ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
EVENTO ON-LINE
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

Transferência de Tecnologia e Antropotecnologia na Era Digital: um Framework Conceitual para a Qualidade 4.0

Crislaine Rodrigues Galan
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

João Luiz Kovaleski
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Valderice Herth Junkes
Programa de Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Estadual do Paraná

Camila Matos
Programa de Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Estadual do Paraná

Luís Maurício Martins de Resende
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: A transformação digital impulsionada pela Indústria 4.0 tem redefinido as interações entre pessoas, tecnologias e sistemas produtivos, exigindo novas abordagens para compreender a inovação organizacional. Embora a literatura sobre transferência de tecnologia avance na explicação dos mecanismos de disseminação de conhecimento técnico, ainda existem lacunas quanto à integração dos fatores humanos que influenciam a adoção e o uso das inovações. Nesse contexto, a antropotecnologia se destaca ao enfatizar a adaptação recíproca entre o ser humano e as tecnologias, incorporando aspectos cognitivos, culturais e sociotécnicos que moldam o processo de aprendizagem e apropriação tecnológica. Paralelamente, a Qualidade 4.0 amplia o papel da gestão da qualidade por meio da automação inteligente, da integração digital e do uso intensivo de dados, reforçando que o fator humano permanece central na interpretação e no direcionamento das tecnologias emergentes. Este artigo propõe um framework conceitual que integra transferência de tecnologia, antropotecnologia e Qualidade 4.0, desenvolvido a partir de uma revisão integrativa da literatura realizada em bases científicas internacionais. Os resultados mostram que a efetividade da transformação digital depende da articulação entre três eixos principais: difusão e absorção tecnológica; mediação e adaptação humana; e digitalização orientada ao aprendizado contínuo. O modelo indica que essas dimensões constituem um ciclo sociotécnico dinâmico, no qual o ser humano atua como agente ativo da inovação. O framework contribui para o avanço teórico sobre sistemas produtivos inteligentes e oferece subsídios práticos para que organizações desenvolvam estratégias de transferência tecnológica mais humanizadas, sustentáveis e alinhadas à era digital.

Palavras-chave: Transferência de tecnologia, Antropotecnologia, Qualidade 4.0.

Technology Transfer and Anthropotechnology in the Digital Era: A Conceptual Framework for Quality 4.0

Abstract: Digital transformation driven by Industry 4.0 has redefined the interactions among people, technologies and production systems, requiring new approaches to understand organizational innovation. Although the technology transfer literature has advanced in explaining the mechanisms of technical knowledge dissemination, gaps remain regarding the integration of human factors that

influence the adoption and use of innovations. In this context, anthropotechnology stands out by emphasizing the reciprocal adaptation between human beings and technologies, incorporating cognitive, cultural and sociotechnical aspects that shape the process of technological learning and appropriation. At the same time, Quality 4.0 expands the role of quality management through intelligent automation, digital integration and intensive data use, reinforcing that the human factor remains central to interpreting and directing emerging technologies. This article proposes a conceptual framework that integrates technology transfer, anthropotechnology and Quality 4.0, developed from an integrative literature review conducted in international scientific databases. The results show that the effectiveness of digital transformation depends on the articulation of three main axes: technological diffusion and absorption; human mediation and adaptation; and digitalization oriented toward continuous learning. The model indicates that these dimensions constitute a dynamic sociotechnical cycle, in which the human being acts as an active agent of innovation. The framework contributes to the theoretical advancement of intelligent production systems and offers practical support for organizations to develop more humanized and sustainable technology transfer strategies aligned with the digital era.

Keywords: Technology transfer, Anthropotechnology, Quality 4.0.

1. Introdução

A rápida evolução tecnológica nas últimas décadas tem transformado profundamente as relações entre pessoas, organizações e sistemas produtivos. No contexto da Indústria 4.0, surgem novos modelos de produção e gestão baseados na digitalização, automação inteligente e integração ciberfísica, que reposicionam o papel do ser humano nos processos produtivos e na gestão da qualidade (KUMAR; GANESH; RAJENDRAN, 2022; SANIUK; GRABOWSKA; GAJDZIK, 2021). Entretanto, a implementação efetiva dessas tecnologias não se limita à dimensão técnica. O sucesso da transformação digital depende da capacidade das organizações de absorver, adaptar e transferir tecnologias de maneira coerente com suas estruturas humanas, culturais e cognitivas (COHEN; LEVINTHAL, 1990; MARQUES; FERREIRA, 2022).

A literatura sobre transferência de tecnologia enfatiza mecanismos formais e informais que permitem a difusão de conhecimento técnico e científico entre instituições, mas muitas vezes desconsidera a dimensão humana que influencia a adoção e o uso real dessas inovações (BOZEMAN, 2000; ROGERS, 2003; FIGUEIREDO; PESSÔA, 2021). Nessa vertente, a antropotecnologia, conceito que estuda a adaptação recíproca entre o homem e a tecnologia, oferece uma perspectiva complementar, ao considerar que toda introdução tecnológica implica processos de aprendizagem, reorganização e interação adaptativa entre humanos e sistemas tecnológicos (WISNER, 1994; FALZON, 2014; BÉGUIN; WEILL-FASSINA, 2017). Assim, a integração entre transferência de tecnologia e antropotecnologia pode proporcionar uma visão mais abrangente da inovação tecnológica, reconhecendo o papel ativo dos indivíduos e coletivos na incorporação e ressignificação das tecnologias emergentes (BÉGUIN, 2013; SANIUK et al., 2021).

Apesar dos avanços das pesquisas sobre esses temas, observa-se uma lacuna quanto à relação conceitual entre transferência de tecnologia, antropotecnologia e qualidade 4.0, uma vez que a maioria dos estudos trata essas dimensões de forma isolada. Diante desse contexto, este artigo busca responder à seguinte pergunta: como integrar os princípios da antropotecnologia à transferência de tecnologia para promover práticas de Qualidade 4.0?

Com base nessa questão, o objetivo deste trabalho é propor um framework conceitual que integre os fundamentos da transferência de tecnologia, da antropotecnologia e da qualidade 4.0, buscando compreender como a interação entre tecnologia e ser humano pode potencializar a absorção tecnológica, a melhoria contínua e a sustentabilidade dos processos organizacionais na era digital.

Ao articular essas três perspectivas, o estudo contribui para o avanço teórico e prático das discussões sobre inovação e qualidade, oferecendo uma base conceitual para pesquisas futuras e para a construção de estratégias de gestão mais humanas e eficazes no contexto da transformação digital (ANTONY; SONY; DOUGLAS, 2022; MARQUES; FERREIRA, 2022; WISNER, 1994). Este artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta o referencial teórico sobre transferência de tecnologia, antropotecnologia e Qualidade 4.0. A terceira seção descreve a metodologia adotada na revisão integrativa da literatura. A quarta seção apresenta os resultados e discussões, com a proposição do framework conceitual. Por fim, a quinta seção traz as considerações finais do estudo.

2. Referencial Teórico

2.1 Transferência de Tecnologia

A transferência de tecnologia tem sido amplamente estudada em virtude de seu papel estratégico na promoção da inovação, no fortalecimento da competitividade organizacional e no desenvolvimento econômico (CORSI; KOVALESKI; PAGANI, 2021). Diversos autores, ao longo do tempo, contribuíram para a consolidação conceitual do tema, evidenciando tratar-se de um processo complexo que envolve a transferência de ativos tangíveis e intangíveis, como conhecimentos, processos e propriedade intelectual (YOON; HAN, 2017; SOUDER; NASHAR; PADMANABHAN, 1990; ISMAIL; HAMZAH; BEBENROTH, 2018).

Para Winebrake (1992), a transferência de tecnologia abrange aspectos técnicos e estratégicos, podendo ser definida como um processo no qual tecnologia, informação e/ou conhecimento desenvolvidos em uma organização são aplicados e utilizados em outra, de acordo com os objetivos das partes envolvidas. De forma semelhante, Buratti e Penco (2001) a conceituam como um processo unidirecional, no qual a empresa receptora adquire tecnologias que não desenvolveu internamente, por meio de contratos formais como patentes e licenças, destacando, assim, os mecanismos jurídicos como instrumentos facilitadores da transferência.

Reddy e Zhao (1990) enfatizam o papel central do *know-how* nesse processo, ao ressaltar a importância da troca de conhecimento entre organizações. Nessa mesma perspectiva, Souder, Nashar e Padmanabhan (1990) abordam a transferência de tecnologia sob o ponto de vista da gestão, destacando que o processo deve ser conduzido de forma planejada e estruturada entre as partes envolvidas.

Rogers et al. (2001) definem a transferência de tecnologia como o movimento de inovações tecnológicas entre indivíduos ou organizações por meio de canais específicos, reforçando a necessidade de mecanismos formais de comunicação e interação. Já Günsel (2015) entende a transferência como um fluxo de tecnologia entre empresas, universidades e demais organizações, inclusive em escala internacional, refletindo a crescente globalização da inovação tecnológica.

O processo de transferência de tecnologia pode ocorrer por meio de diferentes combinações entre fornecedores e receptores. Autio e Laamanen (1995) identificam fluxos entre universidades, agências governamentais, institutos de pesquisa, laboratórios federais e o setor industrial, incluindo também transferências internacionais. Rogers et al. (2001) destacam a interação entre laboratórios nacionais de P&D e universidades, enquanto Pagani et al. (2016) organizam essas combinações em quatro grupos principais:

- De instituições baseadas no conhecimento para instituições com fins comerciais, envolvendo universidades e institutos de pesquisa como fornecedores, e indústrias ou PMEs como receptoras;

- De empresas de países desenvolvidos para empresas em países menos desenvolvidos, com multinacionais atuando como fornecedoras e subsidiárias como receptoras;

- Entre empresas, tanto no mesmo país quanto internacionalmente, ou ainda dentro de uma mesma organização;

- Outras combinações, envolvendo spin-offs, agentes de transferência, iniciativas governamentais e programas de governo eletrônico, com receptores variados: empresas, estudantes, cidadãos ou outras organizações (PAGANI et al., 2016).

Em suma, a transferência de tecnologia constitui um processo guiado por interesses convergentes entre os envolvidos, baseado na disseminação de tecnologias de seu local de origem para outros contextos, abrangendo tanto componentes físicos quanto o conhecimento e o *know-how* necessários à sua implementação (CORSI; KOVALESKI; PAGANI, 2021).

Assim, a efetividade desse processo depende não apenas da combinação entre provedores, receptores e tecnologias (PAGANI et al., 2016), mas também da compreensão do contexto em que será aplicada. Nesse sentido, a antropotecnologia contribui ao considerar fatores humanos, organizacionais e socioculturais que influenciam a adaptação tecnológica (CORSI; KOVALESKI; PAGANI, 2021).

2.2 Antropotecnologia

A antropotecnologia pode ser definida como um campo interdisciplinar que visa compreender e otimizar as interações entre o ser humano e as tecnologias em diferentes contextos culturais e produtivos (WISNER, 1994). Fundamentada na ergonomia e nas ciências humanas, a antropotecnologia considera que a introdução de novas tecnologias requer não apenas a adaptação dos indivíduos às ferramentas, mas também a adaptação das tecnologias às características humanas (FALZON, 2014; BÉGUIN; WEILL-FASSINA, 2017).

Para Dos Santos et al. (1997), a antropotecnologia pode ser entendida como análoga à ergonomia, sendo que a ergonomia visa adaptar o local de trabalho ao homem, visando à produtividade e à saúde do trabalhador, enquanto a antropotecnologia visa adaptar as tecnologias a serem transferidas ao contexto do receptor, considerando aspectos geográficos, econômicos, sociológicos e antropológicos, criando melhores condições de usabilidade para que essa tecnologia seja implementada efetivamente.

Para Béguin (2013), a antropotecnologia busca promover uma integração dinâmica entre o ser humano e a técnica, na qual o desempenho tecnológico e o bem-estar das pessoas se reforçam mutuamente. Isso implica considerar fatores como usabilidade, ergonomia cognitiva, aprendizado, confiança e sentido do trabalho na concepção e transferência de tecnologias.

No cenário da transformação digital, essa abordagem torna-se ainda mais relevante. A crescente automação e digitalização dos processos produtivos podem gerar novas formas de sobrecarga cognitiva e exclusão tecnológica, caso o fator humano não seja considerado elemento central nos processos de inovação (MARQUES; FERREIRA, 2022; SANIUK et al., 2021).

Dos Santos et al. (1997) destacam ainda que a antropotecnologia tem papel fundamental no processo de transferência de tecnologia, ao assegurar que a tecnologia seja ajustada ao contexto do receptor. Para que a transferência entre entidades com realidades distintas seja bem-sucedida, é necessário compreender as características do país ou da região receptora, por meio de estudos que incluam aspectos como geografia, história, demografia,

cultura, recursos humanos e atividades produtivas. Trata-se, portanto, da adaptação efetiva da tecnologia à realidade do usuário (WISNER, 1994).

Além disso, uma forma complementar de favorecer a transferência tecnológica é o estudo de locais de referência onde a tecnologia já foi implementada, permitindo identificar barreiras, desafios e fatores críticos de sucesso (DOS SANTOS et al., 1997). A ausência desse diagnóstico prévio pode levar à implantação de tecnologias que, embora operacionalmente viáveis, não produzem os resultados esperados em termos de produtividade e eficiência, o que pode ser interpretado como falta de mão de obra ou ineficiência (CORSI; KOVALESKI; PAGANI, 2021).

Dessa forma, a antropotecnologia oferece uma base conceitual para compreender a relação entre o ser humano e as tecnologias emergentes, especialmente no contexto da transformação digital. Ao colocar o indivíduo no centro dos processos de inovação e adaptação tecnológica, a antropotecnologia se relaciona com os princípios da Qualidade 4.0, que integra tecnologias digitais à gestão da qualidade.

2.3 Qualidade 4.0

A Qualidade 4.0 está diretamente relacionada ao avanço da Indústria 4.0, caracterizada por digitalização intensiva, automação, conectividade em tempo real e uso estratégico de dados (KUMAR; GANESH; RAJENDRAN, 2022; CALVO-MORA; ALVES; VILLAREJO-RAMOS, 2025).

Enquanto a Indústria 4.0 transforma processos produtivos por meio de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e sistemas ciberfísicos, a Qualidade 4.0 representa a reconfiguração da qualidade com foco em valor, inovação e desempenho ampliado, considerando a interação entre pessoas, tecnologias e processos (VINODH; WANKHEDE; MURUGANANTHAM, 2024; ANTONY et al., 2024). Segundo Sony et al. (2021) e Avilés-Sacoto et al. (2023), essa nova abordagem busca alinhar práticas da qualidade às demandas do ambiente digital, promovendo modelos de negócio mais adaptativos e centrados no usuário.

Nesse sentido, a Qualidade 4.0 não se limita à adoção de tecnologias emergentes, mas envolve uma transformação cultural e organizacional, na qual a transferência de tecnologia precisa ser acompanhada de processos antropotecnológicos que assegurem a adaptação humana, capacitação contínua e o desenvolvimento de competências digitais (ANTONY et al., 2022; KUMAR et al., 2022).

Diversos estudos (KUMAR et al., 2022; CALVO-MORA et al., 2025; ALZAHRANI et al., 2025; MTOTYWA, 2024; CARVALHO et al., 2024) estruturam a Qualidade 4.0 em três dimensões fundamentais: Pessoas, Processos e Tecnologia, as quais se tornam ainda mais relevantes quando analisadas sob a ótica da integração entre tecnologia e fatores humanos. A seguir, são destacadas as principais características dessas dimensões integradas:

- *Monitoramento em tempo real e análise preditiva*: o uso de sensores IoT e sistemas ciberfísicos, aliado ao big data e IA, permite uma gestão mais inteligente dos processos. No entanto, sua efetividade depende da capacitação humana para interpretar os dados e tomar decisões contextualizadas, promovendo uma relação simbiótica entre homem e máquina (ANTONY et al., 2024; ZULQARNAIN et al., 2022);

- *Automação da tomada de decisão e integração ponta a ponta*: a automação deve ser vista não como substituição de pessoas, mas como suporte à atuação humana estratégica, possibilitando que a força de trabalho se concentre em atividades de maior valor agregado (CALVO-MORA et al., 2025; KUMAR et al., 2022; CHIARINI, 2020);

- *Engajamento digital de clientes e stakeholders*: a Qualidade 4.0 amplia a interação com o mercado e os usuários finais, promovendo feedback contínuo e cocriação de valor. Para isso, é essencial a existência de uma infraestrutura que favoreça a escuta ativa e o envolvimento humano no uso das tecnologias (ANTONY et al., 2022; KUMAR et al., 2022);

- *Capacitação e cultura organizacional*: o sucesso da Qualidade 4.0 depende fortemente de lideranças digitalmente preparadas, cultura de inovação, gestão da mudança e intervenções antropotecnológicas que considerem limitações, capacidades e motivações humanas (VINODH et al., 2024; JAMKHANEH et al., 2022; SILVA; BORGES; MAGANO, 2022);

- *Infraestrutura tecnológica robusta*: embora essencial, a infraestrutura tecnológica deve ser implementada de forma integrada aos fatores humanos, respeitando as necessidades dos usuários e promovendo ambientes de trabalho ergonômicos e adaptativos (ZULQARNAIN et al., 2022; ANTONY et al., 2024).

Em síntese, a Qualidade 4.0, quando integrada com a transferência de tecnologia e a antropotecnologia, deve ser compreendida não apenas como uma atualização tecnológica da gestão da qualidade, mas como uma evolução sistêmica que incorpora elementos humanos e sociais no centro das transformações digitais (MTOTYWA, 2022).

Essa integração permite maior agilidade, inovação e sustentabilidade nos processos organizacionais, ao mesmo tempo em que fortalece a relação entre pessoas e tecnologias, essencial para o sucesso das organizações na era digital (VINODH; WANKHEDE; MURUGANANTHAM, 2024; ANTONY et al., 2024; KUMAR et al., 2022).

Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de um framework conceitual integrador, capaz de alinhar a Transferência de Tecnologia, a Antropotecnologia e a Qualidade 4.0. Este framework permitirá compreender de que modo o ser humano pode atuar não apenas como usuário, mas como protagonista da inovação tecnológica, participando ativamente da construção de sistemas produtivos inteligentes.

3. Metodologia

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura para investigar a relação entre Transferência de Tecnologia, Antropotecnologia e Qualidade 4.0, bem como propor uma estrutura conceitual alinhada a essa vertente. Esse tipo de revisão é apropriado para temas emergentes, como Qualidade 4.0, pois permite sintetizar conhecimentos dispersos, desafiar teorias existentes e propor novas abordagens conceituais (KUMAR; GANESH; RAJENDRAN, 2022).

Na presente pesquisa, utilizaram-se as bases de dados Scopus e Web of Science, com as seguintes strings de busca: “anthropotechnology” AND “technology transfer”; “anthropotechnology” AND “technology transfer” AND “quality 4.0”; “anthropotechnology” AND “quality 4.0”; e “technology transfer” AND “quality 4.0”.

Após a realização da busca final nas bases de dados, que resultou em um portfólio inicial composto por 25 artigos, iniciaram-se os procedimentos de filtragem, em que foram incluídos apenas artigos de periódicos em inglês. Os artigos duplicados, os artigos fora da temática (classificados após a leitura do título e resumo), os livros e os capítulos de livros foram excluídos. Assim, o portfólio final de artigos foi composto por 7 artigos, evidenciando a necessidade de mais estudos que abordem essa temática. É importante destacar que, devido ao baixo número de retorno de artigos, optou-se por não limitar o período de tempo na busca, com o intuito de identificar o máximo de artigos possível dentro do tema da pesquisa.

A partir da construção do portfólio de artigos cientificamente relevantes ao tema, iniciou-se a leitura e a análise dos textos para compor a base conceitual do framework, com foco em elementos da Transferência de Tecnologia, da Antropotecnologia e da Qualidade 4.0.

4. Resultados e Discussões

4.1 Proposição do Framework Conceitual

A análise dos artigos revela que o sucesso da transformação digital depende da relação entre Transferência de Tecnologia, Antropotecnologia e Qualidade 4.0. A Transferência de Tecnologia fornece o conhecimento e a inovação tecnológica necessários para a digitalização dos processos (COHEN; LEVINTHAL, 1990; BOZEMAN, 2000), enquanto a Antropotecnologia atua como mediadora humana, garantindo que essas tecnologias sejam adaptadas às capacidades cognitivas, culturais e ergonômicas dos usuários (WISNER, 1994; BÉGUIN, 2013; FALZON, 2014). A Qualidade 4.0, por sua vez, consolida a infraestrutura digital e os mecanismos de melhoria contínua, utilizando dados, automação e inteligência artificial para sustentar a inovação e promover decisões estratégicas (ANTONY et al., 2022; SONY et al., 2020; CALVO-MORA et al., 2024).

Assim, o framework conceitual proposto foi estruturado em três eixos interdependentes que, uma vez combinados, representam as dimensões técnica, humana e organizacional da transformação digital.

4.2 Estrutura do Framework

4.2.1 Eixo 1: Transferência de Tecnologia — Difusão e Absorção

Representa o fluxo de conhecimento, *know-how* e tecnologia de fontes externas (universidades, centros de pesquisa, fornecedores) para a organização. Inclui mecanismos formais (patentes, licenciamento, parcerias) e informais (interações sociais, aprendizagem). Sua efetividade depende da capacidade de absorção tecnológica e do alinhamento cultural e organizacional (COHEN; LEVINTHAL, 1990).

4.2.2 Eixo 2: Antropotecnologia — Mediação e Adaptação Humana

A Antropotecnologia atua como mecanismo mediador entre a transferência de tecnologia e sua incorporação efetiva nos sistemas produtivos. Ela garante que a tecnologia seja reinterpretada, adaptada e humanizada, considerando o contexto sociocultural e as capacidades cognitivas dos usuários (WISNER, 1994; BÉGUIN, 2013; FALZON, 2014). Em síntese, a Antropotecnologia humaniza a Transferência de Tecnologia, transformando a absorção tecnológica em um processo de evolução entre pessoas e sistemas digitais.

4.2.3 Eixo 3: Qualidade 4.0 — Digitalização e Aprendizado Contínuo

A Qualidade 4.0 complementa a integração entre Transferência de Tecnologia e Antropotecnologia, manifestando-se em sistemas produtivos inteligentes e centrados no ser humano (CALVO-MORA et al., 2024; MTOTYWA, 2022).

Organizada em três dimensões fundamentais — Pessoas (capacitação, cultura digital, liderança transformacional e engajamento ativo), Processos (digitalização, integração ponta a ponta e melhoria contínua orientada por dados) e Tecnologia (inteligência artificial, Internet das Coisas, big data e sistemas ciberfísicos que potencializam a tomada de decisão humana) —, a Qualidade 4.0 estabelece um ciclo de retroalimentação que reforça inovação, sustentabilidade e excelência operacional (SONY et al., 2020; CALVO-MORA et al., 2024).

4.2.4 Núcleo de Integração Sociotécnica

A combinação desses três eixos gera uma integração sociotécnica permanente, na qual tecnologia e ser humano evoluem continuamente, promovendo aprendizado organizacional, engajamento e inovação sustentável (MARQUES; FERREIRA, 2022). Assim, o framework desenvolvido (Figura 1) propõe que a integração entre Transferência de Tecnologia, Antropotecnologia e Qualidade 4.0 seja entendida como um ciclo dinâmico, em que cada eixo fortalece e retroalimenta os demais.

Figura 1 – Framework conceitual: integração entre Transferência de Tecnologia, Antropotecnologia e Qualidade 4.0



Fonte: Autores (2025)

5. Considerações Finais

O presente artigo buscou integrar os fundamentos da Transferência de Tecnologia, da Antropotecnologia e da Qualidade 4.0, propondo um framework conceitual capaz de orientar organizações na condução de processos de transformação digital centrados no ser humano.

A partir da revisão integrativa da literatura, verificou-se que a relação entre esses três temas permanece pouco explorada, embora cada um deles, isoladamente, possua contribuições significativas para o avanço da inovação e da competitividade organizacional.

Os resultados apontam que o sucesso da transformação digital depende de uma integração efetiva entre dimensões técnicas, humanas e organizacionais. A Transferência de Tecnologia oferece o substrato técnico e o fluxo de conhecimento necessários à inovação; a Antropotecnologia atua como mediadora adaptativa, assegurando que as tecnologias sejam assimiladas e ressignificadas pelos indivíduos e coletivos; e a Qualidade 4.0 consolida a infraestrutura digital, promovendo ciclos contínuos de aprendizado, automação inteligente e melhoria dos processos. Assim, o framework proposto demonstra que o ser humano não deve ser visto apenas como receptor da tecnologia, mas como agente ativo de construção, interpretação e evolução dos sistemas produtivos inteligentes.

Conceitualmente, este estudo contribui ao propor uma visão sociotécnica integrada da Qualidade 4.0, que reconhece a interdependência entre conhecimento técnico, cultura organizacional e capacidades humanas. Na prática, o modelo pode orientar gestores e formuladores de políticas públicas no desenvolvimento de estratégias de transferência

tecnológica mais sustentáveis e humanizadas, apoiadas em princípios antropotecnológicos e em processos de aprendizagem organizacional.

Entretanto, algumas limitações devem ser reconhecidas. Por se tratar de um estudo teórico e conceitual, o framework proposto ainda carece de validação empírica em diferentes contextos organizacionais e culturais. Além disso, a escassez de publicações que abordam simultaneamente os três eixos restringiu a amplitude da análise, o que reforça o caráter exploratório da pesquisa. Diante disso, recomenda-se que pesquisas futuras avancem na aplicação prática do framework por meio de estudo de caso em organizações que estejam implementando práticas de Qualidade 4.0.

Dessa forma, a integração entre Transferência de Tecnologia, Antropotecnologia e Qualidade 4.0 representa uma oportunidade promissora para a construção de sistemas produtivos mais inteligentes, adaptativos e centrados nas pessoas. O avanço desse campo de estudo depende, contudo, da consolidação de uma agenda de pesquisa interdisciplinar que una engenheiros, gestores, ergonomistas e cientistas sociais na busca por uma transformação digital verdadeiramente humanizada.

Referências

ALZAHRANI, B.; BAHAITHAM, H.; ELSHENNAWY, A. A validated framework for assessing the maturity level of implementing Quality 4.0 in higher education institutions. Journal of Industrial Information Integration, v. 45, p. 100823, maio 2025.

ANTONY, J.; SONY, M.; DOUGLAS, J. A. Quality 4.0: the future of quality management in the digital era. Total Quality Management & Business Excellence, v. 33, n. 3-4, p. 301-320, 2022.

ANTONY, J.; SONY, M.; FURTERER, S.; McDERMOTT, O.; PEPPER, M. Quality 4.0 and its impact on organizational performance: an integrative viewpoint. The TQM Journal, v. 34, n. 6, p. 2069-2084, 2022.

ANTONY, J.; SWARNAKAR, V.; SONY, M.; McDERMOTT, O.; JAYARAMAN, R. How do organizational performances vary between early adopters and late adopters of Quality 4.0? An exploratory qualitative study. The TQM Journal, v. 36, n. 8, p. 2338-2359, 2024.

AUTIO, E.; LAAMANEN, T. Measurement and evaluation of technology transfer: review of technology transfer mechanisms and indicators. International Journal of Technology Transfer Management, v. 10, n. 6, p. 643-664, 1995.

AVILÉS-SACOTO, S. V.; VELASCO-TAPIA, K. C.; AVILÉS-SACOTO, E. C.; ARGÜELLO-HERRERA, J. I. Innovating for impact: proposing Quality 4.0 integration to achieve sustainable development goals in microenterprises. Business Strategy and Development, v. 7, jun. 2024.

BÉGUIN, P. Ergonomie et conception: les activités de conception entre travail prescrit et réel. Toulouse: Octarès, 2013.

BÉGUIN, P.; WEILL-FASSINA, A. La conception dans l'interaction: perspectives ergonomiques. Toulouse: Octarès, 2017.

BOZEMAN, B. Technology transfer and public policy: a review of research and theory. Research Policy, v. 29, n. 4-5, p. 627-655, 2000.

BURATTI, N.; PENCO, L. Assisted technology transfer to SMEs: lessons from an exemplary case. Technovation, v. 21, n. 1, p. 35-43, 2001.

CALVO-MORA, A.; ALVES, H.; VILLAREJO-RAMOS, A. F. Quality 4.0 key dimensions and implementation profiles in organizations of excellence: a cluster analysis. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 72, p. 527-545, 2025.

CALVO-MORA, A.; PEDRO, E.; SUÁREZ, E. Exploring barriers to Quality 4.0 implementation: a multivariate analysis. The TQM Journal, 2024.

CALVO-MORA, A.; PEDRO, E.; SUÁREZ, E. Quality 4.0 and digital transformation in organizations. The TQM Journal, 2024.

CARVALHO, A. M.; DIAS, A. R.; DIAS, A. M.; SAMPAIO, P. The Quality 4.0 roadmap: designing a capability roadmap toward quality management in Industry 4.0. Quality Management Journal, v. 31, n. 2, p. 117-137, 2024.

CHIARINI, A. Industry 4.0, quality management and TQM world: a systematic literature review and a proposed agenda for further research. The TQM Journal, v. 32, n. 4, p. 603-616, 2020.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. Administrative Science Quarterly, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

CORSI, A.; KOVALESKI, J. L.; NEGRI PAGANI, R. Transferência de Tecnologia, Antropotecnologia e Desenvolvimento Sustentável: como os temas se relacionam? Journal of Technology Management & Innovation, v. 16, n. 4, p. 96-108, dez. 2021.

DOS SANTOS, N.; DUTRA, A. R. A.; RIGHI, C. A. R.; FIALHO, F. A. P.; PROENÇA, R. P. C. Antropotecnologia: a ergonomia dos sistemas de produção. Curitiba: Editora Genesis, 1997.

FALZON, P. Le travail humain: approche ergonomique. Paris: PUF, 2014.

FIGUEIREDO, P. N.; PESSÔA, L. A. Technology transfer and learning in developing countries: evidence from Brazil. Technovation, v. 104, p. 102258, 2021.

GÜNSEL, A. Research on effectiveness of technology transfer from a knowledge based perspective. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 207, p. 777-785, 2015.

ISMAIL, M.; HAMZAH, S. R.; BEBENROTH, R. Differentiating knowledge transfer and technology transfer. European Journal of Training and Development, v. 42, n. 9, p. 611-628, 2018.

JAMKHANEH, H. B.; SHAHIN, A.; PARKOUHI, S. V.; SHAHIN, R. The new concept of quality in the digital era: a human resource empowerment perspective. The TQM Journal, v. 34, n. 1, p. 125-144, 2022.

KUMAR, R. R.; GANESH, L. S.; RAJENDRAN, C. Quality 4.0: a review of and framework for quality management in the digital era. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 39, n. 6, p. 1385-1411, 2022.

KUMAR, S.; GANESH, L.; RAJENDRAN, C. Industry 4.0: a review and analysis of the impacts on quality management. Production Planning & Control, v. 33, n. 4, p. 315-331, 2022.

MARQUES, J.; FERREIRA, A. Digital transformation and human-technology integration: towards a sociotechnical approach. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 33, n. 9, p. 1601-1617, 2022.

MTOTYWA, M. M. Developing a Quality 4.0 maturity index for improved business operational efficiency and performance. Quality Innovation Prosperity - Kvalita Inovacia Prosperita, v. 26, n. 2, 2022.

PAGANI, R. N.; ZAMMAR, G.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Technology transfer models: typology and a generic model. International Journal of Technology Transfer and Commercialisation, v. 14, n. 1, p. 20, 2016.

REDDY, N. M.; ZHAO, L. International technology transfer: a review. Research Policy, v. 19, n. 4, p. 285-307, 1990.

ROGERS, E. M. Diffusion of innovations. 5. ed. New York: Free Press, 2003.

ROGERS, E. M.; TAKEGAMI, S.; YIN, J. Lessons learned about technology transfer. Technovation, v. 21, n. 4, p. 253-261, 2001.

SANIUK, S.; GRABOWSKA, S.; GAJDZIK, B. Sustainable manufacturing in Industry 4.0: a human-centered approach. Sustainability, v. 13, n. 12, p. 6599, 2021.

SILVA, C. S.; BORGES, A. F.; MAGANO, J. Quality Control 4.0: a way to improve the quality performance and engage shop floor operators. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 39, n. 6, p. 1471-1487, 2022.

SONY, M.; ANTONY, J.; DOUGLAS, J. A.; McDERMOTT, O. Motivations, barriers and readiness factors for Quality 4.0 implementation: an exploratory study. The TQM Journal, v. 33, n. 6, p. 1502-1515, 2021.

SONY, M.; NAIK, S. Key ingredients for successful implementation of Quality 4.0. The TQM Journal, v. 33, n. 7, p. 1501-1523, 2021.

SOUDER, W. M. E.; NASHAR, A. S.; PADMANABHAN, V. A guide to the best technology-transfer practices. The Journal of Technology Transfer, v. 15, n. 1-2, p. 5-16, 1990.

VINODH, S.; WANKHEDE, V. A.; MURUGANANTHAM, G. Analysis of critical success factors of Quality 4.0 implementation in manufacturing SMEs using best-worst method. The TQM Journal, 2024.

VINODH, S.; WANKHEDE, V. A.; MURUGANANTHAM, T. Linking Quality 4.0 with Industry 4.0: a conceptual framework. The TQM Journal, 2024.

WISNER, A. L'anthropotechnologie: vers un monde industriel pluricentrique. Paris: PUF, 1994.

YOON, W.; HAN, S. Does the potential for developing new technology lead to successful technology transfer commercialisation? The case of public R&D outputs in Korea. International Journal of Management Practice, v. 10, n. 1, p. 93, 2017.

ZULQARNAIN, A.; WASIF, M.; IQBAL, S. A. Developing a Quality 4.0 implementation framework and evaluating the maturity levels of industries in developing countries. Sustainability, v. 14, p. 11298, 2022.