent referring to the sample collector of fruits in bulk cargoes.

Keywords: project methodology, fruit sampler, machine design.

1. Introdução

O crescente investimento em novas tecnologias e em equipamentos destinados à agricultura tem se apresentado como o principal aliado das modernas técnicas, atualmente empregadas no campo, as quais têm sido aplicadas desde a implantação da cultura, na colheita, no transporte e no armazenamento.

A capacidade criativa, associada a uma ou mais metodologias para o desenvolvimento de um projeto, visa atender, ao máximo, às necessidades dos usuários e dos projetistas, diminuindo riscos de forma significativa (PADILHA et al., 2010). O retorno máximo que uma inovação pode trazer aos usuários é o principal objetivo do seu desenvolvimento e só será alcançado com o auxílio das diretrizes propostas pelas diferentes metodologias (GRZEBIELUCKAS et al., 2011).

As metodologias para o desenvolvimento de máquinas agrícolas possuem etapas de projeto que podem ser divididas em: planejamento do projeto; projeto informacional; projeto conceitual; projeto preliminar; projeto detalhado; preparação da produção e lançamento do produto (PAHL et al., 2005; ROMANO, 2013; SEVERO et al., 2014). Por outro lado, Almeida et al. (2012) afirmaram que a maior flexibilidade da gestão do projeto proporciona maiores condições de se obter um produto mais inovador.

A metodologia proposta por Pahl et al. (2005) aplica, às etapas de projeto, os métodos conhecidos de forma mais apropriada, caminhando da análise qualitativa para uma mais quantitativa. A falta de aplicação dos conhecimentos de engenharia e de metodologia de projeto pode resultar em erros na concepção, nas tomadas de decisões e, inclusive, em falhas durante a operação dos protótipos (ROMANO, 2003).

Sempre que o projeto resultar em um produto, as validações com testes, em laboratório ou em campo, devem ser realizadas com o objetivo de assegurar que todos os pré-requisitos do projeto sejam atendidos (MELLO, 2011).

Para Cerqueira-Pereira (2009), o transporte em veículos inapropriados, principalmente de frutas, é devido à inexistência de uma legislação para o transporte de produtos perecíveis no Brasil. Muitas vezes os produtos são transportados em veículos que não possuem as mínimas condições necessárias e sem suspensão apropriada para o transporte desses tipos de produtos. A escolha do veículo é pautada exclusivamente na distância a ser percorrida, sem considerar sua adequação para o transporte dos produtos (LUENGO et al., 2007).

As consequências desse procedimento são frutos rachados, amassados ou gravemente lesionados a ponto de se desintegrar na operação de descarga do produto na indústria. O transporte dos frutos até os centros distribuidores ou de processamento também causa severos danos à carga transportada, principalmente quando se utilizam grandes trechos de estradas não pavimentadas ou em rodovias em péssimo estado de conservação.

A tecnologia proposta nesse trabalho vem auxiliar a realização de pesquisas e estudos técnicos que visem solucionar os problemas descritos, ao possibilitar a coleta de amostras em qualquer ponto dentro do recipiente de transporte (caçambas, carrocerias, etc) em qualquer momento do trecho percorrido.

Esse novo conceito de coletor de amostras de frutos em cargas a granel é dotado de sacos de material flexível, montados em um suporte fixado nas laterais do recipiente de transporte que são preenchidos no ato da colheita, não havendo a necessidade de paradas especiais para manuseá-los durante o processo de carregamento do recipiente de carga.

Mediante a essa problemática, objetivou-se com esse trabalho desenvolver um projeto conceitual e detalhado de um coletor de amostras de frutos transportados em carga a granel de acordo com as variantes encontradas no projeto conceitual. Adicionalmente, elaborou-se e realizou-se o depósito do pedido de patente referente ao coletor de amostras de frutos transportados por cargas a granel.

2. Material e métodos

O coletor de amostras de frutos transportados a granel foi idealizado pela equipe de projeto do Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA), pertencente ao

Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em parceria com o Departamento de Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos.

Para o desenvolvimento do projeto do coletor utilizou-se, como base, a metodologia proposta por Pahl et al. (2005). A concepção do coletor de amostras foi constituída de um processo que contempla a confrontação das tarefas ao longo do desenvolvimento do projeto, visando a obtenção de soluções viáveis, que resultaram em um conceito (Figura 1). Ao final de cada etapa, tem-se um ganho de informações que alimenta a fase seguinte, sendo as etapas de desenvolvimento do projeto divididas em: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar ou anteprojeto e projeto detalhado.

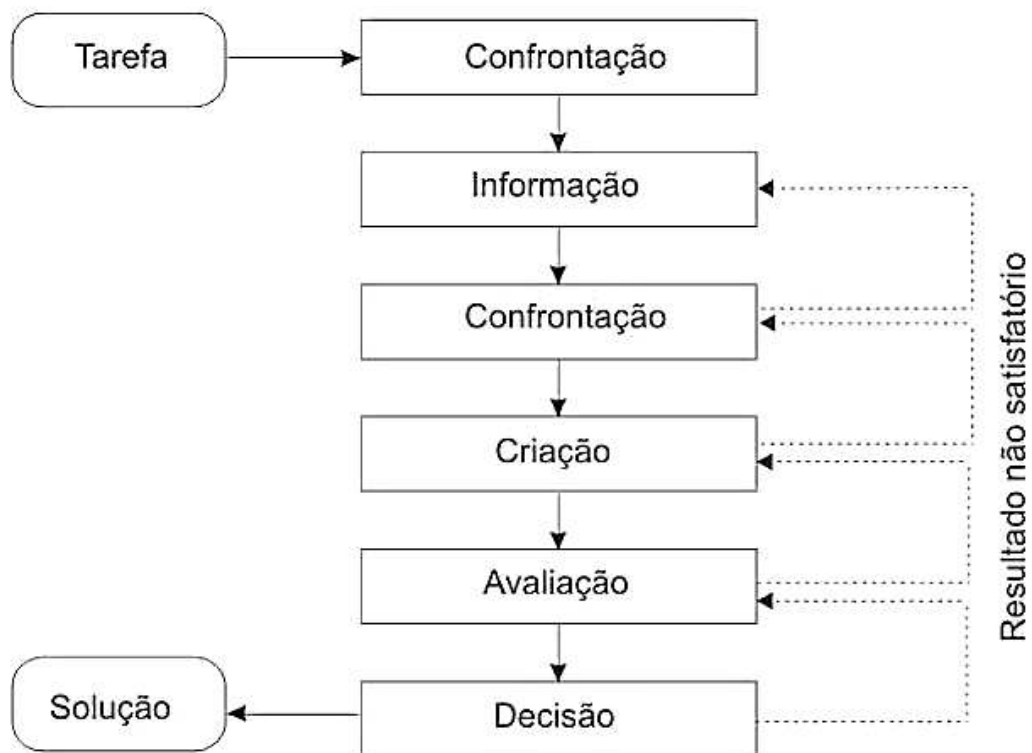


Figura 1. Adaptação do processo geral de solução proposto por Pahl et al. (2005).

2.1 Planejamento do projeto

O planejamento do projeto consistiu em definir uma equipe multidisciplinar de projeto, propor as atividades pertinentes ao seu desenvolvimento, confeccionar o organograma com os períodos para execução das atividades propostas e definir diretrizes para a determinação dos requisitos de projeto.

A equipe definiu como problema a coleta de amostras de frutos em diferentes posições em uma caçamba, sendo que a escolha foi motivada seguindo alguns

critérios, destacando-se: a funcionalidade do projeto e a capacidade de se coletar mais de uma amostra por região analisada. Foram empregadas como campos de observação as áreas implantadas com a cultura do tomate para processamento industrial e que estavam passando por um processo de colheita mecanizada.

2.2 Projeto informacional

A etapa do projeto informacional, segundo Nickel et al. (2010), é responsável por realizar o levantamento e o tratamento dos requisitos dos clientes, elaborar um conjunto de especificações-meta do produto, que servirão como base para a tomada de decisões nas etapas seguintes.

Pode-se estabelecer que as principais matérias referentes à fase de projeto informacional são:

- **Escopo do produto:** caracterização inicial do produto, que deve ser realizada da maneira mais detalhada possível, a fim de elaborar a primeira versão de requisitos do produto;
- **Ciclo do produto:** descrição dos estágios de ciclo de vida do produto;
- **Necessidades dos clientes:** apresentam os desejos dos clientes, essas informações podem possuir características dos produtos importantes;
- **Requisitos dos clientes:** especificação e estruturação das principais e mais importantes necessidades dos clientes;
- **Especificações-meta:** é o agrupamento dos objetivos que produto final deve ser capaz de atender, a fim de atender as expectativas do consumidor final;
- **Informações adicionais qualitativas:** são informações que complementam os requisitos, advindas de outras fontes.

Na etapa do projeto informacional os requisitos devem ser tomados em valores quantitativos e mensuráveis, pois, na maioria das vezes esses são subjetivos (CARPES JR., 2011). A análise dos requisitos dos clientes é significativa para o desenvolvimento correto de produtos, já que segundo Nickel *et al.* (2010), a existência de qualquer problema não definido ou considerado nas etapas iniciais no desenvolvimento de um projeto pode gerar prejuízos, principalmente devido a não aceitação do produto pelo mercado.

O projeto informacional consistiu basicamente em realizar as buscas sobre o

estado da tecnologia em exposições, boletins, catálogos, patentes, entre outros. Também realizou-se análise dos sistemas técnicos conhecidos por meio da análise de produtos concorrentes e obsoletos similares. Os conceitos observados no estado da arte apresentados foram levados em consideração na etapa seguinte, denominada projeto conceitual.

2.3 Projeto conceitual

Após reunir as informações das etapas anteriores, partiu-se para a elaboração do Projeto Conceitual, tido como a fase mais importante (ROMANO, 2003), considerando-se: a lista de requisitos de projeto e a construção da matriz morfológica, do quadro de variantes resultantes das interações entre as soluções e pelo quadro de valoração das variantes (PAHL et al., 2005).

Adaptando a metodologia proposta por Pahl et al. (2005), realizou-se a construção simplificada de uma estrutura de funções com a confecção de uma matriz morfológica. Foram criadas subfunções específicas que o conceito deverá apresentar, para que este possa alcançar o objetivo proposto pela equipe de projeto na função global.

Após gerar as subfunções e listar seus vários mecanismos solucionadores, foi escolhida a solução ou mecanismo para cada subfunção, resultando em um agrupamento denominado variante de solução. Quanto maior o número de variantes propostas, maior será a possibilidade de criação de uma solução de projeto que atenda a totalidade das tarefas para as quais o protótipo foi idealizado. Porém, a complexidade está diretamente ligada à quantidade de variantes propostas (PAHL et al., 2005).

As variantes selecionadas pela equipe do projeto foram avaliadas para detalhamento dos pontos positivos e negativos das soluções, considerando-se os seguintes critérios: baixo custo de construção, baixo custo de operação, preenchimento total do coletor, fácil instalação e retirada do suporte e do coletor de amostras, interação com os frutos externos ao coletor, fácil manutenção, elevada confiabilidade e peças de fácil fabricação e reposição.

2.4 Projeto preliminar

Foi definida a arquitetura do protótipo correspondente à variante que obteve a maior nota gerada com as informações das fases anteriores. A definição do conceito

do coletor de amostras serviu para a compreensão de toda a parte estrutural, seguindo metodologia utilizada por Marini (2007). Empregou-se ferramentas de Desenho Assistido por Computador (CAD) para entendimento das interações existentes entre as partes constituintes e, também, para aprimorar aspectos construtivos e dimensionais.

Nesta etapa, o projeto foi realizado de acordo com critérios técnicos, e desse ponto em diante, o modelo do conceito, evoluiu da concepção ao desenho definitivo de um produto, ressaltando que a equipe pôde, a qualquer momento, fazer alterações justificadas no projeto.

2.5 Projeto detalhado

O projeto detalhado deriva diretamente do projeto preliminar, sendo apresentadas as partes e as montagens dos elementos constituintes do conceito. Adicionalmente, elaborou-se uma lista simplificada de peças e materiais, juntamente com o custo, a designação e a referência das mesmas para as figuras dos mecanismos até então apresentados.

O conceito do coletor de amostras alcança o desenvolvimento com as atribuições de dimensões, tolerâncias ao dimensionamento e juntas ou articulações, sendo, finalmente, caracterizados os materiais, fixados todos os mecanismos e com a possibilidade de serem verificadas todas as partes constituintes do coletor em escala.

3. Resultados e discussão

3.1 Planejamento do projeto

Foi confeccionado um plano de trabalho (Quadro 1) com o período de execução e as atividades pertinentes ao desenvolvimento do coletor de amostras.

Quadro 1. Plano de trabalho com o período de execução e as atividades pertinentes ao desenvolvimento do coletor de amostras, separados por quinzena de cada mês.

ATIVIDADE	Ano de 2016													
	Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Formação da equipe	■													
Definição da época de colheita	■	■												
Participação em reunião com produtores		■	■						■	■		■		
Definição do problema de coleta das amostras em x, y e z			■											
Levantamento das tecnologias existentes				■	■									
Análise das tecnologias existentes					■	■								
Definição da lista de pré-requisitos mínimos						■	■							
Confecção da matriz morfológica							■	■						
Confecção das variantes								■	■					
Construção dos critérios de avaliação e atribuição dos pesos									■	■				
Atribuição de pontuações e escolha das variantes										■	■			
Levantamento dos materiais necessários											■	■		
Construção e confecção do coletor												■	■	
Teste do coletor em campo														■

3.2 Projeto informacional

Os atributos selecionados pela equipe de projeto para a composição da lista de pré-requisitos para o desenvolvimento do conceito do coletor de amostras foram a geometria, transporte, instalação, operação, uso, manutenção e custos.

Foram realizadas buscas para compor o projeto informacional com o máximo de elementos, equipamentos e máquinas que possuam similaridade para que seja possível analisar e criticar os sistemas técnicos conhecidos.

Após a colheita mecânica, os frutos são submetidos a esforços que resultam em danos mecânicos cujos efeitos irão se manifestar, principalmente, após o tempo de espera no pátio, organizado por ordem de chegada e necessário para a drenagem de água das caçambas. Porém, é no momento da descarga que os frutos sofrem os maiores danos, devido à altura de queda e, principalmente, em razão do excesso de carga nelas acondicionada. Uma caçamba usada para o transporte de frutos de tomate a granel tem capacidade para aproximadamente 14 mil kg desse produto. Porém, as cargas podem chegar na indústria, mesmo após a sua drenagem, com um excedente de 4 mil kg.

Coletores de amostras são utilizados para vários tipos de produtos, além de auxiliar na conferência da qualidade do produto que está sendo entregue. No meio agrícola, são utilizados, principalmente, em armazéns de estocagem ou nas agroindústrias. As amostras são compostas do material coletado em todo o recipiente onde se encontra a carga, dando assim uma maior confiabilidade sobre o estado em que o produto se encontra.

As coletas de produtos para avaliações físico-químicas durante o transporte podem ser realizadas de maneira manual (FISHER et al., 2011; Da CAMARA, 2011) ou via instrumentação própria para coleta de amostras.

No mercado existem alguns coletores de amostras para cargas a granel. A maioria dos coletores foi desenvolvida para a coleta de amostra de cereais. Os sistemas desenvolvidos para grãos podem ser manuais, pneumáticos e automatizados. Esses sistemas, geralmente, são de maneira invasiva e estão, normalmente, localizados nos armazéns.

O pedido de patente MU 8900991-6 U2, proposto por Kaufmann (2009), refere-se a uma disposição construtiva aplicada num coletor manual de amostras para cereais, conhecido como calador (Figura 2). O calador manual apresenta um formato inovador no que se refere ao seu tubo interno que apresenta os furos internos distribuídos de forma helicoidal ao longo do comprimento do tubo, desse modo, o fechamento das janelas ocorre gradativamente, afim de minimizar o esforço do operador durante o corte dos grãos.



Figura 2. Calador de grãos para cargas a granel.

Assim como o produto coletado também é um diferencial entre o calador e o coletor de frutos em cargas a granel. O modo de ação na coleta do produto na carga

também é diferenciado, onde o coletor de amostras de frutos de cargas a granel já se encontra instalado no recipiente de transporte, não havendo necessidade de um modo invasivo na carga, o que poderia acarretar em danos nas amostras coletadas.

O pedido de patente PI 9004890-3 A2, proposto por Maion (1990), refere-se a um coletor de amostras de frutos que realiza a coleta aleatória em qualquer ponto do carregamento, não permitindo ao responsável pela carga um conhecimento prévio do local ou ponto da carga a ser amostrada (Figura 3). A invenção possui um corpo tubular de diâmetro adequado aos frutos coletados e um comprimento substancialmente compatível com a altura da carroceria do caminhão de transporte, sendo o corpo tubular provido de uma tampa basculante em sua extremidade inferior. A tampa pode ser deslocada de forma angular em um curso de 180°, tendo um dispositivo de travamento na referida extremidade inferior que possui a tampa em um plano quase que horizontal. Uma alavanca de acionamento que atua sobre a tampa ou portinhola que é tracionada por um anel elástico atado ao corpo tubular.



Figura 3. Coletor de frutos a granel proposto por Maion (1990).

O coletor é montado em uma talha elétrica, suspensa por cabos, não sendo portátil, o que inviabiliza a coleta de amostras durante o trajeto do campo até à indústria. Outro fator a ser analisado é a forma da obtenção das amostras, onde o

coletor é inserido na carga de maneira invasiva, comprometendo a integridade de alguns frutos. A altura da coleta de amostra pode ser regulada pelos cabos da talha, e, de acordo com a necessidade pode acessar qualquer ponto da carga. Porém, na descarga das amostras dentro do coletor não há precisão sobre em qual altura da carga cada fruto foi coletado devido à mistura dos frutos no interior das amostras.

Com o objetivo de compreender a influência do transporte sobre a resposta fisiológica dos frutos, Pérez López (2014) desenvolveu um protótipo portátil que aplica à carga de maneira direta sobre o fruto e mede a sua respiração por meio de um sistema de fluxo de ar contínuo. O sistema de aplicação de carga consiste de um tubo de aço de 2", suspenso com movimento livre, através do qual foram colocados pesos para variação das cargas nos frutos. Na parte inferior do tubo, foi colocada uma peça de madeira de 19 cm de diâmetro que tem a função de aplicar a carga de maneira direta sobre os frutos. Logo acima dos pesos, foi instalado um acelerômetro em que a posição do acelerômetro se dispôs que o eixo "x" coincidiu com a direção de avanço do veículo, "y" coincidiu com os movimentos laterais e "z" com os valores de força vertical. Na Figura 4 é apresentado um esquema no qual o sistema, proposto por Pérez López (2014), foi montado em um veículo.

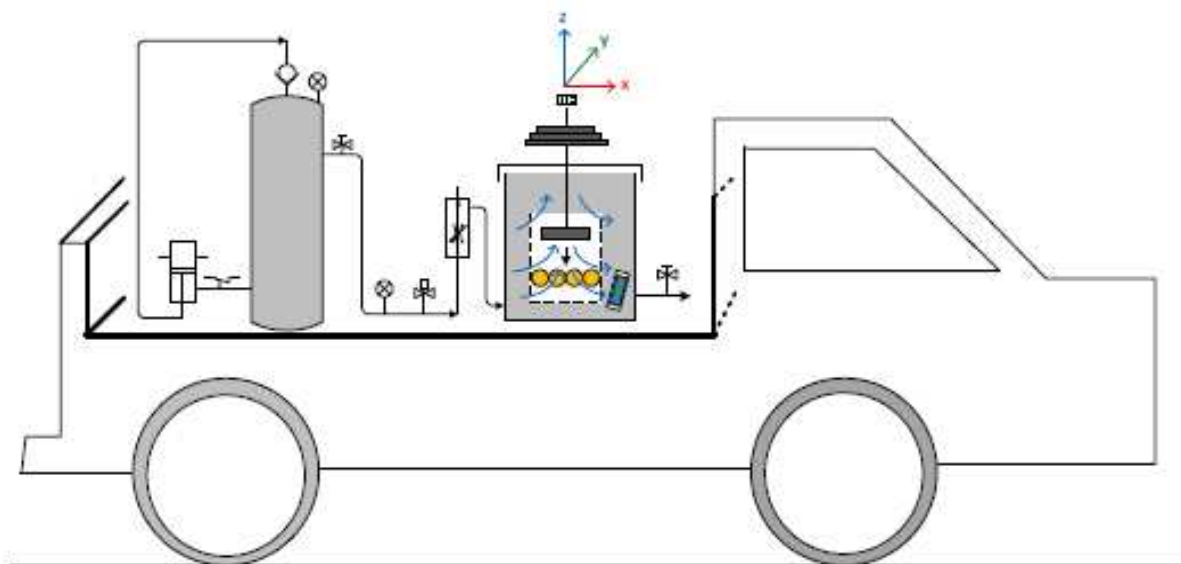


Figura 4. Esquema do sistema de análise de transporte de frutos criado por Pérez López (2014).

Nesse sistema, os frutos podem ser recolhidos e avaliados quanto aos seus danos fisiológicos em qualquer etapa do transporte do campo para a indústria. Porém, há apenas a simulação da carga sobre os frutos (representada pelos pesos

de academia) o que não transmite a real força sofrida pelos frutos nas diferentes alturas da carga analisada.

As informações coletadas durante o Projeto Informacional serviram como direcionamento para a construção do Projeto Conceitual de um coletor de amostra para cargas a granel.

3.3 Projeto conceitual

No projeto conceitual, foi formulada a lista de requisitos, tomando-se como base as etapas de informação, definição, criação, avaliação e decisão, em que os questionamento foram respondidos quanto à finalidade que a solução proposta precisou satisfazer e quais características deve apresentar (PAHL et al., 2005).

A lista de requisitos apresentada no Quadro 2 foi formulada estabelecendo-se os desejos e as exigências que o conceito do coletor de amostras deve apresentar ao ser concluído, desconsiderando as críticas quanto à viabilidade técnica ou econômica.

Quadro 2. Lista de requisitos para o coletor de amostras.

Morrinhos		Lista de requisitos para o desenvolvimento do conceito de um coletor de amostra de frutos a granel	Folha 1/1 Página 1/1
Oficina		Requisitos	Responsável
Data	E/D*		
20 de agosto de 2016		<u>1. Geometria: dimensões</u>	Sr. Túlio de Almeida Machado
		1.1. Estrutura de apoio - Comp \geq 3 m	
	E	1.2. Coletor de amostras - Altura \leq 1,70 m	
	E	- Largura \geq 1 m	
	E	- P. vazio \geq 2 kg	
		- Massa \geq 15 kg	
		- P. cheio \geq 30 kg	
		<u>2. Fixação</u>	
		2.1. Estrutura de apoio - Apoio livre	
	D	2.2. Coletor de amostras - Apoios livres	
E	- Parafuso e porca		
	<u>3. Preenchimento do coletor</u>		
	3.1 Momento		
E	3.2 Modo - Manualmente		
	- Previamente a colheita		
D	- Preenchimento durante a colheita		
E	- Preenchimento após a colheita		
	<u>4. Retirada do coletor de amostras</u>		
E	- Manualmente		
D	- Energia Hidráulica		
E	- Cordas e roldanas		
	<u>5. Uso e manutenção</u>		
D	- Livre de manutenções constantes: partes robustas.		
E	- Peças sujeitas a desgaste: simples e em menor número possível.		
E	- Peças resistentes: a poeira, sol (ou com tratamento adequado para suportar tais condições).		
	<u>6. Custos</u>		
E	- Mínimo custo de fabricação: peças, processos produtivos e mão de obra de terceiros com custo inferior aos 1,5 mil reais.		
E	- Materiais de fácil aquisição: disponíveis no mercado.		


















*E = Exigências; D = Desejos

Dentre os requisitos selecionados para o conceito do coletor de amostras, deverão ser possíveis: a possibilidade de coleta em qualquer momento do transporte; o baixo custo de produção do equipamento, a utilização de peças e mecanismos de fácil aquisição ou com amplo uso no mercado.

Posteriormente, elaborou-se a matriz morfológica (Quadro 3) a partir da combinação das soluções para cada subfunção considerada. A combinação das subfunções geraram diferentes variantes ou conceitos. As soluções foram dispostas por meio de esboços, com o intuito de promover a avaliação das combinações.

De posse das combinações entre as soluções das subfunções, foi criada a lista de variantes, com o total de 729 possíveis variantes. Destas 729, cinco variantes de possível solução viável foram selecionadas pela equipe de projeto para serem avaliadas quanto ao detalhamento e valoração dos pontos positivos e negativos das soluções propostas.

Quadro 3. Matriz morfológica de subfunções e soluções.

		Solução Subfunção		
		1	2	3
Design	Estrutura	 Cilíndrica	 Cônica	 Caixa
	Conceito do coletor de amostras	Sustentação	 Piso	 Estruturas internas
Entrada dos frutos		 Superfície	 Portinhola	 Caixas em diferentes alturas
Alojamento dos frutos		 Material flexível	 Caçambas em nível	 Soltos em caixas
Retirada dos frutos		 Manual	 Pneumática (negativo)	 Mecânica
Retirada do coletor		 Indústria	 Após a descarga	 Qualquer momento

O Quadro 4 apresenta as cinco variantes que foram seleccionadas pela equipe de projeto.

Quadro 4. Seleção de variantes resultantes das combinações da matriz morfológica.

Variantes de solução	Estrutura	Sustentação	Entrada dos frutos	Alojamento dos frutos	Retirada dos frutos	Retirada do coletor
38	Cilíndrica	Piso	Portinhola	Caçambas em nível	Manual	Após a descarga
205	Cilíndrica	Estrutura externa	Portinhola	Caçambas em nível	Mecânica	Indústria
327	Cônica	Estrutura interna	Superfície	Material flexível	Manual	Qualquer momento
444	Cônica	Estrutura externa	Portinhola	Caçambas em nível	Manual	Qualquer momento
567	Caixas	Piso	Caixas em níveis	Soltos em caixas	Mecânica	Qualquer momento

Após a seleção de algumas das variantes (Quadro 4), iniciou-se a atribuição das notas (de 0 a 5) e pesos, o que resultou na confecção do Quadro 5 obtido pelo valor atribuído para cada critério de avaliação e o valor multiplicado ao peso (*V. peso*).

Quadro 5. Variantes com a soma dos valores das notas, após a ponderação pelos critérios de avaliação.

Critérios de avaliação	Peso	Variantes de solução									
		38		205		327		444		567	
		Valor	Valor x Peso	Valor	Valor x Peso	Valor	Valor x Peso	Valor	Valor x Peso	Valor	Valor x Peso
Baixo custo: construção	0,06	4	0,24	3	0,18	4	0,24	4	0,24	4	0,24
Baixo custo: operação e manutenção	0,06	4	0,24	4	0,24	5	0,30	4	0,24	4	0,24
Fácil transporte	0,08	5	0,40	4	0,32	4	0,42	5	0,40	5	0,40
Entrada dos frutos	0,20	3	0,60	5	1,00	4	0,80	4	0,80	4	0,80
Fácil montagem	0,16	4	0,64	4	0,64	5	0,80	5	0,80	5	0,80
Fácil operação na coleta	0,20	5	1,00	5	1,00	4	0,80	4	0,80	4	0,80
Fácil manutenção	0,16	5	0,64	4	0,64	4	0,64	3	0,48	3	0,48
Peças de fácil fabricação, montagem e reposição	0,08	4	0,32	4	0,32	4	0,24	4	0,32	3	0,24
Total ponderado	1	4,08		4,02		4,24		4,08		4,00	

Foi possível observar que a variante 327 apresentou a maior pontuação 4,24 dentre as variantes julgadas. Por esse motivo, ela foi selecionada para a etapa de projeto preliminar e projeto detalhado.

A variante 327 possuiu uma estrutura de superfície que permite ser montada no mesmo nível da caçamba. O seu baixo custo de fabricação pode ser atribuído às poucas partes a serem montadas e ao custo do material flexível, o que influencia também em uma fácil operação e montagem do equipamento.

A entrada dos frutos é realizada pela superfície superior, que está sempre aberta, tornando assim o coletor apto a receber os frutos no momento da colheita ou de maneira manual. O número de peças desenvolvidas para esse coletor o torna de fácil transporte e manutenção.

A operação de coleta fica a cargo de pessoas responsáveis por retirar o coletor do suporte, que, dependendo do peso do coletor preenchido, pode ser realizado por apenas uma pessoa.

3.4 Projeto preliminar

Nessa etapa foi definido que o conceito do protótipo do coletor de amostras seria dividido em duas partes básicas: o chassi e o recipiente coletor dos frutos. O chassi foi construído com perfis metálicos de aço e unido por meio de porcas e parafusos (Figura 5).

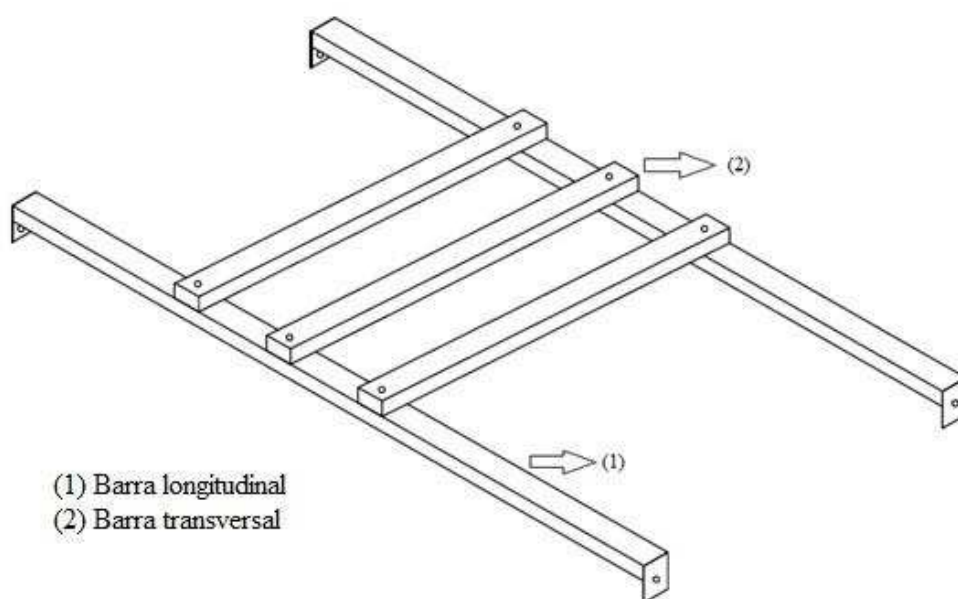


Figura 5. Elementos estruturais do chassi.

O chassi foi construído com perfis metálicos de aço que formam as barras longitudinais (1) e transversais (2). Cada perfil longitudinal possui sua medida de acordo com a largura do recipiente de transporte. As barras transversais são constituídas com o mesmo material das barras longitudinais e podem variar de quantidade de acordo com o número de recipientes coletores de amostras. Para a união entre as barras, há parafusos na extremidade das barras transversais e em qualquer ponto das barras longitudinais. Nas extremidades de cada barra longitudinal existem chapas de aço para auxiliar a fixação do chassi ao recipiente de transporte.

Na Figura 6 são apresentados os elementos que constituíram o recipiente coletor de frutos.

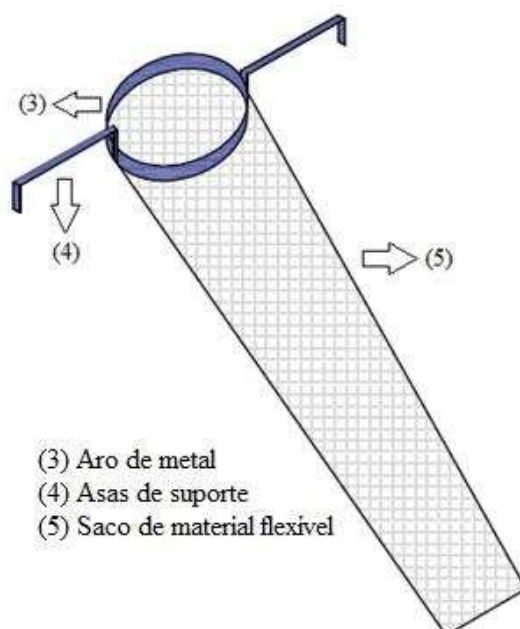


Figura 6. Elementos do recipiente coletor de frutos.

O recipiente coletor é composto por um aro metálico de aço (3), chapas de aço como asas de suporte (4) e um saco de material flexível (5). O aro (3) possui uma área interna de circunferência tendo como referência a entrada de cinco frutos da cultura colhida sendo carregados ao mesmo momento. Em suas extremidades são unidas as asas de suporte (4) que podem variar o seu tamanho de acordo com a distância entre as barras transversais (2) do chassi. O aro (3) é revestido pelo saco de material flexível (5). Cada saco (5) possui em sua extremidade superior a mesma área do aro (3), possuindo em seu corpo uma forma cônica para uma melhor

retirada do recipiente coletor da carga e com altura baseada na altura do recipiente de transporte onde serão transportados os frutos.

3.5 Projeto Detalhado

No Quadro 6 consta uma lista simplificada de materiais e peças, além do custo, em US\$, referente ao conceito do coletor de amostras desenvolvido. O custo de produção de um coletor de amostras foi expresso em dólar comercial americano, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800). Foi considerada como taxa de câmbio, o preço da moeda estrangeira, medido em unidades e frações da moeda nacional, no valor de R\$ 3,73 (20/06/2018).

Quadro 6. Lista de peças e respectivos custos aproximados em US\$.

Quantidade	Unidade	Designação	Custo unitário (US\$)	Custo (US\$)
9,70	Metro	Perfil de aço "U" 75 mm x 40 mm	6,92	67,17
14,00	Metro	Perfil de aço retang. 50 mm x 30 mm	2,19	30,63
9,50	Metro	Chapa de aço 1" x 3/16"	0,92	8,79
4,00	Unidade	Chapa de aço 4" x 3" x 5/16"	2,01	8,04
6,00	Unidade	Parafuso 2" x 7/16"	0,17	1,05
4,00	Unidade	Parafuso 2" x 1/2"	0,36	1,45
36,00	Unidade	Parafuso 3/4" x 1/8"	0,02	0,68
6,00	Unidade	Porca 7/16"	0,03	0,16
8,00	Unidade	Porca 1/2"	0,07	0,54
72,00	Unidade	Porca 1/8"	0,01	0,58
7,50	Metro	Fita antiderrapante	1,66	12,47
3,00	Metro	Material flexível	5,73	17,19
1,00	Litro	Tinta Expóxi	5,90	5,90
			Total	US\$ 154,63

O custo total de materiais para a construção do coletor foi de US\$ 154,6, onde o custo do chassi foi US\$ 82,16, dos coletores de amostras US\$ 27,59 e do suporte para a coleta de amostras US\$ 44,88.

Na Figura 7 é apresentada a vista lateral do coletor de amostras montado com seus componentes. O chassi foi construído com perfis metálicos de aço em formato “U” com reforço. Cada barra longitudinal (1) possui medidas de 2,60 m de comprimento, 75 mm de largura e 40 mm de espessura. As barras transversais (2) foram feitas com o mesmo material das barras longitudinais, diferindo-se apenas na medida de comprimento, que foi de 0,95 m. Todo o chassi possui massa aproximada de 15 kg.

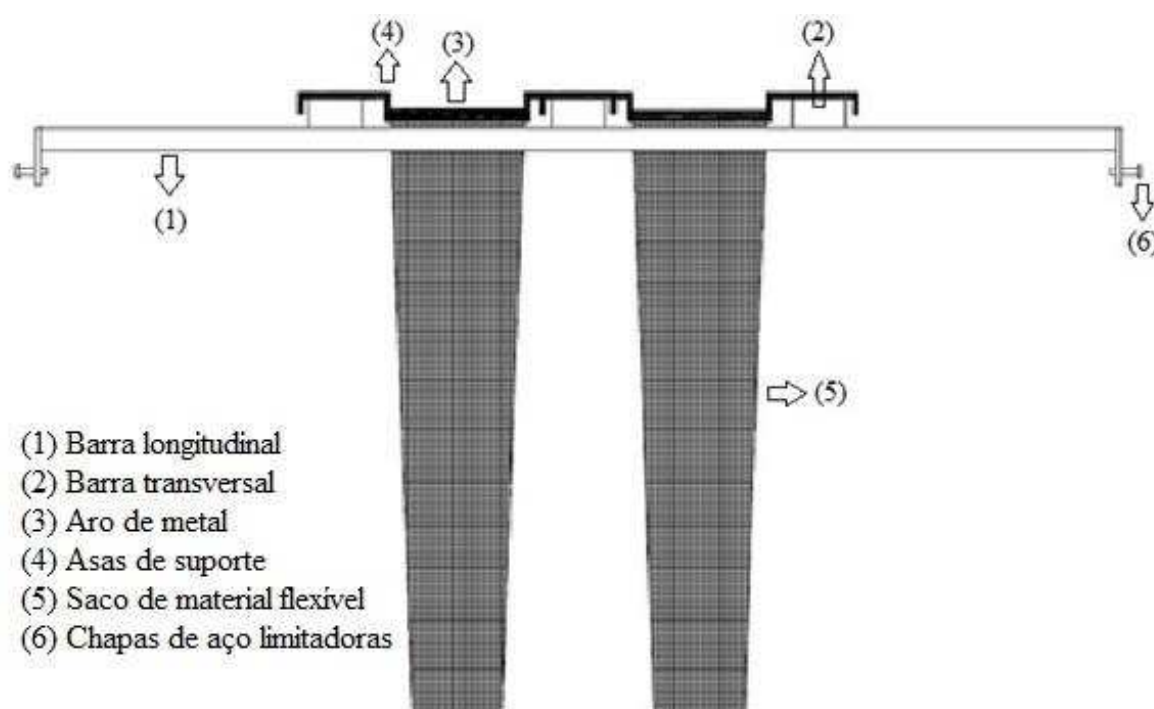


Figura 7. Vista lateral com todos os componentes montados formando o coletor.

As barras longitudinais e transversais foram unidas por parafusos sextavados com medidas 7/16” x 2”, com rosca grossa e porcas de fixação com diâmetro interno de 7/16”. Para a união das barras, os parafusos se encontravam na extremidade das barras transversais.

Nas extremidades de cada barra longitudinal (Figura 7) foram soldadas chapas de aço limitadoras (6) 4” x 3” x 5/16”, sendo, em cada chapa, soldada uma porca com diâmetro interno de 1/2” para servir como guia de parafuso (um parafuso sextavado com medidas de 2” x 1/2”). Para não haver o afrouxamento dos

parafusos, foram utilizadas porcas com diâmetro interno de 1/2" para travar o curso do parafuso na medida necessária.

A utilização de fitas antiderrapantes nos perfis que formam o chassi propiciaram ao operador uma maior segurança operacional para a retirada dos coletores de amostras. Foram gastos no chassi 7,5 m de fitas antiderrapantes.

O coletor de amostras foi composto por um aro fabricado a partir de chapas metálicas, um saco constituído por uma tela flexível e asas metálicas como suporte.

O aro do recipiente coletor de amostras (3) foi construído a partir de uma chapa de aço de 1" x 3/16" (Figura 8). O aro foi aberto em seu perímetro de circunferência para que fosse proporcionada a inserção do saco de material flexível. Suas extremidades soltas foram, posteriormente, unidas por meio de dois parafusos com cabeça de fenda e com medidas de 3/4" x 1/8" e quatro porcas com diâmetro interno de 1/8". Os orifícios localizados no corpo do aro possuem a função de auxiliar na união com a asa de suporte.

Uma tela de material flexível (5) foi escolhida para ser empregada nos sacos de amostragem (Figura 7). Cada saco possui um volume aproximado de 0,0471 m³. A escolha do material se deu por não impedir a interação dos frutos internos do coletor com os frutos externos. Outro ponto observado foi a não retenção de água expelida pelos frutos que tenham sofrido algum dano e rompido sua membrana superficial. A altura do saco foi determinada pela altura da caçamba que transportará a carga a granel, que nesse caso foi de 1,70 m.

Após a montagem de cada saco de material flexível, as asas de suporte (4) foram unidas ao aro (Figura 7). Cada asa foi construída a partir de uma chapa de aço de 1" x 3/16" e fixada ao aro por dois parafusos com cabeça de fenda, com medidas de 3/4" x 1/8" e quatro porcas com diâmetro interno de 1/8". A distância entre as extremidades das asas de suporte foi de 0,535 m.

Posteriormente, todas as partes metálicas do aparato foram pintadas com tinta Epóxi da cor branca para que ficassem devidamente protegidas contra os sais contidos na água liberada por alguns frutos e contra as intempéries causadas pelo tempo.

O coletor de amostras completo construído possuiu capacidade para seis coletas de amostras em qualquer posição x, y, z da caçamba. A retirada de maneira manual do coletor de amostras do chassi é realizada tracionando o coletor verticalmente para cima. A vista superior do coletor completo montado é demonstrada na Figura 8.

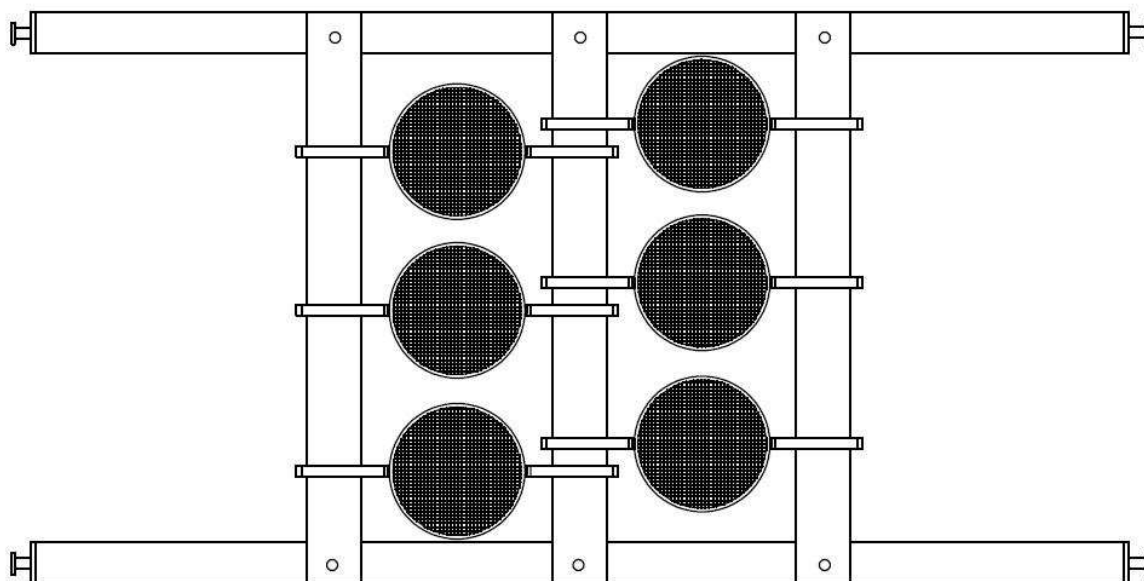


Figura 8. Vista superior do coletor de amostras completo.

O chassi do suporte (Figura 9) foi formado por canos metálicos de formato retangular com medidas de 50 mm x 30 mm. A largura do suporte foi baseada na distância entre as extremidades das asas de suporte do coletor. Sua função se justifica, enquanto não há a retirada dos frutos internos, aparar de forma vertical o amostrador.

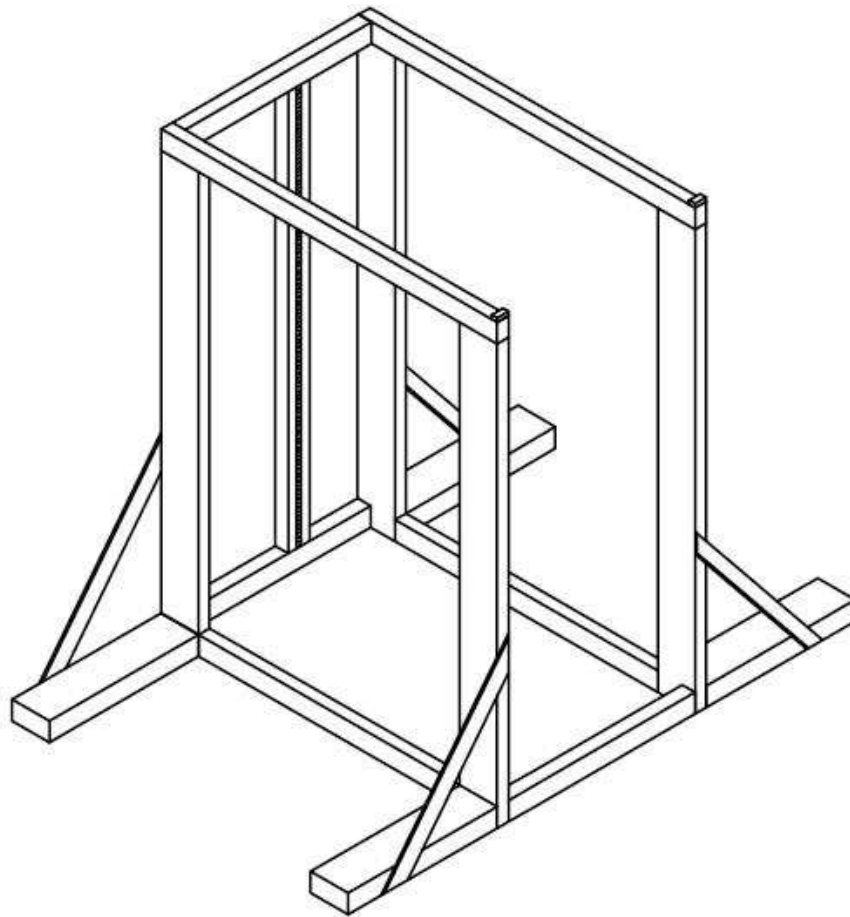


Figura 9. Suporte para retirada das amostras.

Posteriormente, as funções do coletor foram testadas em campo (Figura 10) e obtiveram êxito nas funções de: preenchimento dos sacos de amostragem, retirada das amostras, resistência do chassi ao peso dos coletores e dos operadores. Ainda não havendo prejuízo no preenchimento do restante da carga ou paradas durante a colheita para o preenchimento de coletores.



Figura 10. Coletor durante a colheita.

Após a conclusão do projeto detalhado do coletor de amostras, foi possível a elaboração de um pedido de patente, o qual foi depositado junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial, reservando, assim, os direitos da tecnologia à Universidade Federal de Viçosa, sob o número BR 10 2017 019002 1 (Figura 11).

**Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de
Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT**

Número do Processo: BR 10 2017 019002 1

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 3

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 25944455000196

Nacionalidade: Brasileira

Endereço: Campus UFV, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, sala 04.

Cidade: Vicosã

Estado: MG

CEP: 36570-900

País: Brasil

Figura 11. Depósito de pedido de patente resultante do projeto proposto.

O coletor de amostras de frutos desenvolvido é recomendado para amostragem de cargas a granel, pois seu conceito pode se adaptar aos diversos tipos de reservatórios de transporte (caçambas, carretas, etc.). Pode também possuir um número variável de recipientes coletores. É um sistema portátil, onde, após a retirada das amostras o chassi é retirado e o recipiente de transporte entra para a indústria sem nenhum elemento do coletor.

O material flexível utilizado para a confecção do saco contido no amostrador auxilia na interação dos frutos que estão dentro e fora do coletor. Essa interação simula, de maneira quase real, o comportamento da carga durante o transporte, pois o material se molda de acordo com as forças atuantes interna e externamente ao recipiente coletor. Por se tratar de uma tela, o material também não retém água que se desprende dos frutos esmagados durante o transporte, fazendo com que só sejam recolhidas as partes sólidas dos frutos.

4. Conclusões

A metodologia de projeto aplicada permitiu o desenvolvimento de um coletor de amostras para frutos transportados em cargas a granel.

A confecção dos conceitos dos mecanismos de coleta de frutos a granel permitiu a avaliação de alguns possíveis protótipos, o que resultou na escolha de um único conceito para o coletor de amostras.

Os testes de campo permitiram verificar efetividade do conceito proposto, possibilitando a amostragem de frutos durante o transporte e em diferentes posições ao longo da caçamba de carga.

O projeto desenvolvido resultou no depósito da patente referente ao conceito de coleta de frutos em cargas a granel.

5. Referências bibliográficas

ALMEIDA, L. F. M.; CONFORTO, E. C.; SILVA, S. L.; AMARAL, D. C. Fatores críticos da agilidade no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de novos produtos. *Produto & Produção*, v.13, n.1, p.93-113, 2012.

CARPES JR., W. P. Introdução ao projeto de produtos. Porto Alegre: Bookman, 2011. 229p.

CERQUEIRA-PEREIRA, E. C. Caracterização e comparação de sistemas de embalagem e transporte de mamão “solo” destinado ao mercado nacional. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. 116p.

DA CAMARA, F. M. Características qualitativas do abacaxi „Smooth Cayenne” comercializado na CEAGESP. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. 179p.

FISHER, I. H.; ALMEIDA, A. M.; ARRUDA, M. C.; BERTANI, R. M. A.; GARCIA, M. J. M.; AMORIM, L. Danos em pós-colheita de goiabas na Região do Centro-Oeste Paulista. *Bragantia*, v.70, n.3, p.570-576, 2011.

GRZEBIELUCKAS, C.; BUSON, M. A.; QUEIROZ, S. G.; ENSSLIN, S.; BALBIM, A. J. Instrumento para identificação das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento do design: um estudo ilustrado com o projeto de um automóvel. *Revista Gestão da Produção*, v.18, n.2, p.337-350, 2011.

KAUFMANN, C. C. Disposição construtiva aplicada em coletor manual de amostras para cereais. Brasil, MU 8900991-6 U2. 05/05/2009; 16/03/2010.

LUENGO, R. F. A.; HENZ, G. P.; MORETTI, C. L.; CALBO, A. G. Pós-colheita de hortaliças. Brasília: Embrapa, 2007. 100p.

MAION, J. T. Coletor de amostras de frutos carregados à granel. Brasil, PI 9004890-3 A2. 25/09/1990; 31/03/1992.

MARINI, V. K. Fatores de influência e funções técnicas no projeto de máquinas agrícolas: uma contribuição teórica. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. 181p.

MELLO, W. B. Proposta de um método aberto de projeto de produto - três alternativas de criação. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. 141p.

NICKEL, E. M.; FERREIRA, M. G. G.; FORCELLINI, F. A.; SANTOS, C. T.; SILVA, R. A. A. Modelo multicritério para referência na fase de projeto informacional do processo de desenvolvimento de produtos. Gestão e Produção, v.17, n.4, p.707-720, 2010.

PADILHA, A. C. M.; CARVALHO, F. F. de; MATTOS, P. de; GOLLO, S. S. A Gestão de design na concepção de novos produtos: uma ferramenta de integração do processo de gestão e inovação. Revista de Administração da UFSM, v.3, n.3, p.346-360, 2010.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produção – métodos e aplicações. 6ªed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005. 412p.

PÉREZ LÓPEZ, A. Modelo explicativo del efecto mecánico y fisiológico en frutos causado por las cargas dinámicas durante el transporte. Tese de Doutorado - Colégio de Postgraduados, Montecillo, México. 2014. 98p.

ROMANO, L. N. Desenvolvimento de máquinas agrícolas: planejamento, projeto e produção. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2013. 310p.

ROMANO, L. N. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. 321p.

SEVERO, R. F.; ROMANO, L. N.; BENDER, A. R. K.; BOELTER, N. M. Relação entre os fatores de influência no projeto e a estrutura funcional de uma descascadora de mandioca. Ciência Rural, v.44, n.9, p.1568-1573, 2014.

Capítulo IV

Atributos físico-químicos em resposta aos processos de colheita e transporte de frutos de tomate para processamento industrial

ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM RESPOSTA AOS PROCESSOS DE COLHEITA E TRANSPORTE DE FRUTOS DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

RESUMO: A intervenção mecânica na colheita e no transporte de hortaliças destinadas à indústria é um problema no que diz respeito à qualidade da chegada dos frutos para um posterior processamento. Poucas são as informações que remetem a essa etapa quando o transporte é realizado a granel. Portanto, diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho caracterizar o efeito da colheita mecânica e do transporte na modificação dos atributos de firmeza, acidez titulável, °Brix, pH e porcentagem de perda de massa dos frutos que chegam para processamento na indústria. O experimento foi conduzido no município de Morrinhos, Goiás, sob uma área de pivô central, em sistema de plantio direto. Neste trabalho foi utilizada uma colhedora autopropelida e um conjunto de caminhão com reboque e foram comparados os efeitos da colheita mecânica e não mecânica, além do transporte dos frutos. No transporte, foram avaliados dois pavimentos (terra e asfalto), onde, com o auxílio dos dados de vibração para controle, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em parcelas sub-sub-subdivididas avaliando o recipiente, as profundidades, a posição e o momento de retirada. Houve diferença entre os níveis e em algumas interações dos fatores analisados. Os níveis de vibração no transporte foram diferentes no que diz respeito ao pavimento de terra e de asfalto. A intervenção mecânica modificou os atributos de firmeza, acidez titulável, pH e porcentagem de perda de massa. A alteração da composição física das amostras alterou a acidez titulável e o pH durante o transporte.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., carga a granel, injúrias mecânicas, colheita mecanizada.

PHYSICAL CHEMICAL ATTRIBUTES AS RESPONSE TO THE PROCESSES OF HARVEST AND TRANSPORTATION OF TOMATO FRUITS TO PROCESSING

ABSTRACT: The mechanical intervention in the harvesting and transport of vegetables destined for industry is a problem with regard to the quality of fruit arrival for further processing. There is very little information on this stage when transport is carried out in bulk. This study was carried out to evaluate the effect of mechanical

harvesting and transport on the modification of the attributes of firmness, titratable acidity, °Brix, pH and percentage of mass loss of fruits arriving for processing in the industry. The experiment was conducted in Morrinhos, Goiás in a central pivot area with a no - tillage system. In the study, a self-propelled harvester and a truck with trailer were used. The effects of mechanical and non - mechanical harvesting, as well as fruit transport, were compared. In the transport, two roads (dirty and asphalt) were evaluated, where, with the aid of vibration data for control, a completely randomized design was used in sub-sub-subdivided plots evaluating the vessel, the depths, the position and the moment of withdrawal. There was a difference between the levels and in some interactions of the factors analyzed. The vibration levels in the transport were different with respect to the dirty road and asphalt road. The mechanical intervention modified the attributes of firmness, titratable acidity, pH and percentage of mass loss. The change in the physical composition of the samples altered the titratable acidity and pH during transport.

keywords: *Solanum lycopersicum* L.; bulk cargo, mechanical damage, mechanized harvesting.

1. Introdução

A agroindústria tomateira necessita de um tipo especial de frutos produzidos em cultura rasteira, sem tratos culturais sofisticados, e reduzido custo de produção. Os frutos precisam ter alta resistência ao transporte a granel, coloração vermelha intensa e uniforme, elevado teor de sólidos solúveis e teor de ácido cítrico (FERREIRA et al., 2017).

Os frutos de tomate são um componente de muitas dietas humanas. Infelizmente, o fruto fresco é muito suscetível a danos mecânicos durante a colheita, embalagem e transporte, e a qualidade pode ser reduzida pelo mau manuseio (LI et al., 2017). Quando se trata de frutas e hortaliças, o transporte ganha importância, uma vez que a maioria dos produtos transportados são altamente perecíveis e susceptíveis a danos (FOSCACHES et al., 2012).

Estudos que indiquem índices e causas confiáveis das perdas pós-colheita são fundamentais por constituírem requisitos para a redução de desperdícios, aumentando o lucro e a competitividade (RIBEIRO et al., 2014).

As injúrias mecânicas muitas vezes comprometem as barreiras que evitam a perda de água, pois podem danificar as camadas superficiais da epiderme, reduzindo a sua capacidade de resistir à perda de água. Danos mecânicos aos frutos, manifestados na macroescala, são causados por falhas das células na microescala (LI & THOMAS, 2014).

O reconhecimento e a prevenção de danos microscópicos às frutas, especialmente danos nos tecidos internos, células e microfissuras que resultam de compressão e impacto repetitivos ainda são desafios para a indústria de alimentos (NICOLAI et al. 2014; OPARA & PATHARE, 2014).

A ruptura da parede celular está associada diretamente com a perda de turgescência, enquanto as alterações enzimáticas nas células causam a perda da integridade do produto ao longo do tempo. Logo, é esperado que a diminuição dos valores de firmeza ao longo do tempo ocorra. A redução dos valores de firmeza de frutos através da sua maturação com o passar do tempo está relacionada à perda da integridade das membranas e das paredes celulares dos frutos (OLIVEIRA et al., 2015).

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da colheita mecanizada e do transporte sobre as características físico-químicas de frutos de tomates para processamento industrial.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Bom Jardim, localizada no município de Morrinhos-GO. A altitude média da propriedade é de 773 m, sendo sua longitude e latitude de 17° 63' 39,9" S e 49° 07' 36,8" W, respectivamente. A área experimental restringiu-se a 55 ha sob um sistema de irrigação via pivô central. O relevo local foi considerado levemente ondulado (10%) onde, anteriormente, foi cultivado milho doce. Utilizando a metodologia da Embrapa (2011) verificou-se que no momento da colheita, o solo se encontrava com o teor médio de água de 18%. O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2013).

Na área de estudo, o híbrido de tomate BA5630 da BHN foi transplantado e conduzido em sistema de plantio direto e os tratos culturais foram implantados conforme as recomendações utilizadas para o cultivo comercial.

2.2 Caracterização dos equipamentos utilizados na colheita

A colheita mecanizada foi realizada aos 127 dias após o transplântio. Para a colheita foi utilizada uma colhedora autopropelida, fabricadas pela GUARESI, modelo G-89/93 MS 40", com motor FIAT-Iveco 128,7 kW, com plataforma de recolhimento flutuante e dotada de selecionador eletrônico de frutos verdes e torrões. No transporte foi utilizado um caminhão da marca Volkswagen, modelo 31330, com motor Cummins ISL de 242,7 kW de potência e tração 6 x 4 com carroceria para transportar caçambas roll on/off de 40 m³ e um reboque com rodas duplas de 2 eixos com chassi e amortecedor próprio, da marca Imavi.

No sistema de trilha da colhedora avaliada adotou-se a configuração sugerida pelo fabricante, que consistiu de uma rotação de 12 rpm e frequência de vibração de 2,5 Hz. O sensor de separação de torrões e frutos verdes se encontrava desligado no momento da operação, sendo a seleção de frutos verdes e das impurezas realizada manualmente por cinco trabalhadores diretamente na esteira da colhedora.

2.3 Tratamentos de colheita utilizados

Antes da colheita mecânica, amostras de frutos foram colhidas manualmente para futuras comparações. Para os frutos que passaram pela colheita mecânica, as amostras foram recolhidas imediatamente após a colheita, na saída do braço de descarga e não passaram pela situação de transporte no caminhão.

Nessas duas etapas foram recolhidas oito repetições de cada tratamento, contendo dez frutos cada para uma posterior comparação com os frutos transportados. Foram realizadas as análises da variância seguidas da comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, empregando-se o programa Sisvar.

2.4 Coleta dos sinais de aceleração

No transporte dos frutos pelo conjunto caminhão/reboque foram avaliados os níveis de aceleração média geral - AMS ($m\ s^{-2}$) que caracterizam os tratamentos de vibração (pavimento de asfalto e pavimento de terra). Para caracterizar os tratamentos de vibração foram utilizados três acelerômetros axiais com faixa de medição de pico de até $\pm 490\ m\ s^{-2}$.

Os acelerômetros foram dispostos ortogonalmente, seguindo as orientações dos eixos xyz , em um ponto nas caçambas dos reboques e dos caminhões, com o objetivo de mensurar o nível de vibração (Figura 1). Para a avaliação do recipiente de transporte composto pela caçamba dos caminhões, os acelerômetros foram posicionados logo acima do eixo traseiro, onde pressupôs-se ser o local com maior nível de vibração, em virtude dos impactos sofridos durante o deslocamento pelas diferentes superfícies. Para o recipiente composto no reboque, os acelerômetros foram posicionados entre os seus eixos traseiros e dianteiros.



Figura 1. Acelerômetros e sistema de aquisição de dados montados em um recipiente de transporte.

Os sinais de aceleração foram coletados, nos três eixos ortogonais xyz (Figura 2), por meio de um sistema de aquisição de dados da *National Instruments*, modelo NI cDAQ-9174, com 4 canais, conectados ao software LabView® versão 5.0, em intervalos de tempo regulares. As medidas foram separadas durante o trajeto no pavimento de terra e no pavimento de asfalto.

As velocidades médias de deslocamento do caminhão foram de 22 km h^{-1} em trajetos de 5 a 10 minutos para o pavimento de terra e de 63 km h^{-1} em trajetos de 30 a 35 minutos para o pavimento de asfalto. O pavimento de asfalto foi classificado como regular (BRASIL, 2005).

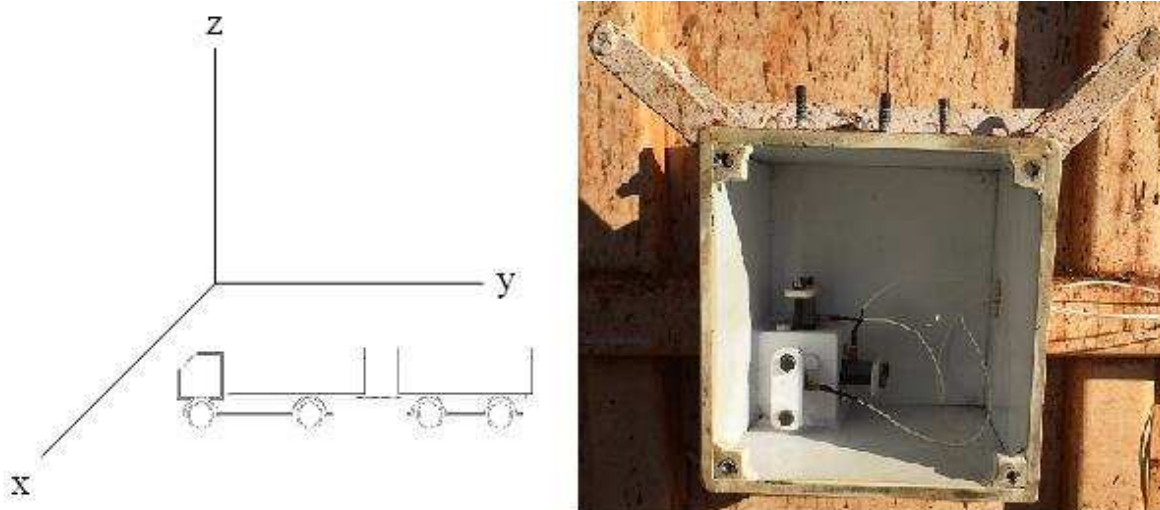


Figura 2. Disposição dos eixos xyz dos acelerômetros em relação ao sentido do caminhão.

Nos trechos pavimentados por terra e asfalto (Tratamentos) foi calculada a raiz média quadrática (Root Mean Square - RMS) dos três eixos. Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento e, posteriormente, adotadas as equações aplicadas nos estudos de Nazareno (2013) e realizados os cálculos da RMS.

2.5 Determinação da raiz média quadrática (RMS) de cada eixo

A RMS (Equação 1) foi obtida pela raiz quadrática média dos valores de aceleração instantânea ocorridos em determinado período de medição, em que RMS_x foi o valor da raiz média quadrática do eixo x, RMS_y , o valor da raiz média quadrática do eixo y e RMS_z o valor da raiz média quadrática do eixo z.

$$RMS_j = \left(\frac{\sum_t a(t)_j^2}{N} \right)^{0,5} \quad (1)$$

Ao todo, foram coletadas três repetições nos três eixos para cada recipiente de transporte e, posteriormente, os valores RMS dos diferentes trechos foram analisados estatisticamente por meio do programa Sisvar, onde foram realizadas as análises da variância, seguidas da comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.6 Parâmetros utilizados para retirada das amostras no transporte

Para a retirada dos frutos no sistema de transporte, foi instalado nas caçambas um coletor de amostras de frutos em cargas transportadas a granel desenvolvido por Machado et al. (2017) (Figura 3).



Figura 3. Coletor de amostras de cargas a granel instalado na caçamba do caminhão antes da colheita mecanizada.

Para avaliar o efeito dos tratamentos no transporte, o experimento constou de dois tipos de recipientes de transporte, três posições do coletor de amostras dentro de cada recipiente de transporte, quatro profundidades avaliadas e seis diferentes momentos de retiradas das amostras, levando em conta os procedimentos preconizados por Little & Hills (1972), conduzido em parcelas sub-sub-subdivididas, com 144 tratamentos e quatro repetições para cada unidade experimental. Na Figura 4 é apresentado o esquema experimental das parcelas divididas durante o transporte.

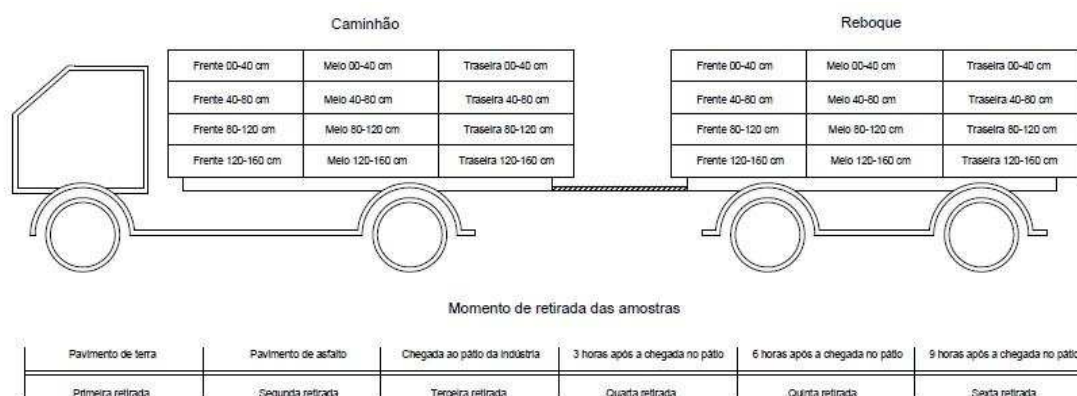


Figura 4. Esquema experimental da coleta de amostras durante o transporte.

A - Nível de parcelas: Recipiente de transporte.

1. Recipiente transportado no caminhão;
2. Recipiente transportado no reboque.

B - Nível de sub-parcelas: Posição dos coletores.

1. Posição frontal;
2. Posição central;
3. Posição traseira.

C - Nível de sub-sub-parcelas: Níveis de profundidade.

1. 00-40 cm;
2. 40-80 cm;
3. 80-120 cm;
4. 120-160 cm.

D - Nível de sub-sub-sub-parcelas: Momento de retirada.

1. Pavimento de chão;
2. Pavimento de asfalto;
3. Chegada ao pátio;
4. Três horas após a chegada ao pátio;
5. Seis horas após a chegada ao pátio;
6. Nove horas após a chegada ao pátio.

2.7 Atributos físico-químicos analisados

Posteriormente, todos os frutos colhidos (colheita manual, mecanizada e transportados) foram levados ao laboratório e analisados quanto aos atributos físico-químicos. Os atributos avaliados foram a firmeza, acidez titulável, sólidos solúveis (°Brix), pH e perda de massa.

A firmeza foi determinada pelo método do aplanador (CALBO & NERY, 1995), onde foram analisados cinco frutos por repetição e duas mensurações por fruto. A acidez titulável foi determinada pela metodologia oficial, descrita pela AOAC (2010). Para a determinação dos sólidos solúveis (°Brix) foi utilizado um refratômetro portátil da marca Instrutemp de escala 0–32 °Brix. Para os níveis de pH foi utilizado um medidor da marca Lucadema, modelo Luca 210P.

Na perda de massa, os frutos foram pesados em 0, 24, 48, 72, 96 e 120 h após a colheita. A perda foi estimada em relação à massa inicial dos frutos antes do

tratamento e após a última pesagem e seus valores foram transformados em porcentagem de perda de massa.

Foram realizadas as análises da variância seguidas da comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, empregando-se o programa Sisvar. Juntamente com as médias comparadas foi adicionado o erro padrão quando houve um número de amostras diferentes e o desvio padrão para o número de amostras iguais.

3. Resultados e discussão

3.1 Valores de aceleração média quadrática (RMS) em cada eixo analisado

Na Tabela 1 são apresentados os níveis de Aceleração Média Quadrática (RMS) para cada eixo avaliado, nos recipientes transportados, em cada pavimentação pela qual o transporte foi conduzido até sua chegada ao pátio da indústria.

Tabela 1. Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade para o RMS ($m s^{-2}$) nos diferentes eixos para cada recipiente de transporte nos diferentes tipos de pavimentação avaliados.

Recipiente	Eixo z		Eixo y		Eixo x	
	Terra	Asfalto	Terra	Asfalto	Terra	Asfalto
Caminhão	1,225 a	0,915 a	0,302 a	0,436 b	0,360 a	0,524 a
Reboque	0,766 b	1,021 a	0,345 a	0,670 a	0,406 a	0,787 a

As médias seguidas pela mesma letra, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o pavimento de terra, considerando o eixo z, os frutos transportados a granel na caçamba do caminhão sofreram os maiores níveis de vibração quando comparado com a carga transportada no reboque. Já no cenário com pavimentação asfáltica, os frutos transportados na caçamba do reboque, apesar de apresentar maior valor, não houve diferença significativa.

A velocidade de deslocamento do conjunto de transporte (caminhão/reboque) foi menor no trecho de terra, onde a tendência foi de que os recipientes com bases mais estáveis (dois apoios) apresentassem os menores níveis de vibração, resultado

que pode ser observado no eixo y. Porém, para esse mesmo eixo, no pavimento de asfalto, com a velocidade de deslocamento maior, o recipiente de transporte contido no reboque foi afetado pelos valores de aceleração média resultante, visto que o reboque estava apoiado sobre dois eixos, sendo unido ao caminhão por meio de um pino contido em seu cabeçalho, fazendo com que a folga dessa união afetasse os valores de vibração, em situações de aceleração e frenagem do conjunto transportador em uma maior velocidade.

Como o maior tempo do percurso se deu no asfalto a uma maior velocidade, esses resultados corroboraram com Freire Júnior & Soares (2014), que, enumerando as perdas nas diferentes etapas da cadeia de hortifrutigranjeiros alertaram que a falta de proteção nos caminhões para evitar a transmissão de vibrações e as estradas mal pavimentadas são alguns dos fatores que influenciam diretamente nas perdas qualitativas de produtos agrícolas durante o transporte.

3.2 Análise dos atributos físico-químicos nos tratamentos de colheita e transporte

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de análise de variância entre os tratamentos avaliados, que são compostos pelos frutos colhidos manualmente, frutos colhidos mecanicamente e os frutos colhidos e transportados mecanicamente que, doravante, são identificados como colheita manual, colhedora mecânica e transporte, respectivamente.

Tabela 2. Análise de variância para comparar os efeitos dos tratamentos (colheita manual, colhedora mecânica e transporte), em termos das médias dos atributos firmeza, acidez, brix, pH e perda de massa

	Firmeza			Acidez		°Brix		pH		Perda de massa	
	FV	GL	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM
Trat	2	1,137	5,575*	0,015	7,303*	0,049	0,258 ^{n.s.}	0,160	17,039*	147,639	23,515*
Res	589	0,204		0,002		0,189		0,009		6,278	
Total	591	0,207		0,002		0,189		0,010		6,757	

*: significativo a 5% de probabilidade, n.s.: não significativo a 5% de probabilidade.

Constatou-se que não houve diferença apenas no teor de sólidos solúveis (°Brix). Nos demais atributos físico-químicos, houve diferença entre os tratamentos

avaliados, indicando, assim, que a inserção de etapas mecanizadas durante o processo contribuiu para a mudança nas características dos frutos (Tabela 2).

Na Tabela 3 são apresentadas as médias e os erros padrão para os atributos físico-químicos avaliados para os tratamentos colheita manual (T1), colheita mecanizada (T2) e transporte (T3).

Tabela 3. Médias e os respectivos erros padrão para os atributos de firmeza ($N\ cm^{-2}$), acidez titulável (% de ácido cítrico), °Brix, pH e porcentagem de perda de massa para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	Firmeza	Acidez Titulável	°Brix	pH	Perda de Massa
T1	2,14 ±0,26 a	0,34 ±0,00 b	3,83 ±0,14 a	4,79 ±0,02 a	4,40 ±0,50 b
T2	1,65 ±0,21 ab	0,37 ±0,01 ab	3,96 ±0,09 a	4,61 ±0,01 b	9,13 ±0,71 a
T3	1,60 ±0,01 b	0,40 ±0,00 a	3,93 ±0,01 a	4,59 ±0,00 b	10,40 ±0,10 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o atributo firmeza, a colheita manual (T1) apresentou as maiores médias em relação colheita mecanizada (T2) e o transporte (T3). Por outro lado, quando os frutos foram colhidos mecanicamente, a média de firmeza foi intermediária entre os tratamentos T1 e T3.

Esse resultado indica que a firmeza do fruto tende a diminuir com as intervenções mecânicas. Resultado inverso para os tratamentos foi observado para o atributo acidez titulável. Não foram detectadas diferenças significativas entre as médias do °Brix dos três tratamentos. A colheita manual favoreceu a maior média de pH e menor perda de massa que os demais tratamentos.

A intervenção mecânica promove injúrias, mesmo que internas, resultando em redução da firmeza dos frutos, o que é evidenciado pelos resultados da porcentagem de perda de massa das amostras avaliadas. Com o aumento das injúrias, os frutos tendem a aumentar a produção de etileno e a taxa respiratória.

O etileno é um fitohormônio gasoso que, ao se ligar ao seu sítio receptor, desencadeia uma séria de reações e, em casos de dano físico, estimula a produção de enzimas de degradação de compostos da parede celular, como celulases e pectinases e com isso reduz a firmeza da polpa. O fruto ao sofrer um dano físico ativa mecanismos para selar o ferimento e com isso ocorre um aumento na atividade

respiratória, e, em contrapartida, ocorre o consumo de substância de reserva como a sacarose, levando também a um aumento da produção do ácido cítrico no ciclo de Krebs e isso explica o aumento da acidez titulável em frutos que sofreram maior injúria mecânica.

Esses resultados corroboram com Tosetti et al. (2014), que ao avaliarem duas variedades de pêsego (*Prunus persica* L. Batsch) em relação às injúrias, concluíram que as frutas frescas geralmente sofrem danos mecânicos durante a colheita, transporte e armazenamento e que as injúrias físicas são importantes no estresse abiótico, o que pode comprometer significativamente a qualidade da fruta e a vida de prateleira, bem como desencadear uma série de respostas dos fatores fisiológicos e patológicos.

Bassan et al. (2015) ao estudarem a perda de massa fresca das limas ácidas 'Tahiti' identificaram que as maiores perdas ocorreram em frutos coletados após a etapa do repouso, no final do beneficiamento e no centro de comercialização. Estes tratamentos corresponderam aos frutos que sofreram maior manipulação e, conseqüentemente, submetidos à maior quantidade de danos físicos, quando comparados com os tratamentos que não chegaram a entrar na linha de beneficiamento.

3.3 Análise de variância dos atributos físico-químicos no transporte

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da análise de variância para a avaliação dos fatores referentes ao transporte dos frutos de tomate até à indústria. Os fatores foram compostos pelo recipiente de transporte, pela posição dentro do recipiente, pela profundidade e pelo momento de retirada das amostras.

Tabela 4. Análise de variância para avaliar o efeito dos fatores recipiente (A), posição (B), profundidade (C) e momento de retirada (D) e suas respectivas interações em termos das médias dos atributos de firmeza, acidez titulável, °Brix, pH e perda de massa

		Firmeza		Acidez		°Brix		pH		Perda de massa	
FV	GL	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}
A	1	2,996	-	0,001	0,010 ^{n.s}	12,076	1,851 ^{n.s}	0,004	-	359,567	-
Res (A)	6	5,135		0,057		6,525		0,087		188,132	
B	2	0,574	6,033*	0,003	1,640 ^{n.s}	0,209	1,336 ^{n.s}	0,008	-	0,805	0,087 ^{n.s}
B*A	2	0,166	1,749 ^{n.s}	0,001	0,640 ^{n.s}	0,016	0,101 ^{n.s}	0,005	0,700 ^{n.s}	0,275	0,030 ^{n.s}
Res (B)	12	0,095		0,002		0,156		0,007		9,214	
C	3	0,411	1,828 ^{n.s}	0,064	31,260*	0,581	2,821*	0,059	-	65,138	-
C*A	3	0,028	0,123 ^{n.s}	0,002	1,200 ^{n.s}	0,164	0,797 ^{n.s}	0,008	0,868 ^{n.s}	18,420	5,137*
C*B	6	0,198	0,878 ^{n.s}	0,001	0,620 ^{n.s}	0,102	0,497 ^{n.s}	0,028	3,121*	3,556	0,992 ^{n.s}
Res (C)	54	0,225		0,002		0,206		0,009		3,586	
D	5	0,305	-	0,002	2,400*	0,033	0,376 ^{n.s}	0,086	11,860*	12,926	4,205*
D*A	5	0,397	2,708*	0,002	1,570 ^{n.s}	0,070	0,805 ^{n.s}	0,016	2,239*	4,520	1,470 ^{n.s}
D*B	10	0,100	0,683 ^{n.s}	0,000	0,460 ^{n.s}	0,079	0,912 ^{n.s}	0,011	1,460 ^{n.s}	4,918	1,600 ^{n.s}
D*C	15	0,067	0,455 ^{n.s}	0,002	1,650 ^{n.s}	0,076	0,870 ^{n.s}	0,004	0,581 ^{n.s}	4,166	1,355 ^{n.s}
Res (D)	390	0,147		0,001		0,087		0,007		3,074	
Total	575	0,198		0,002		0,191		0,010		6,357	

*: significativo a 5% de probabilidade, n.s.: não significativo a 5% de probabilidade. A: Recipiente; B: Posição; C: Profundidade; D: Retirada.

Para a firmeza dos frutos, foram obtidos efeitos significativos do fator posição (B) e da interação entre os fatores recipiente e retirada (A*D). Para a acidez titulável foram obtidos efeitos significativos dos fatores profundidade (C) e retirada (D). Para o teor de sólidos solúveis (°Brix) houve efeito significativo apenas do fator profundidade (C). Para o atributo pH foram observados efeitos significativos das interações entre recipiente e posição (A*B) e entre recipiente e retirada (A*D). Para a perda de massa foi observado o efeito significativo da retirada e da interação entre recipiente e profundidade (A*C).

A significância de alguns fatores e suas interações que foram avaliados apresentou diferentes qualidades dentro da carga a granel onde os frutos foram transportados. O tempo de retirada das amostras e os níveis de vibração durante o

transporte foram os fatores externos que mais contribuíram para esse comportamento.

3.4 Firmeza em relação à posição no recipiente de transporte

Na Tabela 5 são apresentadas as médias e desvios padrão para a firmeza dos frutos nos diferentes níveis de posição durante o transporte.

Tabela 5. Médias e os respectivos desvios padrão para a firmeza (N cm^{-2}) nas diferentes posições durante o transporte

Posição	Médias
B1	1,56 \pm 0,41 b
B2	1,59 \pm 0,45 ab
B3	1,66 \pm 0,45 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. B1: frente; B2: meio e B3: traseira.

A firmeza média foi estatisticamente menor para a posição frontal do que para a traseira, enquanto que posição do meio apresentou valor estatisticamente intermediário entre as duas. Como a carga foi transportada a granel e não em caixas, a distribuição dos frutos dentro do recipiente de transporte não foi uniforme, mantendo as extremidades do recipiente com menores alturas de carga.

Como há a inclinação para deixar as caçambas no chão do pátio da indústria, tanto as caçambas que estão acopladas no caminhão, quanto nas caçambas que estão acopladas no reboque, há necessidade de inicialmente inclinar o recipiente para que esse desacoplamento seja realizado. Como a parte traseira do recipiente de transporte continha menos frutos, há a possibilidade de haver um escoamento superficial dos frutos de tomate sem que os mesmos caiam no pátio.

3.5 Firmeza e pH nos diferentes recipientes em relação ao momento de retirada

Na Tabela 6 são apresentadas as médias e desvios padrão para os fatores de firmeza e pH para os diferentes momentos de retirada, em função dos recipientes de transporte avaliados.

Tabela 6. Médias e os respectivos desvios padrão para a firmeza ($N\ cm^{-2}$) e pH para os diferentes momentos de retirada das amostras em cada recipiente durante o transporte

Recipiente	Momento de retirada das amostras					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
FMA1	1,53 \pm 0,32 a	1,49 \pm 0,30 a	1,56 \pm 0,29 a	1,53 \pm 0,54 a	1,52 \pm 0,34 a	1,54 \pm 0,36 a
FMA2	1,62 \pm 0,45 bc	1,66 \pm 0,50 abc	1,55 \pm 0,44 c	1,80 \pm 0,55 ab	1,85 \pm 0,48 a	1,58 \pm 0,46 bc
PHA1	4,60 \pm 0,07 a	4,60 \pm 0,09 a	4,61 \pm 0,10 a	4,58 \pm 0,08 a	4,58 \pm 0,07 a	4,57 \pm 0,09 a
PHA2	4,62 \pm 0,10 a	4,64 \pm 0,12 a	4,62 \pm 0,09 a	4,54 \pm 0,07 b	4,54 \pm 0,09 b	4,56 \pm 0,09 b

As médias seguidas pela mesma letra minúscula, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FMA1: firmeza para o caminhão e FMA2: firmeza para o reboque. PHA1: pH para o caminhão e PHA2: pH para o reboque. D1: estrada de chão; D2: estrada de asfalto; D3: chegada ao pátio; D4: três horas após a chegada do caminhão no pátio; D5: seis horas após a chegada do caminhão no pátio e D6: nove horas após a chegada do caminhão no pátio.

Ao utilizar o transporte por caminhão, não foram observadas diferenças significativas para as médias de firmeza entre as diferentes retiradas. Contudo, foram observadas diferenças nas médias de firmeza ao utilizar o transporte por reboque. Os valores de aceleração média em cada eixo (Tabela 1) foram maiores no reboque, que teve uma maior parte do tempo de transporte no pavimento de asfalto do que no pavimento de terra, evidenciando assim a interferência na firmeza dos frutos.

Com uma maior modificação física da firmeza dos frutos, o resultado para o pH, nos diferentes recipientes de transporte, acompanhou esse comportamento e se modificou apenas quando as amostras foram transportadas no reboque. Um maior tempo de exposição da carga às vibrações na pavimentação asfáltica causou injúrias nos frutos e com um tempo de espera de aproximadamente nove horas até o recolhimento das últimas amostras, houve uma modificação desse atributo.

3.6 Acidez titulável e °Brix nas diferentes profundidades

Na Tabela 7 são apresentadas as médias e desvios padrão para acidez titulável e °Brix para as diferentes profundidades analisadas durante o transporte.

Tabela 7. Médias e os respectivos desvios padrão para a acidez titulável (% de ácido cítrico) e °Brix nos diferentes intervalos de profundidades (cm) durante o transporte

Profundidade	Acidez Titulável	°Brix
C1	0,38 ±0,03 c	3,90 ±0,45 a
C2	0,39 ±0,03 c	3,89 ±0,41 a
C3	0,41 ±0,04 b	3,90 ±0,43 a
C4	0,43 ±0,05 a	4,02 ±0,44 a

As médias seguidas pela mesma letra, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C1: 00-40 cm; C2: 40-80 cm; C3: 80-120 cm e C4: 120-160 cm.

Os valores da porcentagem de ácido cítrico foram crescendo de acordo com o aumento da profundidade que se encontravam as amostras. Já os valores de °Brix se mantiveram estatisticamente idênticos nas diferentes profundidades.

Uma maior quantidade de frutos danificados após a colheita mecânica e com o auxílio da compressão da coluna de frutos e o aumento da profundidade aumentou a quantidade de frutos avariados e, conseqüentemente, a taxa de respiração, aumentando assim a acidez titulável nas maiores profundidades da carga.

No caso na acidez titulável, Hendges et al. (2011), quando avaliaram a qualidade de maçãs *'Fuji Suprema'* submetidas a diferentes tipos de danos mecânicos, observaram que o dano por impacto proporcionou frutos com menor acidez titulável, nove dias após a aplicação do dano.

3.7 pH para a posição e perda de massa para o recipiente nas diferentes profundidades

Na Tabela 8 são apresentadas a médias e desvios padrão para o pH em função das diferentes profundidades, da posição e do recipiente de transporte para as amostras avaliadas e também apresentada a porcentagem de perda de massa para os diferentes recipientes em função das profundidades analisadas.

Tabela 8. Médias e os respectivos desvios padrão do pH em cada posição e da porcentagem da perda de massa em função de cada recipiente, nas diferentes profundidades (cm) durante o transporte

Atributo	Fator	Profundidade			
		C1	C2	C3	C4
pH	B1	4,60 ±0,10 ab	4,62 ±0,09 a	4,56 ±0,09 b	4,58 ±0,10 ab
	B2	4,58 ±0,10 a	4,63 ±0,07 a	4,59 ±0,09 a	4,59 ±0,09 a
	B3	4,61 ±0,09 a	4,60 ±0,08 a	4,58 ±0,09 ab	4,53 ±0,08 b
Perda de massa	A1	11,39 ±2,26 ab	10,57 ±2,28 b	11,00 ±2,62 ab	11,74 ±3,15 a
	A2	8,92 ±1,61 b	8,75 ±1,34 b	10,00 ±2,03 a	10,77 ±2,03 a

As médias seguidas pela mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. B1: frente; B2: meio e B3: traseira. A1: caminhão e A2: reboque. C1: 00-40 cm; C2: 40-80 cm; C3: 80-120 cm e C4: 120-160 cm.

Em geral pode ser observado que as médias de pH foram maiores nas camadas superficiais das posições dianteira e traseira. Na posição central, todos os valores observados foram iguais. Nas camadas superficiais foram observadas maiores médias de pH, pois nessa localização havia menores lesões causadas pela compressão dos frutos encontrados nas amostras avaliadas. Esse comportamento é evidenciado pela perda de massa ocorrida nos recipientes de transporte avaliados, onde, em maiores profundidades, foram encontradas as maiores porcentagens de perda de massa.

Em relação à perda de massa em tomates, Rab et al. (2013) concluíram que a alteração da matéria fresca pode ter sido ocasionada pela saída da água por transpiração do fruto e pela resistência do fruto em perda de umidade que pode reduzir à medida que ele amadurece.

3.8 Acidez titulável e da perda de massa para os diferentes momentos de retirada

Na Tabela 9 são apresentadas as médias e desvios padrão para a acidez titulável e para a porcentagem da perda de massa, em relação ao momento de retirada das amostras.

Tabela 9. Médias e os respectivos desvios padrão para a acidez titulável (% de ácido cítrico) e porcentagem de perda de massa nos diferentes momentos de retirada durante o transporte

Momento de retirada	Acidez titulável	Perda de massa
D1	0,40 ±0,04 a	9,84 ±2,34 b
D2	0,39 ±0,04 a	10,51 ±2,66 ab
D3	0,39 ±0,04 a	10,15 ±2,33 b
D4	0,40 ±0,04 a	10,35 ±2,80 ab
D5	0,40 ±0,04 a	10,52 ±2,24 ab
D6	0,40 ±0,04 a	10,98 ±2,42 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. D1: estrada de chão; D2: estrada de asfalto; D3: chegada ao pátio; D4: três horas após a chegada do caminhão no pátio; D5: seis horas após a chegada do caminhão no pátio e D6: nove horas após a chegada do caminhão no pátio.

Nos valores de porcentagem de perda de massa foi observada uma tendência de que quanto mais profunda se encontravam as amostras, maiores foram as perdas de massa (Tabela 8). Esse comportamento foi observado quando os frutos passaram por um maior período tempo sob compressão e com abrasão entre as suas epidermes fazendo com que houvesse uma maior perda de água dos frutos. Os desvios padrão ficaram em torno de $\pm 2,40$, apresentando, assim, que não houve grande variação de valores entre as amostras coletadas.

A acidez titulável variou de 0,39 a 0,40 em sua porcentagem de ácido cítrico nas amostras analisadas. O desvio padrão se manteve em 0,04, onde esses valores apresentaram um comportamento homogêneo das amostras. Porém, o momento de retirada não alterou significativamente essa propriedade, concluindo, assim, que nessa condição, os atributos físicos foram mais afetados que os atributos químicos.

Os tomates são muito suscetíveis à rápida perda de água, o que é determinado pela perda de massa; isto ocorre devido à epiderme fina que oferece pouca resistência à transferência de massa (GARCÍA et al., 2014).

Em tomate cereja foram encontradas perdas de massa de até 10%, após 25 dias de armazenamento a 5°C e 80 a 85% UR (FAGUNDES et al., 2015) e corroborando com o presente estudo, nota-se que os valores de perda de massa em torno de 10% são tolerados para a comercialização *in natura*. Entretanto, por se tratar de tomate indústria, acredita-se que essa perda não seja relevante quanto ao aspecto de qualidade visual, mas indica que os danos mecânicos foram decisivos na

maior perda de massa dos produtos. Em relação aos frutos que ficaram em profundidades maiores, pode-se concluir que eles foram submetidos a maiores índices de compressão.

Nesse contexto, avaliando injúrias mecânicas em mangas '*Tommy atkins*' Sousa et al. (2013), verificaram que a abrasão proporcionou maior área de dano na camada epidérmica dos frutos. Com o rompimento da epiderme, que serve de proteção e barreira natural contra a perda de umidade dos tecidos internos para o meio ambiente, as células parenquimáticas das camadas mais externas dos frutos se desidrataram refletindo no aumento da perda de massa.

4. Conclusões

Os níveis de vibração no transporte foram diferentes no que diz respeito ao pavimento de terra e de asfalto.

A intervenção mecânica diminuiu os atributos de firmeza, acidez titulável, pH e porcentagem de perda de massa.

A compressão dos frutos nas camadas inferiores da carga aumentou a perda de massa e a acidez titulável e pH.

A porcentagem de perda de massa das amostras aumentou com o acréscimo do tempo de retirada dos frutos.

5. Referências bibliográficas

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18 ed., Washington: AOAC, 2010. 1094p.

BASSAN, M. M.; MOURÃO FILHO, F. D. A. A.; ALVES, R. F.; BEZERRA, D. F.; COUTO, H. T. Z.; JACOMINO, A. P. Beneficiamento pós-colheita de lima ácida 'Tahiti' afeta sua qualidade e conservação. *Ciência rural*, v.46, n.1, p.184-190, 2016.

BRASIL - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de conservação rodoviária. 2. ed. – Rio de Janeiro, 2005. 564p.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira*, v.13, n.1, p.14-18, 1995.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011, 230p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2013, 353p.

FAGUNDES, C.; MORAES K.; PÉREZ-GAGO M.B.; PALOU, L.; MARASCHIN, M.; MONTEIRO, A.R. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, v.109, p.73-81, 2015.

FERREIRA, N.C.; VENDRUSCOLO, E.P.; SELEGUINI, A.; DOURADO, W.D.S., BENETT, C.G.S.; NASCIMENTO, A.D.R. Growth, yield and quality of tomato fruits in narrow cultivation with the use of paclobutrazol. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, v.11, n.1, p. 72-79, 2017.

FOSCACHES, C. A. L.; SPROESSER, R. L.; QUEVEDO-SILVA, F.; LIMA-FILHO, D. O. Logística de frutas, legumes e verduras (FLV): um estudo sobre embalagem, armazenagem e transporte em pequenas cidades brasileiras. *Informações Econômicas*, v.42, n.2, p.37-46. 2012.

FREIRE JUNIOR, M.; SOARES, A. G. Orientações quanto ao manuseio pré e pós-colheita de frutas e hortaliças visando a redução de suas perdas. *Embrapa Agroindústria de Alimentos - Comunicado Técnico*, 2014. 5 p.

GARCÍA, M.; CASARIEGO, A.; DÍAZ, R.; ROBLEJO, L. Effect of edible chitosan/zeolite coating on tomatoes quality during refrigerated storage. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.26, n.3, p.238-246, 2014.

HENDGES, M. V., STEFFENS, C. A., ANTONIOLLI, L. R., DO AMARANTE, C. V. T., & ZANARDI, O. Z. Qualidade de maçãs 'Fuji Suprema' submetidas a diferentes tipos de dano mecânico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n.2, 2011.

LI, Z.; ANDREWS, J.; WANG, Y. Mathematical modelling of mechanical damage to tomato fruits. *Postharvest Biology and Technology*, v.126, p.50-56, 2017.

LI, Z.; THOMAS, C. Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Science & Technology*. v.35, n.2, p.138–150. 2014.

LITTLE, T. N; HILLS, F. J. *Statistical. Methods in Agricultural Research*. Davis: University of California. 1972. 242 p.

MACHADO, T. A.; FERNANDES, H. C.; SANTOS, F. L.; MEGGUER, C. A. Coletor de amostras de frutos em cargas a granel. BR 10 2017 019002 1. 05 set. 2017. 8p.

NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, A.M.C.; VIEIRA, F.M.C.; MIRANDA, K.O.S. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.8, p.900-905, 2013.

NICOLAI, B.M; DEFRAJE, T.; KETELAERE, B.; HERREMANS, E.; HERTOOG, M.L. Non destructive measurement of fruit and vegetable quality. *Annual review of food science and technology*. v.5, p.285–312. 2014.

OLIVEIRA, G.H.H.; CORRÊA, P.C; BOTELHO, F.M.; OLIVEIRA, A.P.L.R. Mechanical properties of tomatoes subjected to an induced compression during storage. *Journal of Texture Studies*, v.46, n.4, p.293-310, 2015.

OPARA, U.L.; PATHARE, P.B. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce: a review. *Postharvest Biology and Technology*. v.91, n. p.9–24. 2014.

RAB, A.; REHMAN, H.; HAQ, I.; SAJID, M.; NAWAB, K.; ALI, K. Harvest stages and pre-cooling influence the quality and storage life of tomato fruit. *Journal of Animal and Plant Sciences*, v.23, n. 5, p.1347-1352, 2013.

RIBEIRO, T.P.; LIMA, M.A.C.; SOUZA, S.O.; ARAÚJO, J.L.P. Perdas pós-colheita em uva de mesa registradas em casas de embalagem e em mercado distribuidor. *Revista Caatinga*, v.27, n.1, p. 67–74, 2014.

SOUSA, F. A.; ROCHA, R. H. C.; SILVA, H. S. Manga 'Tommy Atkins' submetida a injúrias mecânicas pós-colheita. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, n.5, p.14-21, 2013.

TOSETTI, R.; TARDELLI, F.; TADIELLO, A.; ZAFFALON, V.; GIORGI, F.M.; GUIDI, L.; TRAINOTTI, L.; BONGHI, C.; TONUTTI, P. Molecular and biochemical responses to wounding in mesocarp of ripe peach (*Prunus persica* L. Batsch) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. v. 90, p.40–51. 2014.

Capítulo V

Classificação dos frutos de tomate em função de parâmetros de qualidade, durante a colheita mecanizada e o transporte

CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS DE TOMATE EM FUNÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE, DURANTE A COLHEITA MECANIZADA E TRANSPORTE

RESUMO: O transporte de hortaliças destinadas à indústria sempre foi um problema quando se diz respeito à qualidade da chegada dos frutos para um posterior processamento. Poucas são as informações que remetem a essa etapa quando o transporte é realizado a granel. Portanto, diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da colheita mecanizada e do transporte na qualidade dos frutos que chegam para processamento na indústria. O experimento no esquema em parcelas sub-subdivididas e no delineamento inteiramente casualizado foi realizado a partir de frutos colhidos no município de Morrinhos, Goiás sob uma área de pivô central, com um sistema de plantio direto. Neste trabalho, uma colhedora autopropelida foi utilizada para a obtenção dos frutos e um conjunto de caminhão com reboque para o transporte dos mesmos. A análise estatística foi utilizada para avaliar o efeito da colheita mecânica e do transporte na qualidade dos frutos. Foram avaliados dois pavimentos para o transporte, com o auxílio dos dados de vibração para controle. Os níveis de vibração no transporte foram diferentes no que diz respeito ao tipo de pavimentação percorrido. Os frutos colhidos mecanicamente foram afetados pelo transporte em relação aos frutos não transportados. A profundidade da carga afetou a quantidade dos frutos bons, rachados e com danos gerais. O momento de retirada afetou a quantidade de frutos com danos gerais.

Palavras chave: carga a granel, injúrias mecânicas, colheita mecanizada.

CLASSIFICATION OF TOMATO FRUITS IN THE FUNCTION OF QUALITY PARAMETERS, DURING MACHINING AND TRANSPORTATION

ABSTRACT: The transport of vegetables destined for industry has always been a problem when it comes to the quality of fruit arrival for further processing. There is very little information on this stage when transport is carried out in bulk. Therefore, the present work aimed to evaluate the effect of mechanized harvesting and transport on the quality of the fruits that arrive for processing in the industry. The experiment in the scheme in split - split plots and in the completely randomized design was carried out from fruits harvested in the municipality of Morrinhos, Goiás under a central pivot area with a no - tillage system. In this work a self-propelled

harvester was used to obtain the fruits and a truck set with trailer to transport them. Statistical analysis was used to evaluate the effect of mechanical harvest and transport on fruit quality. Two floors were evaluated for transport, where with the aid of vibration data for control. The vibration levels in the transport were different with respect to the type of pavement when transported. The fruits harvested mechanically were affected by the transport in relation to the fruits not transported. The depth of the load affected the amount of the good, cracked fruits and with general damage. The withdrawal moment affected the amount of fruits with general damage.

keywords: bulk cargo, mechanical injuries, mechanized harvest.

1. Introdução

Frutos frescos de tomate são muito procurados porque são parte importante da dieta de milhões de pessoas no mundo (PINHEIRO et al., 2013). Atualmente, o Brasil é o 5º maior produtor mundial de tomate para processamento industrial. Dentre os Estados brasileiros com maior produção na variedade para processamento industrial, destaca-se o estado de Goiás, com uma área transplanteda de 12.670 ha e uma produtividade média de 75 toneladas ha⁻¹ (CAMARGO et al., 2016).

Frutas, verduras e legumes podem experimentar várias condições de carga durante o manuseio, transporte e armazenamento. Essas cargas podem ser dinâmicas, estáticas e, principalmente, em condições reais, uma combinação de ambas situações existentes (OPARA & PATHARE, 2014).

A segurança alimentar no processamento dos alimentos e a eficiência agrícola exigem qual ação deve ser tomada para minimizar as perdas pós-colheita. Li (2013) afirma que, para danos superficiais ou injúrias, normalmente, é necessário o armazenamento por vários dias e, em seguida, uma análise sensorial (toque/visual), porque o escurecimento de tecidos de tomates danificados não é visível.

Li et al. (2016), afirmam que é difícil investigar com precisão o efeito no dano interno de fatores como a aplicação de forças externas durante a colheita, embalagem e transporte; e é inatingível para os produtores agroindustriais, especialmente em fábricas de embalagens de frutas, classificar frutos de tomate manipulados em diferentes graus de dano para manuseio visando, ou não, o seu armazenamento com base na gravidade do dano interno. Os danos mecânicos aos

frutos, manifestados na macroescala, são causados pelo rompimento das células na micro-escala (LI & THOMAS, 2014).

Injúrias podem ocorrer durante colheita, transporte, classificação, embalagem e pode ser causada por impacto, compressão, abrasão, perfuração, ou várias ações combinadas (LI & THOMAS, 2014).

Os padrões internacionais sugerem o uso de dados médios de vibração em combinação com o tempo de compressão (ou seja, as vibrações são artificialmente amplificadas para reproduzir melhor o dano ao produto) para simular o transporte. Como uma sequência, os níveis de densidade espectral de potência diferem daqueles medidos na realidade (BOROCZ & SINGH, 2016). Mesmo o uso de compressão de tempo em combinação com dados médios de vibração pode não replicar danos que são produzidos por condições externas causadas pelo transporte.

As forças decorrentes do processo de vibração durante o transporte são difíceis de evitar. Danos por contusão que reduzem a qualidade geral e o valor econômico de um produto afetado são os resultados das forças de impacto. A incidência dessas forças é difícil de ser eliminada durante a produção extensiva e distribuição de produtos hortícolas (FADIJI et al., 2016).

Tendo em vista a grande produção e consumo de tomates no Brasil, associados à elevada perda pós-colheita e a escassez de pesquisas na área, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do transporte na qualidade de frutos, classificados de acordo com a portaria do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 2002.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Bom Jardim, localizada no município de Morrinhos - GO. A altitude média da propriedade é de 773 m, sendo sua longitude e latitude de 17° 63' 39,9" S e 49° 07' 36,8" W, respectivamente. A área experimental restringiu-se a 55 ha sob um sistema de irrigação via pivô central. O relevo local foi considerado levemente ondulado (10%) onde, anteriormente, foi cultivado milho doce. Utilizando a metodologia da Embrapa (2011) verificou-se que no momento da colheita, o solo se encontrava com o teor médio de água de 18%. O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2013).

Na área de estudo, o híbrido de tomate BA5630 da BHN foi transplantado e conduzido em sistema de plantio direto e os tratos culturais foram implantados conforme as recomendações utilizadas para o cultivo comercial.

2.2 Caracterização dos equipamentos utilizados na colheita

A colheita mecanizada foi realizada aos 127 dias após o transplântio. Para a colheita utilizou-se uma colhedora autopropelida, fabricada pela GUARESI, modelo G-89/93 MS 40", com motor FIAT-Iveco 128,7 kW, com plataforma de recolhimento flutuante e dotada de seccionador eletrônico de frutos verdes e torrões. No transporte foi utilizado um caminhão da marca Volkswagen, modelo 31330, com motor Cummins ISL de 242,7 kW de potência e tração 6 x 4 com carroceria para transportar caçambas roll on/off de 40 m³ e um reboque com rodas duplas de 2 eixos, com chassi e amortecedor próprio, da marca Imavi.

No sistema de trilha da colhedora avaliada adotou-se a configuração sugerida pelo fabricante, a qual consistiu de uma rotação de 12 rpm e frequência de vibração de 2,5 Hz. O sensor de separação de torrões e frutos verdes se encontrava desligado no momento da operação, sendo a seleção de frutos verdes e das impurezas realizada manualmente por cinco trabalhadores diretamente na esteira da colhedora.

2.3 Tratamento de colheita utilizado

Para os frutos que passaram pela colheita mecânica, as amostras foram recolhidas imediatamente após a colheita, na saída do braço de descarga e não passaram pela situação de transporte no caminhão.

Foram recolhidas oito repetições nesse tratamento, contendo dez frutos cada para uma posterior comparação com os frutos transportados. Foram realizadas as análises da variância seguidas da comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, empregando-se o programa Sisvar.

2.4 Coleta dos sinais de aceleração

Foram avaliados dois recipientes de transporte dos frutos: caçamba e reboque. Durante o transporte dos frutos foram avaliados os níveis de aceleração média geral

- AMS ($m s^{-2}$) que caracterizam os tratamentos de vibração (pavimento de asfalto e pavimento de terra). Para caracterizar os tratamentos de vibração foram utilizados três acelerômetros uniaxiais de alta sensibilidade, modelo que possui faixa de medição de pico de até $\pm 490 m s^{-2}$.

Os acelerômetros foram acoplados e dispostos com orientação em três eixos ortogonais (xyz), em um ponto nas caçambas dos caminhões, com o objetivo de mensurar o nível de vibração (Figura 1). A localização desses acelerômetros na caçamba foi logo acima do eixo traseiro do caminhão, onde pressupôs-se a ocorrência dos maiores níveis de vibração, devido aos impactos sofridos durante o deslocamento pelas superfícies dos pavimentos. Para o transporte dos frutos via reboque, os acelerômetros foram posicionados entre os eixos traseiro e dianteiro do reboque.



Figura 1. Acelerômetros e sistema de aquisição de dados montados em um recipiente de transporte.

Os sinais de aceleração foram coletados, nos três eixos ortogonais xyz (Figura 2), por meio de um sistema de aquisição de dados da *National Instruments*, modelo NI cDAQ-9174, com 4 canais, conectados ao software LabView® versão 5.0, em intervalos de tempo regulares. As medidas foram separadas durante o trajeto no pavimento de terra e no pavimento de asfalto. As velocidades médias de deslocamento do caminhão foram de $22 km h^{-1}$ em trajetos de 5 a 10 minutos para o pavimento de terra e de $63 km h^{-1}$ em trajetos de 30 a 35 minutos para o pavimento de asfalto. O pavimento de asfalto foi classificado como regular (BRASIL, 2005).

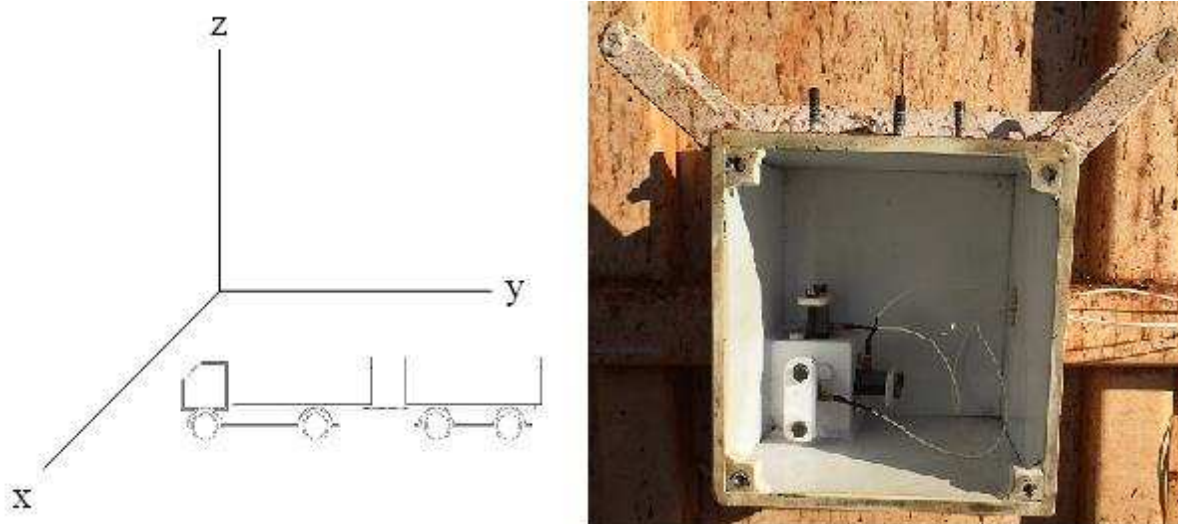


Figura 2. Disposição dos eixos xyz dos acelerômetros em relação ao sentido do caminhão.

2.5 Determinação da raiz média quadrática (RMS) de cada eixo

Nos trechos pavimentados por terra e asfalto foi calculada a raiz média quadrática (Root Mean Square - RMS) dos três eixos, adotando-se as equações aplicadas nos estudos de Nazareno (2013).

A RMS (Equação 1) foi obtida pela raiz quadrática média dos valores de aceleração instantânea ocorridos em determinado período de medição, em que RMS_x foi o valor da raiz média quadrática do eixo x, RMS_y , o valor da raiz média quadrática do eixo y e RMS_z o valor da raiz média quadrática do eixo z.

$$RMS_j = \left(\frac{\sum_t a(t)_j^2}{N} \right)^{0,5} \quad (1)$$

2.6 Determinação da aceleração média resultante (AMR)

A aceleração média resultante (Equação 2), deu-se por meio da raiz quadrada do somatório dos quadrados da RMS nos eixos xyz, ou seja, em que $a_j(t)$ foi o valor observado da aceleração instantânea no eixo j (x, y ou z) e no tempo t ($t = 1, 2, \dots, N$), sendo N o número total de observações no respectivo eixo. Os valores RMS dos três eixos e da RMS resultante (AMR) foram empregados para caracterizar os dois tratamentos avaliados.

$$AMR = (RMS_x^2 + RMS_y^2 + RMS_z^2)^{0,5} \quad (2)$$

Ao todo foram coletadas três repetições, nos três eixos para cada recipiente de transporte e, posteriormente, os valores RMS dos diferentes trechos foram analisados estatisticamente por meio do programa Sisvar, onde foram realizadas as análises da variância seguidas da comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.7 Parâmetros utilizados para retirada das amostras no transporte

Para a retirada dos frutos no sistema de transporte, foi instalado nas caçambas um coletor de amostras de frutos em cargas transportadas a granel desenvolvido por Machado et al. (2017) (Figura 3).



Figura 3. Coletor de amostras de cargas a granel instalado na caçamba do caminhão antes da colheita mecanizada.

Para avaliar o efeito dos tratamentos no transporte, o experimento constou de dois tipos de recipientes de transporte, três posições do coletor de amostras dentro de cada recipiente de transporte, quatro profundidades avaliadas e seis diferentes momentos de retiradas das amostras, levando em conta os procedimentos preconizados por Little & Hills (1972), conduzido em parcelas sub-sub-subdivididas, com 144 tratamentos e quatro repetições para cada unidade experimental. Na Figura 4 é apresentado o esquema experimental das parcelas divididas durante o transporte.

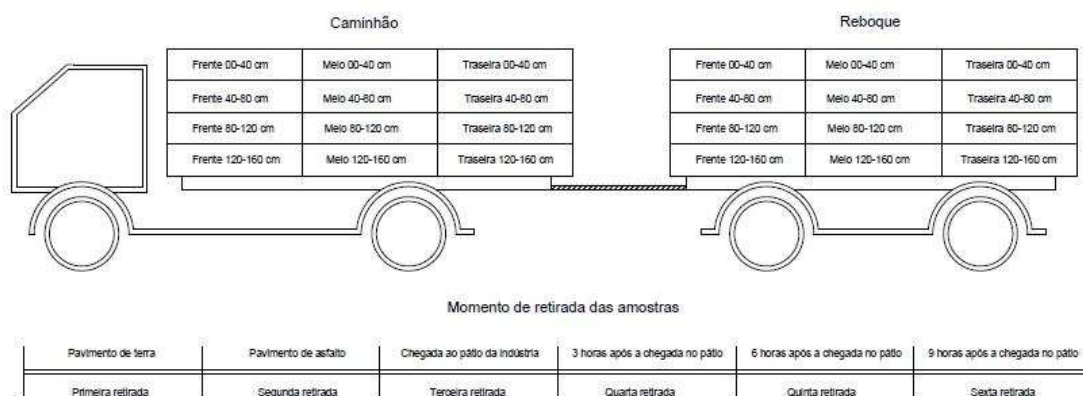


Figura 4. Esquema experimental da coleta de amostras durante o transporte.

A - Nível de parcelas: Recipiente de transporte.

1. Recipiente transportado no caminhão;
2. Recipiente transportado no reboque.

B - Nível de subparcelas: Posição dos coletores.

1. Posição frontal;
2. Posição central;
3. Posição traseira.

C - Nível de sub-subparcelas: Níveis de profundidade.

1. 00-40 cm;
2. 40-80 cm;
3. 80-120 cm;
4. 120-160 cm.

D - Nível de sub-sub-subparcelas: Momento de retirada.

1. Pavimento de chão;
2. Pavimento de asfalto;
3. Chegada ao pátio;
4. Três horas após a chegada ao pátio;
5. Seis horas após a chegada ao pátio;
6. Nove horas após a chegada ao pátio.

2.8 Classificação do MAPA de 2002

Após a classificação dos frutos, o peso de cada quantidade de frutos classificados foi transformado em porcentagem em relação ao peso total contido em cada caixa.

Os frutos foram classificados em: bons, rachados, brocados, verdes e com danos gerais. Foram considerados frutos bons os sadios, com coloração avermelhada, uniforme, sem pedúnculo, fisiologicamente desenvolvido, com diâmetro horizontal maior que 15 (quinze) milímetros, limpo, com textura de polpa firme e avermelhada, livre de danos mecânicos, fisiológicos, pragas e doenças.

Frutos rachados se apresentam com uma fenda profunda (lôculo visível), não cicatrizada, expondo os tecidos internos e ocasionando perda de líquido. Brocados possuem a presença de larvas, ou seus efeitos (furos). Os verdes não atingiram seu completo desenvolvimento fisiológico, apresentando mais de 50% de sua superfície verde. Danos gerais são defeitos que comprometem a apresentação e a qualidade do tomate.

3. Resultados e discussão

3.1 Valores de aceleração média resultante (AMR)

Na Tabela 1 são apresentados os níveis de Aceleração Média Resultante (AMR; $m s^{-2}$), para os recipientes transportados em cada pavimentação pela qual o transporte foi conduzido até a sua chegada ao pátio da indústria.

Tabela 1. Aceleração Média Resultante (AMR) ($m s^{-2}$) para cada recipiente de transporte avaliado nos diferentes tipos de pavimentação

Recipiente	Terra	Asfalto
Caminhão	1,313 a	1,154 b
Reboque	0,939 b	1,479 a

As médias seguidas pela mesma letra, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No pavimento de terra, o transporte dos frutos no caminhão apresentou maior média de vibração quando comparado com o transporte no reboque. Já na pavimentação de asfalto, o transporte no reboque apresentou uma maior média de aceleração do que o transporte no caminhão. A velocidade de deslocamento do conjunto de transporte (caminhão/reboque) foi menor no trecho de terra, onde a tendência foi de que os recipientes com bases mais estáveis (dois apoios) possuíssem menores níveis de vibração. No pavimento de asfalto, com a velocidade

de deslocamento maior, o recipiente de transporte contido no reboque foi afetado pelos valores de aceleração média resultante, visto que o reboque estava apoiado sobre dois eixos e, contanto, unido ao caminhão por meio de um pino contido em seu cabeçalho.

Freire Júnior & Soares (2014) destacaram que as perdas nas diferentes etapas da cadeia hortifrutícola alertaram que a falta de proteção nos caminhões para minimizar a transmissibilidade de vibração e as estradas mal pavimentadas são alguns dos fatores que influenciam diretamente nas perdas qualitativas no transporte de produtos agrícolas.

3.2 Análise dos tratamentos de colheita mecânica e transporte

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise de variância para os frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais. Os tratamentos utilizados para cada classificação foram compostos pelos frutos que foram colhidos mecanicamente e não foram transportados no caminhão e pelos frutos que foram colhidos mecanicamente e transportados pelo caminhão.

Tabela 2. Análise de variância para avaliar o efeito dos tratamentos em termos da média de porcentagem de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais de acordo com a classificação proposta pela portaria do MAPA (2002)

		Bons		Rachados		Danos Gerais	
FV	GL	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}
Trat	1	5560,31651	32,30*	788,42569	7,68*	1550,92342	17,93*
Res	583	172,15942		102,70052		86,51055	
Total	591	181,40154		103,87672		89,02241	

*: significativo a 5% de probabilidade, n.s.: não significativo a 5% de probabilidade.

Em todas as classificações houve diferença entre os tratamentos avaliados, mostrando, assim, que o transporte afeta a quantidade dos frutos dentro de cada classificação mesmo após a colheita mecanizada. Esse comportamento se deu provavelmente devido ao tempo de exposição dos frutos a cada tratamento, onde, na colhedora, o fruto passou menos tempo do que no transporte.

Na Tabela 3 são apresentadas as médias e erros padrão para a porcentagem média de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais para frutos

que passaram apenas pela colhedora (Colhedora) e frutos que foram colhidos e transportados (Transporte).

Tabela 3. Médias e os respectivos erros padrão para a porcentagem média de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais, de acordo com a classificação proposta pela portaria do MAPA (2002) para os tratamentos: Colhedora (T1) e Transporte (T2).

Tratamento	Bons	Rachados	Danos Gerais
T1	70,92 ±3,15 a	13,40 ±2,41 b	8,84 ±0,88 b
T2	44,38 ±0,54 b	23,39 ±0,42 a	22,86 ±0,38 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o tratamento (T1) houve uma maior porcentagem média de frutos bons e de menor porcentagem média de frutos rachados e com danos gerais. O comportamento inverso foi observado nos valores para (T2), em que foi observada uma tendência de menor porcentagem média de frutos bons e maior porcentagem média de rachados e com danos gerais.

A porcentagem média de frutos bons diminuiu após o transporte dos frutos, pois, observou-se apenas 44,38% de frutos bons após o transporte a qual é estatisticamente menor do que a de 70,92% observada nos frutos que não foram transportados. Por outro lado, menores porcentagens de frutos rachados e com defeitos gerais foram observadas após o transporte dos frutos em comparação ao observado após a colheita mecanizada (Tabela 3). Esse comportamento pode ser creditado ao fato de que os frutos transportados passaram por um maior tempo de exposição a vibrações e contatos diretos com outros frutos.

Os menores erros padrão nas classificações foram encontrados nos frutos transportados. Esses valores foram obtidos devido a uma maior quantidade de amostras nesse tratamento.

Li & Thomas (2014) concluíram que além da colheita mecânica, o avanço da maturação do fruto ou o aumento dos níveis de vibração aumentam a susceptibilidade das frutas embaladas ao dano por compressão. Os fatores (amadurecimento e exposição a vibração) são inter-relacionados e juntos determinam a intensidade do dano de compressão infligido em frutas.

3.3 Análise de variância para as amostras do transporte

Na Tabela 4 é apresentada a análise de variância para os frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais dentro das variações ocorridas durante o transporte do tomate colhido mecanicamente e transportado a granel.

Tabela 4. Análise de variância para avaliar o efeito dos fatores recipiente (A), posição (B), profundidade (C) e momento de retirada (D) e suas respectivas interações em termos das porcentagens médias dos frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais de acordo com a classificação proposta pela portaria do MAPA (2002)

FV	GL	Bons		Rachados		Danos Gerais	
		QM	F _{calc}	QM	F _{calc}	QM	F _{calc}
A	1	1826,33	-	87,82	0,14 ^{n.s.}	2013,69	9,65*
Res (A)	6	624,40		643,18		208,71	
B	2	15,62	-	50,51	0,62 ^{n.s.}	173,82	1,15 ^{n.s.}
B*A	2	804,90	7,11*	234,24	2,88 ^{n.s.}	472,25	3,12 ^{n.s.}
Res (B)	12	113,14		81,39		151,38	
C	3	12642,28	118,16*	5270,83	79,42*	2795,61	37,31*
C*A	3	75,21	0,70 ^{n.s.}	85,12	1,28 ^{n.s.}	197,14	2,63 ^{n.s.}
C*B	6	96,13	0,90 ^{n.s.}	69,54	1,05 ^{n.s.}	17,54	0,23 ^{n.s.}
Res (C)	54	106,99		66,36		74,92	
D	5	1759,37	-	61,62	0,89 ^{n.s.}	1098,60	21,00*
D*A	5	49,93	0,66 ^{n.s.}	124,72	1,79 ^{n.s.}	31,70	0,61 ^{n.s.}
D*B	10	166,44	2,19*	58,08	0,84 ^{n.s.}	79,98	1,53 ^{n.s.}
D*C	15	94,69	1,25 ^{n.s.}	69,52	1,00 ^{n.s.}	41,28	0,79 ^{n.s.}
Res (D)	390	75,93		69,50		52,32	
Total	575	173,28476		173,28476		173,28476	

*: significativo a 5% de probabilidade, n.s.: não significativo a 5% de probabilidade. A: Recipiente; B: Posição; C: Profundidade; D: Retirada.

Para os frutos bons foram observadas interações significativas de recipiente com posição (B*A) de posição com retirada (B*D). Além disso, foi observado que o efeito principal de profundidade (C) foi significativo. Para frutos rachados, apenas o efeito de profundidade foi significativo. Nos frutos classificados com danos gerais,

foram detectados como significativos apenas os efeitos principais de recipiente, profundidade e retirada.

A significância de alguns fatores e suas interações que foram avaliados apresentou diferentes classificações dentro da carga transportada a granel. O tempo de retirada das amostras e os níveis de vibração durante o transporte foram os fatores externos que mais contribuíram para esse comportamento.

3.4 Quantidade de frutos bons em relação à posição em cada recipiente de transporte

Na Tabela 5 são apresentadas as médias e desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, nos diferentes níveis de posições para cada recipiente de transporte.

Tabela 5. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, de acordo com a portaria do MAPA (2002), para as diferentes posições em cada recipiente durante o transporte

Recipiente	Posição		
	B1	B2	B3
A1	44,86 ±12,21 a	42,47 ±12,03 ab	40,45 ±12,16 b
A2	44,01 ±14,50 a	46,79 ±13,30 a	47,68 ±13,52 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A1: caminhão e A2: reboque. B1: frente; B2: meio e B3: traseira.

No reboque, as porcentagens médias de frutos bons foram estatisticamente idênticas nas três posições avaliadas. Entretanto, para caçamba, não foi observado tal comportamento. As diferenças observadas devem-se ao fato de que a posição final se encontrava próxima ao eixo traseiro da caçamba do caminhão. Com isso, nesse local houve maior vibração, resultando assim, em menor porcentagem de frutos classificados como bons na posição traseira. Em contrapartida, a posição frontal, localizada longe do eixo de maior vibração, ou seja, entre os eixos traseiro e dianteiro do caminhão, observou-se maior porcentagem média de frutos classificados como bons, possivelmente devido ao menor efeito de compactação de frutos no local.

Corroborando com o presente resultado, Van Zeebroeck et al. (2008), ao avaliarem as cargas de maçãs transportadas em caixas concluíram que as

simulações de danos causados durante a passagem de um caminhão ao longo de uma lombada de velocidade mostraram que as cargas mais elevadas tiveram menores valores de injúrias e que as maçãs localizadas em caixotes a granel, atrás do eixo traseiro sofreram mais danos do que aquelas em caixas na frente do eixo traseiro.

Mesmo com um acondicionamento em caixas para transporte de frutos Soleimani & Ahmadi (2014), concluíram que a quantidade de frutos danificados durante o transporte está relacionada com a posição da caixa na pilha e a posição dessa pilha no veículo são a causa de danos por vibração devido ao transporte do fruto.

3.5 Quantidade de frutos bons, rachados e com danos gerais em relação à profundidade

Na Tabela 6 são apresentadas as médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais nos diferentes níveis de profundidade analisados.

Tabela 6. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais, de acordo com a portaria do MAPA (2002), nas diferentes profundidades (cm) durante o transporte

Profundidade (cm)	Bons	Rachados	Danos Gerais
C1	52,1 ±10,51 a	16,55 ±7,69 d	20,07 ±8,54 c
C2	50,81 ±10,58 a	20,86 ±8,65 c	19,47 ±7,87 c
C3	42,88 ±10,44 b	25,55 ±9,08 b	22,8 ±8,32 b
C4	31,72 ±9,99 c	30,6 ±9,40 a	29,1 ±9,42 a

As médias seguidas pela mesma letra, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C1: 00-40 cm; C2: 40-80 cm; C3: 80-120 cm e C4: 120-160 cm.

Nos frutos classificados como bons, as maiores porcentagens médias foram observadas nas camadas superficiais. Esses valores ficaram acima dos 50%, classificando a carga de acordo com a portaria do MAPA (2002) como “Especial”. Após 80 cm de profundidade, os valores foram estatisticamente diferentes entre as duas últimas camadas, em que para a camada de 120 – 160 cm os frutos bons foram apenas 31,72% da carga amostrada. Este comportamento é explicado pela

compressão que os frutos das camadas superiores exercem sobre as camadas inferiores, gerando maiores danos e rachaduras nos frutos analisados.

Nesse contexto, Vigneault et al. (2009) ao avaliarem o processo do transporte de produtos hortícolas frescos concluíram que os danos por compressão ocorrem quando as frutas estão sobrecarregadas, onde, geralmente, o peso da carga é suportado pelo produto ou pelo recipiente na maioria dos sistemas de manuseio de frutas e que o dano de vibração é proeminente em veículos equipados com sistemas de suspensão de folhas e molas de aço.

3.6 Quantidade de frutos bons em relação à posição em cada momento de retirada

Na Tabela 7 são apresentadas as médias e desvios padrão para a porcentagem de frutos bons para os diferentes momentos de retirada em cada posição durante o transporte.

Tabela 7. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como bons, de acordo com a portaria do MAPA (2002), para as diferentes retiradas em cada posição durante o transporte

Posição	Retirada					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
B1	51,49 ±1,32 a	44,36 ±12,01 b	45,56 ±12,35 ab	42,64 ±12,09 b	41,55 ±14,51 b	41,00 ±15,63 b
B2	52,89 ±1,62 a	47,84±12,24 ab	45,8 ±11,94 bc	44,17 ±12,59 bc	39,92 ±11,75 cd	37,14 ±11,28 d
B3	46,66 ±12,66 ab	49,99 ±14,36 a	46,90 ±13,98 ab	41,21 ±10,75 bc	39,65 ±10,14 c	39,99 ±14,70 c

As médias seguidas pela mesma letra minúscula, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. B1: frente; B2: meio e B3: traseira. D1: estrada de chão; D2: estrada de asfalto; D3: chegada ao pátio; D4: três horas após a chegada do caminhão no pátio; D5: seis horas após a chegada do caminhão no pátio e D6: nove horas após a chegada do caminhão no pátio.

Em cada uma das posições analisadas dentro dos recipientes de transporte, foram detectadas diferenças significativas entre as médias observadas de frutos bons nos diferentes momentos de retirada. Em cada uma das posições dos coletores foi observada maior porcentagem média de frutos classificados como bons na retirada realizada na estrada de chão, sendo que apenas nas posições frontal e central, a carga seria classificada como “Especial”. Nas demais retiradas, todas as amostras tiveram uma porcentagem de frutos bons entre 37,14 e 49,99%.

O trajeto e o tempo de espera no pátio foram determinantes para as diferentes porcentagens de frutos considerados bons, uma vez que os fatores de vibração e do peso das camadas de frutos superficiais sobre as camadas inferiores aumenta a porcentagem de frutos rachados e com danos gerais e diminuem a porcentagem de frutos sem injúrias.

3.7 Quantidade de frutos com danos gerais em relação cada recipiente de transporte

Na Tabela 8 são apresentados os valores das médias e dos respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como danos gerais nos diferentes recipientes de transporte.

Tabela 8. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados com danos gerais, de acordo com a portaria do MAPA (2002), nos diferentes recipientes de carga durante o transporte

Recipiente	Médias
A1	24,73 ±8,93 a
A2	20,99 ±9,40 b

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A1: caminhão e A2: reboque.

A caçamba apresentou maior porcentagem média de frutos com danos gerais. Tal resultado pode ser devido ao maior tempo de exposição a vibração nesse tipo de transporte. A caçamba tinha como apoio sob ele apenas o eixo traseiro, enquanto o reboque tinha dois eixos em suas extremidades, aumentando a sua estabilidade e diminuindo o efeito da vibração (Figura 4).

3.8 Quantidade de frutos com danos gerais em relação a cada momento de retirada

Na Tabela 9 são apresentadas as médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados como danos gerais para os diferentes momentos de retirada durante o transporte e a espera no pátio.

Tabela 9. Médias e os respectivos desvios padrão para a porcentagem de frutos classificados com danos gerais, de acordo com a portaria do MAPA (2002), nas diferentes retiradas durante o transporte

Retirada	Médias
D6	27,64 ±10,31 a
D5	25,84 ±8,90 ab
D4	23,38 ±9,10 bc
D3	21,12 ±8,92 cd
D2	20,26 ±8,60 cd
D1	18,93 ±7,02 d

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. D1: estrada de chão; D2: estrada de asfalto; D3: chegada ao pátio; D4: três horas após a chegada do caminhão no pátio; D5: seis horas após a chegada do caminhão no pátio e D6: nove horas após a chegada do caminhão no pátio.

De maneira geral, pode ser observado que à medida que o tempo de retirada aumenta, a porcentagem média de frutos com danos gerais também aumenta. Na retirada das amostras após o percurso da estrada de chão até à chegada dos recipientes no pátio da indústria, não houve diferenças entre a porcentagem dessa classificação nas amostras.

Após a chegada dos recipientes no pátio, o tempo de espera contribuiu, principalmente, para os resultados encontrados após seis horas de espera no pátio, onde os frutos passaram tanto por processos de compressão quanto por processos de insolação em sua superfície, contribuindo assim para a quantidade de frutos com danos gerais nessas condições. Corroborando os resultados obtidos, Pérez-López et al. (2014) relataram que a rigidez do tecido de frutos de pêssigo depende fortemente do tempo decorrido após a colheita.

4. Conclusões

O pavimento de terra obteve maiores níveis de AMR para o caminhão e o pavimento de asfalto, maiores valores para o reboque.

O tratamento de transporte obteve maiores valores em respeito à quantidade de frutos classificados como bons, rachados e com danos gerais.

Os níveis de vibração diminuíram a quantidade de frutos bons e aumentaram os frutos rachados e com danos gerais durante o trajeto do campo até a indústria.

Os níveis de profundidade aumentaram a porcentagem de frutos rachados e com danos gerais.

O momento de retirada aumentou a quantidade de frutos com danos gerais.

5. Referências bibliográficas

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SARC n° 085 de 06 de março de 2002. Propõe o Regulamento técnico de identidade e qualidade para classificação do tomate. Brasília, 06 mar. 2002.

BRASIL - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de conservação rodoviária. 2. ed. – Rio de Janeiro, 2005. 564p.

BOROCZ, P.; SINGH, S.P. Measurement and analysis of vibration levels in rail transport in central Europe. *Packaging Technology and Science*. v.30, p.361-371. 2016.

CAMARGO, M. S.; BRITO JÚNIOR, J. S.; MOLENA, L. A. Alta nos custos limita rentabilidade em 2016. *Anuário hortifruti Brasil*, n.163, p.14-17, 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011, 230p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2013, 353p.

FADIJI, T.; CORNE, COETZEE, P.P.; OPARA, U.L. Susceptibility to impact damage of apples inside ventilated corrugated paperboard packages: Effects of package design. *Postharvest Biology and Technology*. v.111, p.286-296. 2016.

FREIRE JUNIOR, M.; SOARES, A. G. Orientações quanto ao manuseio pré e pós-colheita de frutas e hortaliças visando a redução de suas perdas. Embrapa Agroindústria de Alimentos - Comunicado Técnico, 2014. 5 p.

LI, Z. The effect of compressibility: loading position and probe shape on the rupture probability of tomato fruits. *Journal of Food Engineering*, v.119, n.3, p.471–476, 2013.

LI, Z.; ANDREWS, J.; WANG, Y. Mathematical modelling of mechanical damage to tomato fruits. *Postharvest Biology and Technology*. v.126, p.50-56. 2017.

LI, Z.; THOMAS, C. Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in food science & technology*, v.35, n.2, p.138-150, 2014.

LITTLE, T. N; HILLS, F. J. *Statistical. Methods in Agricultural Research*. Davis: University of California. 1972. 242 p.

MACHADO, T. A.; FERNANDES, H. C.; SANTOS, F. L.; MEGGUER, C. A. Coletor de amostras de frutos em cargas a granel. BR 10 2017 019002 1. 05 set. 2017. 8p.

NAZARENO, A.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, A.M.C.; VIEIRA, F.M.C.; MIRANDA, K.O.S. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.8, p.900-905, 2013.

OPARA. U.L.; PATHARE, P.B. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce - a review. *Postharvest Biology and Technology*. v.91, p.9-24. 2014.

PÉRESZ-LOPEZ, A., CHÁVEZ-FRANCO, S. H., VILLASEÑOR-PEREA, C. A., ESPINOSA-SOLARES, T., HERNÁNDEZ-GÓMEZ, L. H., LOBATO-CALLEROS, C. Respiration rate and mechanical properties of peach fruit during storage at three maturity stages. *Journal of Food Engineering*, v.142, p.111-117. 2014.

PINHEIRO, J.; ALEGRIA, C.; ABREU, M.; GONÇALVES, E.M.; SILVA, C.L.M. Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits during storage. *Journal of Food Engineering*. v.114, n.3, p.338–345. 2013.

SOLEIMANI, B.; AHMADI, E. Measurements and analysis of truck vibration levels as a function of packages location in truck bed and suspension. Computers and Electronics in Agriculture. v.109, n. p.141-147, 2014.

VAN ZEEBROECK, M.; LOMBAERT, G.; DINTWA, E.; RAMON, H.; DEGRANDE, G.; TIJSKENS, E. The simulation of the impact damage to fruit during the passage of a truck over a speed bump by means of the discrete element method. Biosystems Engineering, v.101, n.1, p.58-68, 2008.

VIGNEAULT, C.; THOMPSON, J.; WU, S.; HUI, K. P. C.; LEBLANE, P. Transportation of fresh horticultural produce. Postharvest technologies for horticultural crops, v.2, n.1, p.1-24, 2009.