

PERCEÇÃO DE RISCOS MECÂNICOS: CONCEITOS TÉCNICOS DE SUPORTE À IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DO RISCO.

PERCEPTION OF MECHANICAL RISKS: TECHNICAL CONCEPTS TO SUPPORT THE IDENTIFICATION AND DESCRIPTION OF THE RISK.

Rui Veiga¹, Cristina Cadete Pires², Nuno Nogueira³ Raquel Ascenso⁴, Luís Ferreira⁵, António Ribeiro⁶, Joana Tudela⁷

¹ISLA Santarém, CEPESE, Porto; ^{2,4,5,6,7}ISLA Santarém; ³ISLA Santarém, ESCAD-IPLUSO; ¹rui.veiga@islasantarem.pt; ²cristina.pires@islasantarem.pt; ³nuno.nogueira@islasantarem.pt; ⁴raquel.ascenso@islasantarem.pt; ⁵luis.ferreira@islasantarem.pt; ⁶antonio.ribeiro@islasantarem.pt; ⁷joana.tudella@islasantarem.pt

RESUMO

Introdução: Este trabalho insere-se numa linha de investigação sobre taxonomia da gestão de riscos, tendo a investigação incidido nos riscos mecânicos. Os conceitos descritos na bibliografia disponível perante casos específicos, revelaram-se incapazes de identificar e distinguir situações quotidianas desta natureza de risco.

Método: Foi elaborado um questionário onde se solicitava a identificação do risco mecânico mais significativo em diversas situações, através de apresentação de vinte imagens *gif*, representativas de acidentes de trabalho, com resposta de escolha múltipla. Para além das ferramentas da estatística descritiva, foram utilizados testes não paramétricos dada a natureza e distribuição das variáveis, entre eles o teste não paramétrico de Mann-Whitney por ser o mais robusto a desvios da normalidade. **Resultados:** Obtiveram-se 395 respostas, e 29,6% dos respondentes, exercem funções de Técnico de Segurança no Trabalho, considerando estes, 41,0% está na empresa há 11-20 anos. Verificou-se que um conjunto de imagens *gif* apresentaram muita dispersão no tipo de respostas sendo, evidente a dificuldade na correta identificação do risco.

Discussão e conclusão: Um indivíduo que desempenha funções de Técnico de Segurança no Trabalho, tem cerca de três vezes mais oportunidades de reconhecer de forma correta um risco mecânico. A análise de risco é um procedimento crucial para identificar e avaliar todas as possíveis ameaças e vulnerabilidades, e com a descrição de conceitos apresentados pretende-se a identificação correta dos diferentes riscos mecânicos.

Palavras-chave: Taxonomia de Riscos, Riscos Mecânicos, Conceitos.

ABSTRACT

Introduction: This work is included in a research line involving the taxonomy of risk management and this research was focused on mechanical risks. The concepts described in the bibliography available in specific cases proved to be unable to identify and distinguish daily situations involving this risk.

Method: A survey was prepared concerning the identification of the most significant mechanical risk associated to several situations, through the presentation of twenty gif images representing work accidents, with multiple choice answers. In addition to descriptive statistical tools, non-parametric tests were used given the nature and distribution of variables, including Mann-Whitney non-parametric test, as it is the most robust to deviations from normality.

Results: 395 responses were obtained, and 29,6% of individuals work as Occupational Security Technicians. Among these, 41,0% works at the enterprise for 11-20 years. It was verified that a set of gif images generated dispersion in the responses, showing difficulties in the correct identification of the risk.

Discussion and conclusion: An individual who works as Occupational Security Technician has around three times more chance to correctly recognize a mechanical risk. Risk analysis is a

crucial procedure for identifying and evaluating all possible threats and vulnerabilities and with the description of the concepts presented, a correct identification of the diverse mechanical risks is aimed.

Keywords: Risk Taxonomy, Mechanical Risks, Concepts

Na sequência do estudo apresentado em 2023, onde se desenvolveu uma taxonomia para a gestão de riscos ocupacionais, baseada no conceito de risco e numa análise das terminologias utilizadas na literatura, em relação à descrição e classificação dos riscos (Veiga et al., 2023), a equipa investigadora detetou que ao serem analisados vídeos referentes a acidentes de trabalho, onde o risco mecânico era evidenciado, havia uma enorme dificuldade em distinguir os diferentes tipos. Os conceitos descritos na bibliografia disponível perante casos específicos, revelavam-se incapazes de identificar e distinguir situações quotidianas de risco mecânico.

A análise de risco consiste em identificar e avaliar todos os riscos possíveis. A diversidade de procedimentos de análise de risco é tal que existem muitas técnicas apropriadas e a escolha tornou-se mais uma questão de gosto (Reniers et al., 2005). Verifica-se pela análise e estudo da literatura científica que cada método de análise e avaliação tem as suas limitações de aplicabilidade, (Marhvilas et al., 2011) e influencia os resultados obtidos, que devem ser geridos para garantir a melhoria contínua da gestão de risco da empresa (Sivitski & Põdra, 2021).

A identificação dos perigos, fatores de risco e demais elementos da sequência causa-efeito, que leva ao acidente ou doença ocupacional, é reconhecida como particularmente importante para o sucesso da gestão de riscos e o uso de imagens, para testar as diferenças de percepção de risco (Perlman et al., 2014). No entanto, a identificação dos perigos apesar dos diferentes métodos existentes que têm contribuído para melhorar a sua identificação, está associada às limitações humanas.

Quando os perigos não são identificados, a possibilidade de ocorrência de acidentes aumenta substancialmente, em especial, quando o trabalhador não percebe os riscos a que está exposto (Jeelani et al., 2018; Veiga et al., 2020).

O número de acidentes de trabalho mortais em Portugal continua elevado, tendo-se verificado em 2023 um total de 135 mortes, continuando a maioria associada à natureza do risco mecânico (ACT Autoridade para as Condições de Trabalho, 2024).

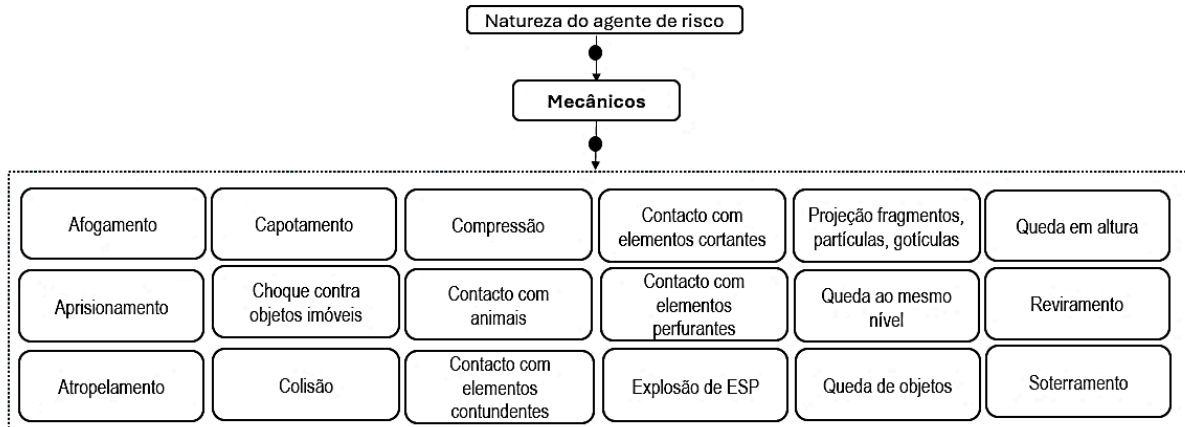


Figura 1. Riscos mecânicos de acordo com a taxonomia apresentada por (Veiga et al., 2023)

De um modo geral, os riscos mecânicos (Figura 1) compreendem o conjunto de fatores de risco que incluem o contacto de elementos de equipamentos, ferramentas, peças ou projeção de materiais sólidos ou líquidos com o corpo ou uma parte deste (Nunes, 2010). Uma grande variedade de movimentos e de ações mecânicas podem apresentar riscos para o operador. Estes movimentos, podem ser giratórios, alternados (vai e vem), retilíneos, circulares ou transversais. Dão origem a ações de arrastamento, corte, perfuração esmagamento, etc. Um número de componentes mecânicos de ferramentas e mecanismos podem ser assim classificados como perigosos, como engrenagens, dentes, rodas, polias de corte, bielas, acoplamentos, eixos, correntes, manivelas, e quaisquer peças que têm impacto ou cisalhamento. Como tal, as três zonas básicas que necessitam de especial atenção e proteção são o ponto de operação (o ponto em que o trabalho é realizado no material), os componentes do equipamento de transmissão de energia, e quaisquer outras partes do aparelho que se movem, enquanto a máquina está a trabalhar, incluindo mecanismos de alimentação e partes auxiliares da máquina. Os riscos de natureza mecânica não incluem a exposição ao ruído, vibrações, radiações, agentes químicos, agentes biológicos, contatos elétricos, contatos térmicos (com superfícies quentes ou frias), mas muitas vezes esses perigos também estão associados aos equipamentos de trabalho (Caputo et al., 2013).

Para Nunes (2010) o risco mecânico produzido por partes ou peças da máquina está condicionado fundamentalmente pela sua forma (arestas cortantes, partes pontiagudas) e a sua posição relativa (zonas de alcance). No entanto existem outros fatores de risco, associados como quedas ou perdas de equilíbrio e também os associados à manutenção sejam da própria máquina, das suas peças, da massa e estabilidade (energia potencial), da massa e velocidade (energia cinética), a sua resistência mecânica à rotura ou deformação e, a sua acumulação de energia, por molas ou equipamentos e reservatórios sob pressão.

No âmbito dos riscos mecânicos, e de acordo com a taxonomia de gestão de riscos (Veiga et al., 2023), a equipa de investigadores recorreu à Física para melhorar a descrição dos riscos dos vários acidentes de trabalho apresentados nas imagens animadas (*gif*), assim como, no desenvolvimento da descrição, dos diferentes conceitos. A Física, enquanto ciência que investiga os elementos fundamentais do universo, as forças que nele atuam e os seus efeitos, contribui para a compreensão e descrição dos processos e fenómenos naturais (Halliday et al., 2021).

As Leis de Newton apresentam um conjunto fundamental de princípios que descrevem com precisão o comportamento dos corpos em movimento. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2021), a primeira lei, conhecida como lei da inércia, estabelece que um objeto em repouso permanecerá assim, e um objeto em movimento persistirá nesse estado, a menos que uma força externa seja aplicada sobre ele, ou seja, os objetos têm uma tendência natural a resistir a mudanças no seu estado de movimento, seja ele em repouso ou em movimento constante.

Quanto à segunda lei de Newton, (Halliday et al., 2021) o princípio fundamental da dinâmica revela uma relação crucial entre a força aplicada a um objeto e a aceleração resultante. Esta lei permite-nos entender como a aplicação de forças afeta o movimento dos corpos. Quanto maior a força aplicada a um objeto, maior será a sua aceleração, desde que a massa permaneça constante.

Por fim, Halliday, Resnick e Walker (2021) referem-se à terceira lei de Newton, a lei da ação e reação, que destaca a interação entre dois corpos diferentes num sistema. Esta lei afirma que para cada ação, há uma reação igual e oposta. Isto significa que quando um objeto exerce uma força sobre outro, o segundo objeto reage com uma força de magnitude igual, mas em direção oposta. Essa relação de ação e reação é fundamental para compreender a natureza das interações entre corpos no universo físico.

Em suma, as Leis de Newton são fundamentais para compreendermos o movimento e as interações entre corpos.

Com esta investigação pretende-se, compreender o nível de dificuldade nas situações onde se verifica maior complexidade na identificação do risco, e verificar se existem diferenças significativas na capacidade de identificação entre técnicos de segurança e não técnicos.

Complementarmente, a investigação visa ainda o desenvolvimento e melhoria na descrição de conceitos, cuja explicação técnica permita distinguir de forma eficaz os riscos mecânicos.

METODOLOGIA

Para o estudo da perceção de risco, numa primeira fase, foi elaborado um questionário provisório, com um conjunto de 18 imagens *gif*, correspondentes a diferentes riscos mecânicos, onde se solicitava a identificação do risco mais significativo na situação ilustrada, com resposta de escolha múltipla, onde se encontravam enumerados os riscos que constam na Fig. 1. Na análise ao questionário provisório, verificou-se que alguns respondentes não percebiam a situação ilustrada, além de que a taxa de erro era muito significativa nas situações de risco de contacto com elementos contundentes e de compressão.

Posteriormente, o questionário foi revisto, tendo-se substituído as imagens *gif* onde os respondentes tinham referido muita dificuldade em identificar a situação de risco e, duplicou-se as imagens dos dois riscos com maior taxa de erro, para permitir verificar se com imagens diferentes os respondentes melhoravam a taxa de acerto, sempre com resposta de escolha múltipla. Para permitir avaliar e distinguir o nível de perceção foi inserido um campo de recolha para os respondentes indicarem se desempenham funções como Técnico de Segurança no Trabalho.

A equipa de investigação divulgou o questionário através de plataformas digitais de relacionamento pessoal e profissional e *mailing list*. Por outro lado, após análise dos resultados obtidos, foi elaborado um estudo descritivo que permitiu distinguir os conceitos de risco, recorrendo ao conhecimento da ciência, em particular da física,

atendendo à natureza mecânica dos riscos. Esta descrição pormenorizada permitirá identificar melhor as causas dos acidentes apresentados.

Para além das ferramentas da estatística descritiva, foram utilizados testes não paramétricos dada a natureza e distribuição das variáveis, entre eles o teste não paramétrico de *Mann-Whitney* por ser o mais robusto a desvios da normalidade.

Na presente investigação foi ajustado um modelo de regressão logística, cuja variável resposta toma os valores de 1 se é um indivíduo que conhece os riscos e de 0 se não o é. Considerou-se, para o efeito, que um indivíduo conhece os riscos, se a proporção de respostas corretas for superior ou igual a 50%, e não conhece caso contrário.

Para a análise dos dados foram utilizados os softwares *RStudio* versão 4.2.2 (2022-10) e *SPSS* versão 29.

RESULTADOS

Obtiveram-se 395 respostas, em que 50,4% são mulheres e 49,6% homens com idade média igual a 44,2 anos ($M=44,2$; $DP=13,3$). Mais de 50% dos respondentes tem o Ensino Superior (66,1%) e em termos de antiguidade na empresa, considerando os participantes que desempenham funções de Técnico de Segurança no Trabalho (TST), 41,0% está na empresa num período compreendido entre 11 e 20 anos, seguindo-se 27,4% que está há 5 anos ou menos.

A variável Concelho de Residência foi agrupada segundo a divisão NUTS II, e 75,2% das respostas são provenientes de indivíduos da zona centro do país. No que diz respeito ao desempenho de funções de TST, apurou-se que 29,6% indivíduos exercem este tipo de funções, e os restantes 70,4% afirmam não exercer qualquer tipo de função nesta área.

Os participantes neste estudo visualizaram vinte imagens *gif*, referentes a acidentes de trabalho, associadas a riscos mecânicos e pretendia-se que, dentro das opções disponíveis, associassem a qual o risco que consideravam descrever melhor a situação. Com os resultados foi criada uma variável «Proporção de respostas certas» com base no número de inquiridos que acertou ou errou na classificação do risco, e para cada vídeo foi efetuada uma categorização que indica se a pessoa acertou ou errou na classificação. De entre as vinte imagens *gif* partilhadas no questionário, e depois de estimar a proporção de respostas corretas em cada vídeo, foi possível concluir que quem desempenha funções de TST tem uma proporção média de respostas corretas superior ($M=74,6$; $DP=14,3$), quando comparados com quem não desempenha este tipo de funções, Tabela 1, pelo que as diferenças são estatisticamente significativas ($U=10586,5$, $W=49367,5$, $p<0,001$).

Tabela 1. Tabela da proporção de respostas certas por tipo de participante

		Proporção de respostas certas	
		M	DP
Desempenha funções de Técnico de Segurança no Trabalho	Não	66,2	15,5
	Sim	74,6	14,3

Numa análise mais detalhada das respostas dadas em cada imagem *gif* apresentada, verificou-se que um conjunto de imagens *gif* apresentaram muita dispersão no tipo de respostas por parte dos participantes. Os resultados encontram-se na Tabela 2, e estes exprimem a distribuição percentual de acordo com o tipo de participante (desempenha ou não desempenha funções de TST) e com o tipo de resposta (acertou ou não acertou). Fazendo uma análise para cada imagem *gif*, é clara a dificuldade na identificação, no que diz respeito aos riscos nomeadamente nas imagens *gif* 3, 6, 13,

15 e 18, tanto para indivíduos que desempenham funções de TST como para aqueles que não desempenham, Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição das respostas certas/erradas por tipo de participante

		Desempenha funções de Técnico de Segurança no Trabalho	
		Não	Sim
1	Errou	5,0%	6,8%
	Acertou	95,0%	93,2%
2	Errou	59,4%	31,6%
	Acertou	40,6%	68,4%
3	Errou	87,4%	82,1%
	Acertou	12,6%	17,9%
4	Errou	10,1%	6,8%
	Acertou	89,9%	93,2%
5	Errou	43,5%	20,5%
	Acertou	56,5%	79,5%
6	Errou	50,4%	46,2%
	Acertou	49,6%	53,8%
7	Errou	25,5%	12,8%
	Acertou	74,5%	87,2%
8	Errou	12,6%	6,0%
	Acertou	87,4%	94,0%
9	Errou	23,4%	18,8%
	Acertou	76,6%	81,2%
10	Errou	32,0%	20,5%
	Acertou	68,0%	79,5%
11	Errou	20,1%	9,4%
	Acertou	79,9%	90,6%
12	Errou	8,3%	10,3%
	Acertou	91,7%	89,7%
13	Errou	85,3%	78,6%
	Acertou	14,7%	21,4%
14	Errou	13,7%	6,8%
	Acertou	86,3%	93,2%
15	Errou	55,8%	43,6%
	Acertou	44,2%	56,4%
16	Errou	6,5%	4,3%
	Acertou	93,5%	95,7%

17	Errou	51,1%	25,6%
	Acertou	48,9%	74,4%
18	Errou	55,8%	42,7%
	Acertou	44,2%	57,3%
19	Errou	3,2%	2,6%
	Acertou	96,8%	97,4%
20	Errou	27,7%	32,5%
	Acertou	72,3%	67,5%

Dispersão de respostas

Considerando as imagens *gif* que apresentaram o maior número de respostas incorretas (3, 6, 13 e 18), e que constituem uma dispersão elevada de respostas, apresentam-se os principais resultados em termos de distribuição.

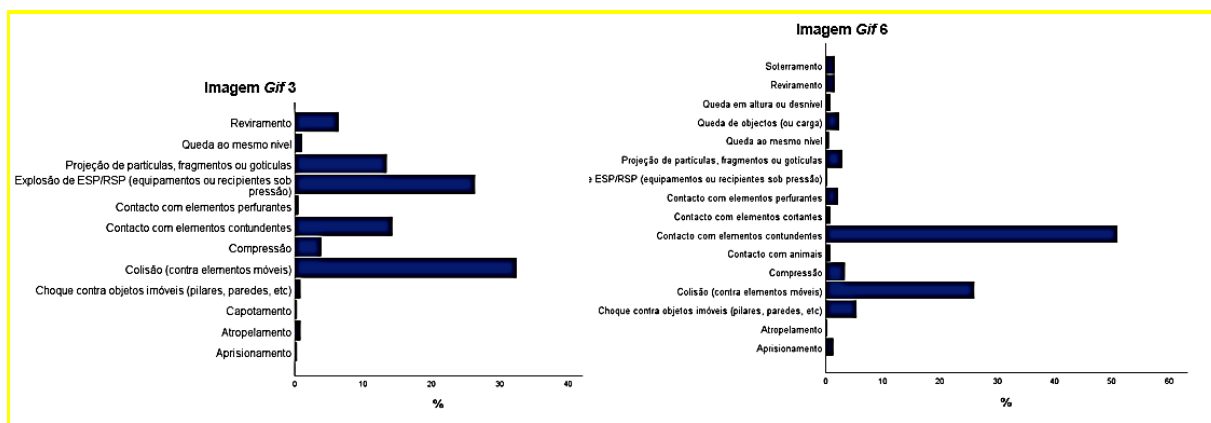


Figura 2. Respostas obtidas para Imagens Gif 3 e 6

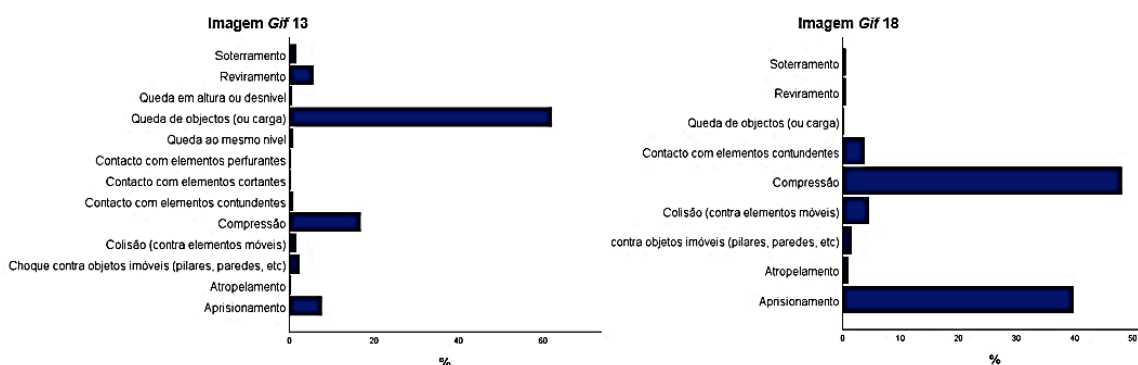


Figura 3. Respostas obtidas para Imagens Gif 13 e 18

No que diz respeito à imagem *gif* 3 (Fig. 2), cuja resposta correta é “Contacto com elementos contundentes”, pode ver-se a dispersão de opções revelando indícios de alguma confusão com o risco mecânico associado. Verifica-se aqui uma tendência para associar o risco presente na imagem *gif* a “Colisão (contra elementos móveis)” uma vez que foi aquele com maior número de respostas. Na imagem *gif* 6 (Fig. 2), cuja resposta correta é também “Contacto com elementos contundentes”, já se constata uma maioria de respostas corretas, mas também uma dispersão quando se faz uma análise global à diversidade de opções registadas pelos participantes no estudo,

sendo mais uma vez a opção “Colisão (contra elementos móveis)” aquela que poderá estar na origem da confusão com o risco associado. No que diz respeito à imagem *gif* 13 (Fig. 3), e cuja resposta correta é “Compressão”, existe uma clara evidência de má interpretação do risco uma vez que a maioria das respostas incide sobre “Queda de objetos (ou carga)”. A dispersão de respostas dadas ficou, também aqui, espelhada o que revela que o risco associado à imagem gera também respostas dispares por parte dos diferentes participantes. Por fim, na imagem *gif* 18 (Fig.3), em que a resposta correta é também “Compressão”, regista-se um maior número de inquiridos que identificam de forma correta o risco, mas, além da dispersão evidente, uma tendência para associar o risco a “Aprisionamento”.

Ajustamento de um modelo de regressão logística

Pretendemos conhecer o perfil e os fatores que potenciam um indivíduo reconhecer de forma correta um risco mecânico e avaliar a sua associação com algumas das variáveis já estudadas. O teste do qui-quadrado de Pearson foi utilizado para testar a associação entre o tipo de respondente e as variáveis categóricas que o caracterizam. O nível de significância foi fixado em 5%, obtendo-se valor $p < 0.05$ para as variáveis. Para ajustar o modelo, utilizou-se o método de seleção de variáveis proposto por (Hosmer et al., 2022). Para iniciar a modelação de regressão logística, realiza-se em primeiro lugar a análise univariada para avaliar a significância de forma individual das variáveis explicativas. De todas as variáveis disponíveis apenas duas se revelaram significativas na análise univariada, “Desempenha funções de TST” com duas categorias (Sim/Não) e a Idade do participante. Começa-se por construir o modelo de efeitos principais, usando apenas estas duas variáveis explicativas que mostram evidência de serem relevantes quando usadas como preditores únicos, isto é, as variáveis com valor $p < 0.20$. Para a variável Idade categorizamos pelo método dos quartis obtendo-se quatro intervalos. No diagnóstico do modelo obteve-se um R^2 de Nagelkerke de 0.1360 e uma capacidade discriminativa de 0.714 (AUC=0.714, Figura 4). O teste de Cessie-Van Houwelingen apresentou um valor que permite validar o ajustamento (valor $p=0.394$).

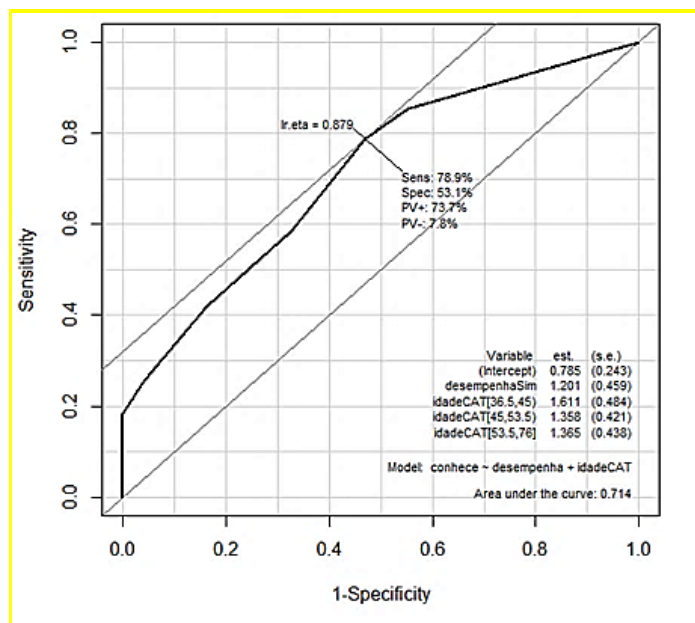


Figura 4. Receiver Operating Characteristic (ROC) do modelo de regressão logístico

Ajustado o modelo com a variável idade categorizada, obteve-se um melhor ajustamento, e depois de testar possíveis interações, o modelo final apresenta os coeficientes que se encontram na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficientes estimados ($\hat{\beta}$) do modelo de regressão logística para um indivíduo conhecer os riscos associados, respetivos desvios-padrão ($\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}$), valores p (Wald) associados, razão de chances (OR), e respetivos intervalos de confiança a 95%

Covariável	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}$	Valor p	OR	IC _{95%} OR
Constante	0.785	0.243	<0.001		
Desempenha funções					
Não (referência)					
Sim	1.201	0.459	0.009	3.324	(1.449; 9.032)
Idade					
[16,36.5) (referência)					
[36.5,45)	1.611	0.484	0.001	5.009	(2.056; 14.146)
[45,53.5)	1.358	0.422	0.001	3.890	(1.759; 9.331)
[53.5,76]	1.365	0.438	0.002	3.917	(1.724; 9.805)

DISCUSSÃO

A correta identificação das situações de perigo e a descrição adequada dos riscos é essencial na elaboração de relatórios técnicos, permitindo que todos os intervenientes utilizem a mesma linguagem e lhe atribuam um significado correto. O estudo permitiu verificar que a mesma situação é identificada por todos (técnicos ou não) da mesma forma, como se pode constatar por exemplo nas imagens gif 3 e 13 Estas imagens foram as que apresentaram o maior número de respostas incorretas por parte dos TST (Fig. 5) e cuja descrição do conceito, existente, se encontra na tabela 4.

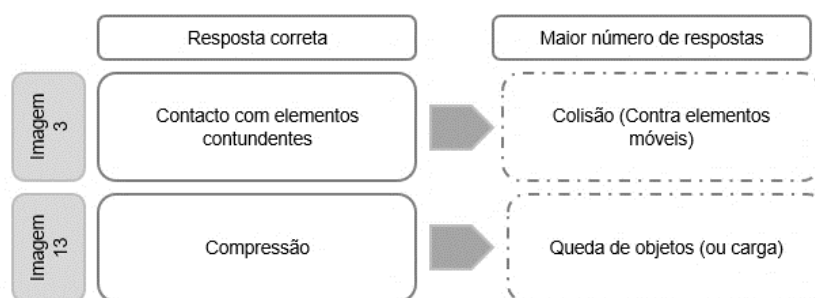


Figura 5. Identificação incorreta das imagens gif 3 e 13

- A maior dispersão de respostas verificou-se na imagem gif 3 (Fig. 6), cuja descrição dos conceitos se encontram na tabela 4.

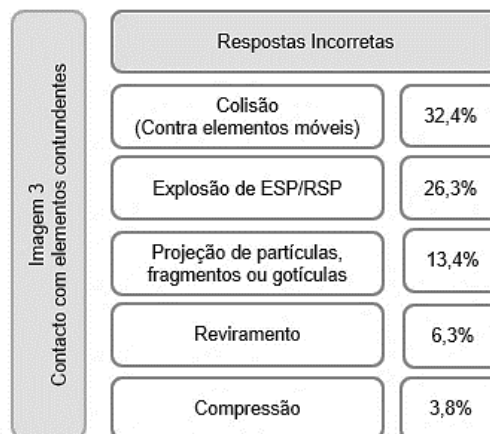


Figura 6. Maior dispersão de respostas incorretas

- Na imagem *gif* 18, verificou-se uma certa confusão na identificação do risco de compressão, com 48,1% de respostas corretas, mas onde 39,7% dos respondentes identificou aprisionamento (Fig.7) e cujos conceitos se encontram na tabela 4.



Figura 7. Imagem gif 18 - Compressão

Tabela 4. Descrição de conceitos

Conceito	Descrição
Aprisionamento	Possibilidade de o corpo ou parte deste ser apanhado por elemento de um equipamento que o retenha ou puxe (Segur & Treball, 2022; UNAH & Honduras, 2021)
Colisão (contra elementos móveis)	Possibilidade de ocorrer o embate de um elemento em movimento com qualquer outro (Dirección General de Tráfico - Ministério del Interior - Espanha, 2020; Dirección General de Tráfico, 2022)
Compressão	Possibilidade de ficar com o corpo ou parte deste compactado, entalado por ou entre objetos ou equipamentos (Canal de Panamá, 2022; INSST, 2021b).
Contacto com elementos contundentes	Possibilidade de contacto de um elemento que atua pela pressão de choque (que provoca contusão), tirando partido do movimento linear causado pela sua massa ao ser acionada (ODAC

	& Organismo Dominicano de Acreditación, 2021; Zaragoza, 2020).
Explosão de ESP/RSP	Possibilidade de ocorrer o rebentamento por rotura ou falha devido a sobrepessão de um equipamento ou recipiente sob pressão (INSST, 2021a; ISSGA & Instituto Galego de Seguridade e Saúde Laboral, 2016).
Projeção de partículas, fragmentos ou gotículas	Possibilidade de ocorrer o arremesso e projeção de fragmentos, partículas, gotículas, por um equipamento, ferramenta ou material (INSST, 2021b, 2022)
Queda de objetos (ou carga)	Possibilidade de ocorrer derrube, queda de objetos ou carga durante a operação de elevação, manipulação, que se desprenda, solte do seu local de armazenamento, ou de onde estava anteriormente suspenso (FREMAP, 2021; INSST, 2023).
Reviramento	Possibilidade de ocorrer o tombo de um veículo ou equipamento, de perder a posição normal (ficar apoiado de lado, rotação de 90°) (Montoro et al., 2020; OSHA et al., 2021).

Uma vez que o estudo da perceção detetou grandes diferenças na identificação dos riscos entre os respondentes, procurou-se desenvolver paralelamente uma descrição pormenorizada dos diferentes conceitos de forma a possibilitar uma identificação correta dos mesmos.

Aprisionamento

É a possibilidade de um corpo, ou parte deste, ficar preso entre materiais, peças ou objetos, como resultado de uma ação que o puxe, retenha ou arraste. Um requisito essencial para a capacidade de o trabalhador prevenir ou diminuir o risco, é o tempo de reação necessário. Este conceito requer a compreensão de alguns princípios físicos e mecânicos envolvidos no processo, pelo que se deverá analisar:

- As forças e as tensões desenvolvidas pelos componentes mecânicos;
- A capacidade de os materiais suportarem forças sem falhar e, como a falha pode contribuir para o aprisionamento;
- A cinemática das partes móveis para compreender o seu potencial de aprisionamento;
- As características do espaço de trabalho que podem aumentar o risco de aprisionamento;
- A eficiência das medidas de segurança e a sua interação com as forças envolvidas;
- O tempo que a pessoa tem para reagir à possibilidade de aprisionamento;
- As lesões resultantes podem ser extremamente graves e variadas, dependendo da natureza da máquina, da parte do corpo afetada, da força do aprisionamento e da rapidez com que a máquina é desligada ou a pessoa é libertada. As mais frequentes incluem, amputações, traumatismos, lacerações, ferimentos penetrantes, queimaduras e stresse pós-traumático.

Colisão (contra elementos móveis)

É a possibilidade de ocorrer contato físico entre um objeto ou corpo em movimento com qualquer outro. A posição, velocidade, aceleração e direção são determinantes. Maior velocidade e menor tempo para reação aumentam o risco de colisão. A análise

de uma colisão, baseia-se em princípios de cinemática, dinâmica e nas Leis de Newton:

- A Primeira Lei, também conhecida como a Lei da Inércia, estabelece que um objeto permanece em repouso ou movimento retilíneo e uniforme, desde que seja nula a resultante das forças que agem sobre ele;
- A Segunda Lei afirma que a força resultante sobre um corpo é igual à massa vezes a aceleração;
- A quantidade de movimento linear que é dada pelo produto da massa do objeto pela sua velocidade, é essencial para compreender colisões, sobretudo quando não existem forças externas;
- Nas colisões elásticas, há conservação de energia e do momento linear, ou seja, após o choque, a velocidade dos corpos muda de direção, mas a velocidade relativa entre eles mantém-se. Nas colisões inelásticas, parte da energia cinética é perdida para outra forma de energia, por exemplo a térmica, e apenas se conserva o momento linear.
- O impulso que mede a mudança na quantidade de movimento de um objeto é obtido pelo produto da força pela duração da sua aplicação. O teorema do impulso estabelece que o impulso de uma força resultante sobre um objeto, durante um intervalo de tempo é exatamente igual à variação da sua quantidade de movimento;
- A direção e o ângulo de colisão (frontais ou laterais) entre elementos podem variar, resultando em diferentes padrões de movimento após o impacto;
- A variação da velocidade dos objetos, isto é, a aceleração é fundamental para compreender o impacto da colisão;
- O tempo de colisão que, mais longo indica maior amortecimento e pode resultar em forças menores sobre o corpo, enquanto um tempo de colisão mais curto indica menor amortecimento e consequentemente maiores forças aplicadas ao corpo;
- Em colisões com rotação, o momento angular é relevante para descrever o movimento e a estabilidade de um corpo e melhor compreender este tipo de colisões, já que, um dos princípios fundamentais da Física afirma que: *“na ausência de quaisquer forças externas, a quantidade de momento angular total é mantida”*;
- As lesões dependem das circunstâncias do acidente, do tipo de equipamento envolvido, da velocidade do impacto e das medidas de segurança adotadas. As mais frequentes incluem, traumatismos, lesões torácicas e abdominais, lesões faciais e dentárias, lesões musculares e dos tecidos moles, impactos psicológicos e abrasões.

Compressão

É a possibilidade de ficar com o corpo ou parte deste compactado, entalado por ou entre objetos ou equipamentos. Durante o processo de compressão, a energia é transferida entre os elementos. A distribuição das forças sobre o corpo do trabalhador dependerá de vários fatores, tais como:

- A geometria associada à situação que inclui a posição do trabalhador e dos objetos envolvidos na compressão e também da rigidez destes. Quanto maior for a rigidez dos objetos que exercem a compressão, menor é o amortecimento da carga e, consequentemente, maior é a probabilidade da ocorrência de lesões graves para o trabalhador;
- A força, definida como uma grandeza que tem a capacidade de alterar o estado de movimento ou de repouso de um corpo, ou seja, alterar a sua inércia. No

caso da compressão de um trabalhador, por exemplo, entre um equipamento e uma parede, esta vai suportar o esforço determinado pela pressão aplicada; A pressão, define-se como a força aplicada por unidade de área, e quanto menor for a área de contacto maior será a pressão exercida sobre o corpo;

- Se o peso estiver distribuído uniformemente, a pressão resultante também será;
- As lesões, podem ser extremamente graves e variadas. As mais frequentes incluem fraturas ósseas, esmagamento de tecidos moles, asfixia, síndrome de compartimento, lesões internas, vasculares, neurológicas e psicológicas.

Contacto com elementos contundentes

É a possibilidade de contacto de um elemento que atua pela pressão de choque (que provoca contusão) com um corpo, ou parte deste. A área de contato entre o objeto contundente e o corpo determina a pressão exercida.

A lesão de um corpo por um objeto ou material contundente pode ser explicada pelos princípios fundamentais da física relacionados com transferência de energia. É importante compreender que:

- A lesão ocorre quando um objeto contundente transfere energia cinética para o corpo. A gravidade dos danos depende da quantidade de energia envolvida;
- Nas deformações elásticas o corpo retoma a sua forma original quando cessa a força que as provocou, enquanto, nas deformações plásticas o corpo sofre deformações permanentes;
- Uma área menor de contato pode resultar numa maior pressão, aumentando a probabilidade de lesões;
- Um tempo de contato mais longo indica maior amortecimento e pode resultar em forças menores sobre o corpo, enquanto um tempo mais curto indica menor amortecimento e conseqüentemente maiores forças aplicadas ao corpo;
- As propriedades mecânicas dos tecidos humanos, são determinantes na resposta às forças aplicadas. Tecidos mais rígidos podem resistir melhor às deformações, enquanto os tecidos mais moles podem sofrer maior dano;
- A inércia do corpo, relacionada com a sua resistência à mudança de movimento, pode influenciar a extensão das lesões. Corpos com maior massa podem resistir melhor a certas forças, enquanto corpos mais leves podem sofrer lesões mais facilmente;
- As lesões podem ser várias, sendo as mais frequentes, contusões e hematomas, fraturas, traumatismos crânio-encefálicos, lesões internas, musculares, oculares, faciais, da coluna vertebral, abdominais, torácicas e psicológicas.

Explosão de ESP ou RSP

Refere-se à rutura de um equipamento ou recipiente devido a uma pressão excessiva. Ocorre quando a pressão interna excede a resistência do material, levando a uma falha estrutural e catastrófica e, potencialmente, a uma explosão. O aumento de temperatura pode agravar a pressão interna e pode levar à expansão térmica do recipiente. Princípios da termodinâmica e da mecânica dos fluidos, ajudam a explicar este fenómeno:

- Se a pressão interna do gás exceder a capacidade do recipiente, pode ocorrer uma explosão;
- A resistência dos materiais do recipiente é fundamental. Se a pressão interna exceder a sua tensão admissível, ocorre uma falha estrutural, podendo levar à explosão;

- A exposição prolongada a altas pressões pode fragilizar o material, aumentando a sua vulnerabilidade à rutura, mesmo sob pressões menores;
- Pequenas fissuras ou defeitos podem expandir-se sob pressão, comprometendo a integridade do recipiente. O aumento da pressão interna neste, pode acelerar este processo;
- Quando aumenta a temperatura de um gás dentro de um recipiente, a pressão interna também aumenta, obrigando a expandir o recipiente e eventualmente causar a sua rutura;
- Se o volume do gás no recipiente aumentar repentinamente, a pressão interna pode exceder a capacidade do recipiente;
- Se o recipiente contiver substâncias inflamáveis, a explosão pode causar uma combustão secundária, aumentando os danos;
- O projeto estrutural dos recipientes deve integrar a segurança, por forma a suportarem as pressões esperadas e, oferecerem uma margem de segurança adequada;
- O desgaste e corrosão pode enfraquecer o recipiente com o tempo, aumentando o risco de falha sob pressão;
- As condições operacionais, como a utilização, manutenção e inspeção do recipiente, também podem afetar a probabilidade de explosão.
- As lesões variam conforme a natureza da explosão, pressão, substância e proximidade da vítima. As mais frequentes são as lacerações, cortes profundos e perfurações na pele e nos tecidos moles, inalação de substâncias tóxicas ou irritantes, queimaduras, perda auditiva, queimaduras químicas e perda de visão, traumatismos crânio-encefálicos e, distúrbios psicológicos.

Projeção de fragmentos, partículas ou gotículas

É a possibilidade de ocorrer o arremesso, projeção de fragmentos, partículas ou gotículas, por um equipamento, ferramenta ou material. As propriedades mecânicas dos materiais, como a dureza e a tenacidade, influenciam a forma como os fragmentos se comportam durante a projeção. A compreensão desses princípios físicos é crucial para analisar e prever a projeção de partículas e fragmentos em diversas situações, incluindo acidentes.

- A projeção de partículas muitas vezes ocorre devido à colisão entre objetos. A quantidade total do momento linear antes de uma colisão, é igual à quantidade total do momento linear após a colisão. Se uma partícula ganha velocidade na direção de um objeto, o outro objeto pode ser projetado na direção oposta;
- As interações das forças entre as partículas durante uma colisão ou explosão, influenciam a direção e a magnitude da projeção e dependem das propriedades dos materiais envolvidos;
- A energia cinética associada ao movimento das partículas pode resultar na projeção de fragmentos. A energia total antes e depois da explosão deve ser conservada, mas a distribuição da energia pode levar a diferentes direções e velocidades das partículas projetadas;
- O impulso define-se como a variação da quantidade de movimento de um objeto. Em situações de projeção de partículas, o impulso transferido de uma partícula para outra pode resultar na movimentação e projeção de ambas;
- As lesões dependem da velocidade, tamanho, forma e composição dos fragmentos projetados, bem como da distância entre a vítima e a fonte da projeção. As mais frequentes são lacerações e cortes, contusões, oculares, faciais, auditivas, respiratórias, queimaduras, hemorragias internas, fraturas e stresse pós-traumático.

Queda de objetos ou carga

É a possibilidade de ocorrer desprendimento, derrube, perda de estabilidade ou queda de objetos, do local onde estava suspenso, armazenado ou durante a operação de elevação ou transporte. A queda é influenciada pela aceleração da gravidade.

- De acordo com as Leis de Newton a aceleração da gravidade atua sobre o objeto, resultando num aumento constante da velocidade durante a queda;
- Na queda de um objeto, desde o ponto de partida, onde a energia potencial é máxima (correspondente à maior altura) até ao ponto de chegada ou de colisão (correspondente à altura zero), esta vai sendo convertida em energia cinética. Assim, no ponto de início da queda a energia cinética é mínima e no ponto de colisão é máxima. A velocidade é assim o parâmetro que mais influencia a energia cinética e esta é tanto maior quanto o for a massa do objeto;
- O tempo que o objeto leva para cair de uma determinada altura está relacionado com a velocidade final do objeto no momento do impacto;
- A forma do objeto e as forças externas influenciam a trajetória;
- Forças de resistência do ar podem afetar a queda do objeto, especialmente em situações de queda livre prolongada ou queda a altas velocidades;
- A colisão do objeto com o solo ou outra superfície é um momento crucial. A análise das forças envolvidas durante o impacto, fornecem informações sobre a magnitude das forças e possíveis danos no objeto ou na carga;
- As lesões dependem do peso, tamanho, forma e altura de onde o objeto caiu, bem como da área do corpo atingida. As mais frequentes são traumatismos crânio-encefálicos, fraturas, musculares, oculares, tecidos moles, auditivas, membros superiores e inferiores, tecidos moles e psicológicas.

Reviramento

É a possibilidade de ocorrer o tombo de um veículo ou equipamento, a perder a sua posição normal (ficar apoiado de lado, rotação de 90°).

O reviramento está relacionado com as forças que atuam sobre o veículo ou equipamento, como forças gravitacionais, forças de atrito entre os pneus e o piso, além de forças aerodinâmicas. A interação dessas forças afeta o movimento e a estabilidade do veículo.

- O veículo pode começar a tombar devido à aplicação de um torque (ou momento de força) que leva a uma mudança no momento angular do veículo. Isso pode ocorrer, por exemplo, durante uma curva acentuada ou em condições de direção instável;
- Se o centro de massa estiver alto e a distribuição de massa não for equilibrada, o veículo pode ser mais propenso a reviramentos;
- Em casos de colisões, a conservação do momento linear é uma consideração importante. O impacto lateral ou frontal pode gerar um impulso significativo, contribuindo para o reviramento do veículo;
- A estabilidade do veículo está relacionada com a sua capacidade de retornar a uma posição vertical após uma perturbação;
- O estado do piso, inclinação do terreno e condições meteorológicas podem influenciar o reviramento de um veículo. Superfícies escorregadias, obstáculos e mudanças repentinas no terreno podem aumentar o risco;
- As lesões dependem da velocidade, tipo do veículo ou equipamento, o terreno e o uso de dispositivos de segurança. As mais frequentes são traumatismo crânio-encefálico, fraturas, membros superiores e inferiores, torácicas, abdominais, faciais, oculares, tecidos moles e psicológicas.

CONCLUSÃO

A análise de risco é um procedimento crucial para identificar e avaliar todas as possíveis ameaças e vulnerabilidades e apesar das competências dos técnicos de segurança do trabalho essa análise encontra-se sempre associada à subjetividade inerente à perceção do risco.

Considerando a diversidade de técnicas existentes e a respetiva adequabilidade, no caso particular dos riscos mecânicos investigados, as imagens *gif* de casos concretos foram cruciais para a perceção do risco. Ainda que a identificação correta, do risco mecânico esteja mais consolidada nos técnicos de segurança, perante situações complexas, o erro de apreciação é consistente, em abordagens onde a identificação não é tão perceptível. Na identificação por não técnicos de segurança, observa-se uma natural taxa de erro superior.

Paralelamente, com recurso à Física, em particular às Leis de Newton foram desenvolvidos conceitos para todos os riscos mecânicos. Pretende-se que contribua para uma interpretação correta e eficaz na análise de riscos ou que seja um auxiliar na identificação das causas dos acidentes de trabalho.

O recurso à Física, em particular às Leis de Newton, permitiu uma análise mais objetiva na interpretação dos diferentes tipos de riscos mecânicos, associados aos vários acidentes de trabalho analisados, bem como, possibilitaram clarificar e desenvolver os respetivos conceitos.

Em face da escassez de literatura científica, no que concerne à descrição dos conceitos de riscos nos locais de trabalho, a taxonomia desenvolvida pela equipa investigadora (Veiga et al., 2023), assegura e confirma a seleção de expressões, que possibilitam a correta identificação do risco mecânico, contribuindo assim para a melhoria continua da segurança e saúde no trabalho.

Considerações finais

A equipa investigadora pretende dar continuidade a este estudo, entregando a um grupo de Técnicos de Segurança no Trabalho o glossário que se encontra em anexo com a descrição de todos os conceitos e solicitando novamente a identificação dos riscos que se encontram nas imagens *gif* 3, 6, 13 e 18.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACT Autoridade para as Condições de Trabalho. (2024). *Acidentes de trabalho mortais*. https://portal.act.gov.pt/Pages/acidentes_de_trabalho_mortais.aspx
- Canal de Panamá. (2022). *Manual de Seguridad Y Salud Ocupacional* (pp. 1–108).
- Caputo, A. C., Pelagagge, P. M., & Salini, P. (2013). AHP-based methodology for selecting safety devices of industrial machinery. *Safety Science*, 53, 202–218. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.10.006>
- Dirección General de Tráfico. (2022). *Estudio sobre la efectividad de los sistemas de seguridad en los distintos vehículos sobre el riesgo de accidentes o lesión* (pp. 1–86).
- Dirección General de Tráfico - Ministério del Interior - Espanha. (2020). Manual II - Cuestiones de seguridad vial de la circulación. Em *Cuestiones de Seguridad Vial* (DGT, pp. 1–550).
- FREMAP. (2021). *Manual de Seguridad y Salud en fruterías*.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2021). *Fundamentals of Physics*. Em *Wiley* (12th ed.). Wiley.

- Hosmer, D. W., Lemeshow, J. S., & Sturdivant, R. X. (2022). Applied Logistic Regression. Em *Applied Logistic Regression* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Ltd. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118548387.fmatter>
- INSST. (2021a). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo* (pp. 1–82).
- INSST. (2021b). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo* (pp. 1–210).
- INSST. (2022). *Directrices básicas para la evaluación de riesgos laborales* (pp. 1–81).
- INSST. (2023). *Métodos de evaluación de riesgos derivados de la manipulación manual de cargas* (pp. 1–53).
- ISSGA, & Instituto Galego de Seguridade e Saúde Laboral. (2016). *Guía de inspección de equipos eléctricos en zonas clasificadas con riesgo de explosión* (pp. 1–145).
- Jeelani, I., Han, K., & Albert, A. (2018). Automating and scaling personalized safety training using eye-tracking data. *Automation in Construction*, 93, 63–77. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.006>
- Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(5), 477–523. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.03.004>
- Montoro, L., Alonso, F., Esteban, C., & Toledo, F. (2020). *Manual de seguridad vial: el factor humano*.
- Nunes, F. (2010). *Segurança e Higiene do Trabalho*. Cooptécnica.
- ODAC, & Organismo Dominicano de Acreditación. (2021). *Manual de Seguridad y Salud en el Trabajo* (pp. 1–29).
- OSHA, CDC, & NIOSH. (2021). *Manual de Seguridad y Salud para Empresas Pequeñas* (pp. 1–110).
- Perlman, A., Sacks, R., & Barak, R. (2014). Hazard recognition and risk perception in construction. *Safety Science*, 64, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.11.019>
- Reniers, G. L. L., Dullaert, W., Ale, B. J. M., & Soudan, K. (2005). Developing an external domino accident prevention framework: Hazwim. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18(3), 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.03.002>
- Segur, I. V. de, & Treball, etat e S. en el. (2022). Accidente graves por atrapamiento en una máquina de pegado del sector calzado. Em *Fichas de investigação de accidentes del INVASSAT - FIA44* (pp. 1–9).
- Sivitski, A., & Põdra, P. (2021). Risk Assessment and Calibration of Risk Matrices Aspects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1140(1), 12040. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1140/1/012040>
- UNAH, & Honduras, U. N. A. de. (2021). *Manual de Seguridad 2021* (pp. 1–129).
- Veiga, R. A. C., Pires, C. C., & Ascenso, R. (2020). O impacto da inteligência artificial na gestão de riscos. *ISLA Multidisciplinary e-Journal*, 3(2), 19–34. <http://www.islae-journal.com/index.php/isla/article/view/40>
- Veiga, R. A. C., Pires, C. C., Ascenso, R., Ribeiro, A., Nogueira, N., Ferreira, L., & Tudella, J. (2023). Taxonomia da gestão de riscos ocupacionais. *Atas do ecUI&D'23 - IX Encontro Científico da Unidade de Investigação e Desenvolvimento do ISLA Santarém*, 145–155.

Zaragoza, U. de P. de R. L. U. (2020). *Ficha de identificación de riesgos laborales Y medidas preventivas* (pp. 1–3).

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

Rui Veiga - Professor especialista de Segurança no Trabalho, por provas públicas no Instituto Politécnico de Coimbra, com formação académica em Segurança e Higiene do trabalho, Gestão de Recursos Humanos e Políticas Sociais, pela Universidade de Leon, ISLA e ISSS. Diretor Técnico da Merituscalabis, Lda., entidade prestadora de serviços externos de Segurança do Trabalho. Autor, coautor e coordenador de publicações. Linhas de investigação, Inteligência artificial, segurança contra incêndios, avaliação de riscos e segurança no trabalho.

Cristina Cadete Pires - Formação Académica em Segurança e Saúde no trabalho, Qualidade e Ambiente pelo ISLA SANTARÉM. Consultor, formador e docente em Sistemas de Gestão de Qualidade, Ambiente e Segurança. Autor e coautor de diversos artigos científicos na área da segurança no trabalho e segurança contra incêndios. Linhas de investigação em inteligência artificial e segurança e saúde no trabalho.

Nuno Nogueira - Engenheiro Sénior, Docente e Gestor. Doutoramento em Salud, Discapacidad, Dependencia y Bienestar, pelas Universidades da Corunha, Múrcia, León e Salamanca, DEA em Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo, pela Universidade de León. Possui o Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela NOVA School of Science and Technology | FCT NOVA e, a Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica Industrial, pelo ISLA Santarém. Tem como interesses de investigação, a segurança e saúde ocupacional, transporte de mercadorias perigosas, economia circular, energia e, gestão.

Raquel Ascenso - Formação Académica em Matemática Aplicada, Modelação Estatística e Análise de Dados, pela Universidade de Évora. Docente em Matemática, Análise e Tratamento de Dados, Estatística e Estatística e Fiabilidade. Autor e coautor de artigos científicos e publicações. Linhas de investigação em Análise Categórica de Dados, Estatística de Dados Multivariados, Controlo Estatístico de Qualidade e Fiabilidade, Inteligência Artificial e Segurança e Saúde no Trabalho.

António Ribeiro - Professor especialista de Segurança no Trabalho, reconhecido por provas públicas no Instituto Politécnico de Coimbra, com formação académica em Ciências Militares, Gestão da Prevenção de Riscos Laborais e Segurança e Higiene do Trabalho, pela Academia Militar e ISLA. Formador e docente de ergonomia, higiene do trabalho e gestão de risco ocupacional. Autor e coautor de publicações sobre gestão de risco ocupacional, ergonomia e segurança do trabalho.

Luís Ferreira – Engenheiro Mecânico pelo Instituto Superior Técnico e Mestrado e Doutoramento em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Experiência profissional Industrial de manutenção e produção, na indústria aeronáutica, de Direção Técnica e de Produção em empresas metalomecânicas e de projeto de estruturas metálicas. Experiência académica de Direção da Escola Superior de Tecnologia de Abrantes do IPT, de docência no ensino superior, universitário e politécnico. Investigação no CEMUC - Centro de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra. Autor e coautor de várias publicações na área da Engenharia Mecânica. Atualmente Presidente da Comissão Executiva da NERSANT – Associação empresarial da região de Santarém.

Joana Tudela - Engenheira Química pelo Instituto Superior Técnico e Doutorada em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico e Universidade de Bordeaux I. Docente colaboradora no ISLA-Santarém na Área de Química e na Escola Superior de Tecnologia do Barreiro do Instituto Politécnico de Setúbal nas Licenciaturas em Biotecnologia, Bioinformática e Tecnologias do Petróleo. Os interesses de investigação são bastante diversificados passando pela Biotecnologia (crescimento de microalgas, aproveitamento de resíduos, entre outros),

Engenharia Química (síntese de novos materiais, nanomateriais, entre outros) e Segurança (nanomateriais e seus efeitos, legislação diversa, entre outros).

Endereço postal

ISLA - Instituto Superior de Gestão e Administração de Santarém

Rua Teixeira Guedes, 31
2000-029 Santarém (Portugal)