

Acidentes ocupacionais em operações com equipamentos pesados de carga e transporte, nas indústrias de extração a céu aberto e de construção – Breve revisão

Jane Paula de Souza ¹, Soraya Wingester Vasconcelos ², J. Santos Baptista ³, J. Castelo Branco ⁴

¹Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT (janePaulasouza@gmail.com) ORCID 0000-0001-5455-7232, ²Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT (sorayawingester@gmail.com) ORCID 0000-0003-2137-1591, ³Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT (jsbap@fe.up.pt) ORCID 0000-0002-8524-5503, ⁴Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT (jcb@fe.up.pt) ORCID 0000-0002-9254-4384.
https://doi.org/10.24840/978-972-752-279-8_0081-0087

Resumo

Introdução: As operações nas indústrias extrativas a céu aberto e construção são reconhecidas pelos elevados índices de sinistralidade, devido às características dos próprios processos produtivos e em função da forte presença de máquinas e equipamentos pesados. Os trabalhos realizados ao ar livre, em condições meteorológicas adversas e vias de circulação inadequadas e com falta de manutenção, são alguns dos fatores que caracterizam os dois setores. As quedas foram identificadas como os principais fatores desencadeadores de risco de acidentes ou tipos de acidentes. O presente artigo visa apresentar uma breve revisão sistemática sobre a ocorrência de acidentes ocupacionais na utilização de equipamentos pesados, nas indústrias de construção e mineração. **Metodologia:** A revisão seguiu os requisitos do PRISMA *Statement*. Foram consultadas 7 bases de dados e utilizadas 33 palavras-chave. Foram aplicados vários critérios de exclusão, nomeadamente: intervalo de pesquisa, tipo de documento, tipo de fonte e idioma. Com critérios de elegibilidade foram considerados apenas os artigos que abordassem acidentes ocupacionais com equipamentos pesados de carga e transporte. Considerou-se ainda a técnica de *Snowballing*, para a adição de outros artigos. **Resultados e Discussões:** A partir dos 4.546 artigos originários das bases de dados e dos 6 por *Snowballing*, 16 foram incluídos nesta revisão. Os acidentes ocupacionais decorrentes da utilização de equipamentos móveis, nas indústrias de mineração e construção, estão relacionados com os processos produtivos. O setor de mineração a céu aberto se destacou com maior incidência de acidentes ocupacionais. As operações com caminhões de transporte, escavadeira, tratores, retroescavadeira, raspadores e carregadeira frontal evidenciaram a ocorrência de quedas, atropelamento, capotamento e colisões, na indústria mineradora. 43,75% dos artigos apontaram que os operadores de máquinas móveis sofrem mais acidente ao entrar ou sair das cabines dos equipamentos, e que os fatores de risco mais importantes na ocorrência de escorregões, tropeções e quedas são os contaminantes nas escadas e os projetos inadequados de acesso às máquinas. **Conclusões:** Medidas corretivas nas escadas que dão acesso aos equipamentos móveis das indústrias extrativa a céu aberto e na construção civil, bem como o melhoramento de acesso aos maquinários e manutenções frequentes, são essenciais para diminuir os acidentes ocupacionais nas atividades de ambas as indústrias, mantendo-se a integridade física do operador.

Palavras-chave: Acidentes, Equipamentos móveis, Mineração, Construção civil.

INTRODUÇÃO

Os acidentes ocupacionais relacionados à utilização de equipamentos pesados de carga e transporte, nas indústrias de mineração a céu aberto e de construção, estão intimamente relacionados, ao próprio processo produtivo e às condições operacionais. Na utilização de equipamentos pesados móveis, as atividades realizadas ao ar livre estão sujeitas a condições meteorológicas adversas, exposição a partículas, ruído, vibrações e vias instáveis de circulação nas indústrias (Pollard et al, 2017; Mayton et al, 2018; Nasarwanji; Sun, 2019; Rahimdel; Mirzaei, 2020).

Em ambos os setores, as quedas estão presentes em parte significativa das lesões fatais, as quais também são a segunda principal causa de lesões não fatais na indústria extrativa a céu aberto (*Mine Safety and Health Administration*, 2015). O risco de queda é o que mais se destaca na bibliografia, principalmente nas entradas e saídas das cabines de máquinas e equipamentos (Nasarwanji et al, 2016; Pollard et al, 2017; Mayton et al, 2018; Mayton et al, 2020). Adicionalmente, destaca-se a iluminação insuficiente como um fator importante associado ao desenvolvimento de acidentes nessas indústrias, sendo insuficiente nas atividades realizadas

nos períodos noturnos nas minas a céu aberto, com a iluminação inadequada no local de realização das atividades, pode-se ocasionar acidentes como colisões e atropelamentos nas indústrias (Nasarwanji et al, 2018).

De acordo com o *National Institute of Occupational Health and Safety* (NIOSH), ao realizar um estudo sobre lesões fatais e não fatais relacionadas às máquinas na indústria de mineração dos Estados Unidos da América (EUA), concluíram que 46% dos acidentes ocorreram em atividades de operações de máquinas e 25% na manutenção e reparo de máquinas. Entretanto, mesmo com a quantidade de medidas preventivas existentes e implementadas, o número de acidentes ainda é crescente anualmente (Ruff et al., 2011).

Dados obtidos da *US Bureau of Labor Statistics* relatam que houve um aumento significativo no número de acidentes fatais no setor trabalhista em 2019. Dos acidentes relatados, é evidente o aumento expressivo em 6% anuais de acidentes na indústria extrativa a céu aberto (*Bureau of Labor Statistics*, 2019).

O presente trabalho de revisão sistemática tem como principal objetivo identificar e caracterizar os principais riscos ocupacionais relacionados com equipamentos de carga e transporte nos setores da construção civil e da mineração a céu aberto.

METODOLOGIA

A metodologia proposta para a realização deste estudo baseou-se na aplicação dos pressupostos de uma revisão sistemática indicados na metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* (PRISMA) (Page et al., 2021). A pesquisa foi realizada nas seguintes bases de dados: *Scopus*, *Web of Science*, *Engineering Village* (Inspec), *ScienceDirect*, *Scielo*, *CurrentContents* e *Dimensions*.

Foram consideradas as palavras-chave relacionadas com a incidência de acidentes ocupacionais na utilização de equipamentos pesados de carga e transporte nas indústrias de mineração e construção, nomeadamente: *mine*, *mining*, *open-pit-mine*, *open-cast-mine*, *quarry*, *extractive industry*, *construction*, *earthmoving*, *earthwork*, *risk assessment*, *occupational accidents*, *occupational risks*, *occupational hazards*, *equipment*, *machinery*, *machine*, *dumper*, *loader*, *dragline excavator*, *excavator shovel*, *bucket wheel excavator*, *wheel tractor scrape*, *bulldozer*, *mining truck*, *mining drill*, *earth mover*, *hydraulic excavator*, *wheel loader*, *backhoe loader*, *haul truc* e *conveyor*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram obtidos 4.546 artigos, ao qual foram aplicados vários critérios de exclusão, nomeadamente:

- Data de publicação - apenas artigos dos últimos cinco anos (2016-2020), com a exclusão de 2725 artigos;
- Tipo de documento - apenas os artigos científicos, tendo sido excluídos 746;
- Tipo de fonte - somente artigos publicados em revistas científicas, totalizando 14 artigos excluídos;
- Idioma de publicação - apenas os artigos escritos em inglês, com a exclusão de 80 artigos. Além desses, outros critérios de inclusão foram aplicados:
- Os artigos só eram selecionados se abordassem os setores de construção e mineração. Mais 184 artigos foram excluídos.

Como critérios de elegibilidade foram considerados todas as situações relacionadas com a mineração a céu aberto, construção em terraplanagem, máquinas móveis, acidentes e riscos ocupacionais. Após realizar a leitura do título e resumos dos artigos, foram excluídos 767 artigos, os quais não estavam em concordância com o objetivo do estudo. Ao final do processo de

seleção, 36 artigos foram classificados como elegíveis e submetidos à leitura completa. Desse total, 6 artigos são provenientes da pesquisa realizada pelo critério de “Snowballing”, de forma a incluir a bibliografia relevante (Wohlin, 2014). Por fim, apenas 16 artigos atenderam a todos os critérios para participar dessa revisão sistemática.

Na análise dos artigos, diferentes tipos de equipamentos de carga e transporte nas minerações a céu aberto e de construção envolvidos em riscos de acidentes ocupacionais foram identificados, sendo que os caminhões de transporte se destacaram e foram abordados em 7 artigos, ou seja, 43,75% dos analisados (McCann, 2006; Santos; Porter; Mayton, 2010; Hinze e Teizer, 2011; Horberry et al., 2016; Abbaspour et al., 2018; Mayton et al., 2020). Seguido das escavadeiras, com 25%, sendo abordadas em 4 artigos (McCann, 2006; Hinze e Teizer, 2011; Horberry et al., 2016; Kazan; Usmen, 2018). Já os equipamentos móveis não especificados foram abordados em 5 artigos. A distribuição da abordagem por artigos dos demais tipos de maquinários encontra-se detalhada na Figura 1.

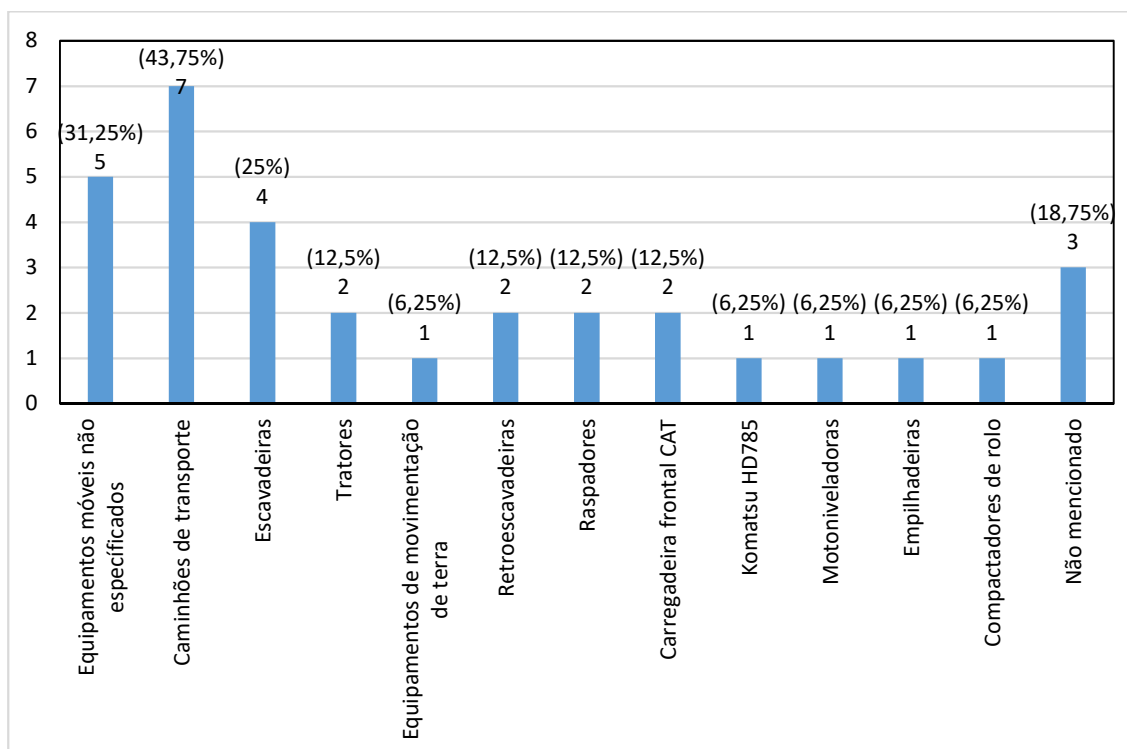


Figura 1. Distribuição dos artigos por tipo de maquinários citados.

Entre os estudos analisados, 9 deles mencionam diferentes tipos de riscos de acidentes e fator desencadeador de risco, como por exemplo as quedas dos equipamentos de mineração e/ou construção (Santos; Porter; Mayton, 2010; Nasarwanji, 2016; Pollard et al., 2017; Nowrouzi-Kia et al., 2017; Nasarwanji et al., 2018; Nasarwanji et al., 2019; Pollard et al., 2019; Hrica et al., 2020; Mayton et al., 2020). As atividades com maior índice de ocorrências de acidentes são as quedas na entrada e saída das cabines dos equipamentos, conforme 7 dos estudos analisados (Santos; Porter; Mayton, 2010; Horberry et al., 2016; Pollard et al., 2017; Nasarwanji et al., 2018; Pollard et al., 2019; Hrica et al., 2020; Mayton et al., 2020). Seguidos de atropelamentos, em 2 artigos, logo após o capotamento e colisões em 1 dos estudos, descritos detalhadamente abaixo na Figura 2.

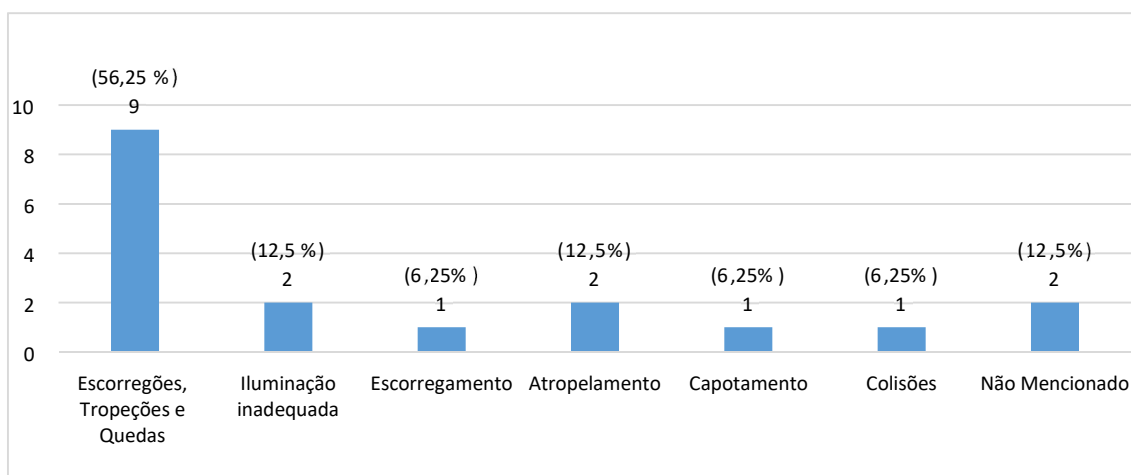


Figura 2. Distribuição dos artigos de acordo com a descrição dos riscos e fatores desencadeador de risco de acidentes ocupacionais.

Em seguida, manutenções e reparos em equipamentos e operações de equipamentos foram mencionados em 4 dos estudos. As operações em equipamentos em marcha à ré e operações de mineração foram abordadas em 2 dos estudos. Outros fatores considerados adjuvantes tornam a saída mais perigosa que a entrada nos equipamentos, como exemplo desses fatores têm-se a gravidade, que torna mais rápido o processo de saída do equipamento e a diminuição da propriocepção dos trabalhadores com maior idade, os quais apresentam redução da capacidade de observar os degraus da escada sob os pés ou utilizar o corrimão de maneira adequada (Robbins et al., 1995; Pollard et al., 2017; Nasarwanji et al., 2018).

Estudos anteriores corroboram essa revisão por apontarem que as quedas de altura nas operações com equipamentos pesados móveis nos setores da mineração e construção foram responsáveis por aproximadamente 60% dos casos relacionados a quedas, escorregões e tropeções, além de colaborarem para o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos em operadores (Nasarwanji, 2016; Weston et al., 2016).

Os fatores de risco predominantes que contribuíram para os acidentes identificados foram a visibilidade reduzida do operador, contaminantes em escadas dos equipamentos, como por exemplo a areia e barro, os quais potencializam o risco de quedas na entrada e saída dos equipamentos, além disso, o projeto inadequado de acesso aos maquinários (Hinze e Teizer, 2011; Horberry et al., 2016; Pollard et al., 2017; Nasarwanji et al., 2018; Pollard et al., 2019). O uso incorreto ou a ausência do sistema de proteção contra quedas em alturas, flexibilidade dos trilhos, iluminação insuficiente, fatores pessoais, ambientais e do projeto, bem como a ausência do cinto de segurança foram abordados em 2 dos estudos. A altura dos degraus inferiores, condições perigosas do solo, impossibilidade de visualizar os pés na hora da descida, saída de uma superfície escorregadia, com o escorregamento do pé ou mão, problemas de equilíbrio que podem contribuir para as quedas dos operadores, instalações de saída do equipamento, treinamento de segurança em não conformidade, alarme reserva com defeito e falta de manutenção, foram mencionados em 2 dos estudos em análise. No entanto, 4 dos estudos não chegaram a mencionar tipos de fatores específicos que impliquem no desencadeamento de acidentes, relatados na Figura 3.

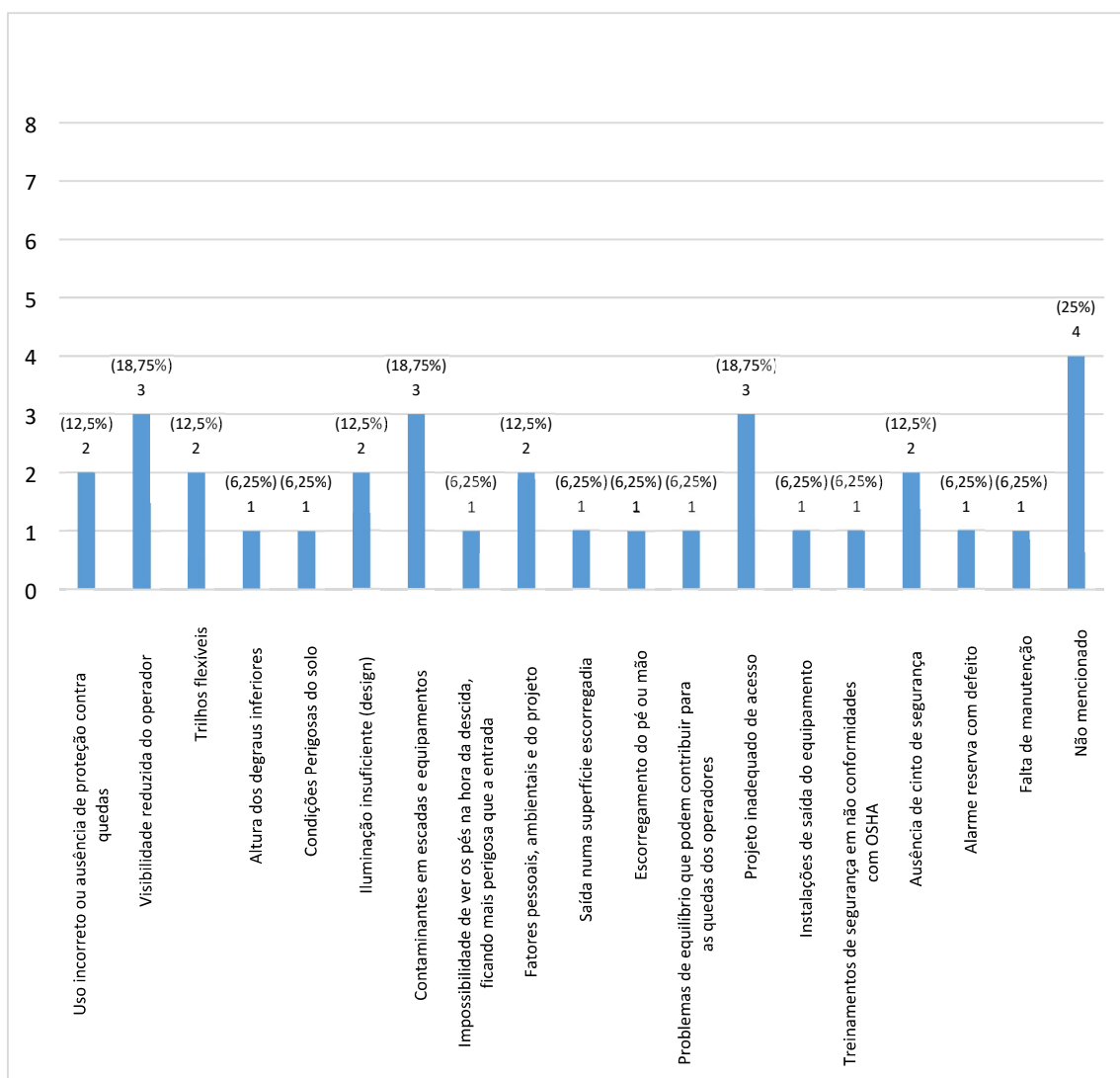


Figura 3. Resultados dos artigos que descreveram os fatores de riscos envolvidos nos acidentes.

Estudos já realizados mostraram que os operadores de equipamentos acreditam que a falta de iluminação adequada se torna um elemento fundamental no desencadeamento de acidentes, seja na entrada ou saída das cabines (Pollard et al., 2019). Em contraste, outros estudos relatam o desencadeamento de acidentes derivados de fatores ambientais, condições de solo, mudança no ambiente de trabalho e falta de manutenção de máquinas (Smets et al., 2010; Langer et al., 2015).

A escavadeira é um equipamento complexo que envolve um processo sinérgico de giro, braço e caçamba, por isso exige uma maior atenção por parte dos operadores em sua utilização. Além disso, está sujeita a fatores desfavoráveis no ambiente de trabalho, como o espaço limitado nas indústrias para as atividades com as escavadeiras, o que aumenta a probabilidade de acidentes nas indústrias, devido às vias de circulação instáveis (Liu et al., 2020). Dados obtidos do *Korean Construction Safety Institute* (2015), apontam que das 632 mortes no setor da construção, no período de 2009 a 2015, 121 delas foram por acidentes na utilização de escavadeiras, assim determinando o maior número de acidentes fatais causados por algum tipo de equipamento da indústria extrativa a céu aberto e construção civil. Esse relato, contribui como os achados desta revisão, a qual afirma o envolvimento das escavadeiras em maioria dos acidentes relatados.

CONCLUSÃO

Diversos equipamentos móveis das minerações e construções estão relacionados ao elevado índice de acidentes do trabalho, a exemplo dos caminhões de transporte, equipamentos móveis em geral, escavadeiras e outros. Na utilização desses equipamentos deve-se observar as normas de segurança para que atividades como a entrada e/ou saída dos operadores das cabines dos maquinários, operações, manutenções e reparos possam ser realizadas sem riscos à saúde dos trabalhadores. Os principais acidentes e riscos relacionados às atividades mencionadas são os quedas, atropelamentos, capotamento e colisões. Os fatores que potencializam a ocorrência de acidentes são a visibilidade reduzida do operador, contaminantes (areia, barro) em escadas dos equipamentos e projetos inadequados de acesso. O uso incorreto ou a ausência de proteção contra quedas, flexibilidade dos trilhos, fatores pessoais e ambientais, relacionados ao projeto, bem como a ausência do cinto de segurança são outros fatores associados ao risco de acidentes.

Percebe-se que os setores de mineração e construção, apesar de serem bastante representativos do ponto de vista econômico-financeiro, demonstram realizar investimentos em saúde e segurança do trabalho de forma insignificante, ao se considerar a frequência e gravidade dos acidentes que foram identificados nessa revisão e a elevada taxa de acidentes nessas indústrias.

Bibliografia

- Abbaspour, H., Drebenstedt, C., & Dindarloo, S. R. (2018). Evaluation of safety and social indexes in the selection of transportation system alternatives (Truck-Shovel and IPCCs) in open pit mines. *Safety Science*, 108, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.020>
- Bureau of Labor Statistics. (2019). National census of fatal occupational injuries in 2019. Disponível em: <https://www.bls.gov/news.release/pdf/cfoi.pdf>. Acesso em: 12. Abr 2021.
- Hinze, J. W., & Teizer, J. (2011). Visibility-related fatalities related to construction equipment. *Safety Science*, 49(5), 709–718.
- Horberry, T., Burgess-Limerick, R., Cooke, T., & Steiner, L. (2016). Improving Mining Equipment Safety Through Human-Centered Design. *Ergonomics in Design*, 24(3), 29–34. <https://doi.org/10.1177/1064804616636299>
- Hrica, J. K., Eiter, B. M., Pollard, J. P., Kocher, L. M., & Nasarwanji, M. (2020). Analysis of Fall-Related Imminent Danger Orders in the Metal/Nonmetal Mining Sector. *Mining, Metallurgy and Exploration*, 37(2), 619–630. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00186-w>
- Korean Construction Safety Institute. (2015). [Graph] Number of Industrial Accident Deaths Caused by Construction Machines, I-dbNewsletter.
- Langer TH, Ebbesen MK, Kordestani A (2015). Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler. *Int. J. Industrial Ergonomics*. 2015;47:79–83
- Liu, G., Yang, L., Wu, D., Wu, G., & Chen, H. (2021). Development and experimental investigation of an automatic control system for an excavator. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 235(4), 758-773.
- Kazan, E., & Usmen, M. A. (2018). Worker safety and injury severity analysis of earthmoving equipment accidents. *Journal of safety research*, 65, 73-81.
- Mayton, A. G., Demich, B., & Nasarwanji, M. F. (2020). Investigation of Machine-Mounted Area Lighting to Reduce Risk of Injury from Slips-Trips-Falls for Operators of Mobile Surface Mining Equipment. *Mining, Metallurgy and Exploration*. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00239-0>
- Mayton, A. G., Porter, W. L., Xu, X. S., Weston, E. B., & Rubenstein, E. N. (2018). Investigation of human body vibration exposures on haul trucks operating at US surface mines/quarries relative to haul truck activity. *International journal of industrial ergonomics*, 64, 188-198.
- McCann, M. (2006). Heavy equipment and truck-related deaths on excavation work sites. *Journal of Safety Research*, 37(5), 511–517

- Mine Safety and Health Administration. (2015). Acidentes, lesões, estatísticas e relatórios de produção e acidentes na indústria de mineração. <https://www.cdc.gov/niosh/mining/data/default.html>
- Nasarwanji MF, Pollard J, Porter W (2018) An analysis of injuries to frontend loader operators during ingress and egress. *Int J IndErgon* 65:84–92
- Nasarwanji, M. F., & Sun, K. (2019). Burden associated with nonfatal slip and fall injuries in the surface stone, sand, and gravel mining industry. *Safety Science*, 120, 625–635. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.007>
- Nasarwanji, M.F., 2016. Contributing factors to slip, trip, and fall fatalities at surface coal and metal/nonmetal mines. In: Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ...&Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 103-112.
- Pollard, J., Kosmoski, C., Porter, W. L., Kocher, L., Whitson, A., &Nasarwanji, M. (2019). Operators' views of mobile equipment ingress and egress safety. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 272–280. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.06.003>
- Pollard, J., Porter, W., Mayton, A., Xu, X., & Weston, E. (2017). The effect of vibration exposure during haul truck operation on grip strength, touch sensation, and balance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 57, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.11.009>
- Rahimdel, M. J., &Mirzaei, M. (2020). Prioritization of practical solutions for the vibrational health risk reduction of mining trucks using fuzzy decision making. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 75(2), 112-126.
- Robbins, S., Waked, E., &McClaran, J. (1995). Proprioception and stability: foot position awareness as a function of age and footwear. *Age and Ageing*, 24(1), 67-72.
- Ruff, T., Coleman, P., & Martini, L. (2011). Machine-related injuries in the US mining industry and priorities for safety research. *International journal of injury control and safety promotion*, 18(1), 11-20.
- Santos, B. R., Porter, W. L., & Mayton, A. G. (2010, September). An analysis of injuries to haul truck operators in the US mining industry. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 54, No. 21, pp. 1870-1874). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Smets M, Eger TR, Grenier SG. Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: a comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks. *Appl. Ergon.* 2010;41(6):763–770
- Weston, E., Nasarwanji, M.F., Pollard, J.P., 2016. Identification of work-related musculoskeletal disorders in mining. *J. Saf., Health Environ. Res.* 12 (1), 274–283.
- Wohlin, Claes. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering*. 2014. p. 1-10.