

# DIAGNÓSTICO DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS 4.0: UM ESTUDO DE MULTICASOS REALIZADO NA CIDADE DE PELOTAS

**David Fernandes de Avila (Universidade Federal de Pelotas)**

**Aline Soares Pereira (Universidade Federal de Pelotas)**

**Alejandro Martins Rodriguez (Universidade Federal de Pelotas)**

**Walter Ruben Iriondo Otero (Universidade Federal de Pelotas)**



*No decorrer dos anos a sociedade passou por diversas revoluções, uma das mais disruptivas acontece nesse momento, a chamada Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, a qual está ocasionando uma interconexão de informações do mundo físico com o digital. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico de adoção das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 através de uma ferramenta de análise do índice de maturidade, para três empresas de diferentes segmentos presentes na cidade de Pelotas. Para isso, foi utilizado a ferramenta que mais se adequa ao presente estudo de multicasos, sendo aplicado o checklist de avaliação de maturidade, elaborado em conjunto com o Núcleo de Estudos Aplicados em Indústria 4.0 (NEAI 4.0), de forma a estimar e avaliar o grau de inserção das organizações em estudo no ambiente 4.0. A pesquisa em questão alcançou os objetivos estabelecidos no início do estudo, pois possibilitou a adaptação de um modelo de maturidade à realidade local e a avaliação do índice de maturidade das empresas em relação à Indústria 4.0. Portanto, os resultados da avaliação revelaram uma pontuação final dos índices gerais de maturidade das empresas, refletindo a perspectiva do gestor sobre a implementação dos processos e tecnologias da organização no contexto do ambiente 4.0, notando-se que a empresa Z é a que realiza investimentos em todas as áreas relevantes e adota processos apoiados pela gestão de inovação interdepartamental, possuindo na maioria das áreas relevantes, capacidades necessárias para alcançar esse nível de maturidade e expandir ainda mais sua presença na Indústria 4.0.*

*Palavras-chave: Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial, Índice de Maturidade.*

## 1. Introdução

A evolução tecnológica e as constantes transformações do mercado demandam que as empresas se adaptem a novos modelos e metodologias, para aprimorar e melhorar seus serviços e produtos. Com a era da Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, diversas tecnologias, abrangendo o universo físico e digital, transformam a maneira de como os colaboradores interagem com os meios de produção (SILVA e ROCHA, 2020).

Conforme Stevan et al. (2018), tem ocorrido uma intensa implementação das tecnologias da Indústria 4.0 nas empresas brasileiras com a adoção de transformações digitais e novas maneiras de conduzir as tecnologias no ambiente de trabalho. Essa revolução tecnológica traz consigo mudanças significativas nas relações de trabalho, na educação e na sociedade em geral, sendo necessário avaliar o impacto que as mesmas causam para as organizações.

De fato, a Indústria 4.0 fornece uma ampla variedade de tecnologias que podem ser aplicadas de maneiras diversas em diferentes organizações, sendo necessário compreender o contexto e o propósito de cada empresa perante o mercado em que atua, para que assim possa se beneficiar dessas tecnologias. Cada organização possui necessidades específicas e pode necessitar de tecnologias que aprimorem a eficiência, produtividade, inovação ou capacidade de adaptação ao mercado, além de considerar as habilidades e conhecimentos dos colaboradores, para que possam usufruir plenamente das tecnologias implementadas (ALMEIDA, 2019).

Nesse contexto, é importante avaliar como as empresas estão utilizando as tecnologias da Indústria 4.0 para obter vantagens em seus sistemas produtivos e competitividade no mercado. Desse modo, compreender o nível de maturidade das empresas em relação à Indústria 4.0 é fundamental para analisar o uso de conceitos e ferramentas, sendo permitido identificar lacunas de competências necessárias para competir em um cenário de alta tecnologia e produtividade (SANTOS, 2018).

Com isso, surge como problema de pesquisa a seguinte indagação: Como realizar uma análise de diversos métodos e instrumentos para identificar qual é o que melhor permite avaliar o índice de maturidade do uso de tecnologias da Indústria 4.0 em três empresas de diferentes ramos, que implementam tecnologias e inovação em seus produtos e serviços?. Dessa maneira, o objetivo é realizar um diagnóstico de adoção das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 através de uma ferramenta de análise do índice de maturidade para três empresas de diferentes segmentos presentes na cidade de Pelotas/RS.

## 2. Revisão da Literatura

## 2.1. Indústria 4.0

A Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 é marcada por uma abordagem que busca a integração entre a produção física e a tecnologia digital, resultando em sistemas de produção inteligentes e conectados, nos quais permitem uma maior eficiência no desenvolvimento de processos e produtos (SOUZA et al., 2017).

O conceito de Indústria 4.0 teve origem por meio de uma iniciativa do governo alemão em 2011, que culminou no lançamento do projeto intitulado *Plattform Industrie 4.0* na Feira de Hannover. O citado projeto teve o propósito de desenvolver alta tecnologia para permitir a interação entre sistemas automatizados que se comunicam trocando informações e dados entre máquinas e seres humanos, visando otimizar todo o processo de produção, sendo em 2012 criado o primeiro grupo de estudos da Indústria 4.0, com o intuito de elaborar recomendações necessárias para implementar esses novos conceitos e tecnologias (SACOMANO et al., 2018).

## 2.2. Conceitos e Tecnologias da Indústria 4.0

A integração das tecnologias da Indústria 4.0 permite que ocorra uma evolução significativa no que se refere à inteligência das máquinas, eficiência das fábricas, redução dos desperdícios nos processos, flexibilidade das linhas de produção e um aumento expressivo em relação à produtividade (ERICSSON, 2021).

Conforme Quintino et al. (2019), a Indústria 4.0 se apoia sobre nove pilares tecnológicos: *Big Data*; Robótica Autônoma; Impressão 3D; Simulação; Integração de Sistemas; Computação em Nuvem; Internet das Coisas; Cibersegurança, e Realidade Aumentada. Enquanto que Sacomano et al. (2018) realiza uma divisão dos componentes que fazem parte dessa categoria, em três conjuntos de elementos: Base (ou fundamentais); Estruturantes, e Complementares.

Os elementos Base ou Fundamentais, representam a base tecnológica essencial na qual o conceito de Indústria 4.0 se apoia; os elementos Estruturantes consistem em tecnologias e/ou conceitos que possibilitam a construção de aplicações, e os elementos Complementares expandem as possibilidades da Indústria 4.0, embora sua utilização não seja necessariamente suficiente para caracterizar uma aplicação industrial como Indústria 4.0.

Com isso, tem-se que os nove pilares tecnológicos da Indústria 4.0 estão distribuídos entre os três conjuntos de elementos formadores. Dessa maneira, dos elementos base ou fundamentais fazem parte a IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas) e CPS (*Cyber-Physical Systems* - Sistemas Ciber Físicos), enquanto que dos elementos estruturantes fazem parte a Computação em Nuvem, a IA (*Artificial Intelligence* - Inteligência Artificial), *Big Data*, Integração de

Sistemas, Robótica e Cibersegurança. Já nos elementos complementares, tem-se a RA (Realidade Aumentada) e Impressão 3D.

### **2.3. Papel dos Gestores na Implementação da Indústria 4.0**

Importante destacar que os fatores humanos desempenham um papel fundamental para o sucesso de qualquer organização que busca se inserir no cenário da Indústria 4.0, pois a geração massiva de dados decorrente desta nova revolução tecnológica não terá nenhum valor se não houver indivíduos capacitados a interpretá-los e analisá-los para embasar a tomada de decisões (VASSALO; JACOBS, 2020). Nesse contexto, as organizações precisam investir em recrutamento e programas de treinamento para fortalecer a resolução de problemas, gestão de habilidades criativas e competências interpessoais (SCHWAB et al., 2018), já que para que os profissionais possam se destacar no atual mercado de trabalho, é importante que eles possuam as habilidades e competências necessárias para lidar com as constantes mudanças provocadas pela Indústria 4.0 (JACINTHO, 2018).

Além disso, líderes sistemáticos devem alinhar os valores da empresa com a nova revolução tecnológica, pois esses valores não só motivam, mas também otimizam os benefícios de forma socialmente responsável (BODENBENNER, 2019).

No contexto empresarial, a implementação da gestão 4.0 proporciona um aumento na produtividade, uma redução nos custos e uma gestão mais orientada ao cliente, que são resultados alcançados graças ao uso constante de dados gerados por sistemas de controle, que possibilitam uma tomada de decisão mais precisa e ágil (GARCIA et al., 2020). Desse modo, algumas das principais responsabilidades dos gestores na implementação da Indústria 4.0 são: definir a estratégia da sua implementação; investir em tecnologia adequada; capacitar os colaboradores; gerenciar a mudança, e garantir a segurança dos dados (OROOJI et al., 2021).

No entanto, os gestores devem estar cientes do impacto dessas mudanças no ativo humano e não apenas na produtividade ou nos processos tecnológicos. O gestor 4.0 deve ser capaz de inspirar sua equipe, pois, assim como a tecnologia, o pensamento humano também precisa evoluir, criando novos propósitos para o trabalho e incentivando-os a se reinventar diante dos desafios que surgem (BUENO; MORAES, 2018).

### **2.4. Modelos de Avaliação de Maturidade da Indústria 4.0**

Os modelos de maturidade são utilizados como ferramentas para conceituar e avaliar o nível de maturidade de uma organização ou de um processo em relação a um estado-alvo específico. Em contraposição, os modelos de prontidão têm como objetivo identificar o ponto

de partida e facilitar o início do processo de desenvolvimento. A principal diferença entre prontidão e maturidade é que a avaliação de prontidão ocorre antes do início do processo de maturação, enquanto a avaliação de maturidade visa determinar em que estágio a organização se encontra durante o processo de maturação (SCHUMACHER et al., 2016).

Com isso, os modelos de avaliação de maturidade são compostos de diversas partes que definem o estado de desenvolvimento de uma área específica de interesse, bem como os processos necessários para atingir um cenário futuro desejado, nos quais são utilizados como ferramentas para medir o grau de maturidade da empresa ou de processos (SANTOS, 2018). Dessa forma, pode-se afirmar que o nível de maturidade é alcançado por meio da implementação e adoção de práticas gerais e específicas, que são baseadas em uma combinação de processos que ampliam o resultado geral de uma organização ou atividade em particular (SOUZA; GOMES, 2015). Durante o desenvolvimento deste trabalho foram estudados alguns modelos relacionados ao índice de maturidade da Indústria 4.0 com o objetivo de conhecer o que existe na literatura (Quadro 1).

Quadro 1 - Modelos de maturidades

Modelo de maturidade	Definição	Níveis	Dimensões avaliadas
Guia de Avaliação de Maturidade da ACATECH (SCHUH et al., 2017)	Ferramenta que pode ser considerada tanto um modelo de avaliação de maturidade quanto um guia para empresas que desejam se desenvolver na Indústria 4.0. Desse modo, ele tem como objetivo ajudar as empresas a entenderem em que estágio estão no processo de transformação, considerando aspectos tecnológicos, organizacionais e culturais.	1) Informatização; 2) Conectividade; 3) Visibilidade; 4) Transparência; 5) Capacidade preditiva; 6) Adaptabilidade.	<b>Recursos:</b> capacidade digital e comunicação estruturada; <b>Sistemas de informação:</b> auto aprendizado no processamento da informação e integração de sistemas de informação; <b>Estrutura organizacional:</b> organização interna orgânica e colaboração dinâmica ao longo de toda a cadeia de valor; <b>Cultura organizacional:</b> abertura para mudança e colaboração social.
Metodologia de Maturidade de De Bruin et al. (2005)	Apresenta um processo de desenvolvimento de modelos de maturidade que pode ser aplicado a diversos domínios, não se limitando apenas à Indústria 4.0. Assim, tem-se uma proposta de modelo de maturidade focada em seis estágios iterativos, no qual os resultados gerados em cada fase podem ser reexaminados ao passar das fases.	Fase 1 - Escopo; Fase 2 - Projetar; Fase 3 - Compor; Fase 4 - Testar; Fase 5 - Implementar; Fase 6 - Manter.	
Modelo de Avaliação de Maturidade de Schumacher et al.	Tem o objetivo de permitir que as empresas avaliem rigorosamente sua maturidade relacionada à Indústria 4.0, podendo refletir a	1 ao 5	Clientes; Cultura; Estratégia; Governança;

(2016)	adequação das estratégias atuais.		Liderança; Operações; Pessoas; Produtos; Tecnologia.
Modelo IMPULS-VDMA (LICHTVLAU et al., 2015)	Modelo que desencadeou uma metodologia on-line em que as organizações tiveram a possibilidade de se autoavaliar, sendo uma ferramenta modelo de análise e aferição de maturidade.	0) Outsider 1) Beginner 2) Intermediate 3) Experienced 4) Expert 5) Top Performer	Estratégia e Organização; Fábricas Inteligentes; Operações Inteligentes; Produtos Inteligentes; Serviços derivados da coleta de dados; Mão de obra.
Checklist NEAI 4.0 (KULZER et al., 2022)	Checklist inspirado em modelos de avaliação do índice de maturidade já existentes, seguindo a abordagem desenvolvida por De Bruin et al. (2005) para a criação de modelos de maturidade. Além disso, a avaliação dos níveis de maturidade empregou a escala de medição proposta por Lichtblau et al. (2015).	0) Outsider 1) Beginner 2) Intermediate 3) Experienced 4) Expert 5) Top Performer	Perfil da Organização; Elementos Base ou Fundamentais; Elementos Estruturantes; Elementos Complementares; Estrutura Organizacional; Cultura Organizacional; Estratégia Organizacional.
CMMI - Capability Maturity Model Integration (PROENÇA et al., 2018)	Modelo de maturidade que sugere práticas a serem aplicadas aos processos de desenvolvimento integrado de <i>hardware</i> e <i>software</i> nas organizações. Visando melhorar a qualidade e eficácia dos processos organizacionais.	Nível 1: Inicial; Nível 2: Gerenciado; Nível 3: Definido; Nível 4: Quantitativamente Gerenciado; Nível 5: Em Otimização.	Gerenciamento de Processos; Gerenciamento de Projetos; Engenharia; Apoio.

Fonte: Autores (2023)

Os citados modelos de índice de maturidade da Indústria 4.0 serviram de embasamento para o desenvolvimento do trabalho.

### 3. Metodologia

Trata-se de um estudo de multicasos com característica descritiva, no qual buscou-se realizar um diagnóstico de adoção das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 através de uma ferramenta de análise do índice de maturidade para três empresas de diferentes segmentos presentes na cidade de Pelotas/RS.

Uma das empresas sob análise é uma das maiores indústrias de produtos alimentícios do Brasil. A outra empresa avaliada, é uma referência nacional no desenvolvimento e fabricação de máquinas para formação automática de caixas de papelão ondulado, micro-ondulado e cartão. Além disso, destaca-se por suas soluções de engenharia de final de linha, que oferecem eficiência e produtividade aos processos de produção, possuindo uma ampla expertise na área e sendo reconhecida por sua alta qualidade e tecnologia avançada, o que a torna uma das principais referências no setor. A terceira empresa avaliada se destaca pela qualidade e agilidade na produção de móveis planejados, e atualmente adota tecnologias de ponta na sua linha de produção, seguindo os princípios da Indústria 4.0. Com a

implementação de sistemas automatizados e conectados, a empresa consegue produzir móveis de forma mais eficiente, rápida e sustentável, reduzindo custos e aumentando a produtividade. Para a pesquisa nas empresas foi adaptado o *checklist* desenvolvido pelo NEAI 4.0 (KULZER et al., 2022) numa escala de avaliação com uma amplitude menor em comparação ao NEAI 4.0, pois no modelo original se utiliza uma escala *likert* de um a cinco, mas nesta pesquisa adotou-se uma escala de um a quatro, sendo uma escolha fundamentada na análise de que escalas sem um valor central tendem a proporcionar respostas mais precisas e assertivas por parte dos avaliadores (STAKE, 2011).

Além da diferença na amplitude da escala, houve uma adaptação nos critérios de avaliação, não se tratando apenas de números representativos, mas também de uma breve descrição para cada um dos valores na escala. Essa descrição proporcionou uma compreensão mais clara e detalhada dos pontos avaliados, enriquecendo o processo de análise. Essas adaptações nos critérios de avaliação representam um aprimoramento significativo na metodologia utilizada, pois, ao incorporar uma escala mais específica e informativa, aliada a uma descrição elucidativa, a ferramenta proporcionou uma análise mais abrangente e precisa das questões em avaliação.

Portanto, a escolha das empresas estudadas teve como foco serem de diferentes segmentos, o qual foi enviado para os gestores das mesmas, havendo a necessidade destes conhecerem os processos de forma clara e objetiva. O questionário foi remetido aos gestores das empresas no dia 21 de agosto de 2023, com as respostas nos dias 24 e 25 de agosto. Foi utilizado o *Google Forms*, e-mail e uma breve explicação através do *WhatsApp*.

#### **4. Resultados e Discussão**

As respostas ao questionário permitiram obter informações e opiniões sobre o perfil organizacional, elementos base ou fundamentais, elementos estruturantes, elementos complementares, estrutura e cultura organizacional, e outros elementos de infraestrutura sobre a escala de maturidade de cada empresa, que, a partir de agora, serão mencionadas como empresa “X”, “Y” e “Z”: empresa de fabricação de produtos alimentícios (X); empresa de fabricação de máquinas para formação automática de caixas de papelão (Y); e empresa de produção de móveis planejados (Z).

##### **4.1. Perfil da Organização**

As três empresas são categorizadas como indústrias, mas a Y atua de forma ampla (desde o local até o nacional), enquanto que a Z atua de forma regional e a X de maneira internacional.

## 4.2. Elementos Base ou Fundamentais

Os elementos base ou fundamentais presentes na Indústria 4.0 abordam a base técnica essencial para a existência dos conceitos de ambiente 4.0 na indústria. O Quadro 2 apresenta o nível de inserção das tecnologias IoT, IoS e CPS, presente nas três indústrias analisadas.

Quadro 2 - Elementos Base ou Fundamentais

Dimensões	Empresa	Nível	Classificação
Uso de elementos referentes a Internet das Coisas (IoT)	X	3	<i>Experienced</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Utilização de elementos referentes a Internet de Serviços (IoS)	X	3	<i>Experienced</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	3	<i>Experienced</i>
Empregabilidade dos Sistemas Ciber-Físico (CPS)	X	3	<i>Experienced</i>
	Y	2	<i>Intermediate</i>
	Z	3	<i>Experienced</i>

Fonte: Autores (2023)

## 4.3. Elementos Estruturantes

Os elementos estruturantes da Indústria 4.0 devem estar presentes e consolidados dentro do ambiente industrial. O Quadro 3 apresenta os níveis de inserção da Automação, M2M, IA, *Big Data*, Computação em Nuvem, Integração de Sistemas e Segurança Digital, presentes nas três indústrias analisadas.

Quadro 3 - Elementos Estruturantes

Dimensões	Empresa	Nível	Classificação
Empregabilidade da automação nos processos	X	3	<i>Experienced</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	2	<i>Intermediate</i>
Empregabilidade dos sistemas M2M	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	3	<i>Experienced</i>
	Z	3	<i>Experienced</i>
Utilização da IA	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	1	<i>Beginner</i>
	Z	0	<i>Outsider</i>
Empregabilidade do Big Data	X	3	<i>Experienced</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	3	<i>Experienced</i>
Utilização da Computação em Nuvem	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	3	<i>Experienced</i>
	Z	3	<i>Experienced</i>
Integração dos Sistemas de Informação	X	4	<i>Expert</i>
	Y	2	<i>Intermediate</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Empregabilidade da Segurança Digital	X	3	<i>Experienced</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	1	<i>Beginner</i>

Fonte: Autores (2023)

## 4.4. Elementos Complementares

Os elementos complementares da Indústria 4.0 são esperados em grande medida no ambiente industrial, contemplando tecnologias como etiquetas RFID, QR Code, RA, RV e Manufatura Aditiva. Esses elementos são empregados de maneira ocasional no contexto da Indústria 4.0,

trazendo como vantagem a expansão das oportunidades para o desenvolvimento do conceito 4.0 dentro das empresas analisadas (Quadro 4).

Quadro 4 - Elementos Estruturantes Complementares

Dimensões	Empresa	Nível	Classificação
Utilização de sensores RFID	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	0	<i>Outsider</i>
Utilização de QR Code	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Utilização de Realidade Aumentada (RA)	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Utilização de Realidade Virtual (RV)	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Utilização de Manufatura Aditiva	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	0	<i>Outsider</i>

Fonte: Autores (2023)

#### 4.5. Estrutura Organizacional

A estrutura organizacional pode ser compreendida como a maneira pela qual as atividades realizadas por uma organização são fragmentadas, estabelecidas e coordenadas. Assim, percebe-se no Quadro 5 que nas três empresas analisadas se utilizam de grupos de trabalhos flexíveis, havendo os grupos de flexibilidade em relação às habilidades, o qual é a força de trabalho possuindo condições de migrar de um conjunto de habilidades a outro uma vez que as tendências da demanda são definidas.

Quadro 5 - Estrutura Organizacional

Dimensões	Empresa	Nível	Classificação
Grupos de trabalhos flexíveis	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Programas de desenvolvimento e promoção da autonomia da força de trabalho	X	4	<i>Expert</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	0	<i>Outsider</i>
Sistemas de metas motivadoras	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	0	<i>Outsider</i>
Gerenciamento ágil	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Foco nos benefícios ao cliente	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Cooperação na rede de valor	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>

Fonte: Autores (2023)

#### 4.6. Cultura Organizacional

A cultura organizacional é o conjunto de práticas, crenças e valores que criam uma identidade, compromisso e senso de pertencimento entre os membros da empresa. Desse modo, nota-se no Quadro 6 que as três empresas analisadas possuem um reconhecimento de valor dos erros, assim como estão abertas à inovação, buscando aprendizado baseado em dados e tomada de decisão, além de ter uma responsividade à mudança, promoção da comunicação aberta, e confiança nos processos e nos sistemas de informação.

Quadro 6 - Cultura Organizacional

Dimensões	Empresa	Nível	Classificação
Reconhece o valor dos erros	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Abertura para inovação	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Aprendizado baseado em dados e tomada de decisão	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Programa de desenvolvimento profissional contínuo	X	4	<i>Expert</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Responsividade à mudança	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Estilo de liderança democrática	X	4	<i>Expert</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	0	<i>Outsider</i>
Promoção da comunicação aberta	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Confiança nos processos e nos sistemas de informação	X	4	<i>Expert</i>
	Y	4	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>

Fonte: Autores (2023)

#### 4.7. Estratégia Organizacional

A estratégia organizacional está relacionada a outros elementos que podem impulsionar a inovação, orientando às empresas para a implementação abrangente dos princípios da Indústria 4.0. Desse modo, nota-se no Quadro 7 se as indústrias analisadas possuem um plano de implementação relacionado à Indústria 4.0, e se as mesmas têm uma coordenação de atividades relacionada a esses conceitos.

Quadro 7 - Estratégia Organizacional

Dimensões	Empresa	Nível	Classificação
Plano de implementação da Indústria 4.0	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Coordenação de atividades relacionada aos conceitos da Indústria 4.0	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>

Fonte: Autores (2023)

#### 4.8. Escala de Maturidade

Analisando os dados coletados nas empresas, é realizado o diagnóstico da avaliação dos índices gerais de maturidade, elaborado através da média simples obtida entre as dimensões existentes dentro de cada bloco. Com isso, tem-se o Quadro 8 com os índices de cada bloco analisado nas empresas, ressaltando que a parte da estrutura, organização e elementos estratégicos foram definidas como nível quatro em situação de resposta positiva sobre o tópico, e nível zero, caso não estivesse presente na empresa o assunto questionado.

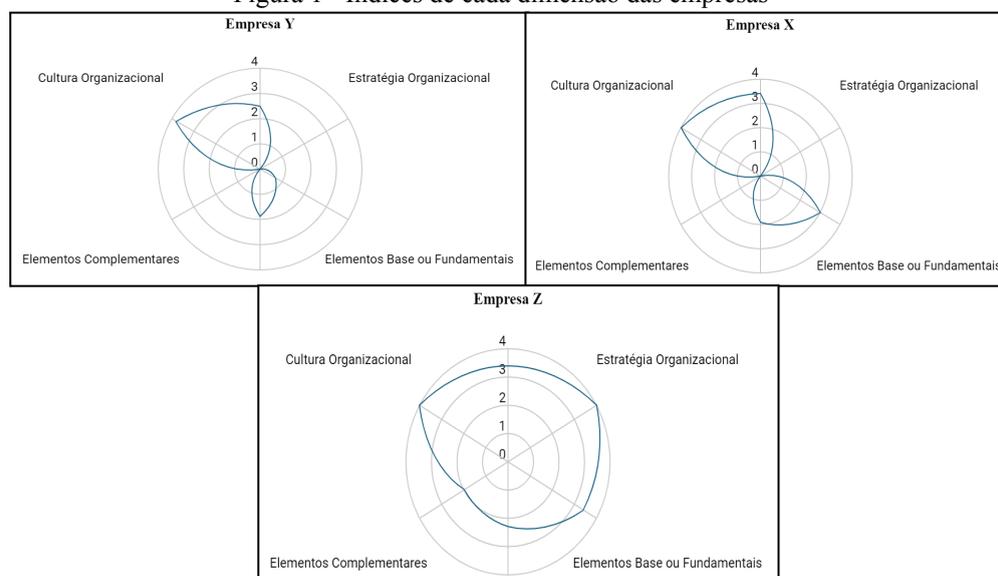
Quadro 8 - Níveis de Maturidade

Bloco	Empresa	Média de Nível	Classificação
Elementos Base ou Fundamentais	X	3	<i>Expert</i>
	Y	0,7	<i>Outsider</i>
	Z	3,4	<i>Expert</i>
Elementos Estruturantes	X	1,9	<i>Beginner</i>
	Y	1,9	<i>Beginner</i>
	Z	2,3	<i>Intermediate</i>
Elementos Complementares	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	2	<i>Intermediate</i>
Estrutura Organizacional	X	3,4	<i>Expert</i>
	Y	2,5	<i>Intermediate</i>
	Z	3,4	<i>Expert</i>
Cultura Organizacional	X	4	<i>Expert</i>
	Y	3,8	<i>Expert</i>
	Z	4	<i>Expert</i>
Estratégia Organizacional	X	0	<i>Outsider</i>
	Y	0	<i>Outsider</i>
	Z	4	<i>Expert</i>

Fonte: Autores (2023)

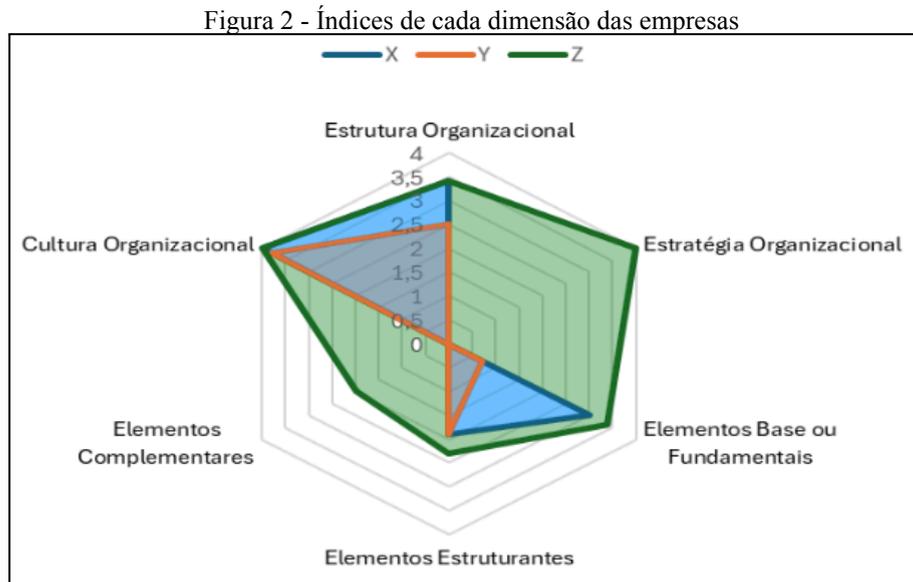
Utilizando os dados é realizada a representação gráfica de cada uma das empresas em relação aos níveis de cada uma delas sobre suas dimensões, como pode ser observado nas Figura 1.

Figura 1 - Índices de cada dimensão das empresas



Fonte: Autores (2023)

Com base nos dados até aqui apresentados, é realizada a comparação entre as dimensões das três empresas estudadas (Figura 2).



Fonte: Autores (2023)

Realizada a média das dimensões de cada bloco analisados nas empresas, obteve-se o índice geral de maturidade das mesmas, realizando uma média simples, novamente, utilizando as médias finais obtidas nas dimensões. Dessa forma, observa-se no Quadro 9 o índice global de maturidade do uso de tecnologias da Indústria 4.0 das empresas, sendo a empresa Z com o maior índice, 3,5.

Quadro 9 - Índice global

Empresa	Índice Global	Classificação
X	2,5	<i>Intermediate</i>
Y	1,5	<i>Beginner</i>
Z	3,5	Expert

Fonte: Autores (2023)

É importante destacar que o formulário de avaliação aplicado nas empresas em relação ao índice de maturidade, não inclui ponderações específicas para as dimensões analisadas e mensuradas. Desse modo, a empresa X se classifica como “*intermediate*”, podendo observar que ela integra os princípios da Indústria 4.0 em sua estratégia, adotando indicadores apropriados para avaliar o progresso da implementação, mas sua infraestrutura de equipamentos, entretanto, não atende plenamente às necessidades de futuras expansões, sendo necessário que os colaboradores tenham habilidades necessárias para ampliar a adoção da Indústria 4.0.

A empresa Y se encontra como “*beginner*”, sabendo assim que a mesma está envolvida na Indústria 4.0 através de iniciativas piloto. Existem apenas alguns processos produtivos com sistemas integrados e com partilha de informações limitados a poucas áreas, ou seja, sua

capacidade para expandir a Indústria 4.0 é encontrada em apenas algumas áreas específicas da empresa.

A empresa Z foi classificada como “*expert*”, pois acompanha as estratégias para a Indústria 4.0, realizando investimentos em todas as áreas relevantes e adota processos apoiados pela gestão de inovação interdepartamental, possuindo na maioria das áreas relevantes, capacidades necessárias para alcançar esse nível de maturidade e expandir ainda mais sua presença na Indústria 4.0.

## 5. Conclusão

Através do presente trabalho, foi possível realizar uma análise de diversos métodos e instrumentos que permitem avaliar o índice de maturidade do uso de tecnologias da Indústria 4.0 nas empresas, assim como utilizar um deles para um estudo de multicase em três indústrias de diferentes ramos de atuação, localizadas na cidade de Pelotas/RS. Nesse contexto, os resultados da pesquisa revelam que as empresas estudadas estão adotando diversas tecnologias emergentes em diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico, em conformidade com os requisitos impostos pelo conceito da Indústria 4.0.

Quanto aos fatores organizacionais e culturais, as citadas empresas destacam-se por possuir um forte espírito inovador e estilo de comunicação aberta, garantindo maior eficiência e transparência com os colaboradores envolvidos ao longo dos processos.

Considerando que o propósito do índice de maturidade é examinar a forma como a empresa opera e se adapta aos conceitos do ambiente 4.0, é importante notar que a organização mantém plena autonomia para avaliar e determinar quais ferramentas e tecnologias são pertinentes à sua unidade fabril. Nesse contexto, com relação ao índice geral de maturidade das empresas, a empresa Z foi a que teve seu valor mais voltado para o ambiente 4.0, sendo um índice de 3,5, traduzindo a visão que o gestor da empresa possui sobre os processos e ferramentas que são utilizados em ambiente fabril.

O presente trabalho também contribuiu para o aperfeiçoamento do *checklist* do NEAI 4.0, pois além de experimentar uma alteração na escala utilizada, foi realizada uma adaptação nos critérios de avaliação. Dessa maneira, os critérios não se limitaram apenas a valores numéricos, que foram enriquecidos com uma breve descrição para cada ponto na escala. Isso proporcionou uma compreensão mais detalhada e contextualizada dos valores, ampliando a riqueza da avaliação e facilitando a interpretação dos resultados obtidos no âmbito dos questionamentos realizados.

Além disso, é importante explorar a possibilidade de incorporar fatores de ponderação no modelo de maturidade proposto pelo NEAI 4.0, visando aprimorá-lo para futuras aplicações, podendo contribuir para uma avaliação mais precisa e abrangente dos níveis de maturidade das empresas em relação à Indústria 4.0, tornando o modelo ainda mais eficaz e adaptável às necessidades em constante evolução do mercado.

A vasta experiência e profundo conhecimento dos respondentes foi fundamental para gerar resultados confiáveis, representando o nível de preparação da empresa diante deste paradigma industrial em evolução. Os respondentes não apenas contribuíram com uma bagagem substancial de conhecimento sobre os processos e práticas tradicionais da indústria, mas também evidenciaram uma profunda compreensão das tecnologias emergentes e engenharias que moldam essa nova era industrial.

Ademais, os resultados da pesquisa apontam que os respondentes possuem um olhar aguçado para inovação e um compromisso firme com a melhoria contínua, eles capacitam suas empresas a abraçar eficazmente a transformação digital, maximizando a eficiência operacional e a competitividade no mercado global da Indústria 4.0.

Portanto, os objetivos propostos neste trabalho foram atingidos, sendo recomendável que se conduzam outros estudos nas empresas analisadas, a fim de acompanhar e avaliar o progresso no desenvolvimento tecnológico em relação à Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. S. **Indústria 4.0: Princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2019.
- BODENBENNER, S. **Industry 4.0: The Role of Managers in the Digital Transformation**. Business and Economic Horizons, 376-392. 2019. Disponível: <https://doi.org/10.15208/beh.2019.25>. Acesso: 16 abril de 2023.
- BUENO, F. M.; MORAIS, P. A. V. **Fábricas Inteligentes e os Desafios das Novas Competências e Habilidades Técnicas do Engenheiro de Produção**. 2018. XXV Simpósio de Engenharia de Produção. Disponível: <https://simpep.feb.unesp.br/anaisimpep>. Acesso: 29 março de 2023.
- DE BRUIN, T. et al. **Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model**. Association for Information Systems, Sydney, v. 16, nov./dez. 2005. Disponível: <https://aisel.aisnet.org/acis>. Acesso: 13 abril de 2023.
- ERICSSON, Group. **Unlock the value of Industry 4.0**. 2021. Disponível: <https://www.ericsson.com>. Acesso: 06 abril de 2023.
- GARCIA, Solimar; et al. **Gestão 4.0 em tempos de disrupção**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2020.
- JACINTHO, J. C. **Necessidades de Formação e Capacitação de Engenheiros e Técnicos para a Indústria 4.0**. In: Sacomano, J. B., Gonçalves, R. F., Silva, M. T., Bonilla, S. H., Sátyro, W. C. Indústria 4.0: conceitos e fundamentos. São Paulo: Blucher, 2018.

KULZER, Vitória Breda; PEREIRA, Aline; GRIMMLER, Juliana do Amaral Martins; RODRIGUEZ, Alejandro Martins. **Avaliação do índice de maturidade da indústria 4.0 em uma empresa do ramo fumageiro**. Revista Prociências, v. 5, n. 1, julho de 2022.

LICHTBLAU, K. et al. **Industrie 4.0 Readiness**. 2015. p. 13. Disponível: <https://industrie40.vdma/Industrie4>. Acesso: 18 abril de 2023.

OROOJI, A.; et al. **The role of management in Industry 4.0: A review**. Journal of Industrial Information Integration, 23, 100334. 2021. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100334>. Acesso: 13 abril de 2023.

PROENÇA, D., e BORBINHA, J. (2018). Formalizing ISO/IEC 15504-5 and SEI CMMI v1. 3. **Enabling automatic inference of maturity and capability levels**. Computer Standards & Interfaces, 60, 13-25.

QUINTINO, Luis Fernando; ABDALLA, Marcos Antônio; et al. **Indústria 4.0**. Porto Alegre: Sagah, 2019.

SACOMANO, José B.; GONÇALVES, Rodrigo F.; SILVA, Márcia T.; et al. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 2018.

SANTOS, R. C. **Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Universidade de Coimbra. Coimbra, 2018.

SCHUH, G. et al. **Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies**. 2017. Disponível: <https://www.acatech.de/wpcontent/uploads/2018/03/acatech>. Acesso: 03 abril de 2023.

SCHUMACHER, A. et al. **A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises**. 2016. Disponível: [https://publik.tuwien.ac.at/files/publik\\_255445.pdf](https://publik.tuwien.ac.at/files/publik_255445.pdf). Acesso: 18 abril de 2023.

SCHWAB, Klaus; DAVIS, Nicholas. **Aplicando a 4ª Revolução Industrial**. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2018.

SILVA, Marcus Vinícius Gonçalves; ROCHA, Clarissa Figueredo. **Avaliação do nível de maturidade da Indústria 4.0: O caso de uma empresa estratégica de defesa**. Future Studies Research Journal: Trends and Strategies, v. 12, 2020.

SOUZA, Paulo Henrique, et al. **Indústria 4.0: contribuições para o setor produtivo moderno**. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2017.

SOUZA, T. F.; GOMES, C. F. S. **Assessment of Maturity in Project Management: A Bibliometric Study of Main Models**. Procedia Computer Science, Niterói, v. 55, p. 92-101, jul. 2015. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.012>. Acesso: 06 abril de 2023.

STAKE, Robert E. **Pesquisa Qualitativa: Estudando como as coisas funcionam**. 1. ed. Porto Alegre: ARTMED S.A., 2011.

STEVAN, S. L. J.; LEME, M. O.; SANTOS, M. M. D. **Indústria 4.0: Fundamentos, Perspectiva e Aplicações**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2018.

TASKFORCE & ADVISOR SÀRL, Business Facilitator 4.0. **Industry 4.0 for SME**. 2020. Disponível: <https://www.ta-ad.biz/en/>. Acesso: 14 abril de 2023.

VASSALO, D. JACOBS, M. **Não perca de vista o "Fator Humano" na Indústria 4.0**. DuPont. 2020. Disponível: <https://www.consultdss.com.br/Fator-Humano-naIndustria-40>. Acesso: 03 abril de 2020.