



ABERGO 2022

XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA
XV FÓRUM DE CERTIFICAÇÃO DO ERGONOMISTA BRASILEIRO
XVI FÓRUM DOS GRUPOS TÉCNICOS DA ABERGO

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE SUPORTE PARA MOTO PODA HIDRÁULICA: DADOS PRELIMINARES A PARTIR DE VARIÁVEIS CINÉTICAS E CINEMÁTICAS EM ELETRICISTA DE LINHA VIVA (ELV)

1. Samuel Bento da Silva, FCA/UNICAMP, samuelbento@outlook.com
2. Sandra Francisca Bezerra Gemma FCA/UNICAMP, gemma@g.unicamp.br
3. Rene Augusto Ribeiro, FCA/UNICAMP, rene.augusto.ribeiro@gmail.com
4. Maria Stella Dias Barbosa, FCA/Unicamp, mariastella1919@gmail.com
5. Amanda Lopes Fernandes, CPFL, amandaf@cpfl.com.br
6. José Luiz Pereira Brittes, FCA/UNICAMP, jose.brittes@fca.unicamp.br
7. Milton Shoiti Misuta, FCA/UNICAMP, milton.misuta@fca.unicamp.br

Resumo: O estudo aborda a análise das atividades realizadas por Eletricistas de Linha Viva (ELV), destacando a importância da biomecânica e ergonomia na compreensão dos riscos associados ao trabalho. Diversos estudos anteriores examinaram as causas de lesões musculoesqueléticas em diferentes contextos laborais, evidenciando a prevalência de trabalhos manuais em certas indústrias, como fundições de ferro na Índia. Além disso, a pesquisa explora a carga muscular do ombro em eletricistas, comparando o uso de escadas com plataformas móveis de trabalho elevadas.

Entretanto, há uma lacuna na literatura sobre as atividades diárias dos ELVs, especialmente em relação ao comportamento dos membros inferiores durante suas tarefas. Para preencher essa lacuna, o estudo investigou o comportamento dos membros inferiores de um ELV durante a poda de vegetação, utilizando um protótipo de suporte para motopoda hidráulica. O experimento, realizado em ambiente controlado de laboratório, analisou variáveis cinemáticas e cinéticas.

Os resultados indicaram que o suporte teve um impacto significativo na estabilidade do deslocamento do centro de massa (CoM) do ELV, particularmente no eixo médio lateral. Além disso, as forças de reação ao solo (FRS) mostraram uma menor variabilidade quando o suporte foi utilizado, sugerindo um menor desgaste físico para o ELV nessas condições. A pesquisa

destaca a importância de considerar fatores biomecânicos e ergonômicos na concepção de suportes e equipamentos para melhorar as condições de trabalho dos ELVs.

Palavras-chave: 1. Eletricista de Linha Viva; 2. Biomecânica; 3. Ergonomia.

Introdução

Muitos estudos envolvendo as áreas de biomecânica e ergonomia, têm como objetivo verificar as causas de lesões e/ou dores causadas por sobrecarga física e/ou movimentos repetitivos (Błaszczuk & Ogurkowska, 2022; Liu et al., 2022; Skovlund et al., 2022). Trabalhos predominantemente manuais têm sido foco de outros estudos, no exemplo da pesquisa realizada por (Kataria et al., 2022) reforçam a ideia de que nos países em desenvolvimento, muitas empresas carecem de equipamentos modernos e muitas vezes dependem intensamente do trabalho manual. Por isso, o objetivo deles foi investigar a exposição de lesões musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho entre empregados em fundições de ferro no norte da Índia. Os resultados sugerem que fatores como demandas de trabalho manual, estrutura deficiente da estação de trabalho, ações repetitivas e posturas inadequadas mantidas por tempo prolongado podem provavelmente estar associados à gravidade de risco de lesões musculoesqueléticas. O estudo citado pode orientar os industriais de fundição na análise do descompasso entre os perfis de trabalho dos trabalhadores e no redesenho dos *layouts* dos postos de trabalho em fundições de pequena escala com base na minimização da gravidade dos riscos associados às tarefas realizadas pelos funcionários. Para verificar a carga muscular do ombro em trabalhadores utilizando escadas ou Plataformas Móveis de Trabalho Elevadas (Phelan & O'Sullivan, 2014) avaliaram eletricistas experientes em um canteiro de obras descobrindo que os trabalhadores gastavam aproximadamente 28% de seu tempo de trabalho em escadas versus 6% em plataformas. No entanto, as durações das tarefas individuais foram maiores em plataformas (153 s) do que em escadas (73 s). Os resultados na atividade eletromiográfica mostraram que na plataforma a tarefa teve efeito significativo ($p < 0,05$) no deltoide anterior e no trapézio superior. Para o deltoide, as amplitudes de pico foram, em média, maiores para o trabalho em escada em relação ao trabalho em plataformas. A implicação geral foi que trabalhar em plataformas envolve carga muscular do ombro inferior quando comparado a trabalhos realizados em escadas.

Poucos estudos tiveram como objetivo verificar a atuação de Eletricistas de Linha Viva (ELV) realizando suas atividades diárias, alguns exemplos dessas pesquisas foram as realizadas por (Bento da Silva et al., 2020; Bento da Silva et al., 2021; Traldi De Lima et al., 2020) que focaram seus esforços em analisar as atividades que mais exigiam tanto física como mentalmente especificamente pelos ELVs.

Explorando as bases de dados de trabalhos científicos nota-se que esse assunto ainda é pouco estudado e dessa maneira faz-se necessário que haja mais trabalhos que envolvam a biomecânica e a ergonomia atuando para compreender a atividade humana do ELV, visando compreender essas atividades de uma forma sistêmica, envolvendo todos os processos da atividade.

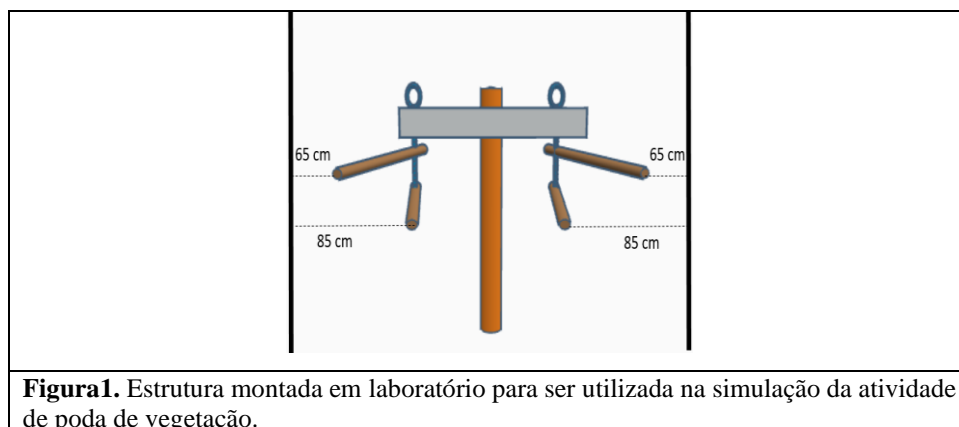
Assim, o **objetivo** do presente estudo foi verificar o comportamento dos membros inferiores do ELV sem a utilização de um protótipo de suporte e com a utilização do protótipo de suporte para motopoda hidráulica durante a poda de vegetação a partir de variáveis cinemáticas e cinéticas.

DESENVOLVIMENTO

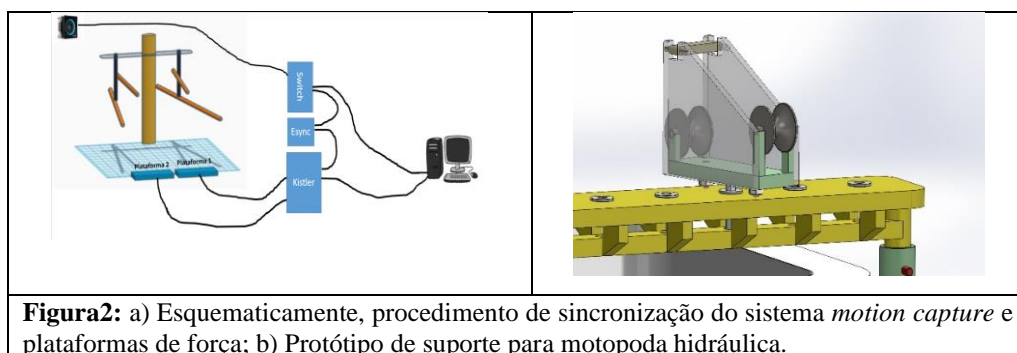
Metodologia

Participou do estudo, um (01) ELV experiente, sexo masculino, de 38 anos de idade, destro, que atua a 6 anos diretamente no campo com linha viva e é contratado pela concessionária de energia foco do estudo. O Eletricista assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e esse estudo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, CAAE: 33462920.3.0000.5404. Parecer número: 4.151.017.

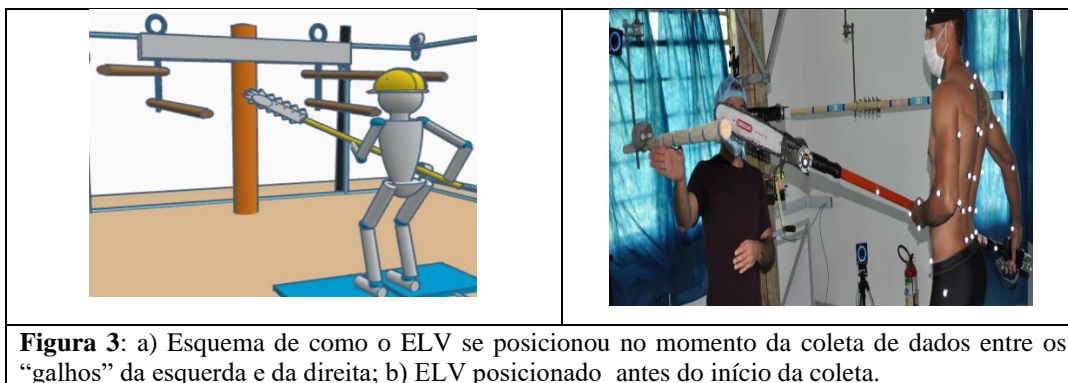
Por ser um trabalho arriscado, a coleta em ambiente real não se torna viável, dessa forma, com auxílio de um eletricista experiente, foi construída uma estrutura (“árvore”) em um poste com uma cruzeta utilizando cabos de madeira e parafusos, dentro do laboratório de biomecânica, objetivando simular o mais fielmente possível a estrutura dos galhos a serem podados. Os dois galhos superiores foram posicionados a 85 cm da parede e os inferiores 65cm conforme esquema apresentado na figura 1.



A coleta foi dividida em dois dias diferentes, o ELV foi instruído a realizar a movimentação da maneira que mais se aproximava da sua realidade de trabalho cotidiana, iniciando o corte na parte inferior do galho e finalizando na parte superior do galho. No segundo dia de coleta o ELV realizou a simulação da atividade de poda de vegetação semelhante à primeira coleta, porém, nessa ocasião ele fez os movimentos com o auxílio do protótipo de um suporte para apoiar a serra hidráulica (figura 2b). Nos dois dias o ELV se posicionou sobre duas plataformas de força para obtenção dos dados de força de reação do solo (FRS). As plataformas foram conectadas e sincronizadas ao sistema *Optitrack* por meio do *eSync* (figura 2a).



Ao realizar a operação de poda de vegetação com motopoda hidráulica, o ELV inicia cortando os galhos menores e por etapas, “dividindo” o galho em zonas de corte proximais e distais, devidamente identificadas com marcações em cartolina, zonas: (Lado esquerdo do ELV: E1; E2; E3; E4 e E5. Lado direito: D1; D2; D3; D4 e D5, cada zona de corte mede 15cm e para o presente estudo o ELV realizou a operação nas zonas E3 e D3.



Durante a coleta, o ELV utilizou uma motopoda hidráulica, Greenlee® de aproximadamente 4 kg de massa e 1,9 m de comprimento e foi instruído a realizar 11 séries de movimentos completos que consistiu em simular os movimentos de poda de vegetação tocando os galhos de baixo para cima e de cima para baixo em 10 zonas (15 cm) pré-determinadas ao longo do galho.

Para a coleta de dados cinemáticos foi utilizado o sistema *motion capture* (Optitrack), com 12 câmeras prime 17W, que foram ajustadas a uma frequência de aquisição de 200 Hz, de forma a enquadrar toda a área de captura. O modelo de corpo inteiro utilizado foi proposto por (Leardini et al., 2011) para as orientações de membros superiores (Wu et al., 2005) e inferiores (Wu et al., 2002) que segue a recomendação da Sociedade Internacional de Biomecânica (ISB). As plataformas de força utilizadas são da marca Kistler modelo 9286B (1000hz). Os dados cinemáticos foram filtrados com um filtro digital butterworth de 4ª ordem a 10hz e os dados de FRS a 5hz. Para o cálculo das variáveis cinéticas e cinemáticas utilizou-se o software Visual3D®, os demais processamentos foram realizados em ambiente Matlab®.

Resultados

Os valores mostrados referem-se: a) variação do deslocamento do centro de massa (CoM) do ELV nos eixos, médio lateral [x], anteroposterior [y] e vertical [z]; b) Força de Reação ao Solo (FRS) referente as duas plataformas de força nos eixos, médio lateral [x] - FRSML; anteroposterior [y] - FRSAT; vertical [z] – FRSV. A atividade de simulação de poda de vegetação nas zonas E3 [Lado Esquerdo] e D3 [Lado Direito]

a) Centro de Massa

Os resultados mostram que ao realizar a simulação da poda de vegetação do lado esquerdo, o CoM indica maior equilíbrio postural utilizando o suporte, apresentando uma trajetória com menor variabilidade, principalmente no eixo [x] – Médio lateral e eixo [y] Anteroposterior (Figura 4).

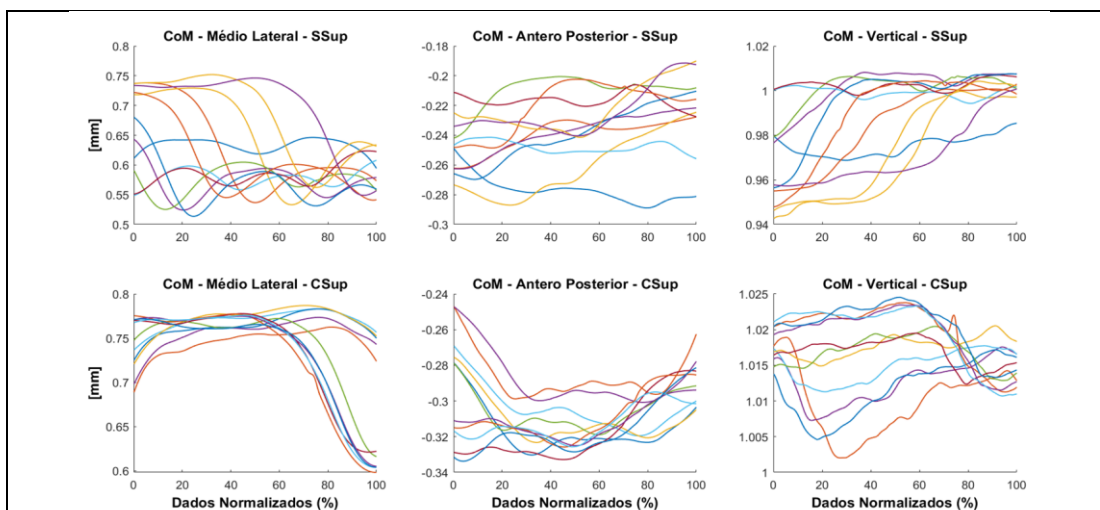


Figura 4: Distribuição dos valores referentes a variação do deslocamento do centro de massa do ELV, durante a poda na **zona E3**, nas situações sem suporte (SSup) e com suporte (CSup), nos eixos, médio lateral [x]; antero posterior [y]; vertical [z].

Quando o ELV realiza a simulação de poda de vegetação do lado direito (Zona D3) o CoM, também indica maior equilíbrio postural com a utilização do suporte no eixo [x] – Médio lateral (Figura 5). Enquanto que no eixo [y] anteroposterior verifica-se um padrão de movimento (Figura 5).

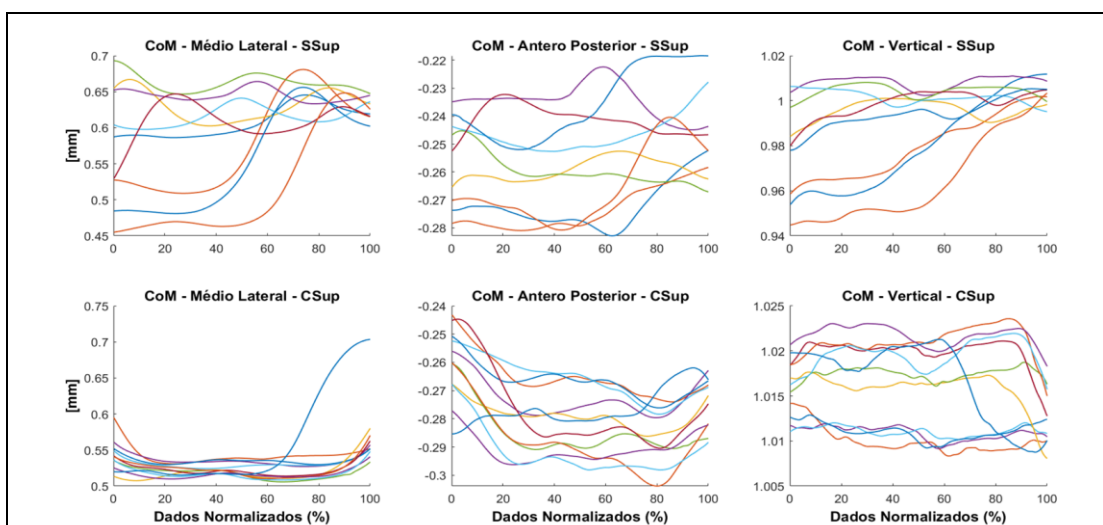


Figura 5: Distribuição dos valores referentes a variação do deslocamento do centro de massa do ELV, durante a simulação de poda na **zona D3**, nas situações sem suporte (SSup) e com suporte (CSup), nos eixos, médio lateral [x]; anteroposterior [y]; vertical [z].

b) Força de Reação ao Solo (FRS)

Os resultados obtidos com as plataformas de força (FRS) corroboram com os dados cinemáticos (CoM). Quando o ELV realizou a simulação de poda de vegetação do lado esquerdo (zona E3) com a utilização do suporte, as forças de reação ao solo nos eixos [x –

médio lateral; y – anteroposterior e z – vertical] apresentaram valores com menor variação. Nos resultados do ELV podando sem a utilização do suporte, os valores apresentam maior variabilidade e um esforço maior dos membros inferiores que atuam em situação de isometria (Figura 6).

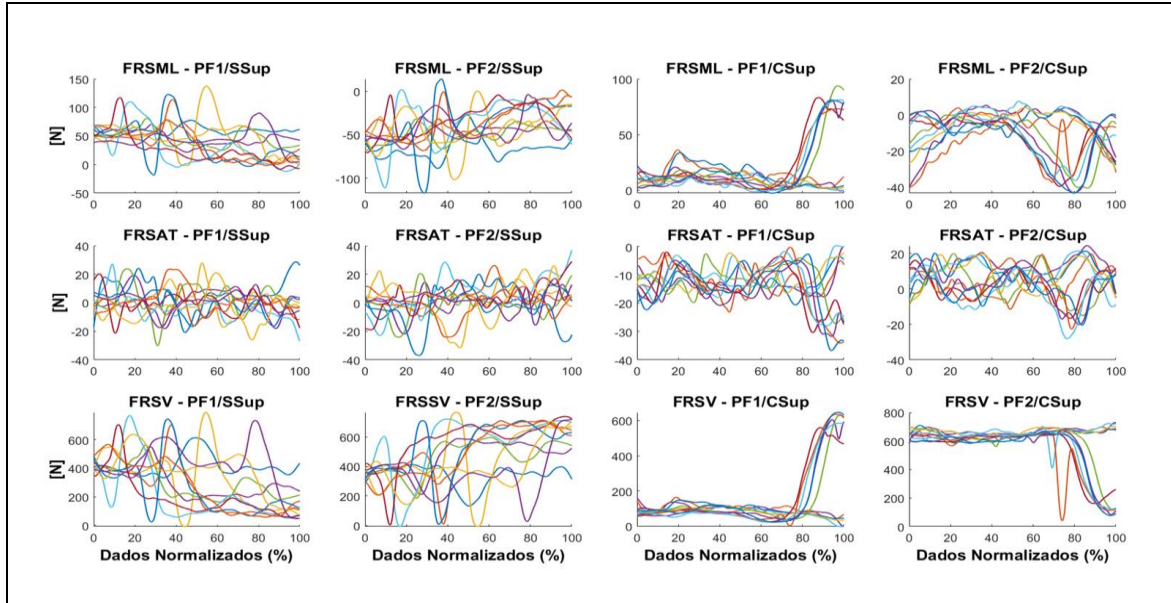


Figura 6: Força de Reação ao Solo (FRS) referentes as duas plataformas de força (PF1 – pé esquerdo e PF2 – pé direito) nos eixos, médio lateral [x] - FRSML; anteroposterior [y] - FRSAT; vertical [z] – FRSV durante poda de vegetação na **zona E3** sem suporte (SSup) e com suporte (CSup).

Ao realizar poda de vegetação do lado direito (zona D3) com a utilização do suporte as forças de reação ao solo nos eixos [x – médio lateral; y – anteroposterior e z – vertical] apresentaram um comportamento semelhante ao encontrado na Zona E3, (Figura 7).

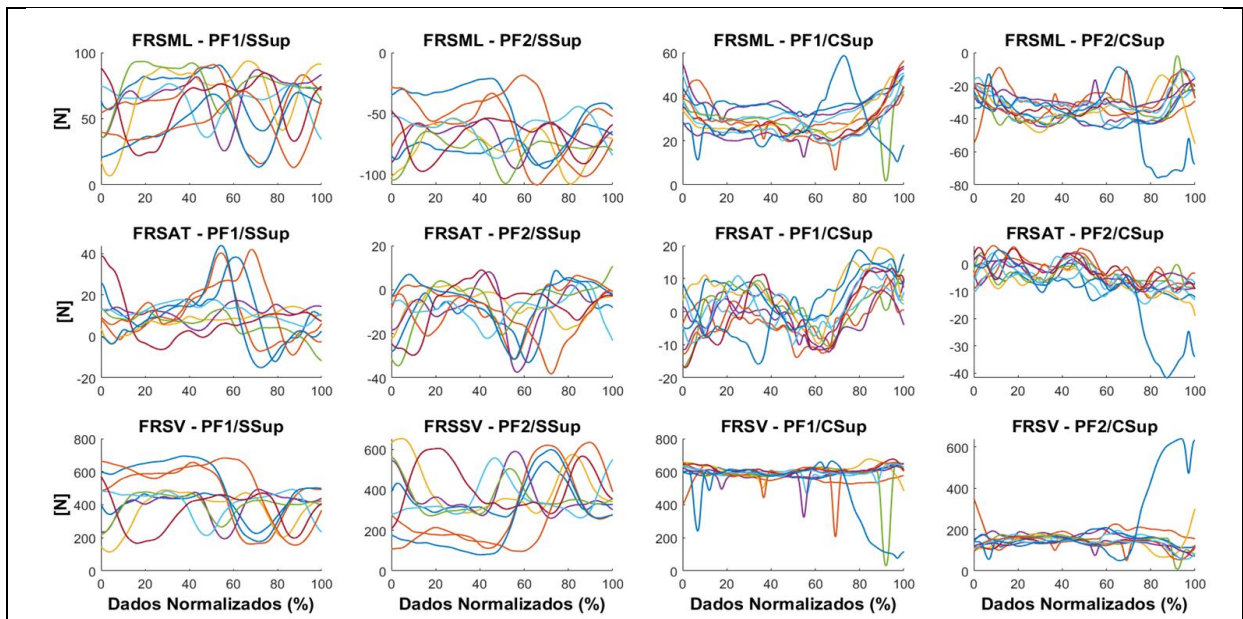


Figura 7: Força de Reação ao Solo (FRS) referentes as duas plataformas de força (PF1 – pé esquerdo e PF2 – pé direito) nos eixos, médio lateral [x] - FRSML; anteroposterior [y] - FRSAT; vertical [z] – FRSV durante simulação de poda de vegetação na **zona D3** sem suporte (SSup) e com suporte (CSup).

Conclusão

Partindo de análise de trabalho de campo dos ELV, com base na ergonomia da atividade, que apontou a atividade de poda de vegetação como prioritária e permitiu conhecer seus meandros, esta pesquisa teve como objetivo verificar o comportamento dos membros inferiores do ELV sem a utilização de um protótipo de suporte e com a utilização do protótipo de suporte para motopoda hidráulica durante a simulação em laboratório da poda de vegetação a partir de variáveis cinemáticas e cinéticas. Esta simulação da atividade em ambiente de laboratório tentou se aproximar ao máximo, do ponto de vista do gesto técnico executado pelo ELV associado com a demanda física desta operação em termos de base biomecânica, e integradamente com a observação realizada pelos ergonomistas em campo, excetuando a exposição às intempéries. Observando os resultados verificou-se que o suporte causou uma mudança na movimentação do ELV, o deslocamento do CoM foi mais estável, principalmente no eixo médio lateral. As forças de reação ajudaram a entender e corroboram com os dados cinemáticos mostrando que o ELV tende sofrer um menor desgaste quando está utilizando o suporte.

Agradecimentos: Agradecimentos ao P&D PA 3036: Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) - Financiamento ANEEL.

Referências bibliográficas

- Bento da Silva, S., Bezerra Gemma, S. F., Stella Dias Barbosa, M., Augusto Ribeiro, R., Rizzo Mattiuzzo, M., Silva Franco, E., Luis Pereira Brittes, J., & Shoiti Misuta, M. (n.d.). TRABALHO MUSCULAR ESTÁTICO DOS MEMBROS INFERIORES DURANTE A OPERAÇÃO DE DECAPAGEM DE CABOS COM FERRAMENTA CONVENCIONAL NO TRABALHO DE ELETRICISTAS DE LINHA VIVA: UM ESTUDO DE CASO.
- Bento da Silva, S., Brittes, J. L. P., Ribeiro, R. A., Barbosa, M. S. D., Franco, E. S., Mattiuzzo, M. R., Gemma, S. F. B., & Misuta, M. S. (2021). *Estudo de um protótipo de suporte de apoio da serra hidráulica (SSH) para operação de poda de vegetação (PV) por um eletricista de linha viva (ELV)*. 257–257.
- Błaszczuk, A., & Ogurkowska, M. B. (2022). The use of electromyography and kinematic measurements of the lumbar spine during ergonomic intervention among workers of the production line of a foundry. *PeerJ*, 10, e13072. <https://doi.org/10.7717/peerj.13072>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>

- Kataria, K. K., Sharma, M., Kant, S., Suri, N. M., & Luthra, S. (2022). Analyzing musculoskeletal risk prevalence among workers in developing countries: an analysis of small-scale cast-iron foundries in India. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 77(6), 486–503. <https://doi.org/10.1080/19338244.2021.1936436>
- Leardini, A., Biagi, F., Merlo, A., Belvedere, C., & Benedetti, M. G. (2011). Multi-segment trunk kinematics during locomotion and elementary exercises. *Clinical Biomechanics*, 26(6), 562–571. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.01.015>
- Liu, J., Qu, X., & Liu, Y. (2022). Influence of Load Knowledge on Biomechanics of Asymmetric Lifting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3207. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063207>
- Phelan, D., & O'Sullivan, L. (2014). Shoulder muscle loading and task performance for overhead work on ladders versus Mobile Elevated Work Platforms. *Applied Ergonomics*, 45(6), 1384–1391. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.03.007>
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Skovlund, S. V., Bláfoss, R., Skals, S., Jakobsen, M. D., & Andersen, L. L. (2022). The Importance of Lifting Height and Load Mass for Muscular Workload during Supermarket Stocking: Cross-Sectional Field Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 3030. <https://doi.org/10.3390/ijerph19053030>
- Traldi De Lima, F., Bento Da Silva, S., & Linha, V. ; (n.d.). *ANÁLISE POSTURAL DE PODA DE VEGETAÇÃO EXECUTADA POR ELETRICISTAS DE LINHA VIVA: ESTUDO A PARTIR DA ERGONOMIA, BIOMECÂNICA E CIBERNÉTICA* Palavras-chave.
- Wu, G., Siegler, S., Allard, P., Kirtley, C., Leardini, A., Rosenbaum, D., Whittle, M., D'Lima, D. D., Cristofolini, L., Witte, H., Schmid, O., & Stokes, I. (2002). ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine. *Journal of Biomechanics*, 35(4), 543–548. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00222-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00222-6)
- Wu, G., van der Helm, F. C. T., (DirkJan) Veeger, H. E. J., Makhsous, M., van Roy, P., Anglin, C., Nagels, J., Karduna, A. R., McQuade, K., Wang, X., Werner, F. W., & Buchholz, B. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics*, 38(5), 981–992. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.05.042>