



## Avaliação biomecânica do trabalho da colheita manual de laranja em uma fazenda, Espírito Santo, Brasil

Fábio Lacerda Jucá<sup>1</sup>, Luciano José Minette<sup>2</sup>, Nilton César Fiedler<sup>1</sup>, Timóteo Paladino do Nascimento<sup>1</sup>,  
André Tavares de Jesus<sup>1</sup>, José Guilherme dos Santos Moreira<sup>1</sup>

**RESUMO:** Este estudo teve por objetivo realizar uma avaliação biomecânica de quatro atividades da colheita manual de laranja em uma fazenda, no sul do Espírito Santo. Foi utilizado o Modelo Biomecânico Tridimensional de Predição de Posturas e Forças Estáticas (3DSSPP<sup>TM</sup>), desenvolvido pela Universidade de Michigan. A avaliação biomecânica indicou que para a atividade de carregamento das sacolas até o veículo de transporte, os valores de carga estavam acima do limite recomendado, com elevado risco de desenvolvimento de lesões na coluna vertebral e nas articulações avaliadas. Também existe altíssimo risco de lesões para os membros superiores (punho, ombro e tronco). Conclui-se que a colheita manual de laranja possui risco ergonômico para os trabalhadores durante a execução de suas atividades, proporcionando elevados e iminentes riscos de desenvolvimento de lesões e doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho.

**Palavras-chave:** Citricultura, riscos ergonômicos, saúde do trabalhador.

### Biomechanical evaluation of manual orange harvesting in a farm, Espírito Santo, Brazil

**ABSTRACT:** The objective of this study was to carry out a biomechanical evaluation of four orange harvesting activities on a farm in the south of Espírito Santo, through the application of the Threedimensional Static Strength Prediction Program (3DSSPP<sup>TM</sup>), developed by the University of Michigan. The biomechanical evaluation indicated that for the loading activity of the bags to the transport vehicle, the load values were above the recommended limit, with a high risk of developing spinal and joint injuries. There is also a very high risk of injury to the upper limbs (wrist, shoulder and torso). It is concluded that the manual harvesting of orange presents an ergonomic risk to the workers during the execution of their activities, providing high and imminent risks of developing lesions and musculoskeletal diseases related to work.

**Keywords:** Citriculture, ergonomic risks, worker's health.

## INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a primeira colocação entre os maiores produtores de laranja do mundo, seguido pelos EUA, México, Índia e China (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS – CITRUSBR, 2016).

O país produz 60% da laranja consumida no mundo, com participação de 85% no mercado mundial. A produção anual chega a 18 milhões de toneladas, tornando o setor de citricultura organizado e competitivo, se destacando entre as agroindústrias brasileiras. Anualmente, a venda de cítricos in natura no mercado interno gera um montante de US\$1,8 bilhões, enquanto as exportações geram US\$ 73 milhões (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2018).

O cultivo de laranja está presente em todos os estados do país, sendo a fruta mais plantada no

Brasil com uma área superior a 800 mil hectares (IBGE, 2013).

O estado do Espírito Santo tem uma produção média de 22 mil toneladas, com 19 municípios produtores (ZUCOLOTO et al., 2011). A meta chegar em 54 mil toneladas em seus 2700 hectares disponíveis para este fim.

Atualmente, a colheita é realizada em sua totalidade de forma manual, porém, já existem ações para que a atividade possa ser feita de forma mecanizada ou semi-mecanizada (MOLIN; MASCARIM, 2007). Na colheita manual, o risco de acidentes é maior, além do desgaste físico.

Diante do exposto, e dos riscos impostos pelas atividades durante a colheita manual de laranja, este estudo objetivou realizar uma avaliação biomecânica dessa atividade, tendo em vista a melhoria da saúde, do bem-estar, da segurança, do conforto e da produtividade dos trabalhadores deste setor.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área objeto deste estudo é uma fazenda produtora de laranja, situada no município de Jerônimo Monteiro, região Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, situada entre o paralelo 20°47'20'', latitude S, e o meridiano 41°23'42'', longitude W. O clima na região é Cwa - clima subtropical úmido, conforme a classificação climática de Köppen, com temperatura média anual de 23,8 °C e precipitação pluviométrica média anual em torno de 1.094 mm (MENDONÇA et al., 2006).

Os levantamentos de campo foram realizados no mês de abril de 2017, o qual apresentou

temperaturas média, máxima e mínima de 23,3°C, 28,9°C e 17,7°C, respectivamente.

A população avaliada foi constituída por 4 trabalhadores, totalizando 100 % da população que exercia as atividades de colheita manual de laranja na fazenda, os quais apresentaram idade variando de 28 a 43 anos, com média de 37 anos, massa corporal entre 65 e 73 kg, com média de 71 kg e estatura desde 1,71 até 1,77 m, apresentando média de 1,75 m (Figura 1). As árvores, em média, possuíam, em média, 2,5 m de altura. Quando os braços não alcançavam os frutos do topo, os trabalhadores puxavam os galhos para facilitar a retirada.



Figura 1 - Trabalhadores realizando a atividade de colheita manual de laranja em uma fazenda no Sul do Espírito Santo.

As atividades desenvolvidas na colheita manual de laranja foram divididas em 4 fases, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Fases da atividade de colheita manual de laranja em uma fazenda no Sul do Espírito Santo.

Fases	Atividade
Fase 1	Colheita na parte superior da planta, onde o trabalhador fica de pé
Fase 2	Colheita na parte inferior da planta, onde o trabalhador fica agachado
Fase 3	Rolamento dos frutos, onde os trabalhadores rolam os frutos e os concentram em uma área só, para facilitar na hora de serem ensacados
Fase 4	Carregamento das sacolas até o veículo de transporte

A avaliação biomecânica foi realizada por análise tridimensional, através de fotos e filmagens dos trabalhadores na execução da atividade em diversas posturas. A análise das filmagens também foi utilizada para a determinação das posturas típicas de cada atividade bem como dos tempos que os trabalhadores permaneciam nestas posturas em relação ao total da jornada de trabalho. Para cada fase da atividade e a partir do congelamento dos movimentos, os ângulos formados nas articulações (punho, cotovelo, ombro, tronco, coxofemorais, joelho e tornozelo) foram medidos, além da força de

compressão no disco entre as vértebras Lombar 5 e Sacral 1 (L5-S1) da coluna vertebral.

Os ângulos, associados às características das forças utilizadas, como magnitude e direção, à quantidade de mãos utilizadas e às características antropométricas de altura e massa da população em estudo, foram empregados para a realização da análise, tendo sido selecionadas as posturas estáticas forçadas e medidos os ângulos para inserção no programa computacional de Modelo Biomecânico Tridimensional de Predição de Posturas e Forças Estáticas (3DSSPP<sup>TM</sup>), versão 6.0.6, desenvolvido

pela Universidade de Michigan, dos Estados Unidos (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2011). Dentro de cada fase dos ciclos da atividade, foram selecionadas as posturas representativas para serem analisadas biomecanicamente.

O programa computacional forneceu a carga limite recomendada, que corresponde ao peso que mais de 99% dos homens e 75% das mulheres em boas condições de saúde conseguem levantar. Essa carga limite induz a uma força de compressão (Newton) da ordem de 3.426,3 N sobre o disco L5-S1 da coluna vertebral, que pode ser tolerada pela maioria dos trabalhadores jovens e em boas condições de saúde.

Ainda, para cada articulação avaliada, foi fornecido pelo programa o percentual de trabalhadores capazes de exercer a atividade sem o desenvolvimento de lesões osteomusculares, representando o potencial lesivo ao trabalhador em cada fase da atividade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As posturas típicas da atividade analisada encontram-se na Figura 2.



Figura 2 - Posturas típicas para a atividade de colheita manual de laranja em uma fazenda no Sul do Espírito Santo, sendo: (A) Fase 1; (B) Fase 2; (C) Fase 3; e (D) Fase 4.

Após analisar as forças aplicadas nas diferentes articulações e no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores avaliados, os valores de compressão neste disco e os percentuais de indivíduos adultos capazes (aptos a desenvolverem as atividades sem risco de adoecimento) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da avaliação biomecânica para a atividade de colheita manual de laranja em uma fazenda no Sul do Espírito Santo

Fases da colheita manual de laranja	Tempo na postura (%)	Força de compressão no disco L5-L1 (Newton)	Condição de suportar a carga	Articulação	Percentual de capazes nas articulações (%)
Fase 1	32	968	SRL	Punho	100
				Cotovelo	100
				Ombros	100
				Tronco	100
				Coxofemorais	98
				Joelhos	100
				Tornozelos	99
Fase 2	34	2.077	SRL	Punho	100
				Cotovelo	100
				Ombros	100
				Tronco	99
				Coxofemorais	98
				Joelhos	84
				Tornozelos	99
Fase 3	18	2.563	SRL	Punho	100
				Cotovelo	100
				Ombros	100
				Tronco	99
				Coxofemorais	95
				Joelhos	93
				Tornozelos	99
Fase 4	10	3.477	CRL	Punho	29
				Cotovelo	90
				Ombros	21
				Tronco	62
				Coxofemorais	43
				Joelhos	96
				Tornozelos	91

SRL = postura que não apresenta risco de lesão às articulações da coluna vertebral; CLR = postura que apresenta risco de lesão às articulações da coluna vertebral.

Verifica-se que a fase 4 da atividade analisada apresenta força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral superior ao limite máximo recomendado pelo modelo 3DSSPP<sup>TM</sup>, que é de 3.426 N, o que indica iminente de risco de lesão nas articulações da coluna vertebral para os trabalhadores durante o desenvolvimento desta fase da atividade. Nas outras fases avaliadas, os valores de compressão neste disco da coluna vertebral ficaram abaixo do valor limite, indicando que não há risco de lesão à coluna vertebral.

Ao se analisar os riscos de lesões nas articulações para as diferentes atividades avaliadas, verificou-se que a fase 4, de carregamento das sacas, se destacou negativamente por apresentar altíssimo risco de lesões para os membros superiores, sendo que apenas 29% dos trabalhadores são capazes de exercer essa função sem risco de lesões para as articulações do punho, 21% para as articulações do ombro, 62% para articulações do ombro e 43% para as articulações coxofemorais. Outra atividade que merece destaque é a fase 2, de colheita na parte inferior da planta, que o trabalhador permanece por algum tempo agachado, onde verificou-se que 84% dos trabalhadores são capazes de exercer essa função sem risco de lesões para as articulações do joelho.

Com exceção da fase 4, apenas as articulações de punhos, cotovelos e ombros não apresentam riscos de lesão articular. Isso significa que 100% dos indivíduos adultos capazes (não portadores de doenças prévias) são capazes de desenvolver a atividade sem o risco do desenvolvimento de lesões nessas articulações.

A maior força de compressão no disco da coluna vertebral possui relação direta com a postura adotada pelo trabalhador, ou seja, quanto mais se afasta da posição de neutralidade funcional ou anatômica (posição que não exige esforço da musculatura ou das articulações), mais nociva é a posição, com riscos de desenvolvimento de doenças (DULL, WEERDMEESTER, 2004).

Couto (1995) afirma que trabalhos que exigem sobrecarga física e inclinação da coluna lombar podem causar lesões nos músculos, ligamentos, tendões. O mesmo autor afirma que essa sobrecarga pode prejudicar até mesmo a estrutura óssea do trabalhador, resultando em inflamações nas articulações, entorses, tendinite e outros problemas, o que causa seu afastamento e aumento do índice de absenteísmo.

Silva et al. (2007) afirmam que, quando se permanece em uma determinada postura por períodos de tempo considerados longos, existe um alto risco de sobrecarga física, findando em desequilíbrio de forças e situações de dor. Fiedler et al. (2011) ressaltaram que atividades manuais

realizadas em áreas com certa declividade necessitam de correções nas posturas adotadas, pois podem gerar problemas de coluna.

Sob a ótica do impacto nas articulações, verificou-se uma tendência de desenvolvimento de lesões nas articulações dos membros superiores (com exceção do cotovelo) na fase 4. Conforme Silva et al. (2008), o levantamento de cargas, característico da fase 4, pode causar danos nas articulações dos membros inferiores dos trabalhadores, uma vez que as excessivas massas levantadas podem gerar sobrecargas nas articulações dos tornozelos, joelhos e quadril, provocando prematuramente o desgaste articular, além de lesão do menisco, desenvolvimento de tendinites e possibilidade de ruptura dos ligamentos.

## CONCLUSÕES

Nas condições em que este estudo foi realizado, os resultados permitiram concluir que:

- a colheita manual de laranja possui risco ergonômico para os trabalhadores durante a execução de suas atividades, proporcionando elevados e iminentes riscos de desenvolvimento de lesões e doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho.
- A colheita manual de laranja possui elevado risco ergonômico para os trabalhadores durante o desenvolvimento das atividades, favorecendo o surgimento de lesões e doenças relacionadas ao trabalho.
- A avaliação biomecânica indicou a existência de iminente e significativo risco de lesão nas articulações da coluna vertebral para a atividade de carregamento das sacolas até o veículo de transporte, onde existe o risco de desenvolvimento de lesões nas articulações avaliadas, principalmente nos membros superiores.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS (CITRUSBR). **Press release: Dados de rendimento e processamento da safra 2015/2016**. 2016. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/safras/>>. Acesso em: 08 de jul. 2018.
- COUTO, H. A. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho: O manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo, 1995. 383p.
- DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: 2. ed. Edgar Blucher, 2004.
- FIEDLER, N. C., BARBOSA, R. P., ANDREON, B. C., GONÇALVES, S. B., SILVA, E. N. Avaliação das

posturas adotadas em operações florestais em áreas declivosas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 402-409, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de produção**. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agrpecuaria/lspa/lspa\\_201301.pdf](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agrpecuaria/lspa/lspa_201301.pdf)>. Acesso em: 08 de jul. 2018.

MENDONÇA, G. S.; PAIVA, Y. G.; GUARIZ, H. R.; FREITAS, E. A. S.; PEZZOPANE, E. M. Proposta para construção de aceiro no Horto Florestal em Alegre-ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 6., 2006, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2006. 1074p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Citricultura brasileira**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/citrus>>. Acesso em: 08 de jul. 2018.

MOLIN, J. P., MASCARIN, L. S. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da produtividade. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 259-266. 2007.

SILVA, E. P., MINETTE, L. J., SOUZA, A. P. Análise ergonômica do trabalho de coveamento semimecanizado para o plantio de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 76, p. 77-83, 2007.

SILVA, E. P., SOUZA, A. P., BAETA, F. C., VIEIRA, H. A. N. F. Avaliação biomecânica do trabalho de extração manual de madeira em áreas acidentadas. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 231-235. 2008.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **3D Static strength prediction program: version 6.0.6 – User's manual**. Michigan, University of Michigan, Ergonomics Center, 2011. 120p.

ZUCOLOTO, M., LIMA, J. S. S., COELHO, R. I., SILVA, S. A., PASSOS, R. R. Variabilidade espacial de atributos físicos e variáveis agrônomicas de citros em uma parcela experimental em Jerônimo Monteiro (ES). **Engenharia na agricultura**, v. 19, n. 1, p.28-35, 2011.