

RECURSOS HUMANOS NA ERA DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE COMPETÊNCIAS PARA A INDÚSTRIA 4.0

HUMAN RESOURCES IN THE INDUSTRIAL REVOLUTION: SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE ON COMPETENCIES FOR INDUSTRY 4.0

[10.29073/rae.v1i1.646](https://doi.org/10.29073/rae.v1i1.646)

Receção: 20/06/2022 Aprovação: 08/08/2022 Publicação: 07/01/2023

Paulo J. S. Gomes ^a, José Luís Martinho ^b,

^a Coimbra Polytechnic – ISEC, Coimbra Portugal; paulojsgm@gmail.com; ^b Coimbra Polytechnic – ISEC, Coimbra Portugal; martinho@isec.pt.

RESUMO

Vivemos atualmente na era da digitalização e transformação das tecnologias de apoio à produção, resultantes da introdução de tecnologias digitais disruptivas, impactando a organização industrial e a eficiência dos seus processos. A designada Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, é caracterizada por uma fusão de tecnologias, confundindo os limites entre o físico, o digital e o biológico, mudando a natureza de muitos empregos e criando outros até aqui inexistentes. O papel crescente das tecnologias ligadas à Indústria 4.0 cria oportunidades, com o surgimento de novas ferramentas e modos de trabalho criadoras de um novo conjunto de especializações, bem como ameaças, com a possibilidade de substituição de certas profissões por máquinas e software. Será assim importante especificar quais as competências fundamentais à força de trabalho, mas também como avaliar a capacidade dos recursos humanos para a aquisição dessas novas competências digitais. Este trabalho pretende apresentar uma revisão bibliográfica sobre este tema, com especial incidência sobre quais as competências para a Indústria 4.0 e que processos através dos quais a força de trabalho se pode preparar para esta nova realidade. Dos resultados preliminares aqui apresentados, destaca-se a importância atribuída a capacidades não técnicas, bem como algumas oportunidades de pesquisa futuras.

Palavras-Chave: Indústria 4.0, Competências, Recursos Humanos

ABSTRACT

We currently live in the era of digitization and transformation of production support technologies, resulting from the introduction of disruptive digital technologies, impacting industrial organization with the objective of improving and the efficiency of its processes. The so-called Fourth Industrial Revolution, or Industry 4.0, is characterized by a fusion of technologies, blurring the boundaries between the physical, digital and biological, changing the nature of many jobs and creating some others non-existent ones, until now. The growing role of technologies linked to Industry 4.0 creates opportunities, with the emergence of new tools and working methods, leading to a new set of specializations, as well as threats with the potential substitution of certain jobs by machines and software. It will therefore be important to specify which competencies are fundamental to the workforce, but also how to assess the capacity of human resources to acquire these new digital competencies. This work aims to present a bibliographic review on this topic, focusing on the competences for Industry 4.0 and the processes through which the workforce can prepare for this new reality. From the preliminary results presented here, the importance attributed to non-technical capabilities stands out, as well as some future research opportunities.

Keywords: Industry 4.0, Competencies, Human Resources

1. INTRODUÇÃO

Ainda é difícil compreender completamente a velocidade e amplitude das transformações resultantes da quarta revolução industrial, mas não é possível ignorar as possibilidades quase ilimitadas da existência de milhões de pessoas ligadas por dispositivos móveis, gerando uma

enorme capacidade de processamento ou possibilitando o acesso a recursos de armazenamento virtualmente inesgotáveis. A chamada Indústria 4.0 (Schwab, 2016) assenta numa imensa profusão de novidades tecnológicas recentes que abrangem um vasto espectro de áreas, desde a Inteligência

artificial, passando pela robótica, pela internet das coisas, pela impressão 3D, pela nanotecnologia ou pela computação quântica, entre muitas outras, que prometem revolucionar o modo como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Existe uma crença de que a revolução industrial em curso, se traduzirá num rápido aumento da eficiência das empresas, com o capital humano a assumir um papel fundamental neste processo, já que é através do seu uso adequado que se poderão atingir os objetivos e atender às exigências atuais e futuras do mercado, obtendo assim uma vantagem competitiva (Ejmont, 2021).

Hoje em dia, os meios de produção de riqueza deixam de ser baseados na produção em massa de artefactos, passando a estar baseados de forma crescente em ativos e inovações intangíveis, com milhões de empregos a desaparecerem a um ritmo nunca antes visto, em simultâneo com o surgimento de outros, em direção à criação de empresas multimilionárias, também chamadas de empresas unicórnio, conduzidas por um número reduzido de profissionais altamente qualificados (Devezas et al., 2017).

Perante esta realidade, torna-se claro que os perfis de emprego e as competências exigidas mudarão em muitos setores e para muitas funções. Isso significa que será importante a noção da necessária transformação e adaptação no campo da educação e desenvolvimento das pessoas (Jerman et al., 2018), com mudanças significativas no processo de formação dos futuros colaboradores e desenvolvimento das competências/habilidades esperadas (Ejmont, 2021). Torna-se relevante a criação de bases de dados que integrem perfis profissionais e que contenham as necessidades de competências atuais e futuras por posto de trabalho, podendo servir de guia para o posterior desenho dos programas de formação ou recrutamento (Arcelay et al., 2021), uma vez que se apresenta como crucial para as empresas, não apenas que se preparem para a reestruturação de seus processos produtivos, mas também, que analisem os perfis de trabalho predominantes nas organizações da Indústria

4.0, a fim de determinar as competências necessárias dos funcionários para tal tipo de organização (Pejic-Bach et al., 2020).

Com a realização deste trabalho, pretende-se contribuir para a discussão em torno desta problemática com a clarificação de quais poderão ser as competências fundamentais para a Indústria 4.0.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 INDÚSTRIA 4.0

O termo Quarta Revolução Industrial foi adotado por Schwab (2016), no Fórum Económico Mundial de 2016, para se referir à aplicação na indústria de inovações usando diferentes novas tecnologias, como impressão 3D, Internet das coisas, a inteligência artificial, a Big-Data ou a computação em nuvem. Se estas inovações são radicalmente novas para serem chamadas de revolução ou apenas a evolução contínua das tecnologias digitais que surgiram desde a década de 1990 ainda é assunto de discussão. Por exemplo, Nuvolari (2019) argumenta que a quarta revolução industrial não é efetivamente uma nova revolução, mas uma continuação da terceira, enquanto que Schwab (2016) a identifica como uma nova revolução, alegando que as tecnologias digitais que lhe dão suporte não são novas, mas mostram sinais de rotura com a designada terceira revolução industrial, tornando-se mais sofisticadas e integradas, potenciando a transformação da sociedade e da economia global.

A digitalização e a automação da fabricação não são, efetivamente, um fenómeno novo. Este avanço tecnológico, iniciou-se já no final da década de 1960, com a introdução do primeiro controlador lógico programável, de novos robôs industriais complexos e de computadores nos processos fabris (Thun et al., 2019).

Na Terceira Revolução Industrial, a chamada automação da produção ainda era dependente do homem, enquanto que no caso da Quarta Revolução Industrial essa dependência tende a desaparecer. Aqui, espera-se que computadores e máquinas comuniquem entre si, de forma interativa e autónoma (Park, 2017). As tecnologias em que a Quarta

Revolução Industrial encontra as suas fundações rompem com os limites entre as esferas física, digital e biológica dos sistemas de fabrico. O ritmo atual de progresso tecnológico exerce um impulso determinante em direção a mudanças profundas na forma como as pessoas vivem e trabalham e afeta todas as disciplinas, do planeamento estratégico à economia, da indústria, transformadora aos serviços (Kearney, 2017). Segundo muitos investigadores e especialistas, a Indústria 4.0 e os avanços tecnológicos recentes irão acelerar o ritmo de mudança do trabalho industrial, prevendo-se uma substituição do trabalho repetitivo, pouco qualificado e físico para tarefas mais complexas e cognitivas, conduzindo a uma descentralização mais ampla e um maior grau de autonomia no nível do operador (Thun et al., 2019). Existem alguns argumentos bastante convincentes a favor de um avanço no desenvolvimento tecnológico em curso, cujas consequências estruturais ainda são difíceis de entender completamente, apontando, no entanto, a um estágio de desenvolvimento que abre novas qualidades de aplicação incomparáveis às de décadas anteriores (Hirsch-Kreinsen, 2016).

Estamos à beira de uma revolução tecnológica com potencial para alterar radicalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em termos de amplitude, áreas envolvidas e complexidade, a transformação perante a qual nos encontramos será diferente de tudo o que a humanidade já experimentou. Ainda não sabemos como tudo se vai desenrolar, mas a resposta a esta realidade deverá ser integrada e abrangente, envolvendo todas as partes interessadas da política global, desde os setores público e privado até a sociedade académica e civil (Schwab, 2016). A quarta revolução industrial apresenta-se com potencial para reduzir os obstáculos entre os inventores e os mercados, com novas tecnologias que permitem que empreendedores com novas ideias estabeleçam pequenas empresas com custos iniciais mais baixos, podendo trazer o produto para o mundo real sem as tradicionais restrições de tempo frequentemente encontradas nos métodos tradicionais, agilizando o processo e, desta forma,

contribuindo para a maximização da criação de valor para o cliente (Stelzle et al., 2017).

Esta quarta revolução industrial traz grandes benefícios, mas também grandes desafios, devido à grande velocidade com que a inovação se desenvolve e difunde e à amplitude por ela alcançada, incomensuravelmente superior ao que acontecia no passado (Devezas et al., 2017), pairando a ameaça da distribuição irregular dos seus benefícios, por exemplo, com a substituição contínua de empregos pelas novas tecnologias. A evolução dos softwares e a capacidade de processar grandes volumes de dados reduzem a necessidade de equipamentos convencionais. O desenvolvimento da tecnologia de computação em nuvem reduz a necessidade de computadores e servidores locais de alto desempenho. Além disso, as novas tecnologias podem conduzir a um aumento do investimento em ativos intangíveis em detrimento dos tangíveis, levando a menores taxas de acumulação de capital físico. A combinação das duas tendências, ou seja, o aumento na taxa de crescimento do progresso tecnológico e a redução na taxa de acumulação de capital físico, poderá conduzir a uma desaceleração iminente no número de novos empregos (Devezas et al., 2017).

Os sistemas digitais que resolvem problemas complexos de forma racional, representam uma ameaça para muitos tipos de emprego, mas também oferecem novos caminhos para o crescimento económico. Metade de todas as atividades de trabalho existentes poderão ser automatizadas pelas tecnologias emergentes, permitindo assim que as empresas poupem recursos e criem novos tipos de empregos (Bughin et al., 2017).

A quarta revolução industrial é mais do que apenas uma mudança impulsionada pela tecnologia. Em vez disso, é alimentada com inovação disruptiva de forma a impactar positivamente as nossas principais indústrias e setores (Xu et al., 2018). Segundo Mporu (2019), no futuro, o talento mais do que o capital representará o fator crítico na produção. Pessoas com ideias, serão o recurso mais escasso. A busca por talento poderá dar origem a um mercado de trabalho

cada vez mais segregado. Os empregos pouco qualificados e com baixos salários serão substituídos por computadores e digitalização e os empregos que exigem mais habilitações terão menos probabilidade de serem substituídos. O potencial desta dicotomia poderá levar a um aumento das tensões sociais (Mitrović, 2020).

2.2. COMPETÊNCIAS, CONHECIMENTOS E HABILIDADES

A literatura destaca a significativa transformação do papel do capital humano na Indústria 4.0 e, assim, modelos inovadores de avaliação de competências podem auxiliar o desenvolvimento e avaliação das competências necessárias, existindo uma aparente falta de modelos abrangentes de avaliação de competências que se concentram no papel decisivo da transformação trazida pela Quarta Revolução industrial (W Maisiri et al., 2021).

Para clarificar a temática em estudo, é necessário enquadrar devidamente os principais conceitos aqui explorados, nomeadamente o de competência, merecedor de cuidada atenção desde a década de 1990 (Le Deist & Winterton, 2005). Muitas vezes, é notória alguma confusão entre o conceito de competência e o de habilidade, que se aplicam, ambos, a indivíduos e se referem à capacidade para fazer algo (Rodrigues et al., 2021). O conceito económico de habilidade está amplamente relacionado com o de capital humano, que engloba todos os atributos individuais que possuem valor para o mercado sendo usados como justificação para uma variedade de factos, como as desigualdades salariais, o crescimento económico ou o desempenho organizacional. Para além disto, na economia, o termo habilidade também é usado como elemento definidor das ocupações, por sua vez tipicamente relacionadas com a divisão do trabalho, ou seja, define-se habilidade como a capacidade de realizar as tarefas e deveres de um determinado trabalho (Rodrigues et al., 2021). Em contraste, na psicologia e na educação, o foco é geralmente apontado à forma como são alcançados e podem ser aprimorados os resultados de aprendizagem. O que é visto como entrada (input) em economia e

sociologia é visto como saída (output) em psicologia e educação. Daí a necessidade, nestas áreas, de distinguir as componentes dos resultados de aprendizagem e de chegar a um conceito mais abrangente de competência, que englobe conhecimentos, aptidões e atitudes como elementos que podem ser adquiridos e desenvolvidos em ações de educação e formação. Neste trabalho segue-se a abordagem de Rodrigues et al. (2021), segundo a qual, uma habilidade é a capacidade de realizar uma tarefa específica, enquanto que a um conjunto (domínio) de tarefas pode ser associado a uma competência. Embora uma habilidade seja um atributo do indivíduo, está naturalmente relacionada com uma atividade específica, com cada tarefa a ter uma habilidade associada. Uma habilidade pode ser classificada dependendo de quão bem a tarefa é executada, sendo assim um conceito relativo. Por outro lado, uma habilidade é algo que se adquire e que pode ser melhorado por diferentes meios, principalmente aprendendo e praticando. As habilidades podem ser classificadas, de acordo com as tarefas com que se encontram relacionadas, em habilidades físicas, habilidades tecnológicas, habilidades intelectuais ou cognitivas e habilidades sociais (Santoso et al., 2020).

Referindo-se as habilidades ao nível de desempenho de um indivíduo numa determinada tarefa ou à capacidade de desempenhar bem um trabalho, que pode ser dividido em elementos técnicos e comportamentais, é importante perceber que os elementos técnicos determinam as habilidades técnicas, ou *hard-skills*, enquanto os elementos comportamentais determinam as *soft-skills* que incluem as atitudes e abordagens que os profissionais adotam no seu trabalho (Patacsil & Tablatin, 2017).

Agrupando tarefas em clusters (domínios), chegamos então ao nível das competências, que definimos como uma habilidade geral de realizar um cluster de tarefas específico (Rodrigues et al., 2021). Desempenhar adequadamente determinado domínio de tarefas, requer, não apenas ter uma série de habilidades específicas, mas também ter uma compreensão geral do domínio, bem como

certas atitudes que ajudam a ter um bom desempenho nesse mesmo domínio, existindo assim três elementos da competência, 1) Um conjunto de habilidades-chave para o domínio; 2) Um conhecimento geral do domínio, “(...) resultado cognitivo de uma assimilação de factos, representações, conceitos, ideias e teorias que estão já estabelecidas acerca de determinado domínio”, que permita a compreensão do objeto e dos processos de transformação das tarefas envolvidas; 3) Um conjunto particular de atitudes, “(...) qualquer traço de personalidade que possa ser aprendido e contribua para uma melhor performance no domínio”, que são benéficas para o desempenho no domínio (Rodrigues et al., 2021, p.13).

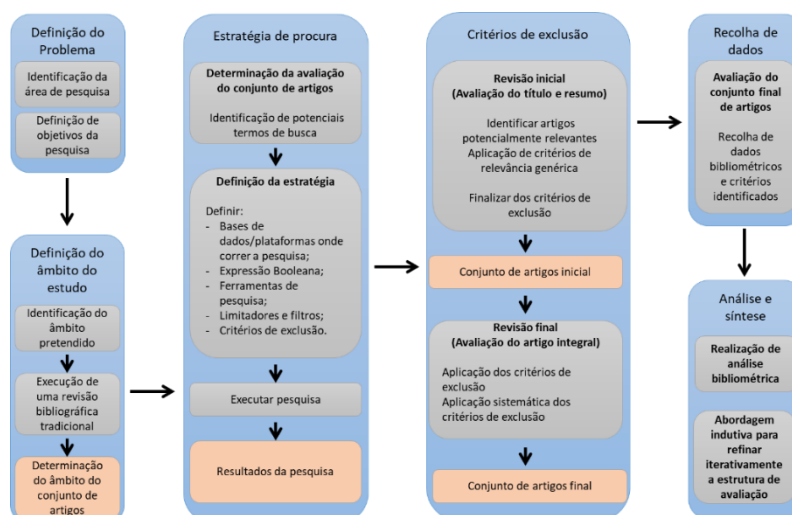
Desta forma, as competências requeridas por determinado domínio de tarefas estão relacionadas, mas não são sinónimo de domínio de habilidades (Jerman et al., 2018; Rodrigues et al., 2021), já que para desempenhar adequadamente um determinado cluster de tarefas é, não só necessário ter um número de habilidades específicas, mas também ter um conhecimento geral do domínio assim como certas atitudes que auxiliem na execução correta no mesmo. Baseando a sua classificação nos estudos de Bartram (2005) e Prifti et al. (2017), o McKinsey Global Institute (2018) apresenta uma classificação em que agrupa as habilidades em 5 clusters:

Habilidades físicas e manuais, habilidades cognitivas básicas, habilidades cognitivas superiores, habilidades emocionais e sociais e habilidades tecnológicas, cuja importância se propõem analisar, por zona geográfica ou setor industrial, discutindo a esperada evolução na procura de cada uma destas habilidades pelo mercado de trabalho. Esta é uma classificação que vem depois a ser usada em estudos como o de Santos et al. (2020), na definição de estratégias para o mapeamento de talentos para a era da Indústria 4.0.

3. METODOLOGIA

Para responder ao objetivo acima formulado e conhecer o estado da arte, recorreu-se a uma revisão sistemática da literatura (RSL) para identificar o conjunto de publicações que abarquem de forma representativa o assunto em análise. Uma RSL passa pela realização de uma pesquisa numa plataforma ou base de dados, sendo os resultados completos avaliados com base num conjunto de critérios, para identificar as publicações especificamente relacionadas com o tema do estudo. Neste trabalho seguiu-se a metodologia proposta por Keathley-Herring et al. (2016) cuja esquematização poderá ser encontrada na figura 1, que poderá ser seguida, como se de um mapa se tratasse, ao longo da descrição a seguir apresentada dos vários passos empreendidos.

Figura 1 - Processo de Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Adaptado de (Keathley-Herring et al., 2016)

Depois de definido o problema, a estratégia de procura iniciou-se com foco na identificação de potenciais termos de busca, recorrendo-se às bases de dados online Web of Science e Scopus de forma a determinar as fontes a serem primeiramente incluídas. A pesquisa foi efetuada em 14 de dezembro de 2021, procurando artigos publicados depois de 2015 em língua inglesa, sem qualquer restrição relativamente à área de pesquisa, de acordo com os critérios a seguir enunciados. A estratégia final consistiu em pesquisar nos campos título, resumo e palavras-chave, garantindo que os termos considerados para pesquisa, eram o foco central do artigo. Pesquisou-se todo o conjunto de expressões ou palavras que poderia indicar que o foco da publicação seria a Indústria 4.0, impondo a existência nos campos do artigo anteriormente referidos das expressões "industry 4.0", "fourth industrial revolution", "4th industrial revolution", "industry digitization", "digital revolution", "industrial internet", "digital factory", "smart manufacturing", "intelligent factory" ou "factory of the future". De forma a que os artigos reportem a relação entre a operacionalização da Indústria 4.0 e a evolução nas competências necessárias ou a sua influência sobre o trabalho e o emprego, impôs-se que a pesquisa se restringisse a artigos que contivessem também, nos campos título, resumo e palavras-chave as expressões "human resources", "work organization", "competency profile", "Skills", "competence", "jobs", "employment" ou "qualification".

Para determinar os critérios de exclusão, analisaram-se os primeiros 50 artigos por ordem de relevância em cada uma das bases de dados consultadas e, procurou-se identificar, através destes, termos e frases que poderiam ser usados na pesquisa para o refinar da expressão booleana. Do conjunto de artigos, ressaltou um subconjunto que se dedica à análise de programas educativos para o desenvolvimento das competências para a Indústria 4.0. Sendo este um assunto de importância inegável, não é, ainda assim, o foco deste trabalho em específico, pelo que de forma a excluir do conjunto de publicações aquelas que tratam este assunto, foi imposta a restrição de não conterem, nos campos título, resumo e palavras-chave as expressões

"education program", "school", "scholarship", "teacher", "graduates", "Educational Methodology", "learning institution", "student" e "Higher Education". Uma vez que foi também verificada a existência de um conjunto significativo de artigos, normalmente do âmbito da medicina, cujo foco são questões ergonômicas relacionadas com a execução das tarefas no âmbito da Indústria 4.0, restringiu-se também o conjunto de artigos a não conterem nos campos selecionados a expressão "ergonomic".

Depois de aplicada a frase booleana daqui resultante a cada uma das bases de dados, obtiveram-se dois conjuntos de publicações, constituídos por 150 artigos da base de dados Scopus e 96 artigos da base de dados Web of Science. Juntando os dois conjuntos e eliminando duplicados, ficamos com um conjunto inicial de 189 publicações. Este conjunto foi então sujeito a uma leitura mais atenta do resumo, para identificar os que se apresentam como potencialmente relevantes, resultando daqui um conjunto de 141 publicações, como conjunto de artigos inicial. Desta leitura, resultou também a finalização da elaboração da lista de critérios de exclusão a aplicar. Após esta análise inicial, procedeu-se a uma leitura mais completa dos artigos, para aplicação sistemática dos critérios de exclusão definidos. A saber: 1) Artigos sobre competências para operação ou interação, com alguma máquina, equipamento ou tecnologia em específico, 9 publicações; 2) Artigos acerca de políticas públicas de favorecimento da aquisição de competências, 11 publicações; 3) Modelos de potenciação de utilização de competências, 9 publicações; 4) Artigos acerca do desenvolvimento de currículos de ensino para a aquisição de competências, 3 publicações; 5) Artigos focados especificamente em vantagens económicas de possuir determinada competência, 5 publicações; 6) Artigos que se debruçam sobre o estado de espírito dos trabalhadores, 1 publicação; 7) Artigos que, apesar de terem um resumo e palavras chave em inglês, se apresentam com o corpo do texto noutra língua, 1 publicação.

Finalizada esta análise, chegou-se a um conjunto final de 102 publicações.

Recolheram-se os dados para efetuar uma avaliação do conjunto final de artigos e, efetuou-se a sua análise bibliométrica, que aqui não se apresenta, por não ser este o objetivo primordial deste trabalho e por razões de espaço.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise dos artigos sugeriu a existência de 7 temas, para classificação e agrupamento das várias publicações, tendo os artigos sido distribuídos entre estas categorias, conforme se mostra na Figura 2 (Figura 2)

Figura 2 - Agrupamento das várias publicações por tema



Sendo o objetivo do trabalho aqui apresentado a identificação das competências fundamentais para a implementação da Indústria 4.0, analisa-se a seguir apenas o conjunto de 26 publicações que se debruçam especificamente sobre o tema. Relativamente ao conjunto de artigos considerados, podem encontrar-se diversas publicações que procuram indicar, sem demais objetivos, as principais competências necessárias à implementação com sucesso da Indústria 4.0 (Chaka, 2020; Chang & Yeh, 2018; Jerman et al., 2018; Kipper et al., 2021; Whisper Maisiri & Van Dyk, 2021; Marnewick & Marnewick, 2020; Poszytek, 2021; Saniuk et al., 2021; Shet & Pereira, 2021). Para além destes artigos mais genéricos, outros se podem encontrar que procuram um estudo mais pormenorizado com objetivos mais específicos, como sejam aqueles que procuram estudar as competências necessárias em algum setor de negócio (I Arcelay et al., 2021; Bruzzi et al., 2021; Kwiotkowska et al., 2021; Lenarčič,

2019; Peña-Jimenez et al., 2021; Santoso et al., 2020; Wang & Ha-Brookshire, 2018), em determinadas funções ou níveis hierárquicos (Mazurchenko & Maršiková, 2019; Spöttl & Windelband, 2021; Uys & Webber-Youngman, 2019), ou mais especificamente em alguma profissão (Liszka et al., 2019; Whisper Maisiri et al., 2019; Santos et al., 2021; Venter et al., 2019). Entre as publicações deste conjunto existem também aquelas que, para além de identificarem as competências para a Indústria 4.0, focam também outros desenvolvimentos, como uma publicação que procura identificar aspetos estratégicos para o desenvolvimento de competências para a indústria 4.0 (Saari et al., 2021), uma outra que procura estabelecer relações entre diversos tipos de competências (Kruger & Steyn, 2021), e um estudo de caso que analisa ações de empresas para a identificação de competências relevantes (Cimini et al., 2021).

Verifica-se que uma das discussões mais prementes, de entre o conjunto de publicações em estudo, gira em torno da categoria de competências mais relevante. Chaka (2020) identifica as habilidades e competências mais importantes para a Indústria 4.0 como soft-skills genéricas, abrangendo um amplo espectro de disciplinas acadêmicas e domínios do local de trabalho como a comunicação, inovação, criatividade, resolução de problemas, colaboração, pensamento crítico e tomada de decisão. Uma outra publicação que também aponta na direção da necessidade crescente de soft-skills é a de Lenarčič (2019), que alega que as competências da força de trabalho estão em fase de transformação, de estritamente técnicas para híbridas, ou seja, combinação de técnicas com soft-skills, uma vez que a indústria 4.0 não se baseia apenas na tecnologia, mas na criatividade das pessoas que aplicam a tecnologia, e também no crescente entrelaçamento entre setores, o que resulta em mudanças nas competências da força de trabalho. Assim, as competências transversais ou não técnicas estão a tornar-se cada vez mais importantes.

Num trabalho dedicado a estudar a influência do desenvolvimento da tecnologia de informação no setor financeiro, Santoso et al. (2020) parecem concluir também na direção da preponderância das soft-skills na implementação da Indústria 4.0, apontando as competências comportamentais como as mais importantes dos funcionários nos setores bancário e de FinTech e as habilidades tecnológicas, que incluem competências de aplicação de conhecimento e tecnologia e análise, como tendo um potencial futuro de procura limitado, apesar de estarem aparentemente em crescimento no mercado de trabalho. Segundo as conclusões deste trabalho, para um crescimento económico altamente automatizado e digital, as competências tecnológicas são essenciais e, pessoas com essas habilidades tornar-se-ão escassas no mercado de trabalho. No entanto, também há uma necessidade significativa de que todos desenvolvam habilidades digitais básicas para a nova era da automação, incluindo competência em liderança, supervisão e formulação de estratégias e

conceitos. Um outro estudo que conclui pela preponderância das soft-skills é o apresentado por Poszytek (2021) que aponta à mudança de hard-skills para soft-skills, nomeadamente para competências sociais e cognitivas, como o trabalho em equipa, a flexibilidade, a interdisciplinaridade a resolução de problemas ou a adaptabilidade, como a melhor forma de atender às necessidades e desafios colocados pela 4ª Revolução Industrial, assim como o proposto por Kipper et al. (2021), que identificam entre as principais habilidades para a Indústria 4.0 algumas soft-skills, como sejam as habilidades de liderança, a visão estratégica do conhecimento, a auto-organização, a capacidade de comunicação, a proatividade, a criatividade, o trabalho em equipa, a iniciativa, ou a flexibilidade e autogestão. Mais notória é ainda a indicação de necessidade do potenciar das soft-skills no caso de funcionários com responsabilidades de gestão (Marnewick & Marnewick, 2020; Saniuk et al., 2021; Santos et al., 2021), nomeadamente as habilidades cognitivas, estratégicas e de gestão de pessoas, que são consideradas como alguns dos recursos mais importantes para a indústria 4.0 (Peña-Jimenez et al., 2021). Estas habilidades dos colaboradores constituem o elemento decisivo para o sucesso da empresa, visando a obtenção de vantagem competitiva, uma vez que é necessário ajustá-las à realidade em constante mudança (Liszka et al., 2019).

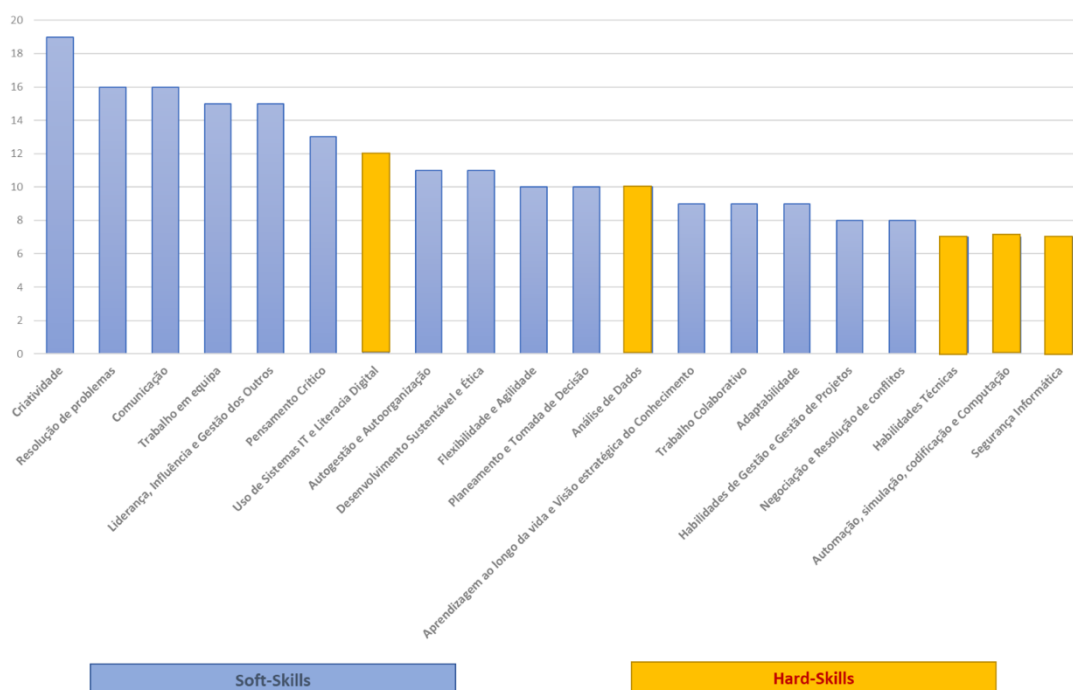
Ao nível da interação com dispositivos, são apresentados estudos que procuram identificar competências impostas pelo facto de, num futuro próximo, os próprios robôs passarem a fazer parte das equipas de trabalho (Marnewick & Marnewick, 2020) e, mesmo neste campo, ser notória a existência da ideia de uma necessidade premente de apuramento das soft-skills, para além das hard-skills, uma vez que as novas tecnologias, características da Indústria 4.0, implicam o domínio do relacionamento entre pessoas e máquinas de uma forma muito idêntica à necessária para o relacionamento entre pessoas (Kwiatkowska et al., 2021).

Uma análise do conjunto de artigos aqui em estudo faz sobressair as Soft-Skills como aquelas que mais vezes são mencionadas

como fundamentais para a implementação da Indústria 4.0. As 6 Competências mais vezes mencionadas, Criatividade, Resolução de Problemas, Comunicação, Trabalho em equipe, Liderança ou Influência e Gestão dos outros e Pensamento Crítico, são Soft-Skills, aparecendo a primeira Hard-Skill, o Uso de Sistemas de Tecnologia da Informação e Literacia Digital, apenas como a sétima mais referida. Na figura 3, apresentam-se as 20 competências mais vezes mencionadas e o

respetivo número de ocorrências de cada uma delas, verificando-se que, de entre estas 20 competências mais vezes mencionadas, apenas 5, são Hard-Skills, contra 15 Soft-Skills. Analisando número de menções destas 20 Competências, chegamos a um número total de 178 de Soft-Skills e 43 de Hard-Skills, ou seja, 80,5% das menções a competências fundamentais para a implementação da Indústria 4.0 no conjunto de artigos em estudo, são referentes a Soft-Skills.

Figura 3 - Número de ocorrências das 20 competências mais mencionadas nos artigos em análise



Resumindo, pode-se verificar que a corrente mais significativa é a que aponta à premência do desenvolvimento preferencial das soft-Skills, de forma a equilibrar as habilidades dos trabalhadores qualificados com competências técnicas e sociais (Saari et al., 2021). No entanto, apesar desta parecer ser a corrente com maior número de seguidores, importa referir a inclusão de publicações que, para determinada função ou profissão, apontam a uma grande necessidade de desenvolvimento de competências técnicas ou hard-skills, como seja o caso dos funcionários de departamentos de compras (Bruzzi et al., 2021), onde se verifica ser fundamental uma maior atenção ao desenvolvimento de competências digitais ou,

no caso dos responsáveis pela gestão de recursos humanos (Mazurchenko & Maršíková, 2019), alegadamente um pouco relutantes em adotar a tecnologia, apesar de ser uma das profissões em que a tendência de crescimento da importância das habilidades digitais nos próximos anos é mais drástica.

4. CONCLUSÕES

Com a quarta revolução industrial em curso, estamos perante profundas alterações nos perfis de competências requeridos pelas empresas. De forma a compreender o estado da arte sobre esta questão, foi efetuada uma revisão sistemática da literatura para apreender as orientações mais significativas.

A análise dos artigos selecionados que tratam especificamente das competências fundamentais para a Indústria 4.0, revela uma clara indicação da premência do desenvolvimento das chamadas soft-skills. Apesar de alguns estudos defenderem o desenvolvimento preferencial de determinadas competências técnicas, nomeadamente os que se focam especificamente em determinada função em específico, a maioria dos autores aqui estudados verifica que os profissionais devem ter pensamento criativo, ser líderes, saber comunicar e trabalhar em equipa, saber gerir conflitos, tornando-se assim um dos principais pilares da Indústria 4.0.

No fundo a conclusão mais razoável a retirar do conjunto de artigos analisados é a de que, para a implementação mais eficiente da Indústria 4.0, será fundamental os trabalhadores serem preparados com uma combinação de competências técnicas e sociais. Também no que diz respeito às consequências para o emprego, não se encontra uma completa concordância nas conclusões dos artigos em análise, nomeadamente no que diz respeito aos empregos mais qualificados. Apesar disto, parece mais ou menos consensual que, para a minimização de eventuais efeitos negativos sobre o emprego, se torna fundamental o prestar de uma atenção acrescida ao desenvolvimento de talentos, com foco nas soft-skills. Do conjunto de artigos analisados parece emergir algumas lacunas que constituem oportunidades de pesquisa. Não foram encontrados trabalhos que estudem a relação entre eventuais hiatos de competências para uma adequada implementação da indústria 4.0 e o nível de responsabilidade da função exercida pelo trabalhador. Por outro lado, poucos estudos foram identificados sobre o impacto desta revolução no perfil de competências requerido nos operadores de chão de fábrica. Do conjunto de artigos aqui apresentados, emerge um aparente paradoxo. A ideia mais forte apresentada neste conjunto de resultados, é a do talento como o maior fator crítico de sucesso para o futuro, com as soft-skills a aparecerem como as merecedoras de maior atenção. Numa era de imparável

desenvolvimento tecnológico, o senso comum poderia fazer pensar que as competências digitais assumiriam um papel muito mais determinante do que aquele que nos é aqui sugerido. Perante isto, uma outra lacuna pode ser destacada nos estudos analisados: a ausência de trabalhos que busquem elucidar a sensibilidade dos gestores para as questões aqui abordadas ou a existência nas empresas de modelos de competências para a Indústria 4.0 que as auxiliem nos processos de recrutamento. Esta questão apresenta-se igualmente como uma oportunidade para a realização de pesquisas futuras, em que se procure avaliar modelos de competências e o seu alinhamento com as conclusões aqui apresentadas.

REFERÊNCIAS

- Arcelay, I., Goti, A., Oyarbide-Zubillaga, A., Akyazi, T., Alberdi, E., & Garcia-Bringas, P. (2021). Definition of the future skills needs of job profiles in the renewable energy sector. *Energies*, 14(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.3390/en14092609>
- Bartram, D. (2005). The great eight competencies: A criterion-centric approach to validation. *Journal of Applied Psychology*, 90(6), 1185–1203. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.90.6.1185>
- Bruzzi, S., Balbi, N., Barcellini, L., & Genco, V. (2021). Toward the strengthening of enabling technologies in Italy: results of the second survey on procurement 4.0. *Sinergie*, 39(3), 75–97. <https://doi.org/10.7433/S116.2021.05>
- Bughin, J., Manyika, J., Woetzel, J., Mattern, F. M., Chui, S., Lund, A., Madgavkar, S., Ramaswamy, J., Cadena, A., Dobbs, R., George, K., Gupta, R., Hazan, E., Labaye, E., Leke, A., & Nyquist, S. (2017). *A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity*. McKinsey Global Institute, January, 1–28. [http://njit2.mrooms.net/pluginfile.php/688844/mod_resource/content/1/Executive Summary of McKinsey Report on Automation.pdf](http://njit2.mrooms.net/pluginfile.php/688844/mod_resource/content/1/Executive_Summary_of_McKinsey_Report_on_Automation.pdf)
- Chaka, C. (2020). Skills, competencies and literacies attributed to 4IR/Industry 4.0: Scoping review. *IFLA Journal*, 46(4), 369–399. <https://doi.org/10.1177/0340035219896376>

- Chang, Y.-H., & Yeh, Y.-J. Y. (2018). Industry 4.0 and the need for talent: a multiple case study of Taiwan's companies. *International Journal of Product Development*, 22(4), 247–275. <https://doi.org/10.1504/ijpd.2018.091150>
- Cimini, C., Adrodegari, F., Paschou, T., Rondini, A., & Pezzotta, G. (2021). Digital servitization and competence development: A case-study research. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 32, 447–460. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.12.005>
- Devezas, T., Sarygulov, A., & Change, S. (2017). *Industry 4.0 - Studies on Entrepreneurship, Structural Change and Industrial Dynamics* (1st ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49604-7>
- Ejmont, K. (2021). The Impact of Industry 4.0 on Employees — Insights from Australia. *SUSTAINABILITY*.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2016). Digitization of industrial work: development paths and prospects. *JOURNAL FOR LABOUR MARKET RESEARCH*, 49(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12651-016-0200-6>
- Jerman, A., Bach, M. P., & Bertoncej, A. (2018). A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories. *Machines*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/MACHINES6030041>
- Kearney, A. T. (2017). Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation. In *World Economic Forum* (Issue March). http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf
- Keathley-Herring, H., Van Aken, E., Gonzalez-Aleu, F., Deschamps, F., Letens, G., & Orlandini, P. C. (2016). Assessing the maturity of a research area: bibliometric review and proposed framework. *Scientometrics*, 109(2), 927–951. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2096-x>
- Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenu, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. *Technology in Society*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>
- Kruger, S., & Steyn, A. A. (2021). A conceptual model of entrepreneurial competencies needed to utilise technologies of Industry 4.0. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 22(1), 56–67. <https://doi.org/10.1177/1465750320927359>
- Kwiotkowska, A., Gajdzik, B., Wolniak, R., Vveinhardt, J., & Gebczynska, M. (2021). Leadership Competencies in Making Industry 4.0 Effective: The Case of Polish Heat and Power Industry. *ENERGIES*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/en14144338>
- Le Deist, F. D., & Winterton, J. (2005). What is competence? *Human Resource Development International*, 8(1), 27–46. <https://doi.org/10.1080/1367886042000338227>
- Lenarčič, B. (2019). Rethinking competencies of the european information-communication sector's workforce in the context of industry 4.0: The case of Slovenia | Preispitvanje kompetencija radne snage u okviru evropskog informaciono-komunikacionog sektora u kontekstu industri. *Sociologija*, 61(4), 585–598.
- Liszka, K., Klimkiewicz, K., & Malinowski, P. (2019). Polish foundry engineer with regard to changes carried by the industry 4.0. *Archives of Foundry Engineering*, 19(1), 103–108. <https://doi.org/10.24425/afe.2019.127102>
- Maisiri, W, van Dyk, L., & Coetzee, R. (2021). Development of an industry 4.0 competency maturity model. *SAIEE Africa Research Journal*, 112(4), 189–197. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85118569413&partnerID=40&md5=435eabb0b9726c95ec5c8ebd8f371e58>
- Maisiri, Whisper, Darwish, H., & van Dyk, L. (2019). An investigation of industry 4.0 skills requirements. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 90–105. <https://doi.org/10.7166/30-3-2230>
- Maisiri, Whisper, & Van Dyk, L. (2021). Industry 4.0 skills: A perspective of the south african manufacturing industry. *SA Journal of*

- Human Resource Management, 19, 1–9. <https://doi.org/10.4102/sajhrm.v19i0.1416>
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2020). The Demands of Industry 4.0 on Project Teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 941–949. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2899350>
- Mazurchenko, A., & Maršíková, K. (2019). Digitally-powered human resource management: Skills and roles in the digital era. *Acta Informatica Pragensia*, 8(2), 72–86. <https://doi.org/10.18267/j.aip.125>
- McKinsey Global Institute. (2018). *Skill Shift: Automation and the Future of the Workforce*. McKinsey & Company, May, 3–84. [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured Insights/Future of Organizations/Skill shift Automation and the future of the workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20shift%20Automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx)
- Mitrović, L. M. (2020). Challenges , Risks and Threats to Human Security in The 4 Th Industrial Revolution. *NBP • Journal of Criminalistics and Law*, 25(1), 81–97. <https://doi.org/10.5937/nabepo25-26316>
- Mpofu, P. R. (2019). Frankenstein and the Fourth Industrial Revolution (4IR): Ethics and Human Rights Considerations. 8(5), 1–25.
- Nuvolari, A. (2019). Understanding successive industrial revolutions: A “development block” approach. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 32(November 2018), 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.11.002>
- Park, H. S. (2017). Technology convergence, open innovation, and dynamic economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 3(4). <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0074-z>
- Patacsil, F. F., & Tablatin, C. L. S. (2017). Exploring the importance of soft and hard skills as perceived by it internship students and industry: A gap analysis. *Journal of Technology and Science Education*, 7(3), 347–368. <https://doi.org/10.3926/jotse.271>
- Pejic-Bach, M., Bertonce, T., Meško, M., Krstić, Ž., & Krstić. (2020). Text mining of industry 4.0 job advertisements. *International Journal of Information Management*, 50(August), 416–431. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.014>
- Peña-Jimenez, M., Battistelli, A., Odoardi, C., & Antino, M. (2021). Exploring skill requirements for the industry 4.0: A worker-oriented approach. *Anales de Psicología*, 37(3), 577–588. <https://doi.org/10.6018/analesps.444311>
- Poszytek, P. (2021). The landscape of scientific discussions on the competencies 4.0 concept in the context of the 4th industrial revolution— a bibliometric review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/su13126709>
- Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Krcmar, H. (2017). A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees. *Wirtschaftsinformatik*, 46–60.
- Rodrigues, M., Fernández-Macías, E., & Sostero, M. (2021). A unified conceptual framework of tasks, skills and competences JRC Working Papers Series on Labour, education and Technology 2021/02. <https://ec.europa.eu/jrc>
- Saari, A., Rasul, M. S., Yasin, R. M., Abd Rauf, R. A., Ashari, Z. H. M., & Pranita, D. (2021). Skills Sets for Workforce in the 4th Industrial Revolution: Expectation from Authorities and Industrial Players. *JOURNAL OF TECHNICAL EDUCATION AND TRAINING*, 13(2), 1–9. <https://doi.org/10.30880/jtet.2021.13.02.001>
- Saniuk, S., Caganova, D., & Saniuk, A. (2021). Knowledge and Skills of Industrial Employees and Managerial Staff for the Industry 4.0 Implementation. *Mobile Networks and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11036-021-01788-4>
- Santos, G., Sá, J. C., Félix, M. J., Barreto, L., Carvalho, F., Doiro, M., Zgodavová, K., & Stefanović, M. (2021). New needed quality management skills for quality managers 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116149>
- Santoso, W., Sitorus, P. M., Batunanggar, S., Krisanti, F. T., Anggadwita, G., & Alamsyah, A. (2020). Talent mapping: a strategic approach toward digitalization initiatives in the banking and financial technology (FinTech) industry in

- Indonesia. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 12(3), 399–420. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-04-2020-0075>
- Schwab, K. (2016). *A Quarta Revolução Industrial* (W. E. Forum (ed.); 2nd ed.). LEVOIR, Marketing e Conteúdos Multimédia, S.A.
- Shet, S. V., & Pereira, V. (2021). Proposed managerial competencies for Industry 4.0 – Implications for social sustainability. *Technological Forecasting and Social Change*, 173(August), 121080. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121080>
- Spöttl, G., & Windelband, L. (2021). The 4th industrial revolution—its impact on vocational skills. *Journal of Education and Work*, 34(1), 29–52. <https://doi.org/10.1080/13639080.2020.1858230>
- Stelzle, B., Jannack, A., & Rainer Noennig, J. (2017). Co-Design and Co-Decision: Decision Making on Collaborative Design Platforms. *Procedia Computer Science*, 112, 2435–2444. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.095>
- Thun, S., Kamsvåg, P. F., Kløve, B., Seim, E. A., & Torvatn, H. Y. (2019). Industry 4.0: Whose revolution? The digitalization of manufacturing work processes. *Nordic Journal of Working Life Studies*, 9(4), 39–57. <https://doi.org/10.18291/njwls.v9i4.117777>
- Uys, J., & Webber-Youngman, R. (2019). A 4.0D leadership model postulation for the Fourth Industrial Revolution relating to the South African mining industry. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 119(10), 793–800. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/17/450/2019>
- Venter, A. A. J., Herbst, T. H. H., & Iwu, C. G. (2019). What will it take to make a successful administrative professional in the fourth industrial revolution? *SA Journal of Human Resource Management*, 17. <https://doi.org/10.4102/sajhrm.v17i0.1224>
- Wang, B., & Ha-Brookshire, J. E. (2018). Exploration of Digital Competency Requirements within the Fashion Supply Chain with an Anticipation of Industry 4.0. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11(3), 333–342. <https://doi.org/10.1080/17543266.2018.1448459>
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90–95. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>

PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** nada a declarar. **Revisão por pares:** Dupla revisão anónima por pares.



Todo o conteúdo da [Revista de Ativos de Engenharia](#) é licenciado sob *Creative Commons*, a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.