



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

CONTEXTUS

REVISTA CONTEMPORÂNEA DE ECONOMIA E GESTÃO

Contextus – Contemporary Journal of Economics and Management

ISSN 1678-2089
ISSNe 2178-9258

www.periodicos.ufc.br/contextus

Maturidade da indústria 4.0 em pequenas empresas calçadistas: Uma análise comparativa da compreensão e da aplicação prática dos conceitos

Maturity of Industry 4.0 in small footwear companies: A comparative analysis of the understanding and practical application of the concepts

Madurez de la Industria 4.0 en pequeñas empresas de calzado: Un análisis comparativo de la comprensión y la aplicación práctica de los conceptos

<https://doi.org/10.36517/contextus.2026.96601>

Jeferson Machado de Moura

<https://orcid.org/0009-0007-9543-3237>

Mestre em Administração pela Universidade Feevale

jeferson.mooura@gmail.com

Dusan Schreiber

<https://orcid.org/0000-0003-4258-4780>

Professor na Universidade Feevale
Doutor em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

dusan@feevale.br

Luciane Pereira Viana

<https://orcid.org/0000-0002-9577-728X>

Doutora em Diversidade Cultural e Inclusão Social e Pós-Doutora em Administração pela Universidade Feevale

viana.luciane.lu@gmail.com

RESUMO

Contextualização: A Indústria 4.0 representa a convergência de tecnologias digitais e físicas que exigem a integração de sistemas e a transformação organizacional. Embora amplamente discutida, a literatura carece de investigações que abordem segmentos tradicionais, como o calçadista e pequenas empresas, onde a adoção da I4.0 enfrenta desafios específicos relacionados à infraestrutura e aos recursos internos.

Objetivo: Investigar o nível de compreensão conceitual e a aplicação prática dos princípios fundamentais e dos componentes da Indústria 4.0 em pequenas empresas do setor calçadista do Vale do Rio dos Sinos/RS, identificando as variações na maturidade digital entre as organizações.

Método: Adotou-se uma abordagem qualitativa com caráter descritivo e estudo de caso múltiplo. A coleta de dados utilizou a triangulação de informações, incluindo oito entrevistas semiestruturadas, observação sistemática não participante e análise documental.

Resultados: Os dados mostraram diferentes níveis de maturidade digital. Na categoria Compreensão da I4.0, as empresas variaram de compreensão incipiente a consolidada. Na Aplicação Prática, empresas em estágio inicial focam na automação, mas sem recursos suficientes; apenas uma demonstrou aplicação avançada, com sistemas integrados e decisões em tempo real.

Conclusões: Os resultados mostram que a adoção da I4.0 em pequenas empresas está em maturidade digital, marcada pela dissociação entre compreensão e aplicação, condicionada pelas capacidades organizacionais. A transformação digital depende mais da capacidade interna de traduzi-la em práticas como integração de sistemas, gestão de dados e cultura organizacional que sustente a mudança (recursos intangíveis).

Palavras-chave: Indústria 4.0; transformação digital; transformação organizacional; maturidade digital; setor calçadista.

ABSTRACT

Background: Industry 4.0 is the convergence of digital and physical technologies, requiring systems integration and organizational transformation. Although researchers have widely discussed this convergence, the literature has lacked studies addressing traditional segments, such as the footwear industry and small businesses, where I4.0 adoption faces specific infrastructure and internal resource challenges.

Purpose: This study investigated the conceptual understanding and practical application of fundamental Industry 4.0 principles and components in small footwear companies across the Vale do Rio dos Sinos (Rio Grande do Sul State) region to identify variations in their digital maturity.

Method: This study employed a descriptive, qualitative multiple-case study design. Data collection triangulated information drawn from eight semi-structured interviews, systematic non-participant observation, and document analysis.

Results: The data showed different levels of digital maturity. In the category of Understanding Industry 4.0, companies ranged from initial to consolidated understanding. In Practical Application, early-stage companies focus on automation but lack sufficient resources; only one has demonstrated an advanced application with integrated systems and real-time decision-making.

Conclusions: The results show that the adoption of Industry 4.0 in small companies is at a digital maturity level characterized by a disconnect between understanding and application, conditioned by organizational capabilities. Digital transformation depends more on internal capacity to translate it into practices such as system integration, data management, and an organizational culture that supports change (intangible resources).

Informações sobre o Artigo

Submetido em 18/03/2026

Versão final em 28/04/2026

Aceito em 28/04/2026

Publicado online em 24/06/2026

Comitê Científico Interinstitucional

Editor-Chefe: Diego de Queiroz Machado

Avaliado pelo sistema *double blind review*

(SEER/OJS – versão 3)



OPEN ACCESS

Keywords: Industry 4.0; digital transformation; organizational transformation; digital maturity; footwear sector.

RESUMEN

Contextualización: La Industria 4.0 representa la convergencia de tecnologías digitales y físicas que exige la integración de sistemas y la transformación organizacional. Aunque se ha debatido ampliamente, la literatura carece de investigaciones que aborden sectores tradicionales, como la industria del calzado y las pequeñas empresas, donde la adopción de la I4.0 enfrenta desafíos específicos relacionados con la infraestructura y los recursos internos.

Objetivo: Investigar el nivel de comprensión conceptual y la aplicación práctica de los principios y componentes fundamentales de la Industria 4.0 en pequeñas empresas de calzado de la región del Vale do Rio dos Sinos (Rio Grande do Sul), identificando variaciones en la madurez digital entre las organizaciones.

Método: Se adoptó un enfoque cualitativo de carácter descriptivo y un estudio de casos múltiples. La recopilación de datos se realizó mediante triangulación de información, incluyendo ocho entrevistas semiestructuradas, observación sistemática no participante y análisis documental.

Resultados: Los datos mostraron diferentes niveles de madurez digital. En la categoría de Comprensión de la Industria 4.0, las empresas variaron desde una comprensión incipiente hasta consolidada. En Aplicación Práctica, las empresas en etapa inicial se centran en la automatización, pero sin recursos suficientes; solo una demostró una aplicación avanzada, con sistemas integrados y decisiones en tiempo real.

Conclusiones: Los resultados muestran que la adopción de la Industria 4.0 en pequeñas empresas está en un nivel de madurez digital, marcado por la disociación entre comprensión y aplicación, condicionada por las capacidades organizacionales. La transformación digital depende más de la capacidad interna para traducirla en prácticas como la integración de sistemas, la gestión de datos y una cultura organizacional que sostenga el cambio (recursos intangibles).

Palabras clave: Industria 4.0; transformación digital; transformación organizacional; madurez digital; sector del calzado.

Como citar este artigo:

Moura, J. M., Schreiber, D., & Viana, L. P. (2026). Maturidade da indústria 4.0 em pequenas empresas calçadistas: Uma análise comparativa da compreensão e da aplicação prática dos conceitos. *Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, 24, e96601. <https://doi.org/10.36517/contextus.2026.96601>

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 (I4.0) constitui um marco transformacional no cenário industrial global, caracterizado pela integração de tecnologias com o objetivo de aprimorar a eficiência operacional e a sustentabilidade dos processos (Hanauer, Schreiber, & Viana, 2024). Historicamente, a produção global tem sido marcada por revoluções sequenciais (Xu et al., 2018; Javaid et al., 2020): a Indústria 1.0, impulsionada pela introdução de sistemas mecânicos a vapor; a Indústria 2.0, que trouxe a eletrificação e a produção em massa; e a Indústria 3.0, que integrou automação e microeletrônica. Já a I4.0, ou Quarta Revolução Industrial, é descrita como o processo de digitalização física dos ativos de uma organização, criando uma infraestrutura conectada que culmina na formação de uma cadeia de valor eletrônica, em colaboração com parceiros (Bibby & Dehe, 2018).

A I4.0 representa um estágio industrial de convergência de sistemas digitais (Frank, Dalenogare & Ayala, 2019), sendo também considerada uma revolução gerencial que torna os processos mais robustos e inteligentes (Mahmood & Mubarik, 2020; Gadre & Deoskar, 2020). Arcidiacono et al. (2022) ressaltam os benefícios das fábricas inteligentes, que constituem o núcleo dessa revolução. Também se evidenciam os avanços na automação e na tomada de decisão baseada em dados (Marum et al., 2022; Klingenberg et al., 2022; Monteiro et al., 2023). Elnadi e Abdallah (2024) descrevem a I4.0 como uma filosofia que integra, em tempo real, toda a cadeia de valor para otimizar operações e aumentar a competitividade. Para sustentar essa filosofia, princípios fundamentais devem ser observados, como virtualização, interoperabilidade, descentralização e integração em tempo real (Gilchrist, 2016).

As tecnologias que habilitam a I4.0 são vastas, agrupadas em categorias como Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e manufatura aditiva (Cavalcante & Almeida, 2018). O sucesso na adoção depende ainda de fatores organizacionais, como a capacitação e os fatores humanos (Neumann et al., 2021; Cucculelli et al., 2021), além da necessidade de estratégias que articulem operações, cultura e competências (Elnadi & Abdallah, 2024; Al-Khatib et al., 2024). Apesar da ampla discussão teórica dos benefícios e desafios da I4.0, uma lacuna empírica e teórica persiste na literatura científica: a escassez de investigações que explorem empiricamente segmentos tradicionais da manufatura em contextos geográficos específicos.

Em outubro de 2025, realizou-se uma busca na base Web of Science, por meio da combinação dos termos “industry 4.0” e “footwear”, a qual resultou na identificação de apenas dois artigos revisados por pares. Os dois artigos encontrados de Agolli et al. (2025) e Jimeno-Morenilla et al. (2021) reforçam essa lacuna, apontando que, embora o setor calçadista seja um campo relevante, os setores tradicionais, com menor grau de automação, enfrentam desafios específicos na adoção dos habilitadores tecnológicos. Jimeno-Morenilla et al. (2021) especificamente destacam a carência de estudos empíricos que validem modelos teóricos de adoção da I4.0 em setores tradicionais. Agolli et al. (2025) sinalizam a lacuna entre a intenção e a realização da I4.0, indicando a necessidade de investigar os fatores (maturidade, recursos, competências) que impedem a completude da transição em contextos específicos.

Dessa forma, ao examinar empiricamente quatro pequenas empresas de um polo calçadista específico, o estudo busca contribuir teoricamente ao contextualizar a compreensão da maturidade da I4.0, evidenciando como limitações estruturais, competências internas e interpretações gerenciais condicionam a tradução de modelos teóricos em práticas efetivas. Assim, o objetivo deste estudo é identificar o nível de compreensão conceitual e a aplicação prática dos princípios fundamentais e dos componentes da Indústria 4.0 em pequenas empresas do setor calçadista do Vale do Rio dos Sinos/RS, identificando as variações na maturidade digital entre as organizações.

A escolha por pequenas empresas no setor de fabricação de calçados é justificada pela representatividade desse segmento para a economia brasileira, pois as Empresas de Pequeno Porte (EPP) representam uma parcela importante do setor, com mais de mil empresas e dezenas de milhares de postos de trabalho. (Abicalçados, 2024). Desta forma, compreender como essas empresas estão adotando a I4.0 é relevante, pois a implementação dessas tecnologias em empresas de menor porte exige abordagens e recursos distintos dos grandes *players*. O estudo busca contribuir academicamente ao fornecer dados empíricos em um setor tradicional pouco explorado pela literatura I4.0, validando e refinando modelos teóricos de maturidade para pequenas empresas. Gerencialmente, os resultados fornecem um diagnóstico comparativo que pode auxiliar gestores na criação de roteiros estratégicos mais eficazes para a transição digital.

O método adotado é qualitativo e descritivo, empregando o estudo de caso múltiplo em quatro pequenas empresas calçadistas, utilizando a triangulação de dados por meio de entrevistas semiestruturadas com oito gestores, observação sistemática não participante e análise documental. A análise dos dados foi realizada por meio da análise de conteúdo (Bardin, 2016). Este artigo está estruturado em cinco seções. Após esta introdução, a segunda seção apresenta o referencial teórico, detalhando os conceitos, princípios e componentes da I4.0. A terceira seção descreve os procedimentos metodológicos. A quarta seção expõe e discute os resultados empíricos, comparando a maturidade da I4.0 nas empresas estudadas. Finalmente, a quinta seção apresenta as considerações finais, as implicações gerenciais e acadêmicas, as limitações do estudo e as sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Indústria 4.0 (I4.0) representa a quarta revolução na manufatura, marcando um estágio industrial caracterizado pela integração de tecnologias, sistemas ciberfísicos e processos automatizados. Essa fase transformacional oferece oportunidades para o setor manufatureiro, englobando desde a otimização de recursos até o crescimento econômico global, conforme indicado por Pagliosa et al. (2019) e Büchi et al. (2020). Segundo Bibby e Dehe (2018), a I4.0 envolve a digitalização de ativos físicos e a criação de uma infraestrutura conectada, enquanto Silva et al. (2019), Pacchini et al. (2019) e Pagliosa et al. (2019) destacam a capacidade de integração e comunicação em tempo real entre pessoas, máquinas e produtos.

Silva et al. (2019) definem a I4.0 como um processo de automação e integração tecnológica voltado à digitalização das atividades produtivas, com ênfase na eficiência e otimização de recursos. Essa perspectiva é ampliada por Pacchini et al. (2019), ao incorporarem a noção de criação de valor e novos serviços, deslocando a I4.0 de um enfoque estritamente operacional para uma lógica mais estratégica. Em convergência, Pagliosa et al. (2019) enfatizam a interconectividade e a comunicação em tempo real entre atores e sistemas, destacando a integração vertical e horizontal como elementos estruturantes. Essas abordagens, embora distintas em ênfase, convergem ao posicionar a I4.0 como um fenômeno sistêmico, no qual tecnologias, processos e modelos de negócio se articulam.

Nessa direção, Elnadi e Abdallah (2024) reforçam a I4.0 como uma filosofia de manufatura baseada na digitalização e integração, enquanto Mahmood e Mubarik (2020) evidenciam seu caráter transformacional ao qualificá-la como uma “revolução gerencial”. Tal interpretação sugere que a adoção da I4.0 não se limita à incorporação tecnológica, mas implica reconfigurações profundas nas estruturas organizacionais e nos processos decisórios. Gadre e Deoskar (2020) e Arcidiacono et al. (2022) complementam essa visão ao situar a fábrica inteligente como núcleo dessa transformação, na qual, segundo Monteiro et al. (2023) sistemas autônomos operam com base em dados em tempo real. Contudo, emerge aqui uma tensão relevante: enquanto a literatura frequentemente descreve um modelo idealizado de alta integração e autonomia, evidências empíricas apontam para trajetórias de adoção fragmentadas e desiguais (Arcidiacono et al., 2022).

Essa lacuna entre concepção e implementação pode ser parcialmente explicada pelo estágio de maturidade digital das organizações, ainda que esse constructo nem sempre seja explicitamente articulado nos estudos. Além disso, a implementação pode variar entre diferentes mercados e regiões, sublinhando a necessidade de uma política industrial abrangente e adaptável para a integração ao cenário digital (Hanauer, Schreiber, & Viana, 2025). Assim, embora os princípios fundamentais da I4.0: interoperabilidade, virtualização, capacidade em tempo real, descentralização, modularidade, integração de sistemas (vertical e horizontal) e orientação a serviços (Gilchrist, 2016; Elnadi & Abdallah, 2024) sejam difundidos, sua adoção é complexa e repleta de desafios, exigindo que as empresas estejam cientes das dificuldades inerentes a esse modelo (Elnadi & Abdallah, 2024).

Ghobakhloo e Iranmanesh (2018) e Culot et al. (2020) expandem essa discussão ao propor um conjunto mais abrangente de princípios de *design*, incluindo orientação a serviços, produtos e fábricas inteligentes, interoperabilidade, modularidade, descentralização, virtualização, capacidade em tempo real, integração vertical e horizontal, personalização de produtos, responsabilidade social corporativa, IoT e Internet dos Serviços. Para os autores, esses princípios promovem uma abordagem mais integrada e inteligente para atender às necessidades dos clientes e melhorar a eficiência dos processos. Contudo, essa multiplicidade sugere que a adoção da I4.0 não segue um modelo linear ou universal, mas é mediada por escolhas estratégicas e limitações contextuais.

No plano tecnológico, as tecnologias habilitadoras materializam os princípios da I4.0 ao promover a integração entre os mundos físico e digital (Hanauer, Schreiber, & Viana, 2024). Frank, Dalenogare e Ayala (2019) dividem as tecnologias em facilitadoras (como *software* e redes legadas) e principais (como Sistemas Ciberfísicos, IoT, Inteligência Artificial e *Cloud Computing*), sendo as últimas mais recentes e oferecendo maior flexibilidade e automação. Cavalcante e Almeida (2018) propõem classificações funcionais: Análise e Processamento de Dados (*Big Data*, *Machine Learning*), Realidade Aumentada, Computação em Nuvem, Dispositivos Móveis, IoT, Manufatura Aditiva e Sistemas Ciberfísicos. Frank, Dalenogare e Ayala (2019) descrevem uma estrutura que inclui tecnologias de *front-end* (Manufatura Inteligente, Produtos Inteligentes, Cadeia de Suprimentos Inteligente e Trabalho Inteligente) e tecnologias de base (IoT, serviços de nuvem, *Big Data* e análise).

O sucesso da I4.0 resulta da integração eficaz de tecnologias que trabalham para reduzir a necessidade de intervenção humana e aumentar a eficiência (Singh et al., 2023). A interconectividade gerada por essas tecnologias permite que os sistemas se adaptem dinamicamente e aumentem a eficácia dos processos (Allen, 2017; Marum et al., 2022) bem como, a promoção da responsabilidade social corporativa (Ghobakhloo & Iranmanesh, 2018; Culot et al., 2020; Messeni Petruzzelli et al., 2022). No entanto, essa mesma interconectividade expõe as empresas a riscos de cibersegurança (Allen, 2017; Ghobakhloo & Iranmanesh, 2018; Culot et al., 2020), exigindo capacitação contínua dos profissionais (Cucculelli et al., 2021), alto custo financeiro em investimentos, além de enfrentar a resistência dos gestores (Arantes et al., 2021; Hanauer, Schreiber, & Viana, 2025). A implementação também exige novas estratégias organizacionais e mudanças em operações, infraestrutura e recursos humanos (Ghobakhloo & Iranmanesh, 2018; Ietto et al., 2022; Wang et al., 2020).

Nesse contexto, a adoção da I4.0 não pode ser compreendida apenas como uma decisão tecnológica, mas como um processo dependente de capacidades organizacionais. Arantes et al. (2021) estruturam essas capacidades a partir de recursos tangíveis, intangíveis e humanos, destacando que a transformação digital exige uma combinação articulada desses elementos. Recursos tangíveis, como infraestrutura tecnológica, são necessários, mas insuficientes sem o suporte de ativos intangíveis, como cultura organizacional e conhecimento, e de competências humanas adequadas. Essa visão é reforçada por Al-Khatib et al. (2024), ao enfatizarem o papel das capacidades dinâmicas (como aprendizagem, integração e adaptação) especialmente em pequenas e médias empresas.

Observa-se, portanto, que a capacidade de absorção (promove inovação aberta), capacidade de desabsorção (melhora o desempenho), capacidades externas (afeta a criação de valor e promove inovação no modelo de negócios), capacidades internas (promove inovação interna), capacidade de integração (melhora o desempenho), capacidade de inovação colaborativa (melhora a capacidade de colaboração digital), capacidades de mídia social (melhora o desempenho e promove a inovação), (Arantes et al., 2021) tornam-se críticas para viabilizar a internalização e o uso efetivo das tecnologias.

Em síntese, a literatura sugere que a adoção da I4.0 emerge da interação entre maturidade digital, capacidades organizacionais e disponibilidade tecnológica. Essa articulação conceitual evidencia que a transição para a I4.0 não é apenas um desafio técnico, mas requer metas de curto, médio e longo prazo, uma equipe dedicada, análise de custos (Ghobakhloo & Iranmanesh, 2018), otimização da cadeia de suprimentos e estratégias empresariais inteligentes (Hanauer, Schreiber, & Viana, 2025), para que os benefícios potenciais sejam efetivamente realizados envolvendo sustentabilidade e o crescimento econômico global (Hanauer, Schreiber, & Viana, 2024).

3 METODOLOGIA

O presente estudo deriva de uma investigação mais ampla dedicada a analisar o impacto da TD em empresas do setor calçadista. Contudo, este artigo apresenta um recorte analítico específico e teoricamente orientado, ao focalizar exclusivamente as dinâmicas de compreensão e de incorporação das tecnologias associadas à I4.0. Tal delimitação justifica-se pela relevância e autonomia do fenômeno investigado, uma vez que a literatura ainda carece de evidências empíricas que articulem, de forma aprofundada, os níveis de entendimento conceitual e sua tradução em práticas organizacionais, especialmente em pequenas empresas de setores tradicionais. Dessa forma, o recorte proposto sustenta uma contribuição própria ao avançar na explicação dos mecanismos que mediam a transição entre cognição e ação no contexto da transformação digital.

Em consonância com esse recorte analítico, adotou-se uma abordagem metodológica qualitativa e de caráter descritivo (Gil, 2019; Demo, 2022), operacionalizada por meio do estudo de caso múltiplo, conforme as diretrizes de Yin (2015). Tal delineamento mostra-se particularmente adequado ao objetivo proposto, na medida em que permite explorar as dinâmicas de compreensão e aplicação da I4.0 em contextos organizacionais reais. Ademais, o uso de múltiplos casos confere maior robustez analítica ao estudo, ao possibilitar a aplicação da lógica de replicação, favorecendo a identificação de padrões convergentes e divergentes entre as unidades investigadas.

O *corpus* empírico foi composto por quatro empresas de pequeno porte pertencentes ao segmento calçadista, localizadas no Vale do Rio dos Sinos, no estado do Rio Grande do Sul. A escolha dessa delimitação geográfica justifica-se pelo fato de a região constituir um reconhecido polo da indústria calçadista nacional, o que favorece tanto a relevância contextual quanto a comparabilidade entre os casos analisados (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2025). A seleção das unidades de análise ocorreu por critérios de conveniência e acessibilidade. O critério de pequeno porte, definido a partir do reduzido número de colaboradores, orientou a investigação para as especificidades organizacionais desse segmento, incluindo limitações estruturais, restrições de recursos e desafios gerenciais particulares, aspectos que influenciam diretamente na apropriação de tecnologias de I4.0. As principais características de cada empresa são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1

Características das empresas analisadas

Empresa	Fundação	Colaboradores	Produção média diária	Foco
Alfa	15 anos	50	1200	Corte e preparação de materiais sintéticos para calçados esportivos
Beta	12 anos	68	1800	Especializada na produção de palmilhas para calçados femininos, com ênfase em modelagem e montagem
Delta	25 anos	65	2300	Dedica-se ao corte e preparação de couro para calçados de alto padrão. Sua operação exige elevado rigor técnico e mão de obra qualificada
Gama	10 anos	76	2000	Especializada na fabricação de solados em borracha e TPU, atendendo aos segmentos casual e de segurança

Fonte: Elaborada pelos autores.

Buscou-se assegurar a variabilidade analítica por meio da inclusão de empresas com diferentes especializações produtivas dentro do segmento de pré-fabricados, abrangendo atividades como corte e preparação de materiais, modelagem, montagem de palmilhas e fabricação de solados. Essa heterogeneidade foi intencionalmente incorporada ao desenho da pesquisa como estratégia de ampliação da capacidade interpretativa, permitindo observar diferentes estágios de maturidade de I4.0. Ainda que não se trate de uma amostra representativa em termos estatísticos, a lógica de seleção adotada atende aos pressupostos da amostragem teórica, na medida em que privilegia a riqueza informacional e a diversidade de contextos analíticos. No que se refere ao critério de saturação teórica, a definição do número de casos não foi estabelecida *a priori* de forma rígida. A saturação foi avaliada não apenas pela repetição temática, mas também pelas categorias analíticas construídas, assegurando que estas fossem suficientemente desenvolvidas para sustentar inferências teóricas. Assim, a delimitação do *corpus* em quatro unidades de análise revelou-se metodologicamente consistente com os objetivos da pesquisa, permitindo equilíbrio entre profundidade analítica e diversidade empírica.

A coleta de dados foi estruturada a partir de três técnicas complementares: entrevistas semiestruturadas, observação sistemática não participante e análise documental (Yin, 2015; Marconi & Lakatos, 2017). A adoção dessa triangulação metodológica teve como objetivo ampliar a validade interna do estudo, permitindo a convergência de múltiplas fontes de evidência e favorecendo uma compreensão mais densa e contextualizada do fenômeno investigado. Foram realizadas oito entrevistas presenciais entre os meses de março e abril de 2025. A definição dos participantes (Tabela 2) seguiu critérios intencionais e estratégicos, priorizando indivíduos em posições de liderança que detêm visão abrangente dos processos organizacionais, bem como experiência acumulada no setor e tempo significativo de atuação na empresa.

Tabela 2

Perfil dos Entrevistados

Entrevistado	Cargo	Empresa	Idade (anos)	Tempo de empresa (anos)	Escolaridade	Experiência na área (anos)
1	Diretor Geral	Alfa	48	10	Ensino Médio Completo	20 (gestão e indústria calçadista)
2	Gerente de Produção	Alfa	38	7	Ensino Fundamental Completo	15 (produção industrial de calçados)
3	Diretor Geral	Beta	50	12	Ensino Superior Incompleto (Administração)	22 (gestão e indústria calçadista)
4	Gerente de Produção	Beta	40	10	Ensino Médio Incompleto	17 (produção industrial de calçados)
5	Diretor Geral	Gama	45	9	Ensino Fundamental Completo	18 (gestão e indústria calçadista)
6	Gerente de Produção	Gama	37	6	Ensino Médio Completo	16 (produção industrial de calçados)
7	Diretor Geral	Delta	52	15	Ensino Superior Completo (Administração)	25 (gestão e indústria calçadista)
8	Gerente de Produção	Delta	42	10	Ensino Médio Completo	19 (produção industrial de calçados)

Fonte: Elaborada pelos autores.

O roteiro de entrevistas, de natureza semiestruturada, foi elaborado com base nas categorias teóricas previamente definidas (Tabela 3). Optou-se pela utilização de apenas duas questões norteadoras, amplas e abertas. Essa escolha se justifica pelo entendimento de que perguntas abrangentes favorecem narrativas mais reflexivas, reduzindo a indução de respostas e possibilitando que os próprios participantes definam os contornos do fenômeno a partir de suas experiências. Ademais, tal abordagem permite acessar dimensões implícitas, percepções subjetivas e significados atribuídos, aspectos frequentemente não capturados por instrumentos excessivamente estruturados (Marconi & Lakatos, 2017). A profundidade dos dados, nesse sentido, não decorre da quantidade de perguntas, mas da capacidade destas em mobilizar relatos ricos e detalhados. As entrevistas foram gravadas em áudio, mediante consentimento dos participantes, e posteriormente transcritas na íntegra, assegurando fidelidade ao conteúdo discursivo e possibilitando análise detalhada.

A observação sistemática foi conduzida na modalidade não participante, na qual um dos pesquisadores acompanhou in loco o ambiente organizacional, sem qualquer tipo de intervenção. Essa técnica permitiu captar elementos comportamentais, rotinas produtivas e dinâmicas organizacionais que, muitas vezes, não emergem no discurso dos entrevistados. As visitas ocorreram nas quatro empresas em períodos previamente definidos (Empresa Alfa: 11 a 14/03/2025; Beta: 24 a 27/03/2025; Delta: 07 a 10/04/2025; Gama: 21 a 24/04/2025), utilizando um checklist (Tabela 3) como instrumento orientador.

Paralelamente, a análise documental foi empregada como fonte complementar, contribuindo para a contextualização e validação das evidências obtidas por meio das entrevistas e observações. Foram examinados documentos internos das organizações, tais como relatórios gerenciais, políticas organizacionais, registros históricos, materiais de treinamento e documentos estratégicos (Tabela 3). A coleta documental ocorreu de forma concomitante às visitas de campo, possibilitando a triangulação em tempo real das informações.

Tabela 3

Síntese dos Itens Coletados

Categorias	Roteiro de Perguntas	Checklist Observação	Levantamento Documental
Compreensão dos Conceitos da Indústria 4.0	Como a sua empresa compreende o conceito de Indústria 4.0 no contexto da fabricação de calçados?	Capacitação dos colaboradores; ambiente com abertura a mudanças e experimentação tecnológica	Materiais de treinamento ou documentos que explicam o conceito e sua aplicação na empresa
Aplicação Prática dos Componentes da Indústria 4.0	Quais são os princípios fundamentais da Indústria 4.0 que sua empresa mais prioriza?	Infraestrutura tecnológica disponível; digitalização dos processos produtivos; fluxo de informações entre setores; rastreabilidade e monitoramento de dados	Estratégias ou planos que descrevem quais ações são priorizadas

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para o tratamento do *corpus* empírico, empregou-se a análise de conteúdo, seguindo o procedimento estabelecido por Bardin (2016). O processo envolveu três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. A pré-análise consistiu na organização, preparação e imersão inicial no *corpus*, composto pelas transcrições integrais das entrevistas, notas de campo oriundas da observação e documentos institucionais. Nesta fase, realizou-se leitura flutuante do material. Paralelamente, procedeu-se à definição da unidade de análise temática e das unidades de registro.

A exploração do material foi conduzida por meio de um processo de codificação híbrido, combinando abordagem dedutiva (a partir das categorias teóricas previamente definidas) e indutiva (emergente dos dados). Inicialmente, realizou-se uma codificação aberta, na qual segmentos relevantes foram identificados e rotulados com códigos descritivos, preservando a proximidade com o conteúdo empírico. Em seguida, procedeu-se à codificação axial, etapa em que os códigos foram organizados nas duas categorias analíticas, considerando suas inter-relações. Para apoiar esse processo, utilizou-se o *software* NVivo, que permitiu a sistematização da codificação, a organização hierárquica das categorias e a rastreabilidade entre dados brutos, códigos e inferências analíticas. O uso da ferramenta também possibilitou a realização de consultas e cruzamentos entre fontes (entrevistas, observação e documentos), contribuindo para a profundidade analítica. Esse processo iterativo envolveu ciclos sucessivos de comparação constante entre os dados, os códigos e a literatura, permitindo o refinamento conceitual e empírico das categorias.

Na etapa final, procedeu-se à interpretação dos dados categorizados, buscando estabelecer relações entre os dados empíricos e os fundamentos teóricos. A análise foi orientada pela identificação de padrões, convergências e divergências entre os casos, em consonância com a lógica de replicação do estudo de casos múltiplos. Com o intuito de fortalecer a confiabilidade e a validade dos resultados, realizou-se triangulação de dados e fontes, confrontando evidências provenientes de entrevistas, observação e documentos. Em segundo lugar, aplicou-se a triangulação analítica, mediante a comparação entre diferentes interpretações dos dados ao longo do processo de codificação. Adicionalmente, o processo analítico incluiu revisão por pares, na qual categorias, códigos e interpretações foram discutidos entre os pesquisadores que realizaram este estudo, contribuindo para a redução de vieses individuais e para o aumento da consistência interpretativa. Esses procedimentos, em conjunto, conferem robustez ao processo de análise de conteúdo e sustentam a validade das inferências produzidas.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os principais resultados empíricos, obtidos a partir da investigação em quatro pequenas empresas do setor calçadista. Os dados foram organizados em uma tabela síntese. Após tem-se uma tabela com uma análise comparativa entre os casos, seguido pelas interpretações e implicações teóricas.

4.1 Compreensão dos Conceitos da Indústria 4.0

A I4.0 representa um modelo no qual a integração entre tecnologias digitais, físicas e organizacionais redefine os processos produtivos e os modelos de negócio (Bibby & Dehe, 2018; Pagliosa et al., 2019). Contudo, os dados empíricos demonstram que o entendimento deste conceito ainda manifesta variações significativas nas empresas analisadas, refletindo diferentes estágios de maturidade para a I4.0. Na Tabela 4 tem-se um resumo dos dados empíricos desta categoria.

Tabela 4

Síntese dos Dados da Compreensão dos Conceitos da Indústria 4.0

	ALFA	BETA	GAMA	DELTA
Entrevistas	E1: “automação e digitalização da produção” para o incremento de velocidade e precisão. Reconhece que o tema permanece “ <i>mais no campo dos sonhos do que efetivamente</i> ”. E2: I4.0 é limitada à automação de tarefas repetitivas, embora o domínio de atividades manuais persista na rotina.	E3: “automação, conectividade, tudo funcionando no automático”. Admite a distância da realidade empresarial. E4: “um sonho distante, mas necessário”.	E7: “junção do digital com o físico” com o objetivo de reduzir desperdícios e aumentar a eficiência. E8: personalização e otimização de processos por meio da integração de dados em tempo real.	E5: o conceito já está integrado à operação: “a fábrica começa a pensar sozinha, os dados circulam em tempo real e as decisões ficam muito mais rápidas e precisas”. E6: integração total de sistemas, processos e pessoas, focando em eficiência e redução de desperdício.
Observação	O entendimento está restrito à liderança, sendo que o conceito está associado à automação e digitalização. Os colaboradores não estão familiarizados; Não foram identificados planos de implementação.	Conhecimento gerencial presente. Não foram evidenciadas ações como treinamentos técnicos voltados à operação, uso efetivo de tecnologias associadas à I4.0 no cotidiano ou mudanças nas rotinas produtivas que refletissem os princípios.	A compreensão está orientada para ganhos concretos, como maior eficiência produtiva, personalização de produtos, redução de desperdícios e customização.	Aplicação efetiva de rastreabilidade, monitoramento em tempo real e integração inteligente entre sistemas (sensores IoT, corte a laser com visão computacional, <i>software</i> de controle de produção vinculado ao ERP - <i>Enterprise Resource Planning</i> ou Planejamento de Recursos Empresariais). Participação ativa dos colaboradores no processo de melhoria contínua.
Levantamento documental	Apresentação interna (mar/2024) com definição básica do conceito e das aplicações, além de sugestões de automação no corte e <i>dashboards</i> .	O documento de apoio ao treinamento analisado apresenta definições básicas e introdutórias, abordando tecnologias como IoT, IA, <i>Big Data</i> e sistemas ciberfísicos, além dos desafios enfrentados pelas PMEs, como custos e qualificação.	Apresentação Interna "Introdução à Indústria 4.0 na Produção de Calçados" apresenta objetivos específicos da empresa, como a redução de desperdícios e a customização de pedidos, vinculando os pilares da I4.0 à realidade operacional do setor calçadista.	O Material de Apresentação Interna “Workshop de Indústria 4.0” define o conceito da I4.0 como a integração entre tecnologias digitais, dados e pessoas em um ecossistema produtivo inteligente, sustentável e colaborativo.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 5 tem-se uma análise comparativa de maturidade na compreensão da I4.0 entre as empresas investigadas, permitindo a identificação de padrões analíticos.

Tabela 5

Análise Comparativa da Compreensão dos Conceitos da Indústria 4.0

Empresa	Nível de Compreensão	Características Principais	Padrão Analítico
Alfa	Incipiente	Conceito restrito à liderança; ausência de aplicação prática	Reconhecimento conceitual inicial
Beta	Conceitual estruturado	Conhecimento gerencial; baixa disseminação interna	Adoção fragmentada
Gama	Intermediário	Domínio conceitual com aplicação inicial	Implementação progressiva
Delta	Consolidado	Integração entre tecnologia, pessoas e dados	Aplicação sistêmica

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os dados revelam que a compreensão da I4.0 transita de um estágio abstrato e descolado da prática (Alfa), passa por uma fase de apropriação restrita à gestão (Beta), avança para uma incorporação parcial orientada à eficiência (Gama) e, por fim, alcança um nível integrado e operacional (Delta). Esses dados reforçam a concepção de que a I4.0, conforme definida por Silva et al. (2019), Pacchini et al. (2019) e Pagliosa et al. (2019), não se limita à adoção tecnológica, mas envolve a integração entre dimensões técnicas, organizacionais e estratégicas.

A empresa Alfa apresenta uma visão incipiente e distante da prática, com entendimento restrito à liderança e ausência de planos concretos de implementação, desvinculada da realidade operacional imediata, um cenário típico do

estágio de reconhecimento conceitual inicial descrito por Ghobakhloo e Iranmanesh (2018). É possível inferir que esse desalinhamento evidencia a lacuna entre conhecimento declarativo e capacidade operacional, ou seja, a Empresa Alfa ainda não desenvolveu o conhecimento organizacional necessário (recursos intangíveis, segundo Arantes et al., 2021) para sustentar decisões rápidas e flexíveis, o que dificulta a prática.

Na empresa Beta observou-se que os gestores possuem familiaridade com os fundamentos (automação, dados, conectividade), mas esse conhecimento está ainda limitado à esfera conceitual, sem internalização pelas equipes ou aplicação prática, o que caracteriza uma adoção fragmentada, conforme discutido por Arcidiacono et al. (2022). Esse padrão revela uma limitação nas capacidades de integração e disseminação do conhecimento, indicando baixa maturidade digital organizacional, apesar de avanços cognitivos na liderança. Tal evidência dialoga com Hanauer, Schreiber e Viana (2025), ao apontar que o desafio está em superar os obstáculos e fatores limitantes (alto custo e resistência gerencial).

A Empresa Gama representa um estágio intermediário, no qual o conhecimento começa a ser traduzido em práticas (aplicação inicial voltada à eficiência e customização), ainda que de forma incremental. Os gestores demonstram domínio conceitual da I4.0, interpretando-a como a integração estratégica entre automação, dados em tempo real e tecnologias digitais aplicadas à produção. Esse dado converge com Pacchini et al. (2019), ao sugerirem que a criação de valor na I4.0 ocorre gradualmente, à medida que as organizações desenvolvem capacidades para integrar tecnologias e processos. Aqui, observa-se o papel emergente das capacidades dinâmicas (Al-Khatib et al., 2024), especialmente na articulação entre estratégia e operação.

A Empresa Delta revela uma compreensão consolidada e aplicada da I4.0, com integração entre dados, pessoas e tecnologias, alinhando-se à visão de ecossistemas produtivos inteligentes proposta por Pagliosa et al. (2019) e Elnadi e Abdallah (2024). Identificou-se a participação ativa dos colaboradores no processo de melhoria contínua, com sugestões concretas relacionadas ao uso de tecnologias, indicando o desenvolvimento de recursos humanos e a fusão de conhecimento citadas por Arantes et al. (2021). O uso de sistemas autônomos (CPS, IoT) e a análise de *Big Data* evidenciados na Delta refletem o redirecionamento produtivo para um novo patamar de eficiência em larga escala, conforme teorizado por Hanauer, Schreiber e Viana (2024). Além disso, confirma-se a proposição de Frank, Dalenogare e Ayala (2019) de que o valor da I4.0 emerge da integração entre tecnologias de base e de *front-end*.

De forma transversal, os resultados indicam que a compreensão da I4.0, nestas empresas, está relacionada não apenas do conhecimento técnico, mas na capacidade de absorção do conceito traduzindo-o em estratégias operacionais concretas (Arantes et al., 2021), alinhadas ao contexto e às necessidades produtivas de cada empresa. Ao articular empiricamente maturidade digital e capacidades organizacionais, o estudo demonstra que a adoção da I4.0 deve ser analisada como um fenômeno multinível, no qual cognição gerencial, disseminação organizacional e aplicação prática se desenvolvem de forma interdependente, porém não necessariamente simultânea. Essa evidência reforça a necessidade de modelos teóricos mais sensíveis às limitações estruturais e às trajetórias incrementais de transformação digital, ampliando a compreensão da I4.0 para além de abordagens normativas e tecnologicamente centradas.

4.2 Aplicação Prática dos Componentes da Indústria 4.0

A I4.0 é caracterizada por princípios fundamentais que incluem automação avançada, integração de sistemas, capacidade em tempo real, interoperabilidade, descentralização, modularidade e virtualização (Gilchrist, 2016; Elnadi & Abdallah, 2024). Contudo, o nível de compreensão e aplicação desses princípios revela-se heterogêneo entre as empresas analisadas. Na Tabela 6 está o resumo dos dados desta categoria.

Tabela 6

Síntese dos Dados da Aplicação Prática dos Componentes da Indústria 4.0

	ALFA	BETA	GAMA	DELTA
Entrevistas	E1: “se fosse para escolher um princípio chave, seria a automação, sem dúvida” para integração de dados de produção e estoque. E2: desejo de automatizar corte e inspeção de qualidade.	E3 e E4: priorização da automação de tarefas repetitivas, digitalização de processos e necessidade de integração de informações entre setores.	E7 e E8: foco em conectar máquinas ao sistema de gestão e automatizar tarefas repetitivas, utilizando dados para decisões rápidas.	E5 e E6: integração completa dos sistemas (corte, estoque, planejamento e produção), com uso de dados em tempo real para ajustes e personalização.
Observação	Princípios citados apenas pela liderança. Temas como integração de sistemas e gestão de dados em tempo real foram citados como metas desejáveis, mas que permanecem distantes da realidade da empresa.	Discussões recorrentes e uma crescente inquietação dos colaboradores e gestores quanto à repetitividade das tarefas manuais e à fragmentação das informações entre os setores. Discussões sobre os benefícios da	Automação de tarefas específicas na etapa de acabamento e a implementação de sistemas interligados entre os setores de expedição e produção, permitindo a atualização automática de <i>status</i> dos pedidos. Uso de planilhas	Operação autônoma de máquinas de corte e injeção, conectadas ao ERP, e o uso de <i>dashboards</i> com dados em tempo real (como temperatura e ritmo de produção), que são utilizados pelos operadores para ajustes

		automação e da integração de dados.	integradas ao sistema ERP para controle de indicadores, e reuniões regulares entre os setores para análise de dados operacionais.	imediatos, eliminando registros manuais.
Levantamento documental	Ausência de registros formais ou planos estruturados de implementação da I4.0.	A Ata de Reunião Interna (fevereiro/2025) registra como metas a futura integração de um sistema ERP e a automação gradual de tarefas operacionais.	Relatório de Estratégia de Transformação Digital de 2024: priorização da integração de sistemas e da construção de uma cultura organizacional receptiva às novas tecnologias.	Relatório Interno “Roadmap da Indústria 4.0”, detalha a integração entre sistemas, metas de automação e ações voltadas à inteligência operacional, incluindo previsões de falhas e relatórios automáticos.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A tabela 7 revela diferentes estágios de aplicação dos componentes da I4.0 entre as empresas analisadas.

Tabela 7

Análise Comparativa da Aplicação Prática dos Componentes da Indústria 4.0

Empresa	Nível de aplicação	Evidências empíricas	Padrão analítico
Alfa	Incipiente	Discurso focado em automação; ausência de implementação	Intenção sem operacionalização
Beta	Preparatório	Discussões sobre automação e integração; inquietação operacional	Pré-implementação fragmentada
Gama	Intermediário	Automação pontual; integração entre setores; uso de ERP	Implementação modular
Delta	Avançado	Operação integrada; decisões em tempo real; uso de <i>dashboards</i>	Aplicação sistêmica

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados indicam que a aplicação prática não ocorre de forma linear, mas progressiva e condicionada por fatores organizacionais internos um *continuum* de adoção, por exemplo tem-se um discurso aspiracional (Alfa), um estágio de preparação (Beta), iniciativas estruturadas, porém parciais (Gama), e uma integração operacional consolidada (Delta). Os dados empíricos dialogam diretamente com a literatura que caracteriza a I4.0 como um conjunto de princípios estruturantes, entre eles a interoperabilidade, virtualização, descentralização e integração (Gilchrist, 2016; Elnadi & Abdallah, 2024), cuja efetividade depende da capacidade organizacional de operacionalização.

A Empresa Alfa ilustra o estágio inicial de maturidade digital descrito por Ghobakhloo e Iranmanesh (2018), no qual há reconhecimento dos benefícios da automação, mas ausência de infraestrutura e planejamento formal. Contudo, vale destacar que os princípios da I4.0 são reconhecidos superficialmente, com ênfase no desejo de automação para redução de erros e aumento da produtividade. Esse cenário evidencia a lacuna entre intenção estratégica e prática operacional, reforçando a importância dos recursos tangíveis (infraestrutura tecnológica) apontados por Arantes et al. (2021). A ausência de iniciativas concretas sugere baixa capacidade de absorção tecnológica, limitando a transição da intenção para a ação (Arantes et al., 2021).

Na Empresa Beta, observa-se uma compreensão mais clara dos componentes básicos, com discussões sobre automação e integração de dados, especialmente relacionadas à ineficiência de tarefas manuais e à fragmentação da informação. Esse estágio se aproxima da fase preparatória proposta por Frank, Dalenogare e Ayala (2019), na qual os princípios de *design* da I4.0 são reconhecidos, mas as capacidades técnicas ainda não foram desenvolvidas. A presença de tensões operacionais, como retrabalho e falta de integração, atua como gatilho para a transformação, corroborando Hanauer, Schreiber e Viana (2025) ao destacarem a pressão por eficiência como vetor da adoção tecnológica.

A Empresa Gama segue uma abordagem modular e progressiva, priorizando a aceitação cultural e a integração gradual entre setores e sistemas, com iniciativas como automação de etapas específicas e integração de sistemas ERP. O processo é conduzido de forma cautelosa, com foco na aceitação dos colaboradores e em treinamentos internos que reforçam a importância da digitalização. Esse modelo gradual está alinhado à abordagem de Elnadi e Abdallah (2024), que enfatizam a construção gradual da maturidade digital. Além disso, reforça a proposição de Frank, Dalenogare e Ayala (2019) sobre a coexistência de tecnologias de base e aplicações operacionais. A ênfase na aceitação dos colaboradores e na capacitação interna evidencia o papel dos recursos humanos e das capacidades organizacionais (Arantes et al., 2021) como mediadores da adoção.

A Empresa Delta, por sua vez, representa um estágio avançado, com integração entre máquinas, sistemas e dados em tempo real (evidenciada pelo uso de *dashboards* e sistemas conectados ao ERP) que reflete o modelo de operações inteligentes descrito por Elnadi e Abdallah (2024). Esse nível de aplicação também está alinhado à concepção de fábricas inteligentes (Arcidiacono et al., 2022) e à integração entre tecnologias habilitadoras, como IoT e análise de dados (Frank,

Dalenogare & Ayala, 2019). A descentralização das decisões, com operadores ajustando processos em tempo real, confirma a transição para um modelo mais autônomo e orientado por dados (Monteiro et al., 2023).

De forma integrada, os resultados evidenciam que a aplicação prática da I4.0 é condicionada pela articulação entre visão estratégica, infraestrutura tecnológica (Recurso Tangível) e cultura organizacional receptiva (Recurso Intangível) (Arantes et al., 2021). Há convergência na literatura quanto à importância desses elementos, mas também uma tensão entre modelos de integração ideais a realidade de pequenas empresas, que possuem poucos recursos, barreiras culturais e desafios de capacitação (Ghobakhloo & Iranmanesh, 2018; Al-Khatib et al., 2024). Assim, a adoção da I4.0 pode variar dependendo da capacidade interna de superar desafios (Hanauer, Schreiber, & Viana, 2025), e desenvolver a liderança tecnológica necessária (Arantes et al., 2021). Adicionalmente, a identificação de padrões distintos (intenção, preparação, implementação modular e aplicação sistêmica) contribui para o refinamento teórico dos estágios de adoção da I4.0, especialmente em pequenas empresas. Essa evidência tensiona modelos lineares e universalistas, sugerindo a necessidade de abordagens mais sensíveis às limitações contextuais da I4.0 como um fenômeno organizacional complexo e multifacetado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo investigar o nível de compreensão conceitual e a aplicação prática dos princípios fundamentais e dos componentes da Indústria 4.0 em pequenas empresas do setor calçadista do Vale do Rio dos Sinos/RS, identificando as variações na maturidade digital entre as organizações. Para tal, foi adotado um estudo de caso múltiplo em quatro pequenas empresas calçadistas do Vale do Rio dos Sinos/RS. A triangulação de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas com oito gestores, observação sistemática não participante e análise documental. A sistematização dos resultados revelou diferentes estágios de maturidade digital de incorporação da I4.0 nas empresas investigadas.

Na categoria Compreensão dos Conceitos da Indústria 4.0, observou-se que a Empresa Alfa apresenta uma visão incipiente e distante da prática, a Beta, um conhecimento teórico gerencial, mas sem internalização ou aplicação prática. Em contraste, a Empresa Gama demonstra uma compreensão conceitual sólida em estágio inicial de aplicação, e a Empresa Delta uma compreensão consolidada e já aplicada, refletindo a visão de ecossistemas produtivos inteligentes e orientados a dados. Na categoria Aplicação Prática dos Componentes da Indústria 4.0, as diferenças de maturidade foram igualmente claras. Alfa e Beta ainda se encontravam em estágios iniciais, com foco no desejo de automação, mas sem a tradução em infraestrutura tecnológica ou aplicação concreta. Já as Empresas Gama e Delta demonstravam estágios avançados: a Gama com uma abordagem progressiva, focada na integração de sistemas e na cultura receptiva e a Delta aproximando-se do modelo de operações inteligentes.

A principal contribuição teórica do estudo reside na explicitação da dissociação entre compreensão e aplicação da I4.0. Os resultados demonstram que a maturidade digital em contextos de pequenas empresas é mais explicada pela capacidade de internalização organizacional do conhecimento do que pelo acesso isolado a tecnologias. Os dados indicam que a adoção da I4.0 deve ser compreendida como um processo multinível, no qual a internalização organizacional, a disseminação do conhecimento e a tradução em práticas dependem da maturidade digital e, sobretudo, da mobilização de capacidades organizacionais específicas. Contudo, a maturidade digital não deve ser tratada como um constructo estático ou binário, mas como um processo dinâmico, mediado por capacidades como absorção, integração e reconfiguração de recursos. Adicionalmente, sugere-se que a existência de desalinhamento entre níveis hierárquicos (gestão e operação) atua como um fator crítico de bloqueio na transição da I4.0, limitando a difusão e a efetividade das iniciativas digitais.

Em termos de contribuições gerenciais e práticas, o estudo oferece um diagnóstico comparativo que serve de benchmarking para as pequenas empresas do setor calçadista, ilustrando os desafios e as etapas de implementação da I4.0. Os resultados indicam que a liderança deve focar não apenas na compra de tecnologia, mas na integração de sistemas, na gestão da qualidade dos dados e, sobretudo, no desenvolvimento de uma cultura organizacional que sustente a mudança (recursos intangíveis). A evidência de lacunas entre discurso e prática reforça a importância de estratégias que promovam integração entre níveis decisórios e operacionais.

Quanto às limitações, destaca-se que o estudo se concentra em um número reduzido de casos, inseridos em um contexto regional e setorial específico, o que restringe a generalização dos resultados. Além disso, a ênfase na perspectiva gerencial pode não capturar integralmente as dinâmicas operacionais e as resistências cotidianas à adoção tecnológica. Assim, para futuras pesquisas científicas, sugere-se a expansão do estudo de caso para incluir um maior número de empresas, utilizando métodos quantitativos, que testem empiricamente as proposições aqui sugeridas, especialmente a relação entre capacidades organizacionais e níveis de maturidade digital. Em segundo lugar, recomenda-se incorporar a perspectiva de colaboradores operacionais, de modo a compreender os mecanismos de (não) internalização do conhecimento digital. Por fim, estudos comparativos entre setores tradicionais e intensivos em tecnologia podem contribuir para refinar a compreensão das implicações da adoção da I4.0.

REFERÊNCIAS

- Abicalçados – Associação Brasileira das Indústrias de Calçados. (2024). *Relatório setorial da indústria de calçados do Brasil 2024*. Abicalçados. <https://www.abicalcados.com.br/publicacoes>
- Agolli, A., Kazani, I., Shehi, E., Spahiu, T., Hylli, M., Guxho, G., & Prence, E. (2025). Study on the application of digital technology in footwear industry in Albania. *Tehnicki Vjesnik – Technical Gazette*, 32(3), 1204–1209. <https://doi.org/10.17559/TV-20241006002040>
- AL-Khatib A.W., Shuhaiber A., Mashal I., & Al-Okaily M. (2024). Antecedents of Industry 4.0 capabilities and technological innovation: A dynamic capabilities perspective. *European Business Review*, 36(4), 566–587. <https://doi.org/10.1108/EBR-05-2023-0158>
- Allen, R. C. (2017). *The industrial revolution: A very short introduction*. Oxford University Press.
- Arantes, R. C., Pereira, M. M. O., Castro, C. C., Mineiro, A. A. C., & Oliveira, J. A. (2021). A transformação digital e o conhecimento organizacional: Uma revisão sistemática da literatura. *Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, 19(21), 316–329. <https://doi.org/10.19094/contextus.2021.71301>
- Arcidiacono, F., et al. (2022). The role of absorptive capacity in the adoption of smart manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(6), 773–796 <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2021-0615>
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Bibby, L., & Dehe, B. (2018). Defining and assessing Industry 4.0 maturity levels: Case of the defence sector. *Production Planning & Control*, 29(12), 1030–1043. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1503355>
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790>
- Cavalcante, C. G. S., & Almeida, T. D. (2018). Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas. *Journal of Lean Systems*, 3(1), 125–151. <https://www.aceguaratingueta.com.br/images/upload/files/META-2019 ACEG ARTIGO Os benef%C3%ADcios da Ind%C3%BAstria 4.0 no gerenciamento das empresas.pdf>
- Cucculelli, M., Dileo, I., & Pini, M. (2021). Filling the void of family leadership: Institutional support to business model changes in the Italian Industry 4.0 experience. *Journal of Technology Transfer*, 47(1), 213–241. <https://doi.org/10.1007/s10961-021-09847-4>
- Culot, G., et al. (2020). The future of manufacturing: A Delphi-based scenario analysis on Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120092>
- Demo, P. (2022). *Avaliação qualitativa*. Autores Associados.
- Elnadi, M., & Abdallah, Y.O. (2024) Industry 4.0: critical investigations and synthesis of key findings. *Management Review Quarterly*, 74, 711–744 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11301-022-00314-4>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Gadre, M., & Deoskar, A. (2020). Industry 4.0 -Digital Transformation, Challenges and Benefits. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 13, 139–149. https://www.researchgate.net/publication/344832176_Industry_40_-_Digital_Transformation_Challenges_and_Benefits
- Ghobakhloo, M., & Iranmanesh, M. (2018). Digital transformation success under Industry 4.0: A strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(8), 1533–1556. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2020-0455>
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (7 ed.). Atlas.
- Gilchrist, A. (2016). *Introducing Industry 4.0*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4_13
- Governo do Estado do Rio Grande do Sul. (2025, novembro 17). *Em Novo Hamburgo, Gabriel Souza destaca ações do Estado para o setor coureiro-calçadista*. <https://www.estado.rs.gov.br/em-novo-hamburgo-gabriel-souza-destaca-acoes-do-estado-para-o-setor-coureiro-calcadista>
- Hanauer, G. O., Schreiber, D., & Viana, L. P. (2024). Adoção de tecnologias da Indústria 4.0 para promover práticas sustentáveis. *Revista Alcance*, 31(3), 68–82. [https://doi.org/10.14210/alcance.v31n3\(Set/Dez\).p68-82](https://doi.org/10.14210/alcance.v31n3(Set/Dez).p68-82)
- Hanauer, G. O., Schreiber, D., & Viana, L. P. (2025). Tecnologias da Indústria 4.0 e seus impactos na operação sustentável das empresas. *Pretexto*, 25(4), 98–109. <https://revista.fumec.br/index.php/pretexto/article/view/10357>
- Ietto, B., et al. (2022). The role of external actors in SMEs' human-centered Industry 4.0 adoption: An empirical perspective on Italian competence centers. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–16. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3144881>
- Javaid, M., et al. (2020). Industry 5.0: Potential applications in COVID-19. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5(4), 507–530. <https://doi.org/10.1142/S2424862220500220Cited by:179>
- Jimeno-Morenilla, A., et al. (2021). Technology enablers for the implementation of Industry 4.0 in traditional manufacturing sectors: A review. *Computers in Industry*, 125, 103390. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103390>
- Klingenberg, C. O., Borges, M. A. V., & Antunes, J. A., Jr. (2022). Industry 4.0: What makes it a revolution? A historical framework to understand the phenomenon. *Technology in Society*, 70, 102009. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102009>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2017). *Fundamentos de metodologia científica* (8 ed.). Atlas.
- Mahmood, T., & Mubarik, M. S. (2020). Balancing innovation and exploitation in the Fourth Industrial Revolution: Role of intellectual capital and technology absorptive capacity. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120248. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120248>
- Marum, A. M., et al. (2022). Mudanças trazidas pela Indústria 4.0 para a área da engenharia mecânica. *Revista Científica SENAI-SP – Educação, Tecnologia e Inovação*, 1(1), 106–124. <https://periodicos.sp.senai.br/index.php/rcsenaisp/article/view/8>
- Messeni Petruzzelli, A., Murgia, G., & Parmentola, A. (2022). How can open innovation support SMEs in the adoption of I4.0 technologies? An empirical analysis. *R&D Management*, 52, 615–632. <https://doi.org/10.1111/radm.12507>
- Monteiro, G., Julião, J., & Gaspar, M. (2023). *Impacto da Indústria 4.0 no setor do calçado* (Dissertação de Mestrado). Católica Porto Business School. <http://hdl.handle.net/10400.14/42409>

- Neumann, W. P., et al. (2021). Industry 4.0 and the human factor: A systems framework and analysis methodology for successful development. *International Journal of Production Economics*, 233, 107992. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107992>
- Pacchini, A. P. T., et al. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*, 113, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>
- Pagliosa, M., Tortorella, G., & Ferreira, J. C. E. (2019). Industry 4.0 and lean manufacturing: A systematic literature review and future research directions. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2018-0446>
- Silva, F., Julião, J., & Gaspar, M. (2019). *Impact of Industry 4.0 technologies in the Portuguese footwear industry* (Dissertação de Mestrado). Católica Porto Business School. <http://hdl.handle.net/10400.14/29846>
- Singh, A., et al. (2023). Smart manufacturing systems: A futuristics roadmap towards application of Industry 4.0 technologies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 36(3), 411–428. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2090607>
- Wang, L., et al. (2020). What nurtures the Fourth Industrial Revolution? An investigation of economic and social determinants of technological innovation in advanced economies. *Technological Forecasting & Social Change*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120305>
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Yin, R. (2015). *Estudo de caso* (5 ed.). Bookman.

CONTEXTUS

REVISTA CONTEMPORÂNEA DE ECONOMIA E GESTÃO.

ISSN 1678-2089

ISSNe 2178-9258

1. Economia, Administração e Contabilidade – Periódico
2. Universidade Federal do Ceará. FEAAC – Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade

**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO,
ATUÁRIA E CONTABILIDADE (FEAAC)**

Av. da Universidade – 2486, Benfica

CEP 60020-180, Fortaleza-CE

DIRETORIA: Carlos Adriano Santos Gomes Gordiano
José Carlos Lázaro da Silva Filho

SUPORTE ADMINISTRATIVO E DE EDITORAÇÃO

Heloísa de Paula Pessoa Rocha (UFC)

Website: www.periodicos.ufc.br/contextus

E-mail: revistacontextus@ufc.br



A Contextus assina a Declaração de São Francisco sobre a Avaliação de Pesquisas (DORA).



A Contextus é associada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC).



Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição – Não Comercial 4.0 Internacional.

EDITOR-CHEFE

Diego de Queiroz Machado (UFC)

EDITORES ASSOCIADOS

Adriana Rodrigues Silva (IPSantarém, Portugal)
Alessandra de Sá Mello da Costa (PUC-Rio, Brasil)
Allysson Alex Araújo (UFCA, Brasil)
Andrew Beheregarai Finger (UFAL, Brasil)
Armando dos Santos de Sousa Teodósio (PUC-MG, Brasil)
Brunno Fernandes da Silva Gaião (UEPB, Brasil)
Carlos Enrique Carrasco Gutierrez (UCB, Brasil)
Carolina Redolfi (Brookes University, Inglaterra)
Cláudio Bezerra Leopoldino (UFC, Brasil)
Elionor Farah Jreige Weffort (FECAP, Brasil)
Ellen Campos Sousa (Gardner-Webb University, Estados Unidos)
Gabriel Moreira Campos (UFES, Brasil)
Georgette Andraz (UALg, Portugal)
Guilherme Jonas Costa da Silva (UFU, Brasil)
Hernan Palau (UBA, Argentina)
Iván Godoy-Flores (UTA, Chile)
Jesús Barrena Martínez (UCA, Espanha)
Jorge de Souza Bispo (UFBA, Brasil)
Leonor Vacas de Carvalho (UEvora, Portugal)
Manuel Aníbal Silva Portugal e Vasconcelos Ferreira (IPLeiria, Portugal)
Manuel Castelo Branco (UP, Portugal)
Márcia Zabdiele Moreira (UFC, Brasil)
Marcos Cohen (PUC-Rio, Brasil)
Marcos Ferreira Santos (Universidad de La Sabana, Colômbia)
Mariluce Paes-de-Souza (UNIR, Brasil)
Miguel Ysrael Ramírez-Sánchez (UAEMéx, México)
Minelle Enéas da Silva (University of Manitoba, Canadá)
Nuno Manuel Rosa dos Reis (IPLeiria, Portugal)
Pedro Jácome de Moura Jr. (UFPB, Brasil)
Pedro Verga Matos (ISEG, Portugal)
Rafael Fernandes de Mesquita (IFPI, Brasil)
Rosimeire Pimentel (UFES, Brasil)
Sonia Maria da Silva Gomes (UFBA, Brasil)
Susana Jorge (UC, Portugal)

CONSELHO EDITORIAL

Ana Sílvia Rocha Ipiranga (UECE)
Conceição de Maria Pinheiro Barros (UFC)
Danielle Augusto Peres (UFC)
Diego de Queiroz Machado (UFC)
Editinete André da Rocha Garcia (UFC)
Emerson Luís Lemos Marinho (UFC)
Eveline Barbosa Silva Carvalho (UFC)
Fátima Regina Ney Matos (ISMT)
Mario Henrique Ogasavara (ESPM)
Paulo Rogério Faustino Matos (UFC)
Rodrigo Bandeira-de-Mello (FGV-EAESP)
Vasco Almeida (ISMT)

CORPO EDITORIAL CIENTÍFICO

Alexandre Reis Graeml (UTFPR)
Augusto Cezar de Aquino Cabral (UFC)
Denise Del Pra Netto Machado (FURB)
Ednison Bernardes (Georgia Southern University)
Ely Laureano Paiva (FGV-EAESP)
Eugenio Ávila Pedrozo (UFRGS)
Francisco José da Costa (UFPB)
Isak Kruglianskas (FEA-USP)
José Antônio Puppim de Oliveira (UCL)
José Carlos Barbieri (FGV-EAESP)
José Carlos Lázaro da Silva Filho (UFC)
José Célio de Andrade (UFBA)
Luciana Marques Vieira (UNISINOS)
Luciano Barin-Cruz (HEC Montréal)
Luis Carlos Di Serio (FGV-EAESP)
Marcelle Colares Oliveira (UFC)
Maria Ceci Araujo Misoczky (UFRGS)
Mônica Cavalcanti Sá Abreu (UFC)
Mozar José de Brito (UFL)
Renata Giovinnazzo Spers (FEA-USP)
Sandra Maria dos Santos (UFC)
Walter Bataglia (MACKENZIE)