

André Luiz Romano – andre.romano@unifal-edu.br
Instituto de Ciência e Tecnologia – Universidade Federal de Alfenas – Poços de Caldas

Luis Miguel D. F. Ferreira – luis.ferreira@dem.uc.pt
Universidade De Coimbra - UC - Coimbra

Walther Azzolini Junior – wazzolini@sc.edu.br
Universidade de São Paulo - USP – São Carlos

Proposição de um modelo para avaliação do nível de Digitalização de empresas tradicionais: Uma adaptação à realidade brasileira.

RESUMO ESTRUTURADO

Introdução/Problematização: A digitalização está transformando as indústrias de manufatura por todo o mundo, contudo, no Brasil, a falta de adoção eficaz está causando perdas significativas para toda a cadeia de valor. São identificadas complexas barreiras que as empresas de manufatura enfrentam para ter uma digitalização efetiva. Embora, exista modelos de avaliação da Digitalização em empresas de manufatura, é necessário o desenvolvimento de adaptações para avaliação desse aspecto em empresas tradicionais de manufatura no Brasil.

Objetivo/proposta: Este estudo tem três objetivos principais: i) revisar e consolidar o conhecimento atual sobre os desafios enfrentados pelas empresas de manufatura tradicionais no Brasil na adoção da digitalização; ii) propor um modelo de avaliação do grau de digitalização com base no modelo de Clegg (1979), identificando dimensões relevantes para analisar a evolução atual; e iii) criar uma agenda de pesquisa para orientar futuras investigações em setores e empresas específicos.

Procedimentos Metodológicos: Os procedimentos metodológicos deste texto abrangem a análise crítica da teoria sociotécnica, sua evolução, e a contextualização dos desafios da digitalização na indústria de manufatura brasileira. Um modelo baseado na Estrutura Hexagonal de Sistemas Sociotécnicos de Clegg é apresentado para avaliar a digitalização nas empresas. Um questionário começa a ser desenvolvido como ferramenta crucial para obter dados de qualidade sobre a digitalização nas organizações.

Principais Resultados: Foram revisados e consolidados os desafios enfrentados pelas empresas de manufatura tradicionais na literatura existente. Além disso, um modelo de avaliação do grau de digitalização, foi proposto, identificando dimensões relevantes para analisar a evolução atual. Por fim, uma agenda de pesquisa pode ser pensada para orientar investigações em setores e empresas específicos, consolidando assim os resultados alcançados.

Considerações Finais/Conclusão: os desafios da digitalização na indústria de manufatura foram abordados por meio do desenvolvimento de um modelo de avaliação, fundamentado na Estrutura Hexagonal de Sistemas Sociotécnicos, juntamente com a criação de um questionário

para futura implementação. É fundamental reconhecer que a digitalização é um processo em constante evolução, requerendo adaptação contínua.

Contribuições do Trabalho: As principais contribuições deste estudo incluem a identificação das barreiras à digitalização na indústria tradicional, permitindo por intermédio da adoção da teoria dos sistemas sociotécnica a proposição de um modelo de avaliação, e adicionalmente o desenvolvimento de uma agenda de pesquisa, a conscientização sobre a necessidade de modernização e o foco na competitividade econômica.

Palavras-Chave: Digitalização; Manufatura; Barreiras à digitalização; Teoria dos sistemas sociotécnicos.

1. Introdução

A digitalização é um fenômeno de transformação essencial em diversos setores, redefinindo as operações e interações organizacionais. Nas manufaturas, está intrinsecamente ligada à eficiência operacional (Gillani et al., 2020; Hirvonen, 2022), à inovação de produtos (Stornelli et al., 2021) e à criação de valor aos clientes (Schroeder et al., 2020), podendo impactar investimentos estrangeiros num determinado país (Peng et al., 2022). Existe um conjunto de fatores críticos de sucesso para a digitalização, que incluem tecnologia, liderança, infraestrutura, entre outros (Azizan et al., 2022). Contudo, esse processo em empresas tradicionais também desafia a competição, com empresas digitais nativas ameaçando capturar mais valor, devido a sua habilidade nesse ambiente de negócio (Culot et al., 2019).

Essa mudança paradigmática tem implicações práticas e teóricas significativas para as empresas tradicionais de manufatura no mundo todo. Nesse contexto, e verificando a importância da indústria de manufatura no Brasil, que responde por uma parte vital da economia, contribuindo entre outros aspectos, com cerca de 23,9% do PIB, 69% das exportações e 66,4% do investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (CNI, 2023). No entanto, evidências apontam que a falta de processos digitais resultou em perdas de aproximadamente R\$ 104 bilhões em 2021, afetando os consumidores com gastos médios anuais de R\$ 472,00 por pessoa. Essa ineficiência corresponde a 39% do salário-mínimo de R\$ 1.212, em vigência no país, o que leva a uma necessidade emergente de modernização (FGV, 2021).

A pandemia de COVID-19 impulsionou avanços, mas a adoção geral é limitada. Entre as vantagens oferecidas pela digitalização, estão ampliação da eficiência e produtividade, agilidade nas decisões, levando ainda a um maior engajamento e segurança dos stakeholders.

A digitalização na indústria brasileira ainda está em estágio inicial, apesar dos conceitos da "Indústria 4.0". Segundo a McKinsey (2019), o cenário no Brasil ainda é incipiente, no contexto das Indústrias de Base, as empresas, em geral, estão abaixo da média nacional em maturidade digital. No segmento de Indústrias Avançadas, a maioria está em estágios iniciais, com destaque para conscientização e integração de estratégias, mas enfrentando dificuldades em estruturação organizacional e atração de talentos digitais (McKinsey, 2019; FGV, 2021). É preocupante, pois muitos líderes empresariais não conseguem medir com precisão o retorno sobre o investimento em digitalização (Louis et al., 2020). Para auxiliar manufaturas tradicionais em sua digitalização, compreender as dificuldades é essencial. A lacuna de investimento é reconhecida, mas suas causas profundas têm sido pouco estudadas, resultando em complexos fatores organizacionais e técnicos (Kalaitzi & Tsolakis, 2022).

Nesse contexto, o presente estudo possui dois objetivos principais: i) Realizar uma revisão e consolidação abrangente dos conhecimentos atuais relativos aos desafios enfrentados pelas manufaturas tradicionais no que concerne aos investimentos em digitalização, além de conduzir uma análise da literatura disponível e relatórios técnicos sobre o tema; e ii) Propor uma estrutura de avaliação do grau de digitalização, fundamentada no modelo conceitual de Clegg (1979; 2017), com o propósito de identificar dimensões pertinentes para possibilitar a comparação da evolução do cenário presente. O estudo tem como objetivo adicional estabelecer uma agenda de pesquisa que valide essas dimensões por meio de consultas a especialistas no contexto brasileiro. Essa agenda buscará investigar e promover a participação de empresas e setores em futuras pesquisas, com o propósito de identificar o atual estágio de digitalização no país. Para abordar a diversidade de fatores que podem influenciar o processo de investimento em digitalização, essa pesquisa se baseia na teoria sociotécnica (Bostrom e Heinen, 1977; Abbas, & Michael, 2023) como estrutura conceitual e de construção de significado. Além disso, para garantir que sejam considerados os amplos desafios da digitalização, esta pesquisa abrange tanto a literatura acadêmica como a literatura técnica existente sobre o tema. Esse artigo está estruturado com uma revisão sobre a literatura existente, buscando explorar em cada uma das categorias de avaliação propostas por Clegg, 1979; 2017 os desafios e as oportunidades de pesquisa que se colocam, no sentido de avaliar o nível de digitalização.

2. Revisão da Literatura

2.1 Evolução da teoria sociotécnica

A teoria sociotécnica, originada no Tavistock Institute nos anos 1950, liderada por Trist, Bamforth e Emery, surgiu de um estudo no setor de mineração de carvão britânico (Abbas & Michael, 2023). Essa abordagem desafiou o paradigma tecnológico predominante, enfatizando a importância das pessoas, indo além de vê-las como meras extensões de máquinas (Trist, 1981; Ropohl, 1999). A teoria sociotécnica se concentra nas interações entre os subsistemas social e tecnológico nas organizações, considerando como a tecnologia e as pessoas influenciam mutuamente a produção de bens e serviços, com foco no valor percebido pelos clientes (Griffith & Dougherty, 2001). Essa abordagem enfatiza os benefícios mútuos da interseção entre elementos sociais e técnicos, promovendo a reciprocidade entre seres humanos e máquinas (Emery, 1980; Trist et al., 2016).

A perspectiva sociotécnica considera unidades organizacionais como sistemas de trabalho, onde estrutura, pessoas, tecnologia e tarefas interagem (Bostrom & Heinen, 1977; Fischer e Herrmann, 2011). Os princípios fundamentais da teoria sociotécnica enfatizam as interações entre componentes sociais e técnicos para determinar o sucesso de um sistema (Trist, 1981; Emery, 2016). Processos de concepção sociotécnica, redesenho e outras intervenções buscam configurações adequadas entre componentes humanos e técnicos para um estado estável e ótimo (Pasmore et al., 1982). Diversos modelos e metodologias de concepção sociotécnica, facilitam a adaptação contínua de sistemas sociotécnicos (Lindley, 1997; Fischer e Herrmann, 2011). A teoria sociotécnica evoluiu, perdendo destaque nas décadas de 1980 e 1990 devido a abordagens alternativas, por mudanças nas tecnologias industriais (Davis et al., 2014).

A teoria sociotécnica encontrou aplicação em diversas disciplinas, incluindo sistemas de informação, estudos de gestão organizacional e engenharia (Morris, 2009), com abordagens qualitativas e quantitativas, bem como metodologias de projeto sociotécnico. Ela pode ser aplicada em diversos contextos, desde sistemas de trabalho dentro de organizações até sistemas

sociais mais amplos, como setores (Trist, 1981). Embora historicamente tenha sido amplamente aplicada ao projeto de sistemas de trabalho (Cherns, 1987), estudos indicam o potencial de extensões da abordagem (Davis et al., 2014).

Aplicações mais recentes têm revisado quadros sociotécnicos para incorporar avanços tecnológicos (Bednar & Welch, 2020), explorando dimensões sociotécnicas, como tecnologia, tarefa, ator e estrutura, em novas áreas de aplicação, como plataformas e economia de plataformas (Kapoor et al., 2021). A transição da teoria sociotécnica entre disciplinas resultou em variações em sua aplicação, desde a descrição de sistemas complexos até estudos empíricos (Griffith e Gougherty (2001). Um modelo importante, explorado nessa pesquisa, é o chamado modelo hexagonal, com seis componentes inter-relacionados em sistemas sociotécnicos: objetivos, pessoas, processos/procedimentos, cultura, tecnologia e infraestrutura (Clegg, 2017).

2.1.1 Desafios na Adoção da Digitalização

Verificou-se por meio desse estudo a importância de compreender os obstáculos enfrentados pelas empresas de manufatura tradicional ao elaborar argumentos convincentes para a digitalização. A análise revelou que esses desafios podem ser categorizados com base no modelo proposto por Clegg et al. (2017), que abrange áreas relacionadas a seis categorias. O modelo de Estrutura Hexagonal de Sistemas Sociotécnicos é apropriado para avaliar a digitalização em empresas de manufatura no Brasil, considerando sua abordagem completa, contexto cultural, alinhamento de objetivos, tecnologia, processos, flexibilidade, ambiente físico e identificação de lacunas. Em um cenário onde empresas tradicionais enfrentam desafios de digitalização, esse modelo pode auxiliar na avaliação, identificação de melhorias e desenvolvimento de estratégias eficazes, mantendo a competitividade e enfrentando a digitalização. A Figura 1 ilustra a estrutura Hexagonal, que oferece suporte para a compreensão das interações entre elementos sociais e tecnológicos de um sistema. Ela é empregada em estudos e análises para descrever as interrelações e influências das diferentes dimensões em contextos sociais e tecnológicos.

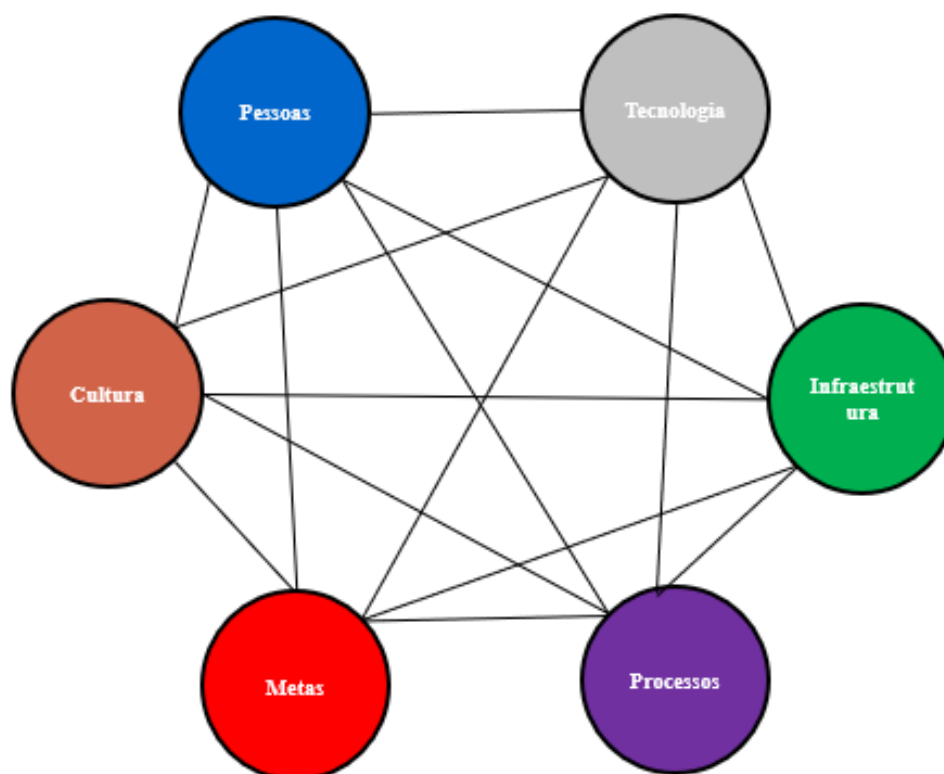


Figura 1. Estrutura hexagonal de sistemas sociotécnicos.

Fonte: adaptado de Clegg, 1979; Davis et al, 2014.

A estrutura hexagonal de sistemas sociotécnicos, oferece um quadro útil para analisar o nível de digitalização em empresas tradicionais de manufatura. Essa estrutura ajuda a identificar os componentes e interações envolvidos na incorporação da digitalização em organizações.

a. Desafios ligados a Processos

Os desafios relacionados a processos na adoção de tecnologias digitais abrangem:

Aplicação de medidas: O principal desafio nas decisões de investimento digital está relacionado à escolha das medidas para orientar as decisões de negócios. Medidas tradicionais, como retorno sobre investimento e rentabilidade, não se aplicam facilmente às implicações digitais. Medidas sistemáticas específicas para investimentos digitais ainda não foram identificadas. A indústria tradicional de manufatura está buscando adotar tecnologias digitais que tenham impactos econômicos, sociais e ambientais, mas medidas integradas de desempenho desses investimentos não foram descobertas, criando incerteza sobre como medir os resultados e implicações da manufatura digital (Cheng et al., 2018; Felsberger et al., 2022).

Processos de investimento: Isso inclui a necessidade de um processo de investimento em etapas, que envolve a implementação gradual de tecnologias digitais, bem como a dificuldade em determinar o momento ideal para adotar essas novas tecnologias. Estudos exploram questões relacionadas à gestão de processos de investimento digital e como encontrar o equilíbrio certo ao incorporar tecnologias digitais em fases específicas do processo (Campagna, 2018; Falkenberg et al., 2020; Rose e Jones, 2020; Tang et al., 2022).

Processos de negócios: envolve a ausência de processos críticos, resultando em uma abordagem experimental deficiente e processos inconsistentes. Além disso, o investimento digital amplifica a complexidade nos processos e operações de negócios, demandando o redesenho e a padronização desses procedimentos. A literatura enfatiza a importância de reavaliar e otimizar os processos de negócios para alinhá-los com a digitalização (Belvedere e Grando, 2017; Rose e Jones, 2020; Vedantam e Iyer, 2021).

Modelo de negócios: incluem a necessidade de reconfigurar o modelo de negócios para acomodar novas tecnologias e a extração de valor da servitização habilitada digitalmente. A importância de adaptar os modelos de negócios para aproveitar ao máximo as oportunidades oferecidas pela digitalização é enfatizada em estudos conduzidos por várias fontes (Wangenheim et al., 2017; Ricci et al., 2021; Song, 2022).

Estrutura organizacional: incluem a necessidade de uma estrutura que facilite o uso eficaz de tecnologias digitais (Bokrantz et al., 2020 e Kalaitzi e Tsolakis, 2022). Além disso, empresas de pequeno porte (PMEs) enfrentam desafios devido ao seu tamanho, com um maior custo de oportunidade e o risco de que o fracasso na experimentação digital possa ter um impacto significativo nas operações, incluindo o potencial de encerrar essas operações.

Cada um dos itens descritos na categoria processos são desafios cruciais na digitalização das organizações de manufatura tradicionais.

b. Desafios ligados a Pessoas

Os desafios relacionados às pessoas na adoção de tecnologias digitais abrangem:

Falta de estrutura: incluem gestores e equipes que não reconhecem as oportunidades digitais (Colas et al., 2014; Branstetter et al., 2019). Além disso, pode envolver falhas em não envolver representantes dos funcionários das diversas áreas e níveis na tomada de decisões e desalinhamento da autoridade para uma efetiva tomada de decisão.

Falta de habilidades: incluem falta de experiência em digitalização e compreensão limitada do conhecimento sobre fontes e mecanismos de financiamento (Branstetter et al., 2019). Além disso, a falta de competências digitais. Desenvolver especialização é um desafio, com elevada ênfase em tecnologias que dificulta o desenvolvimento de habilidades pessoais e interações humanas e de robôs em tarefas multimodo, falta de planos para apoiar o desenvolvimento pessoal dos funcionários.

Resistência: incluem uma visão de que o processo vai levar a destruição de empregos, com a redução do emprego em posições de trabalho tradicionais e funcionários lutando para desenvolver habilidades e novas mentalidades para os empregos digitais (Domini et al., 2021; Sandrini, 2021). Além disso, há a falha em criar a adesão e envolvimento dos funcionários, criar empregos de alto desempenho e atrativos, melhorando as condições de trabalho.

Custos: gastos associados à educação e treinamento das equipes, conforme discutido por Bokrantz et al. (2020), Da Roit e Iannuzzi (2022). Além disso, existe o custo de aprimoramento de habilidades para garantir que os funcionários adquiram as competências necessárias para lidar com um mundo em digitalização. Existe uma questão no mundo empresarial, que é a necessidade de tratar os gastos com digitalização como investimento, pois eles terão a capacidade de manter a operação em funcionamento no futuro.

A decisão de enfrentar os desafios relacionados às pessoas na digitalização envolve abordar a falta de reconhecimento das oportunidades digitais. A digitalização requer não apenas tecnologia, mas também uma abordagem estratégica e orientada para as pessoas.

c. Desafios ligados a Tecnologias

Os desafios relacionados à tecnologias envolvem:

Custo da tecnologia: as tecnologias digitais são caras, com um alto custo total de propriedade, incluindo custos de pesquisa, compra e implementação (Accenture, 2020; Beck et al., 2020). As tecnologias digitais muitas vezes exigem escala para se tornarem acessíveis, devido ao atributo de economia de escala associado a elas, o que pode tornar os investimentos digitais aparentemente caros (Grosch et al., 2021; Kalaitzi e Tsolakis, 2022) custos com a transição de tecnologias legadas para novas, envolvendo desafios de mudança (Siemens AG, 2019; Ricci et al., 2021), além de potenciais custos adicionais de troca (Kalaitzi e Tsolakis, 2022).

Atributos da tecnologia: incluem o ritmo acelerado de desenvolvimento e incerteza tecnológica, bem como a interdependência entre sistemas de informação e a falta de interoperabilidade, além da dependência crítica de tecnologia digital e integridade de dados (Colas et al., 2014; Trantopoulos et al., 2017; Campagna, 2018; Rose e Jones, 2020; Kalaitzi e Tsolakis, 2022; Bhatti et al., 2022).

Compreensão da tecnologia: incluem a necessidade de uma mudança de mentalidade, a quebra de paradigmas e a mudança de paradigma (Mandal, 2017; Lo et al., 2020). Além disso, a compreensão dinâmica da tecnologia digital é difícil de construir, uma vez que requer capacidades dinâmicas para colocar a tecnologia em uso. Também enfrentamos a ambiguidade das oportunidades digitais, devido à existência de múltiplos mercados e diferentes trajetórias tecnológicas a serem consideradas.

Gestão da tecnologia: inclui a dificuldade de fazer escolhas entre as diversas categorias de tecnologia disponíveis (Kamble et al., 2020; Panchal e Iyer, 2020; Ricci et al., 2021; Wang, 2021; Gong et al., 2021). A tomada de decisão sobre a aquisição de tecnologia digital, seja desenvolvendo internamente ou comprando de fornecedores externos, é um desafio. A implementação de tecnologia digital também é complexa devido à falta de regras de design entre sistemas de informação e problemas de integração de sistemas.

Superar essas barreiras requer a alocação de recursos financeiros adequados, uma abordagem flexível para lidar com a rápida mudança tecnológica, estratégias de integração de sistemas eficazes, desenvolvimento de competências digitais e uma análise cuidadosa das opções tecnológicas e modelos de fornecimento.

d. Desafios ligados a Infraestrutura e Rede

Na categoria Infraestrutura e Rede, os desafios enfrentados pelas manufaturas:

Redes responsivas: refere-se à busca por uma fabricação colaborativa altamente flexível e adaptativa. São identificados desafios, como a falta de alinhamento entre múltiplas partes interessadas, a ausência de mecanismos para gerenciar riscos entre partes externas e dificuldades em redefinir fronteiras organizacionais nas indústrias. Essas questões têm sido discutidas na literatura, abordando temas como política industrial fragmentada, relações

industriais frágeis e a complexidade da reconfiguração da cadeia de valor global (Roit e Iannuzzi 2022; Li et al. 2022).

Capacidade de rede do fabricante: incluem a necessidade de capacidade de informação para lidar com a tecnologia digital. Isso envolve a falta de capacidade para interpretar sinais de informação no contexto da indústria, dificuldade na absorção de informações e identificação de oportunidades digitais, bem como pela sobrecarga de informações na coordenação e interação com partes interessadas. Esses desafios são abordados em estudos como, (Mandal 2017, Estrada e Dong 2020, Lo et al. 2020, Ricci et al. 2021). A tecnologia digital exige que os fabricantes explorem novos domínios de conhecimento, devido à falta de compreensão do ambiente digital e a falta de acesso a hubs de inovação e conhecimento regional e setorial.

Cliente: incluem a falta de envolvimento e comprometimento dos clientes na digitalização. Isso inclui a falha em desenvolver proposições de valor atraentes e em envolver os clientes no processo de digitalização (Sjödín et al. 2020, Boehmer et al. 2020). Existe o desafio da falta de capacidade de co-criação de valor com os clientes, resultante da falta de compreensão dessa abordagem e ausência de uma abordagem ágil para colaborar eficazmente com os clientes. Por fim, há a questão da falta de novas capacidades de entrega e captura de valor, que abrange a retenção e aquisição de clientes e a monetização de serviços de Tecnologia de Informação.

Parceiros de rede: incluem a falta de interação com parceiros financeiros, como a dificuldade de acesso a capital externo e a falta de experiência em financiamento externo (Accenture, 2020; Ficarra et al., 2021). Outro desafio está na necessidade de estabelecer novas interações com parceiros da cadeia de suprimentos. Isso envolve a falta de investimento em tecnologia da informação por terceiros na cadeia de suprimentos, bem como a falta de capacidade de TI dos parceiros na rede de valor. Além disso, pode haver dificuldades relacionadas ao poder de barganha ao compartilhar custos com esses parceiros. Por fim, a digitalização requer novos relacionamentos de longo prazo com esses parceiros, o que pode representar um desafio adicional na gestão de relacionamentos e colaboração.

Superar essas barreiras requer estabelecer relações sinérgicas entre fabricantes, adquirir habilidades de networking, entre outros relacionamentos. Esses desafios podem ser complexos em setores com relações industriais fracas e falta de práticas de gestão consolidadas.

e. Desafios ligados as Metas

Na categoria metas, os desafios do investimento digital envolvem:

Alinhamento dos objetivos: envolve dificuldades em alcançar um consenso ou alinhamento entre as partes interessadas em relação aos objetivos e ao escopo das iniciativas digitais, o que pode dificultar a implementação bem-sucedida dos investimentos (Bokrantz et al., 2020).

Qualidade das metas: falta de uma visão holística na definição de metas, excesso de foco nas metas tecnológicas em detrimento da visão global e a falta de alinhamento entre as metas de investimento digital e a estratégia competitiva da organização. Estudos destacam a importância desse desafio para garantir o sucesso dos investimentos digitais (Belvedere e Grando, 2017).

Ambição nas metas: falta de escala nas metas dos fabricantes digitais, a ausência de uma visão de nível macro que possa promover o desenvolvimento do ecossistema ou setor industrial em vez de prejudicar as pequenas e médias empresas, a carência de uma visão de longo prazo e

metas claras, e a falta de ambição nas metas. Essas questões são cruciais para garantir um impacto positivo e sustentável (Campagna, 2018; Cognizant, 2020).

O desafio central no investimento digital para empresas de manufatura reside na definição de metas claras, seu alinhamento estratégico e a ambição por trás delas. Definir metas robustas é essencial para o sucesso e relevância contínua dos investimentos digitais.

f. Desafios ligados a Cultura

Nessa categoria, os desafios relacionados ao investimento digital envolvem:

Aceitação: falta de patrocínio de alto nível e a falta de propriedade em diferentes níveis da organização. A falta de apoio e habilidades da alta administração, juntamente com sua capacidade de gerenciar a mudança, pode limitar a adoção de tecnologias digitais (Campagna, 2018; Rose e Jones, 2020). A ausência de uma cultura integrada e estruturas de poder legadas pode resultar em uma falta de propriedade e alinhamento nas decisões de digitalização (Bokrantz et al., 2020; Da Roit e Iannuzzi, 2022; Kalaitzi e Tsolakis, 2022).

Incerteza: falta de tolerância à incerteza, falta de aprendizado organizacional, falta de foco a longo prazo e a falta de uma cultura organizacional sólida. A tolerância à incerteza é afetada pela falta de foco em P&D, cultura orientada para a experimentação e a intolerância ao fracasso (Campagna, 2018; Bokrantz et al., 2020; Rose e Jones, 2020; Ficarra et al., 2021; Grosch et al., 2021). Além disso, a falta de aprendizado organizacional, a ausência de reflexão sobre lições aprendidas e a falta de aprendizado com organizações externas são desafios significativos. A falta de foco a longo prazo e uma cultura rígida também contribuem para esses obstáculos.

Confiança: a falta de confiança pode surgir devido a preocupações sobre o desconhecimento das tecnologias digitais, como algoritmos "caixa preta"¹. Superar essa falta de confiança requer uma transição cultural substancial e a construção de uma compreensão mais profunda das tecnologias digitais dentro da organização, sendo um desafio significativo no contexto do investimento digital (Bokrantz et al., 2020).

A categoria de desafios relacionados às características culturais é crítica no contexto dos investimentos digitais.

Na Tabela 1, são apresentadas as categorias, os desafios e algumas das referências desta pesquisa sobre digitalização, é apresentada uma compilação de informações cruciais para compreender o cenário enfrentado por empresas tradicionais de manufatura na adoção de tecnologias digitais. Cada uma dessas categorias apresenta desafios que podem limitar as possibilidades das empresas.

Tabela 1. Desafios relacionados ao investimento digital nas manufaturas

Categoria	Desafios relacionados à:	Referências
Processos	<ul style="list-style-type: none"> • Medição existente • Processo de Investimento • Processos de Negócios Existentes • Modelo de Negócios Existente • Estrutura Organizacional Existente 	Bai e Sarkis (2017); Cheng et al. (2018); Bokrantz et al. (2020); Grosch et al. (2021); Felsberger et al. (2022); Kalaitzi e Tsolakis (2022)

¹ Aplicação cujo funcionamento interno não é transparente ou compreensível para o usuário ou observador externo.

Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> Falta de Estrutura de Tomada de Decisão Falta de Habilidades Digitais da Equipe Desafio Relacionado à Resistência Custo com Pessoas 	Colas et al. (2014); Branstetter et al. (2019); Bokrantz et al. (2020); Domini et al. (2021); Sandrini (2021); Da Roit e Iannuzzi (2022)
Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> Custo da Tecnologia Digital Atributos da Tecnologia Digital Compreensão da Tecnologia Gestão da Tecnologia 	Accenture (2020); Beck et al. (2020); Panchal e Iyer (2020); Ricci et al. (2021); Kalaitzi e Tsolakis (2022); Bhatti et al. (2022);
Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> Rede de Fabricantes Capacidade de Networking dos Fabricantes Desafio Relacionado aos Clientes Parceiros de Rede 	Boehmer et al. (2020); Ricci et al. (2021); Roit e Iannuzzi (2022); Li et al. (2022).
Metas	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento de Metas Qualidade das Metas Ambição nas Metas 	Belvedere e Grando (2017); Campagna (2018) Bokrantz et al. (2020); Cognizant (2020)
Cultura	<ul style="list-style-type: none"> Aceitação Incerteza e Tolerância ao Risco Falta de Confiança 	Ficarra et al. (2021); Grosch et al. (2021); Da Roit e Iannuzzi (2022); Kalaitzi e Tsolakis (2022)

Fonte: Dados da pesquisa

3. Resultados – Elaboração de um questionário

O objetivo desta etapa da pesquisa é desenvolver questões específicas que sejam essenciais para obter informações precisas e relevantes. É crucial elaborar essas questões com cuidado e rigor, visando a minimização de possíveis erros nas respostas coletadas durante a pesquisa. Conforme proposto por Yin (2015) existem orientações que podem garantir a qualidade das respostas e a relevância das perguntas. Segundo Yin (2015) para obter dados confiáveis e pertinentes em pesquisas por meio de questionários, é crucial seguir diretrizes específicas. Perguntas claras e simples, relevantes para os objetivos da pesquisa, devem ser formuladas, evitando vieses e ambiguidades. A organização lógica das perguntas, combinando questões abertas e fechadas, é recomendada. Testes prévios com grupos menores identificam problemas. Instruções claras para preenchimento devem ser fornecidas.

A Tabela 2 apresenta um conjunto de perguntas específicas formuladas para avaliar diferentes aspectos dos processos relacionados à digitalização em manufaturas tradicionais. Essas questões são projetadas para obter insights detalhados sobre a digitalização na empresa e como ela está sendo gerenciada e implementada em várias áreas.

Tabela 2. Questões para avaliação de processos

Processos	Questão
Medição existente	Quais métricas atuais estão sendo utilizadas para medir o desempenho digital da empresa e como essas métricas são relevantes para os objetivos de digitalização?
Processo de Investimento	Como a empresa atualmente gerencia o processo de investimento em tecnologias digitais? Quais são os principais passos envolvidos e os critérios para aprovação de investimentos digitais?

Processos de Negócios Existentes	Quais são os processos de negócios existentes que foram impactados pela digitalização? Como a empresa lida com a adaptação e otimização desses processos?
Modelo de Negócios Existente	Como a digitalização afetou o modelo de negócios da empresa? Quais mudanças foram implementadas para acomodar novas tecnologias e oportunidades de servitização?
Estrutura Organizacional Existente	Como a estrutura organizacional da empresa evoluiu para aproveitar ao máximo as tecnologias digitais? Quais ajustes foram feitos para facilitar a colaboração e a inovação digital?

A Tabela 3 contém uma lista de questões formuladas para avaliar aspectos relacionados às pessoas dentro de uma empresa no contexto da digitalização. Elas são projetadas para fornecer uma visão abrangente sobre como a empresa lida com os desafios nessa categoria, incluindo estratégias para melhorar a tomada de decisão, desenvolver habilidades digitais, enfrentar resistências e avaliar o retorno do investimento em capacitação.

Tabela 3. Questões para avaliação de pessoas

Pessoas	Questão
Falta de Estrutura de Tomada de Decisão	Como a empresa aborda a falta de estrutura de tomada de decisão quando se trata de iniciativas digitais? Quais medidas foram implementadas para melhorar a tomada de decisão?
Falta de Habilidades Digitais da Equipe	Qual é o nível de habilidades digitais da equipe da empresa? Como a empresa investe no desenvolvimento dessas habilidades para enfrentar desafios digitais?
Desafio Relacionado à Resistência	Como a empresa lida com a resistência às mudanças relacionadas à digitalização? Quais estratégias são empregadas para criar adesão e engajamento dos funcionários?
Custo com Pessoas	Quais são os custos associados à capacitação e treinamento da equipe para atender às necessidades digitais? Como a empresa avalia o retorno sobre esses investimentos em habilidades digitais?

A Tabela 4 apresenta uma série de perguntas formuladas para avaliar a dimensão tecnológica no contexto de uma empresa durante o processo de digitalização. Elas são destinadas a fornecer informações sobre como a empresa lida com as implicações tecnológicas da digitalização, incluindo estratégias para otimizar custos, avaliar benefícios, manter a compreensão da tecnologia e tomar decisões relacionadas à gestão da tecnologia digital.

Tabela 4. Questões para avaliação de tecnologia

Tecnologia	Questão
Custo da Tecnologia Digital	Como a empresa lida com o custo da tecnologia digital em suas iniciativas? Quais estratégias são implementadas para otimizar os custos relacionados à adoção de tecnologias digitais?
Atributos da Tecnologia Digital	Quais são os principais atributos da tecnologia digital considerados pela empresa ao escolher soluções digitais? Como a empresa avalia a relação custo-benefício dessas tecnologias?

Compreensão da Tecnologia	Como a empresa busca manter uma compreensão dinâmica da tecnologia digital e se adaptar às mudanças tecnológicas e ambiguidades de oportunidades digitais?
Gestão da Tecnologia	Como a empresa toma decisões em relação à escolha, consumo e implementação de tecnologia digital? Quais desafios enfrentam na gestão eficaz dessas tecnologias?

A Tabela 5 apresenta uma série de perguntas formuladas para avaliar a dimensão da infraestrutura no contexto de uma empresa no processo de digitalização. Elas são destinadas a fornecer informações sobre como a empresa lida com as implicações da infraestrutura na era digital, incluindo a avaliação e promoção da eficácia de redes de fabricantes, o desenvolvimento da capacidade de networking, o envolvimento dos clientes, e a colaboração com parceiros de rede para criar relacionamentos de longo prazo na era digital.

Tabela 5. Questões para avaliação de infraestrutura

Infraestrutura	Questão
Rede de Fabricantes	Como a empresa avalia e promove a eficácia de sua rede de fabricantes na era digital? Quais são os principais desafios enfrentados na construção de redes responsivas?
Capacidade de Networking dos Fabricantes	Como a capacidade de networking dos fabricantes é desenvolvida e mantida pela empresa? Quais são os principais obstáculos para a coordenação e interação eficazes com partes interessadas na era digital?
Desafio Relacionado aos Clientes	Como a empresa enfrenta os desafios relacionados à falta de envolvimento e comprometimento dos clientes na digitalização? Quais estratégias são empregadas para co-criação de valor e entrega de valor aos clientes?
Parceiros de Rede	Como a empresa interage com seus parceiros de rede na cadeia de suprimentos? Quais são os principais obstáculos para a colaboração e a criação de relacionamentos de longo prazo na era digital?

A Tabela 6 apresenta perguntas formuladas para avaliar a dimensão das metas no processo de digitalização. Elas visam compreender como a empresa lida com o estabelecimento de metas, o processo para estabelecer metas claras e alcançáveis, os critérios e indicadores usados para avaliar a eficácia das metas e o equilíbrio entre metas ambiciosas e a viabilidade a longo prazo.

Tabela 6. Questões para avaliação de metas

Metas	Questão
Desenvolvimento de Metas	Como a empresa aborda o desenvolvimento de metas na era digital? Qual é o processo para estabelecer metas claras e exequíveis relacionadas à Digitalização?
Qualidade das Metas	Como a empresa assegura a qualidade das metas estabelecidas? Quais são os critérios e indicadores utilizados para avaliar a eficácia das metas de Digitalização?
Ambição nas Metas	Qual o nível de ambição das metas da empresa em relação à Digitalização? Como a empresa equilibra a busca por metas ambiciosas com a viabilidade e sustentabilidade a longo prazo?

A Tabela 7 contém uma série de perguntas destinadas a avaliar a dimensão da cultura no processo de digitalização. Elas visam entender como a empresa enfrenta os desafios de aceitação, como promove a aceitação entre a alta administração e as equipes, como lida com a incerteza e o risco nos investimentos digitais e como supera a falta de confiança nas tecnologias digitais para efetuar uma transição cultural eficaz.

Tabela 7. Questões para avaliação de cultura

Cultura	Questão
Aceitação	Como a empresa lida com os desafios relacionados à aceitação da Digitalização? Existem estratégias específicas para promover a aceitação da alta administração e das equipes?
Incerteza e Tolerância ao Risco	Como a empresa aborda a incerteza e a tolerância ao risco em relação aos investimentos digitais? Quais os processos e práticas para lidar com a natureza incerta desses investimentos?
Falta de Confiança	Como a empresa constrói a confiança nas tecnologias digitais? Quais iniciativas são adotadas para superar a falta de confiança nas 'caixas pretas' digitais e garantir uma transição cultural eficaz?

As tabelas apresentadas oferecem um conjunto abrangente de questões estratégicas para avaliar e entender os diversos aspectos envolvidos no processo de digitalização dentro de uma empresa. Elas fornecem insights cruciais sobre a medição de desempenho digital, gestão de investimentos, adaptação de processos de negócios, evolução de modelos de negócios, estrutura organizacional, gestão de habilidades digitais, resistência às mudanças, custos de capacitação, custos tecnológicos, infraestrutura de rede, colaboração com parceiros, definição de metas e desenvolvimento cultural.

Essas perguntas não apenas auxiliam na identificação de áreas críticas de foco durante a digitalização, mas também ajudam a empresa a desenvolver estratégias mais eficazes para enfrentar desafios e alcançar seus objetivos. Em conjunto, essas tabelas formam um guia valioso para líderes e equipes que buscam navegar com sucesso pelo cenário complexo da digitalização empresarial, promovendo uma abordagem mais informada e eficiente em cada dimensão crítica envolvida.

4. Conclusões

A teoria sociotécnica representou uma mudança fundamental na compreensão das organizações. Em vez de considerar as pessoas como meras extensões das máquinas, essa abordagem destacou a interação entre os aspectos sociais e técnicos, reconhecendo a importância mútua de ambos na produção de valor para os clientes. Assim, a teoria sociotécnica, representou uma transformação no entendimento das organizações, enfatizando a interação entre aspectos sociais e técnicos e destacando a necessidade de otimização conjunta para eficácia nos sistemas de trabalho.

A digitalização está provocando impactos significativos em vários setores e pode influenciar os investimentos estrangeiros corporativos, contudo, no entanto, no Brasil, a indústria de manufatura, fundamental para o PIB, está enfrentando perdas devido à falta de processos digitais eficazes. A adoção da digitalização no país tem sido limitada, com muitas empresas abaixo da média em maturidade digital. O Brasil enfrenta desafios significativos na adoção da digitalização

na indústria de manufatura, e o modelo proposto neste estudo pode fornecer uma estrutura útil para abordar esses desafios e promover a digitalização eficaz das empresas.

Este estudo se propõe a investigar os desafios na criação de casos de negócios para investimentos em digitalização na indústria de manufatura. Um modelo baseado na Estrutura Hexagonal de Sistemas Sociotécnicos é proposto para avaliar o nível de digitalização das empresas tradicionais de manufatura no Brasil. A proposta de questões relevantes, nesse artigo, representa uma etapa fundamental no processo de pesquisa, visando a obtenção de dados precisos e relevantes sobre a digitalização em empresas. Seguindo as diretrizes de e considerando as diferentes dimensões envolvidas na digitalização, foram formuladas perguntas abrangentes. Cada tabela de questões aborda aspectos específicos relacionados a cada uma das categorias do modelo de estrutura hexagonal nas organizações durante o processo de digitalização.

Essa é a primeira etapa de uma pesquisa que buscará realizar estudos em empresas de diferentes setores, como indústrias de alimentos, materiais de escritório, utensílios de cozinha e cosméticos e outros, que forem possíveis. O estudo desses segmentos permitirá identificar os desafios em diferentes setores, diferentes níveis de maturidade e experiências, insights que são aplicáveis não apenas às empresas dentro desses setores, mas também a empresas de manufatura tradicional em geral, a ideia de inovação cruzada, criação de Benchmarking, visão interdisciplinar, impacto econômico e social.

Referências

- Abbas, R., & Michael, K. (2023). Socio-Technical Theory: A review. In S. Papagiannidis (Ed.), TheoryHub Book. Disponível em <http://open.ncl.ac.uk> / ISBN: 9781739604400.
- Accenture. (2020). Weltmarktführer von Morgen. Accenture. Disponível em https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-114/Accenture-Top500-Studie-Deutschland-Weltmarktfuhrer-von-morgen.pdf.
- Azizan, S., Ismail, R., Baharum, A., & Hidayah Mat Zain, N. (2021). Exploring The Factors That Influence The Success Of Digitalization In An Organization's IT Department. In 2021 6th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE) (pp. 1-6). Kedah, Malaysia. doi: 10.1109/ICRAIE52900.2021.9704018.
- Bai, C., & Sarkis, J. (2017). Improving Green Flexibility through Advanced Manufacturing Technology Investment: Modeling the Decision Process. International Journal of Production Economics, 188, 86-104.
- Beck, M., Plekhanov, D., & Wörter, M. (2020). Analyse Der Digitalisierung in Der Schweizer Wirtschaft. ETH Zürich. Disponível em https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/432882/Studie_153_Digitalisierung_SchweizerWirtschaft_Research_Collection.pdf.

- Bednar, P. M., & Welch, C. (2020). Socio-Technical Perspectives on Smart Working: Creating Meaningful and Sustainable Systems. *Information Systems Frontiers*, 22(2), 281-298.
- Belvedere, V., & Grando, A. (2017). ICT-Enabled Time Performance: An Investigation of Value Creation Mechanisms. *Production Planning & Control*, 28(1), 75-88.
- Bhatti, S. H., et al. (2022). Exploring Data-Driven Innovation: What's Missing in the Relationship between Big Data Analytics Capabilities and Supply Chain Innovation? *Annals of Operations Research*, 1-26.
- Björkdahl, J. (2020). Digitalization in Manufacturing for Digitalization in Manufacturing. *California Management Review*, 62(4), 17-36.
- Boehmer, J. H., et al. (2020). The Impact of the Internet of Things (IoT) on Servitization: An Exploration of Changing Supply Relationships. *Production Planning & Control*, 31(2-3), 203-219.
- Bokrantz, J., et al. (2020). Smart Maintenance: A Research Agenda for Industrial Maintenance Management. *International Journal of Production Economics*, 224, 107547.
- Bostrom, R. P., & Heinen, J. S. (1977). MIS Problems and Failures: A Socio-Technical Perspective. Part I: The Causes. *MIS Quarterly*, 1(3), 17.
- Branstetter, L. G., Drev, M., & Kwon, N. (2019). Get with the Program: Software-Driven Innovation in Traditional Manufacturing. *Management Science*, 65(2), 541-558.
- Campagna, C. (2018). Digital Value or Vanity? Accenture.
- Cheng, Y., et al. (2018). The Evolution of Investment Patterns on Advanced Manufacturing Technology (AMT) in Manufacturing Operations: A Longitudinal Analysis. *International Journal of Production Economics*, 203, 239-253.
- Cherns, A. (1987). Principles of Sociotechnical Design Revisted. *Human Relations*, 40(3), 153-161.
- Clegg, C. W. (2000). Sociotechnical principles for system design. *Applied Ergonomics*, 31(5), 463-477.
- Clegg, Chris W., et al. (2017). Organizational Psychology as a Design Science: A Method for Predicting Malfunctions in Socio-Technical Systems. *Design Science*, 3.
- Clegg, H. A. (1979). *The Changing System of Industrial Relations in Great Britain*. Oxford: Blackwell.
- CNI - Confederação Nacional da Indústria - Portal da Indústria. (Ano não especificado). A importância da Indústria para o Brasil.

- <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/#:~:text=A%20import%C3%A2ncia%20da%20Ind%C3%BAstria%20para,e mpresarial%20em%20pesquisa%20e%20desenvolvimento.>
- Cognizant. (2020). AI: From Data to ROI. Cognizant. Disponível em <https://www.cognizant.com/us/en/whitepapers/documents-old/ai-from-data-to-roi-codex5984.pdf>.
- Colas, M., et al. (2014). Measure for Measure: The Difficult Art of Quantifying Return on Digital Investments. Capgemini Consulting. Disponível em https://www.capgemini.com/consulting-fr/wp-content/uploads/sites/31/2017/08/measure-for-measure_the-difficult-art-of-quantifying-return-on-digital-investments_capgemini_consulting.pdf.
- Culot, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2019). Integration and Scale in the Context of Industry 4.0: The Evolving Shapes of Manufacturing Value Chains. IEEE Engineering Management Review, 47(1), 45-51.
- Da Roit, B., & Iannuzzi, F. E. (2022). One of Many Roads to Industry 4.0? Technology, Policy, Organizational Adaptation and Worker Experience in 'Third Italy' SMEs. New Technology, Work & Employment, 1-20.
- Davis, M. C., Challenger, R., Jayewardene, D. N., & Clegg, C. W. (2014). Advancing socio-technical systems thinking: A call for bravery. Applied Ergonomics, 45(2), 171-180.
- Domini, G., et al. (2021). Threats and Opportunities in the Digital Era: Automation Spikes and Employment Dynamics. Research Policy, 50(7). Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733320302122>.
- Emery, F. (1980). Designing Socio-Technical Systems for 'Greenfield' Sites. Journal of Occupational Behaviour, 1(1), 19-27.
- Estrada, I., & Dong, J. Q. (2020). Learning from Experience? Technological Investments and the Impact of Coopetition Experience on Firm Profitability. Long Range Planning, 53(1), 1-19.
- Falkenberg, J., et al. (2020). Digitalisierung in Industriebetrieben. Hans Böckler Stiftung. Disponível em https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-007638/p_fofoe_report_006_2020.pdf.

- Felsberger, A., Qaiser, F. H., Choudhary, A., & Reiner, G. (2022). The Impact of Industry 4.0 on the Reconciliation of Dynamic Capabilities: Evidence from the European Manufacturing Industries. *Production Planning & Control*, 33(2/3), 277-300.
- Ficarra, M., Rückert, D., Virginie, A., & Weiss, C. (2021). Digitalisation in Europe 2020-2021. European Investment Bank.
- Fischer, G., & Herrmann, T. (2011). Socio-Technical Systems. *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development*, 3(1), 1-33.
- Fundação Getúlio Vargas (FGV) - Olhar Digital. (2023, 12 de abril). Governo gasta bilhões para ter certeza que você é você; entenda. <https://olhardigital.com.br/2023/04/12/pro/governo-gasta-bilhoes-para-ter-certeza-que-voce-e-voce-entenda/>
- Gillani, F., Chatha, K. A., Jajja, M. S. S., & Farooq, S. (2020). Implementation of Digital Manufacturing Technologies: Antecedents and Consequences. *International Journal of Production Economics*, 229, 107748.
- Gong, F., Cheng, Z., & Nault, B. R. (2021). The Different Effects of Hardware and Software on Production Interdependence in Manufacturing. *Decision Support Systems*, 145, 113521.
- Griffith, T. L., & Dougherty, D. J. (2001). Beyond socio-technical systems: introduction to the special issue. *Journal of Engineering and Technology Management*, 18(3-4), 207-218.
- Grosch, K., Kuschel, H., Knaub, A., & Neuhofer, S. (2021). Potenzialanalyse Zur Steigerung von Digitalisierung Bei KMU. Institut für Höhere Studien - Institute for Advanced Studies (IHS). <https://core.ac.uk/download/pdf/491207362.pdf>.
- Hirvonen, M. H. (2022). The pyramid model: Conceptualizing an organizational capability to design IT investments. *Journal of Electronic Commerce in Organizations*, 20(1).
- Kalaitzi, D., & Tsolakis, N. (2022). Supply Chain Analytics Adoption: Determinants and Impacts on Organisational Performance and Competitive Advantage. *International Journal of Production Economics*, 248, 108466.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Ghadge, A., & Raut, R. (2020). A Performance Measurement System for Industry 4.0 Enabled Smart Manufacturing System in SMMEs- A Review and Empirical Investigation. *International Journal of Production Economics*, 229, 107853.

- Kapoor, K., Ziaee Bigdeli, A., Dwivedi, Y. K., Schroeder, A., Beltagui, A., & Baines, T. (2021). A socio-technical view of platform ecosystems: Systematic review and research agenda.
- Li, D., Chen, Y., & Miao, J. (2022). Does ICT Create a New Driving Force for Manufacturing? - Evidence from Chinese Manufacturing Firms. *Telecommunications Policy*, 46(1).
- Lindley, R. (1997). *Smart Card Innovation*. Saim Pty Ltd.
- Lo, J. Y., Nag, R., Xu, L., & Agung, S. D. (2020). Organizational Innovation Efforts in Multiple Emerging Market Categories: Exploring the Interplay of Opportunity, Ambiguity, and Socio-Cognitive Contexts. *Research Policy*, 49(3), 103911.
- Louis, Dr. P., Geisert, G., & Blessing, R. (2020). Internet of Things from Buzzword to Business Case - How to Accurately Calculate the ROI of IoT Initiatives. Siemens Advanta. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ee9843cf-cea3-4b10-b292-93767d137a33/howtoaccuratelycalculateroiiniotwhitepaperbysiemensadvanta.pdf>.
- Mandal, S. (2017). The Influence of Dynamic Capabilities on Hospital-Supplier Collaboration and Hospital Supply Chain Performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(5), 664-684.
- McKinsey & Company. (2019). Transformações digitais no Brasil. <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/transformacoes-digitais-no-brasil>
- Morris, A. (2009). Socio-Technical Systems in ICT: A Comprehensive Survey.
- Panchal, S., & Iyer, G. (2020). Stepping Up the Pace. Cognizant. <https://www.cognizant.com/us/en/whitepapers/documents/stepping-up-the-pace-codex6160.pdf>.
- Pasmore, W., Francis, C., Haldeman, J., & Shani, A. (1982). Sociotechnical Systems: A North American Reflection on Empirical Studies of the Seventies. *Human Relations*, 35(12), 1179-1204.
- Peng, C., Yang, S., & Jiang, H. (2022). Does digitalization boost companies' outward foreign direct investment? *Frontiers in Psychology*, 13, Article number 1006890. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1006890>
- Ricci, R., Battaglia, D., & Neirotti, P. (2021). External Knowledge Search, Opportunity Recognition and Industry 4.0 Adoption in SMEs. *International Journal of Production Economics*, 240, 108234.

- Roit, B., & Iannuzzi, F. E. (2022). One of Many Roads to Industry 4.0? Technology, Policy, Organizational Adaptation and Worker Experience in 'Third Italy' SMEs. *New Technology, Work & Employment*, 1-20.
- Ropohl, G. (1999). Philosophy of Socio-Technical Systems. *Society for Philosophy and Technology Quarterly Electronic Journal*, 4(3), 186-194.
- Rose, K., & Jones, A. (2020). Don't Let 2020 Be Another Year of Empty Digital Promises. Deloitte Digital. <https://www.deloittedigital.com/content/dam/deloittedigital/us/documents/blog/blog-20200518-digital-consumer-products.pdf>.
- Sandrini, L. (2021). Incentives for Labour-Augmenting Innovations in Vertical Markets: The Role of Wage Rate. *International Journal of Industrial Organization*, 75, 102715.
- Schroeder, A., Naik, P., Bigdeli, A. Z., & Baines, T. (2020). Digitally Enabled Advanced Services: A Socio-Technical Perspective on the Role of the Internet of Things (IoT). *International Journal of Operations & Production Management*, 1-26.
- Siemens AG. (2019). Countdown to the Tipping Point for Industry 4.0. Siemens Financial Services. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:a2847694-4b39-4cc5-a281-845d006748de/sfs-cof-whitepaper-countdown-to-the-tipping-point-for-Industry40-EN.pdf>.
- Sjödin, D., Parida, V., Kohtamäki, M., & Wincent, J. (2020). An Agile Co-Creation Process for Digital Servitization: A Micro-Service Innovation Approach. *Journal of Business Research*, 112, 478-491.
- Song, S. (2022). Locational Boundness of Resource, Compatibility of Production, and Downside Risks of Multinationality. *Global Strategy Journal*, 12(2), 334-358.
- Stornelli, A., Ozcan, S., & Simms, C. (2021). Advanced Manufacturing Technology Adoption and Innovation: A Systematic Literature Review on Barriers, Enablers, and Innovation Types. *Research Policy*, 50(6), 104229.
- Tang, W., Wang, T., & Xu, W. (2022). Sooner or Later? The Role of Adoption Timing in New Technology Introduction. *Production and Operations Management*, 31(4), 1663-1678.
- Trantopoulos, K., von Krogh, G., Wallin, M. W., & Woerter, M. (2017). External Knowledge and Information Technology: Implications for Process Innovation Performance. *MIS Quarterly*, 41(1), 287-A8.

- Trist, E. L. (1981). The evolution of socio-technical systems. Ontario Quality of Working Life Centre.
- Trist, E., Higgin, G., Murray, H., & Pollock, A. (2016). Organizational Choice. Taylor & Francis Group.
- Vedantam, A., & Iyer, A. (2021). Capacity Investment under Bayesian Information Updates at Reporting Periods: Model and Application. *Production and Operations Management*, 30(8), 2707-2725.
- Wangenheim, F., Wunderlich, N. V., & Schumann, J. H. (2017). Renew or Cancel? Drivers of Customer Renewal Decisions for IT-Based Service Contracts. *Journal of Business Research*, 79, 181-188.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.