

16.

Análise postural da atividade com roçadeira motorizada utilizando tecnologia de rastreamento de movimentos 3D

Ergonomic assessment with gasoline brush cutter using 3D movement tracking technology

Daniel Ferrari
UNESP / CEETEPS
daniel.ferrari@etec.sp.gov.br

Diego Mattos
UFSC
diegoclerigo@yahoo.com.br

Lincoln Silva
UFSC
lincoln_floripa@yahoo.com.br

Giselle Merino
UFSC
gisellemerino@hotmail.com

João Santos
UNESP
guarneti@feb.unesp.br

Eugenio Merino
UFSC
eugenio.merino@ufsc.br

Operadores de roçadeiras laterais motorizadas exercem suas atividades num ambiente hostil que os leva, quase sempre, a desenvolverem diversos tipos de distúrbios musculoesqueléticos. O presente estudo teve como objetivo investigar sobre possíveis incidências de dor/desconforto na atividade de um operador de roçadeira lateral motorizada. Para a evidenciação de prováveis queixas aplicou-se o questionário nórdico e subsequentemente realizou-se o monitoramento da atividade de roçagem através da tecnologia de rastreamento de movimentos 3D. Foi possível concluir que há uma relação de causalidade entre queixas de desconforto, relatadas pelo indivíduo, e os dados encontrados pela tecnologia de rastreamento.

Palavras-chave postura, roçadeira lateral motorizada, x-sens, ergodesign.

Operators of gasoline brush cutters perform their activities in a hostile environment that almost always leads to different types of musculoskeletal disorders. The present study aimed to investigate possible incidences of pain / discomfort in the activity of a gasoline brush cutter operator. For the evidence of probable complaints the Nordic questionnaire was applied and the monitoring of the grass cutting activity was carried out through 3D movement tracking technology. It was possible to conclude that there is a causal relationship between complaints of discomfort, reported by the individual, and the data found by the tracking technology.

Keywords posture, gasoline brush cutter, x-sens, ergodesign.

1. Introdução

A globalização da economia somada aos avanços tecnológicos bem como altas demandas produtivas tem proporcionado considerável aumento no consumo de equipamentos manuais motorizados, facilitando assim diversas atividades profissionais e amadoras.

Com relação a produtos manuais ligados a tarefas agrícolas, florestais e de jardinagem, observou-se um crescimento de 13% entre o período de abril de 2015 a abril de 2016 (Associação brasileira da indústria de máquinas e equipamentos, 2016).

Por outro lado, crescem os problemas de ordem ergonômica, haja visto o considerável número de estudos científicos que tem relacionado a atividade laboral com esses equipamentos.

Sobretudo no ramo agrícola, setor que tem requisitado grande variedade de produtos portáteis (roçadeiras, motosserras, pulverizadores), nota-se que os distúrbios musculoesqueléticos estão entre os problemas mais frequentes dentre todas as lesões e doenças não fatais identificadas em trabalhadores, principalmente naqueles que se envolvem em práticas de trabalho intensivo (Fathallah, 2010; McCurdy et al., 2003; Meyers et al., 1997; Villarejo, 1998; Villarejo & Baron, 1999). As roçadeiras laterais motorizadas, estão entre os equipamentos que mais tem demandado estudos de ordem ergonômica.

Com base nesta conjuntura a pesquisa em questão buscou investigar sobre possíveis riscos posturais em que um operador de roçadeira lateral motorizada pode estar exposto, tendo como auxílio questionários especializados sobre dor e desconforto e a tecnologia de rastreamento de movimentos 3D.

2. Revisão da literatura

2.1. Atividade com roçadeiras laterais motorizadas

As roçadeiras laterais motorizadas consistem em equipamentos manuais providos de motores a combustão que transmitem energia mecânica a sistemas de corte (lâminas de aço ou fios de nylon).

Estes equipamentos oferecerem diversos riscos, exigem resistência e habilidade dos operadores e, além de possuírem peso considerável, variando entre 6 a 13 Kg, demandam destreza na tarefa de vesti-los, balanceá-los e opera-los.

Segundo Knibbs (2014), os jardineiros profissionais americanos, utilizadores de diversos tipos de equipamentos manuais motorizados, estão expostos a uma grande variedade de perigos no local de trabalho e se enquadram entre as maiores estatísticas de lesões e mortalidade.

Bo & Shusen (2017) relatam que a falta de habilidade e a fadiga causam lesões ocupacionais ao profissional que opera roçadeiras motorizadas e classificam os danos nesta atividade em 2 tipos:

- Lesões crônicas: doenças musculoesqueléticas nas costas, pescoço e ombro, causadas principalmente pela má postura, paralisia do membro superior, síndrome do túnel do carpo, doença de Reynaud, causada pela vibração, além da perda auditiva, ocasionada por ruído excessivo.
- Acidentes causados pela falta de segurança: desequilíbrio do corpo, quedas causadas pelo peso da máquina e fadiga do operador, acidentes causados pelo rebote da lâmina em contato com materiais sólidos e ferimentos causados por lâminas ou ramos vegetais, também originários de fadiga ou descuido do operador.

2.2. A postura de trabalho com roçadeiras laterais motorizadas

No que se refere ao estudo da postura de trabalho na atividade com roçadeiras laterais motorizadas foram encontrados alguns manuscritos que puderam nortear os rumos deste trabalho.

Em um estudo realizado por Fiedler et al., (2011), avaliando posturas adotadas em áreas declivosas concluíram que, dentre várias atividades exercidas por agricultores, a tarefa com roçadeiras necessitava de correções, pois esta atividade, segundo autores, poderia gerar problemas na coluna vertebral dentre outras doenças laborais que poderiam afetar o bem-estar físico do trabalhador.

Vergara et al., (2012), que realizaram um estudo da atividade de jardinagem e paisagismo, classificaram a tarefa de roçagem como pouco dinâmica, ou seja, na maior parte do tempo o trabalhador executava movimentos repetitivos e com força constante. Concluíram que, para a melhoria da postura de trabalho, é fundamental que se faça o ajuste do equipamento, de modo a se adaptar melhor a postura do trabalhador, sugerindo também melhorias no cinto de sustentação da máquina.

Em um estudo realizado por Poletto Filho (2013), que analisou riscos físicos e ergonômicos em roçadeiras laterais motorizadas, verificou que 100% dos usuários consideraram a atividade física ruim. Diante do exposto, torna-se relevante atribuir-se das tecnologias criadas para dar sustentação aos princípios da ergonomia, no sentido de investigar sobre prováveis causas de diversos distúrbios verificados nesta atividade.

3. Objetivos

Investigar sobre possíveis relatos de dor ou desconforto musculoesquelético através de aplicação de entrevista estruturada e questionário nórdico, realizada em um operador profissional de roçadeira lateral motorizada. Posteriormente a tal, realizar análise dos prováveis relatos de dor/desconforto com registros de movimentos da atividade de roçagem através de tecnologia de captura de movimentos 3D.

4. Materiais e procedimentos metodológicos

4.1. Materiais

- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- Questionário Nórdico dos Sintomas Musculoesqueléticos (Kuorinka et al., 1986).
- 01 Roçadeira lateral motorizada, motor 2 tempos, 1,7 Kw. Equipada com fios de nylon com peso de aproximadamente 9 Kg.
- 01 Equipamento de captura de movimentos por inércia X-sens MVN Biomech

4.2. Procedimentos metodológicos

O presente trabalho consistiu num estudo de caso de caráter investigativo sendo desenvolvido em duas etapas:

A primeira caracterizou-se numa entrevista estruturada, levando em consideração o ambiente e equipamentos utilizados na tarefa de corte com roçadeiras. Também aplicou-se o Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos (Kuorinka et al., 1986) com o objetivo de identificar possíveis relatos de distúrbios musculoesqueléticos.

A segunda etapa ocorreu em campo, nas dependências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Unesp – Campus Bauru – SP, onde o sujeito sob análise, munido de uma roçadeira lateral motorizada, equipamentos de proteção e devidamente paramentado com os dispositivos de rastreamento de movimentos 3D, realizou todos os procedimentos inerentes ao corte de vegetação por um período de 40 minutos.

5. Resultados

5.1. Entrevista estruturada e Questionário Nórdico

O indivíduo em estudo declarou ter 61 anos de idade, sexo masculino e possuir a função de Jardineiro da Universidade há 40 anos, sendo que a 28 relata operar roçadeiras laterais motorizadas. Sua jornada de trabalho é de 40 horas semanais, no entanto sua atividade com roçadeiras ocupa em média 25 horas de sua jornada total.

Em seu ofício o indivíduo relata realizar intervalos sempre que necessário, incluindo pausas para almoço. Sua atividade consiste basicamente no corte e na limpeza da vegetação de diversos tipos de terrenos, planos e irregulares, utilizando como mecanismo de corte as roçadeiras, estas possuindo fios de nylon ou lâminas de metal com 2 pontas.

Segundo o voluntário, as tarefas que exigem esforços físicos mais intensos, além da atividade de roçagem, são: dar partida (através do tracionamento de um cordão e uma mola espiral, ambos localizados na parte traseira da máquina), abastecer e limpar o equipamento.

Enfim, o sujeito alegou sentir dores ou algum desconforto na região da coluna lombar e extremidades dos membros superiores (mãos e braços) ao final de cada jornada, principalmente quando opera em terrenos inclinados, porém declarou que tais dores não persistem após realização de repouso.



Figura 1. Resultado do Questionário Nórdico - localização de dores / desconfortos nos últimos 7 dias. Postura em pé, vista posterior.

5.2. Análise dos dados obtidos pelo rastreador de movimentos 3d

O uso do rastreador de movimentos X Sens foi realizado *in loco* para obtenção de parâmetros relativos a atividade real. Foram analisados os movimentos de flexão e extensão no plano sagital, flexão lateral (direita e esquerda) e rotação para direita e esquerda nos níveis de L5/articulação L4-L3 e pelve/ articulação L5-S1.



Figura 2. À esquerda: Tecnologia 3D de captura de movimentos por inércia. À direita: instalação do equipamento ao corpo do operador de roçadeira.

A atividade analisada teve a duração aproximada de 157 segundos. O critério de escolha se deve a incidência das queixas de dor e desconforto que se concentram nessa região corporal.

Observou-se que na articulação L3-L4 e L5, o movimento de flexão lateral ou inclinação a direita

apresenta maior amplitude de movimento do que a esquerda. O percentual de tempo mantendo tal postura também é maior para a inclinação direita. A rotação de tronco apresenta também valores angulares mais elevados para o lado direito, porém a rotação a esquerda é mantida por maior tempo dentro da atividade. Em relação a flexão e extensão de tronco, observa-se que ocorre uma pequena amplitude na inclinação frontal que permanece em grande parte do tempo do trabalho. A tabela 1 compila os dados citados:

L5/ articulação L4 - L3			
		Média/SD	Percentual de tempo na atividade
Flexão lateral	Direita	4.1 ± 1.99	62.7
	Esquerda	2.4 ± 1.68	37.3
Rotação	Direita	21.3 ± 8.04	45.7
	Esquerda	19.3 ± 8.17	54.3
Flexão e Extensão	Flexão	3.4 ± 1.45	88.3
	Extensão	1.2 ± 0.98	11.7

Tabela 1. Amplitude de movimento (em graus) e percentual de tempo de exposição: L5 – articulação L4 e L3.

Com relação a articulação lombo sacra, que envolve as estruturas vertebrais de L5 e S1, observamos que existe na atividade ângulos de inclinação a direita maiores que a esquerda, o que também foi observado na articulação anteriormente avaliada. O percentual de tempo de exposição para a flexão a direita é também maior do que a esquerda. Em relação a rotação de tronco, observa-se pequena diferença, sendo maior a amplitude para o lado direito, porém com percentual de tempo maior para o lado esquerdo. Os ângulos adotados nesse plano de movimento são próximos dos achados para a articulação anteriormente avaliada. Em relação a flexão e extensão do tronco, observa-se, assim como nas vertebbras lombares, uma pequena amplitude de inclinação frontal, porém com grande frequência de exposição na atividade, chegando a 80% do tempo total avaliada. A tabela 2 compila os dados citados:

Pelve/ articulação L5 - S1			
		Média/SD	Percentual de tempo na atividade
Flexão lateral	Direita	10.06 ± 4.23	59.4
	Esquerda	5.5 ± 4.14	40.6
Rotação	Direita	21.3 ± 8.04	45.7
	Esquerda	19.3 ± 8.17	54.3
Flexão e Extensão	Flexão	7.03 ± 3.43	80.3
	Extensão	3.68 ± 3.09	19.7

Tabela 2. Amplitude de movimento (em graus) e percentual de tempo de exposição: Pelve – articulação L5 – S1

A figura 03 ilustra o processo de aquisição de imagens, comparando a situação real e o avatar criado pelo software X Sens.



Figura 3. À direita: situação real de trabalho. À esquerda: leitura dos movimentos realizado pelo avatar do X Sens.

6. Discussão

O trabalho com uma roçadeira lateral motorizada acarreta certas exigências físicas que são inerentes a natureza da atividade. Os relatos de dor/desconforto, informados pelo indivíduo, na região lombar e punhos corroboram com alegações de Fiedler et al., (2011) e que posteriormente foram confirmadas quantitativamente com o uso do X Sens.

Segundo alegação do próprio indivíduo, suas atividades que envolvem o uso da roçadeira lateral ocupam mais de 50% do seu tempo total de trabalho. Tal constatação caracteriza-se preocupante, pois observou-se que o sujeito, em atividade de roçagem, adota posturas de flexão de tronco no sentido frontal e, mesmo que não se desloque em grandes amplitudes angulares, tal ocorrência se mantém em quase 90% do tempo em que utiliza este movimento. Segundo Lida (2016), o trabalhador, ao adotar a posição inclinada, está sujeito a ação de forças que atuam em cisalhamento, perpendiculares a força axial, considerando a coluna em posição neutra. A adoção deste tipo de postura torna-se prejudicial à saúde das estruturas envolvidas, principalmente se acrescentar cargas variáveis exercendo torque frontal, como é o caso de uma roçadeira. Numa situação ideal, segundo o autor, esse tipo de carga deve ser eliminada, dando lugar a forças na direção axial, cujo sentido tem menor potencial lesivo à coluna.

Lida (2016) ainda complementa que, ao trabalhar com a inclinação do tronco no sentido frontal a geração de torque (momento), devido ao deslocamento do centro de gravidade para frente do ponto de apoio dos pés no chão, pode acarretar em maior sollicitação da musculatura em torno das articulações dorso-lombares, quadris, joelhos e tornozelos. Tal postura pode gerar, com o passar do tempo, dores, desconfortos e compensações das estruturas vizinhas.

Também foi possível certificar que as diferenças de inclinação do tronco (média de 4,1° para direita e 2,4° para esquerda) bem como a desproporcionalidade de permanência de tempo nas referidas inclinações (62,7% do tempo para a direita e 37,3% para a esquerda), decorre do próprio design do equipamento.

Por convenção, todos os fabricantes, através da norma ISO 11806-1 2011¹, concebem o equipamento (motor, haste, sistema de corte e empunhadura de aceleração) para que seja utilizado exclusivamente na posição direita do corpo do operador, o que faz com que toda a estrutura vertebral do indivíduo se incline naturalmente para direita durante o uso. De acordo com Ferreira (2009), atividades da vida diária podem provocar alterações na coluna vertebral, alterando suas curvaturas fisiológicas. Em função disso, dores e problemas estruturais, como escolioses, podem surgir com o decorrer do tempo de exposição.

Quanto aos relatos de dor/desconforto proferidos pelo indivíduo nas regiões dos punhos, a tecnologia de rastreamento 3D não evidenciou registros de movimentos que se considerassem anormais. Entretanto, na observação direta da atividade, foi possível constatar que o peso frontal do equipamento (sistema de corte), suportado pelas mãos e braços, somado aos repetitivos movimentos laterais, impõe consideráveis tensões nas regiões dos punhos, criando assim uma situação favorável para que o indivíduo desenvolva a Síndrome do Túnel do Carpo, conforme evidenciado por Bo & Shusen (2017).

7. Conclusões

Os métodos, bem como as ferramentas utilizadas nesta pesquisa, mostraram-se efetivos, pois a tecnologia de captura de movimentos 3D proporcionou uma análise quantitativa de dados que permitiu identificar, com maior clareza e precisão, fatores de risco, estes que as observações diretas e empíricas já antecipavam.

Diante do exposto torna-se patente que, dentre os vários riscos que o operador de roçadeira lateral está submetido, inclui-se também o risco ergonômico, pois a má postura em sua atividade, desempenhada por prolongados períodos, possivelmente o impossibilitará de exercer de maneira saudável seus afazeres profissionais.

O desconforto nas regiões lombar e dos punhos na atividade com a roçadeira decorrem diretamente da forma em que o equipamento é projetado, pois submete o operador a realizar movimentos não naturais. Dessa forma é presumível que um sistema desenvolvido com materiais leves e com um design que proporcione a fácil localização do ponto de equilíbrio do mecanismo, possa trazer melhorias na postura em atividade, uma vez que o centro gravitacional da máquina localizando-se próximo a região do tronco, proporcionará a diminuição das tensões perpendiculares nas regiões mais sollicitadas.

A utilização de um arnês duplo provido de um cinto de quadril também pode contribuir para a melhoria da postura e conseqüentemente na diminuição do desconforto, pois verificou-se em vários estudos com atividades correlatas que a estabilização da coluna na região lombar pode atuar como um apoio para as vertebbras.

Estudos comparativos envolvendo diferentes mecanismos de sustentação e com um maior número de sujeitos serão realizados buscando o esclarecimento de algumas hipóteses supramencionadas.

¹ Norma que apresenta os requisitos de segurança e medidas para a sua verificação, concepção e construção de portáteis alimentados, roçadeiras portáteis e aparadores de relva (doravante denominado máquinas) com um motor de combustão integral e sua unidade de potência e transmissão de energia mecânica entre a fonte de energia e equipamento de corte.

Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, A.B.I.M.A.Q. (2016). *Anuário AB/IMAQ - CSGF*. Retrieved 05 May, 2016, from <https://www.youtube.com/watch?v=Uvv05J-dUECI&t=16s>
- BO, L & SHUSEN, L. (2017). *Research on Security of Improved Design of Knapsack Brush Cutter*. International Journal of Simulation Systems, Science & Technology, 17(36), 1-5. Retrieved 22 June, 2017, from <http://ijssst.info/Vol-17/No-1/paper36.pdf>
- FATHALLAH, F. A. (2010). *Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture*. Applied ergonomics, 6(41), 738-743.
- FERREIRA, D. M. A. (2009). *Análise da influência do calço e do movimento de inclinação lateral da coluna vertebral em indivíduos com escoliose idiopática*. Tese de doutoramento, Programa de Pós-graduação em Ciências da Motricidade, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp, Rio Claro, Brasil.
- FIEDLER, N. C. et al. (2011). *Avaliação das Posturas Adotadas em Operações Florestais em Áreas Declivosas*. Floresta e Ambiente, 18(4), 402-409.
- IIDA, I & GUIMARÃES, L.B.M. (2016). *Ergonomia: Projeto e Produção*. (3 ed.). São Paulo: Blucher.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. (2011). *Agricultural and forestry machinery - Safety requirements and testing for portable, hand-held, powered brush-cutters and grass-trimmers - Part 1: Machines fitted with an integral combustion engine*. (ISO 11806-1)
- KNIBBS, L. D. (2014). *Occupational hazards to the health of professional gardeners*. International Journal of Environmental Health Research, 24(6), 580-589.
- KUORINKA, I. et al. (1986). *Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms*. Applied Ergonomics, 18(3), 233-237.
- MEYERS, J. M., MILES, J. A., FAUCETT, J., JANOWITZ, I., TEJEDA, D. G., & KABASHIMA, J. N. (1997). *Ergonomics in agriculture: workplace priority setting in the nursery industry*. American Industrial Hygiene Association Journal, 58(2), 121-126.
- MCCURDY, S. A., SAMUELS, S. J., CARROLL, D. J., BEAUMONT, J. J., & MORRIN, L. A. (2003). *Agricultural injury in California migrant Hispanic farm workers*. American journal of industrial medicine, 44(3), 225-235.
- POLETTO FILHO, J. A. (2013). *Análise dos Riscos Físicos e Ergonômicos em Roçadora Transversal Motorizada*. Tese de doutoramento, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Unesp, Botucatu, Brasil.
- VERGARA, L. G. L. et al, (2012). *Análise Ergonômica da atividade de Jardinagem e Paisagismo*. Produção em Foco, 2(1), 85-105.
- VILLAREJO, D. (1998). *Occupational injury rates among hired farmworkers*. Journal of agricultural safety and health, 4(5), 39.
- VILLAREJO, D., & BARON, S. L. (1999). *The occupational health status of hired farm workers*. Occupational medicine (Philadelphia, Pa.), 14(3), 613-635.

