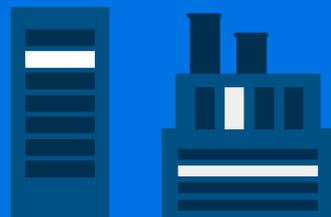
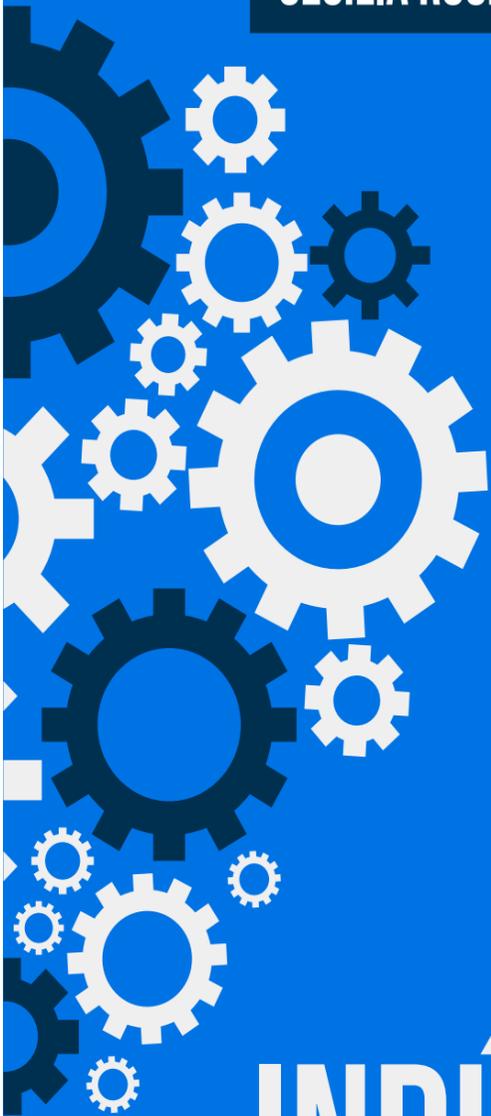


RHUBENS EWALD MOURA RIBEIRO  
CECÍLIA ROCHELE SILVA DE ABREU



# INOVAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA ERA DA

# INDÚSTRIA 4.0

Patrocínio:



CENTRO UNIVERSITÁRIO  
SANTO AGOSTINHO

Apoio:



Editora:

**KDP**

**RHUBENS EWALD MOURA RIBEIRO**  
**CECÍLIA ROCHELE SILVA DE ABREU**

**INOVAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA ERA  
DA INDÚSTRIA 4.0**

**1ª EDIÇÃO**

**TERESINA – PI**  
**EDITORA KDP – 2020**

2020 by KDP

**Autores:** Rhubens Ewald Moura Ribeiro e Cecília Rochele Silva de Abreu

**Diagramação:** Rhubens Ewald Moura Ribeiro

**Capa e Edição de Arte:** Luís Fernando Silva Monteiro

**Revisão:** Maria Luzinete de Moraes Alves

### **Conselho Editorial**

Carlos Alberto de Sousa Ribeiro Filho

Cícero Tadeu Tavares Duarte

Denise Juliana Bezerra de Pontes Barbosa

Evanielle Barbosa Ferreira

Indira Gandhi Bezerra de Sousa

Luana Grazielle Marreiros Santos

Luis Henrique dos Santos Silva Sousa

Marco Aurélio Medeiros do Nascimento

Maria Luzinete de Moraes Alves

Renato Anderson Moura Ribeiro

Rodrigo Ribeiro Costa Cavalcante

---

Inovação em sistemas de produção na era da indústria 4.0 / Rhubens Ewald Moura Ribeiro e Cecília Rochele Silva de Abreu. – 1ª Edição. – Teresina: Kindle Direct Publishing, 2020.

164 p.

Bibliografia

ISBN: 9798651411368

Selo Editorial: Independently published

1. Indústria 4.0. 2. Inovação. 3. Sistemas de Produção. 4. Filosofia Lean. Tomada de Decisão. I. Título.
-

**Permitido o download da obra e o compartilhamento desta, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.**

# AUTORES

---

## **Rhubens Ewald Moura Ribeiro**

Mestre em Administração (UFPR), Cursando MBA em Gestão Estratégica, Inovação e Conhecimento (UNIMAIS), Capacitação em Tutoria de EaD (UFPR), Bacharel em Administração (UFPR) e Sargento de Comunicações Militares (EsSA - Exército Brasileiro). Experiências profissionais como Professor de Graduação e Pós-Graduação em diversas IES (Caxias-MA, Curitiba-PR e Teresina-PI), Diretor Administrativo-Financeiro (CRA-PI), Diretor de Formação Profissional (CRA-PI), Chefe de Gabinete da SEMEC (Teresina-PI), Sargento Especialista em Comunicações Militares (EXÉRCITO-MD), Membro do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UNIFSA), Consultor na Real Inteligência em Negócios (REAL), Administrador da UFPI e Docente do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA).

<http://lattes.cnpq.br/8227347815366039>

[rhubens@realin.com.br](mailto:rhubens@realin.com.br)

## **Cecília Rochele Silva de Abreu**

Graduando em Engenharia de Produção (UNIFSA). Cursando a Especialização em Gestão Empresarial e Coaching (CESVALLE). Cursando a Especialização Master Black Belt Lean Seis Sigma (VOITTO). Técnico em Administração pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI). Atualmente é aluna PIBIC (Programa de Iniciação Científica da UNIFSA) com tema do projeto sistemas de Inovação da Produção na Indústria 4.0. É Líder de logística na empresa MDIAS Branco Filial Timon-MA, com foco direcionado para a implementação e gestão de indicadores de qualidade e produtividade incluindo o gerenciando de equipes e processos logísticos.

<http://lattes.cnpq.br/1158082708993313>

[ceciliarochelepi@hotmail.com](mailto:ceciliarochelepi@hotmail.com)

# SUMÁRIO

---

Prefácio, **06**

**01** Pilares da Indústria 4.0, **08**

**02** Indústria 4.0 em Pequenas e Médias Empresas, **22**

**03** Economia Circular, **40**

**04** Lean Production 4.0, **61**

**05** Lean Seis Sigma, **84**

**06** QFD – Quality Function Development, **107**

**07** Modelos Multicritérios e AHP, **117**

**08** Tópicos Contemporâneos de Inovação em Sistemas de Produção, **132**

Conselho Editorial, **155**

Agradecimentos, **160**

---

# PREFÁCIO

---

Como os sistemas de produção absorveram as inovações tecnológicas e sofreram transformações criando e rompendo seus próprios paradigmas por meio da inovação? Buscando ajudar na resolução deste questionamento, a obra “Inovação em Sistema de Produção na era da Indústria 4.0” foi elaborada. O livro busca de forma didática explicar as principais tecnologias utilizadas na gestão de sistemas, além de apresentar um panorama referente à indústria 4.0.

A ação criadora e transformadora do processo inovativo pode ser desencadeado a partir de uma simples ideia de tornar o trabalho mais eficiente pela simples organização do ambiente laboral ou pela introdução disruptiva de tecnologia como a Internet das Coisas – IoT. Ao longo da história é possível perceber que não existe melhor modelo único para os sistemas de produção. O que existe é a adoção das melhores práticas adequadas a cada caso.

Sendo assim, o processo inovador é um dos alicerces para evolução da ciência dos sistemas produtivos. Não devendo esta ser encarada como algo aleatório ou místico, mas algo que demanda conhecimento técnica e reflexão.

Neste sentido, o presente material traz para o leitor um relato estruturado sobre as principais técnicas, modelos

e ferramentas adotados nos sistemas de produção e seu potencial de aplicação e inovação servindo como material de suporte para disciplinas como: Introdução à Engenharia de Produção, Sistemas de Produção, Inovação e Sistemas e outras correlatas.

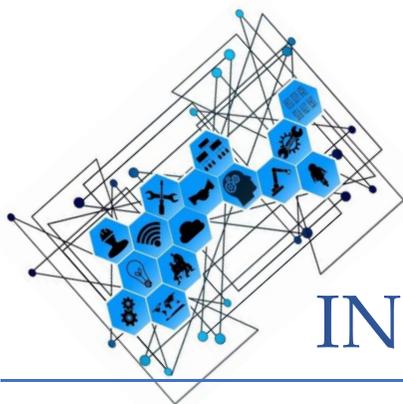
*Dr. Francisco de Tarso Ribeiro Caselli*

*Prof. Adjunto de Engenharia de Produção*

*Universidade Federal do Piauí – UFPI*

<http://lattes.cnpq.br/3757042167584346>





# 01 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

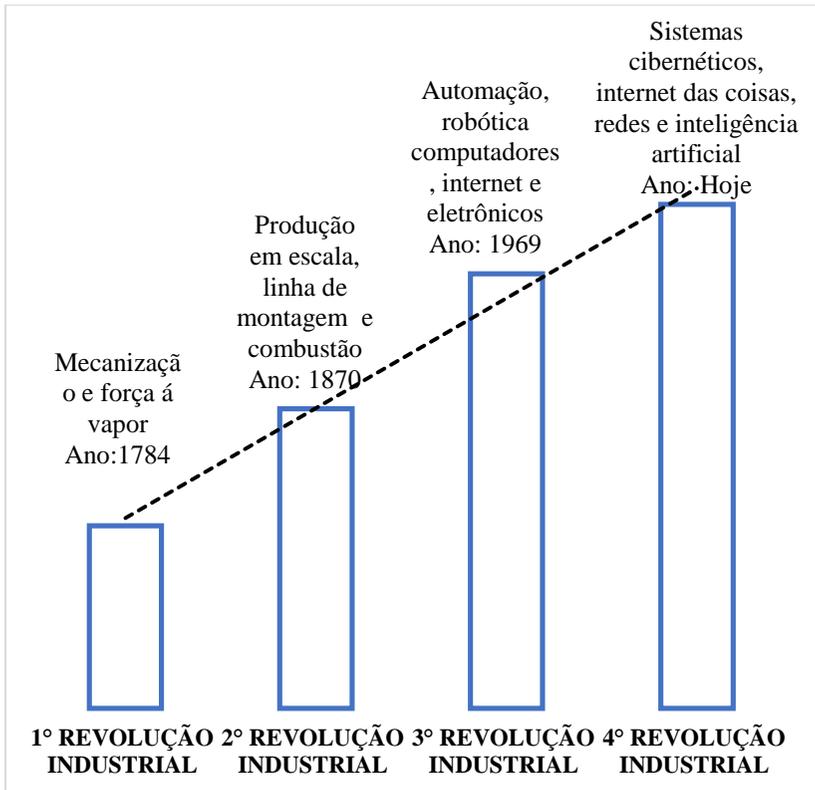
---

A revolução industrial proporcionou a evolução dos métodos, técnicas e ferramentas de fabricação, uma vez que a palavra “revolução” significa mudança abrupta e radical. Dessa forma, as revoluções industriais desencadearam alterações nas estruturas sociais, culturais e sistemas econômicos. As três primeiras revoluções evoluíram de máquinas a vapor para eletricidade e em seguida a informações tecnológicas. Agora, estamos na era da indústria 4.0 com a introdução da internet "de coisas e serviços" na fabricação (STOJKIĆ et al., 2016).

A proposta da indústria 4.0 surgiu na Alemanha em 2011, com estratégias voltadas para o desenvolvimento de tecnologia (ROBLEK, 2016). A 4ª revolução industrial denominada de indústria 4.0 é caracterizada pela inovação, automação e eficiência dos processos. Os elementos como a integração, a interação, o controle/monitoramento dos sistemas, os produtos, os processos e as pessoas são realizados por meio de sensores e equipamentos conectados em rede. Dessa forma, a indústria 4.0 impulsionou a inovação em novas formas de pensar e produzir (CNI,

2016). A Figura 1 descreve brevemente a evolução industrial.

**Figura 1 – Evolução Industrial**



**Fonte:** Autoria própria (2020)

Na primeira revolução industrial as máquinas a vapor acabaram por iniciar o processo de mecanização dentro das organizações industriais. Já na segunda revolução, foi a eletricidade que deu grande

impulsionamento nos processos produtivos e nos próprios meios de produção.

Quando se chega à terceira revolução industrial, tem-se o advento da eletrônica aplicada que, em conjunto com a tecnologia da informação, abriu as portas rumo à automatização industrial. Contudo, foi a quarta revolução industrial que nos colocou no mundo atual, surgindo as tecnologias habilitadoras e suas aplicações como inteligência artificial, internet das coisas, entre outras.

Em resumo, a Figura 1 faz um paralelo entre as quatro revoluções industriais e as tecnologias que surgiram e nortearam as mudanças ocorridas nas organizações de todos os seguimentos.

Com isso, o desafio de aliar desempenho, qualidade, confiabilidade, agilidade, eficiência, produtividade, custos controlados e desperdício zero, impulsionaram o desenvolvimento das fábricas inteligentes que operam de forma autônoma e integrada. Dessa forma, a conexão e integração de todos os pontos da cadeia produtiva viabiliza a criação de valor ao produto e/ou serviço e fomentam a aplicação dos pilares da indústria 4.0 (CNI, 2016).

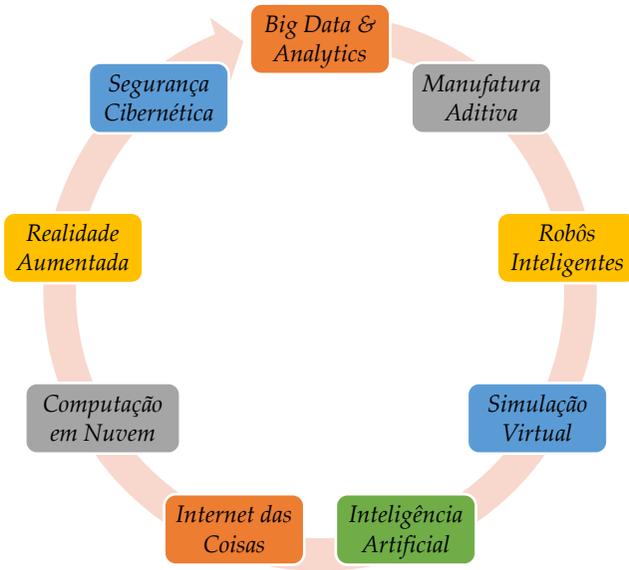
As aplicações da Indústria 4.0 têm trazido benefícios e diferenciais competitivos para as organizações em decorrência da inovação em sistemas de produção. Diante disso, Costa (2017) explica que a 4<sup>a</sup> revolução é o resultado das combinações entre múltiplas e diferentes tecnologias denominadas de pilares da indústria 4.0.

## OS PILARES 4.0

A nova revolução está mudando a maneira como a sociedade de forma geral vive. Trata-se da Indústria 4.0 que é um novo modelo de funcionamento onde a produção passa a incorporar máquinas, ferramentas e processos desenvolvidos e configurados com capacidade de operação e tomada de decisão, além do fato de, em alguns casos, poderem se autocorrigir (SCHWAB, 2016).

Esta indústria 4.0 compõe-se de tecnologias que permitem maior agilidade e eficiência às linhas de produção em busca de atender necessidades, tanto básicas quanto latentes, do consumidor final individualmente. Isso possibilita um incremento na produtividade e lucratividade da organização como um todo. Tudo isso contribui para que a organização consiga com sucesso a customização em massa, a rastreabilidade e o aumento da qualidade, além da redução dos prazos de entrega e de todos os custos envolvidos. Os pilares da indústria 4.0 são nove: Robôs Inteligentes; Manufatura Aditiva e Híbrida; Simulação Virtual; Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas; Internet das Coisas; *Big Data Analytics*; *Cloud Computing*; Segurança Cibernética e; Realidade Aumentada (LORENZ; RÜBMANN; STRACK; LUETH; BOLLE, 2015). A Figura 2 apresenta as conexões e rede da indústria 4.0.

**Figura 2** – Rede e Conexões da Indústria 4.0



**Fonte:** Autoria própria (2020)

A organização da Figura 2 é visual e busca passar a ideia de continuidade, de ciclo contínuo de uso, aplicação, influência e resultados. Porém, as conexões não se limitam entre as tecnologias imediatamente anterior e imediatamente posterior, constantes na Figura 2. A interação pode ocorrer em qualquer direção e entre quaisquer tecnologias.

### **1. Big Data & Analytics**

O termo *Big Data* refere-se ao conjunto de dados e informações armazenadas em tempo real, portanto o objetivo dessa ferramenta é fornecer informações para o processo de tomada de decisão.

## ***2. Manufatura Aditiva***

É aplicada na pesquisa quando envolve planejamento e desenvolvimento de produtos, construção de modelos e customização de produtos utilizando uma impressora 3D.

## ***3. Robôs Inteligentes***

Os robôs inteligentes são construídos para a realização de atividades mais complexas, perigosas e insalubres, pois possuem maior capacidade de processamento de informações e autonomia para a tomada de decisão evitando assim menores índices de erros e falhas e, conseqüentemente, maior produtividade das operações.

## ***4. Simulação Virtual***

A simulação é adotada para evitar e prever possíveis falhas em projetos, como também no planejamento e desenvolvimento de produtos, cadeia de suprimentos e processos de produção. O objetivo da simulação virtual é unir o mundo real e virtual por meio de projeção de possíveis situações, erros e falhas. Dessa forma, é possível desenvolver ações, medidas e técnicas preventivas e corretivas para os problemas, além de criar soluções com tecnologias inovadoras.

## ***5. Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas (Inteligência Artificial)***

A Integração horizontal e vertical dos sistemas é o resultado da inteligência artificial nos ambientes cyberfísicos. Os sistemas com inteligência artificial são capazes de aprender, pensar e agir baseados em informações armazenadas em tempo real pela internet das coisas e/ou *big data*. Portanto, a inteligência artificial aplica os recursos de modo eficiente e eficaz para atingir os resultados.

## **6. Internet das Coisas**

A Internet das coisas (*Internet ofthing; IoT*) significa a conexão entre máquinas, equipamentos, móveis e veículos, ou seja, todos os objetos com sensores e atuadores. O objetivo é a conectividade em rede, permitindo que seja recebido e enviado dados, de forma independente, interativa e inteligente, onde as pessoas por meio de uma rede com as tecnologias conectadas têm acesso aos dados e informações. A integração entre o ambiente físico (Máquinas, dispositivos, móveis, ambiente) com os softwares (Ambiente virtual) constitui o ambiente cyberfísico.

## **7. Cloud Computing (Computação em Nuvem)**

O Cloud computing é um conjunto de informações armazenadas na nuvem (internet) que podem ser acessadas a qualquer hora e lugar. O objetivo é dinamizar, facilitar e integrar o acesso às informações, a fim de assessorar o processo de tomada de decisões estratégicas.

## **8. *Segurança Cibernética***

No contexto da indústria 4.0 a cada vez mais o mundo está conectado na internet, dessa forma, as informações valiosas e sigilosas estão vulneráveis na rede a ataques cibernéticos, portanto é fundamental proteger as informações das ameaças externas, por meio de sistemas de Segurança Cibernética.

## **9. *Realidade Aumentada***

A realidade aumentada é uma tecnologia dinâmica e interativa entre o mundo virtual e seus usuários. O sistema envia dados e informações em tempo real por meio de dispositivos conectados à rede (Internet) que constroem a realidade no mundo virtual e interage com os comandos do usuário. Portanto, a realidade aumentada possibilita uma simplificação nos processos, minimização de erros e falhas, menor necessidade de treinamento e mais efetividade e rapidez no processo decisório e resolução de problemas.

Os pilares da indústria 4.0 nos sistemas de produção proporcionam vantagem competitiva nas empresas, pois a partir de uma rede de dados e informações, os sistemas, processos e tecnologias interagem em tempo real e oferecem um aumento de produtividade e lucratividade, flexibilidade, novas oportunidades de emprego e gestão eficiente (ARKTIS, 2016).

O propósito dos pilares é otimizar o funcionamento dos processos e produtos em toda a cadeia de valor, disponibilizando as informações necessárias para as pessoas certas no tempo certo por meio da flexibilidade das

informações e da conectividade. Neste cenário, os dispositivos se conectam entre si e interagem com as interfaces humanas, fornecendo dados em tempo real para o usuário.

Diante do exposto, a indústria 4.0 apresenta aplicações para elevar o nível de competitividade do mercado, produtividade, lucratividade e qualidade nas organizações. É imprescindível a combinação e interação entre as informações e tecnologia no decorrer do processo produtivo (KOCH et al., 2014).

Para o desenvolvimento da indústria 4.0 é fundamental uma ação conjunta entre iniciativa privada, academia e governo e para isso, três passos básicos são necessários: Estímulo para inovação público-privado; Investimentos em pesquisa científica e estímulo ao empreendedorismo; Estruturação do mercado. Dessa forma as transformações serão profundas e duradoras na forma de pensar e agir das organizações, pois será notório a criação exponencial de novas oportunidades de empreendimento, novos empregos e crescimento econômico (SOUZA; CAVALLARI-JUNIOR; DELGADO-NETO, 2017).

Os sistemas de produção inteligentes denominados de fábrica inteligente possuem máquinas, equipamentos, informações e pessoas conectados em rede a fim de gerenciar as informações no processo de tomada de decisão. A conexão em rede permite a comunicação e interação entre todos os envolvidos no mundo cyber-físico com o propósito de otimizar o funcionamento dos processos e produtos, acessibilidade de informação em tempo hábil e oportuno e

agregação de valor em todas as etapas do ciclo produtivo desde o planejamento e desenvolvimento de novos produtos até as condições de pós-venda e pós-consumo (CNI, 2016).

## **BENEFÍCIOS DOS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0**

- *Design e marketing de produto mais eficientes:* consiste na captação das necessidades e desejos do consumidor para criar novos produtos e serviços.
- *Manutenção autônoma e inteligente:* As máquinas e equipamentos serão capazes de monitorar o próprio desgaste dos componentes, além de apontar possíveis falhas que antecedem a quebra. Sendo assim, as manutenções deixaram de ser corretivas e passaram a ser manutenções preditivas, reduzindo assim o número de paradas por falhas e também de custos.
- *Logística integrada:* Consiste no monitoramento em tempo real dos produtos, veículos e as condições de entrega com o objetivo de aplicar a filosofia Just-in-time na cadeia de abastecimento.
- *Processos de Fabricação autônomos:* A fábrica inteligente é eficiente, flexível, dinâmica e rápida, pois a integração do ambiente cyber-físico, proporciona maiores níveis de eficiência, processos mais flexíveis e confiáveis que os das fábricas tradicionais.
- *Redução de custos de operação:* O resultado disso são melhorias significativas em eficiência, redução de estoque e mão de obra.

- *Tomada de decisão:* As decisões são tomadas de forma descentralizada e rápida devido ao acesso aos sistemas cyber-físicos que se comunicam e interagem entre si.
- *Consumidores mais satisfeitos:* Por meio da coleta de informações referentes às preferências de seus consumidores, é possível analisar o comportamento dos clientes conforme o histórico de compras realizadas, e assim, ajustar a produção e construir soluções mais inteligentes e inovadoras.

Os benefícios da indústria 4.0 ocasionarão impactos na dinâmica econômica do país, tendo em vista que a evolução tecnológica e as mudanças decorrentes da indústria 4.0 impulsionam a especialização e a qualificação da mão de obra que cria novas funções e extingue outras. Dessa forma, as empresas estarão mais competitivas e eficientes (SOUZA; CAVALLARI-JUNIOR; DELGADO-NETO, 2017).

## **DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0**

As organizações enfrentam desafios na implementação dos pilares da indústria 4.0 principalmente relacionados aos softwares e hardwares (KHAN et al., 2017). Os sistemas cibernético-físico e IOT enfrentam desafios na coleta, transmissão e leitura de dados em tempo real (CHENG et al., 2016), e o *big data* encara obstáculos na melhoria da segurança e transmissão em tempo real de dados (KHAN et al., 2017). Os fatores limitantes da

aplicação da indústria 4.0 no Brasil são: falta a de conhecimento e a cultura da resistência (ICHI et al., 2018). Portanto, a modernização tecnológica e a aplicação das tecnologias da indústria 4.0 andam lado a lado.

O Brasil enfrenta obstáculos na implementação das tecnologias da indústria 4.0 relacionados a altos investimentos em equipamentos, adaptação dos *layouts* das fábricas e processos de produção, mudança no relacionamento entre empresas, criação de novas competências técnicas, estratégias e políticas públicas inteligentes com incentivos e profissionais altamente qualificados (CNI, 2016).

A CNI (2016, p. 17) estima que até 2025 a indústria ficará mais flexível, com mais eficiência produtiva e produtividade, pois os processos relacionados à Indústria 4.0 poderão reduzir custos e manutenções em até 40%, reduzir gastos de energia em até 20% e aumentar a produtividade das operações em até 25%, aproximando o PIB brasileiro a US\$ 39 bilhões até 2030.

## REFERÊNCIAS

ARKTIS. Arktis- Industry 4.0: Everything you need to COAN, J. Manufatura 4.0 e a quarta revolução industrial. Technology Leadership Council Brazil – **IBM Academy of Technology Affiliate**, ano 11, no. 264. 2016.

COSTA, C. **Indústria 4.0**: O Futuro da Indústria Nacional. São Paulo: IFSP, 2017.

CHENG, G. et al. Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. 2016 **International Conference on**

**Information System and Artificial Intelligence (ISAI)**, Hong Kong, p.407-410, jun. 2016.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or Hype? **IEEE Industrial Electronics Magazine**. v. 8, n. 2, p. 56-58, Jun. 2014.

GOULART-DA-SILVA, D. **Indústria 4.0: Conceitos, tendências e desafios**. 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia. Automação Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

ICHI, F. S. et al. **Os desafios da Indústria 4.0 no Brasil: Um novo conceito de gestão no mercado competitivo**. 2018.

KHAN, M.; WU, X.; XU, X.; DOU, W. Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0, 2017 **IEEE International Conference on Communications (ICC)**, Paris, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICC.2017.7996801. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7996801/?reload=true>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

KOCH, V.; KUGE, S.; GEISSBAUER, R.; SCHRAUF, S. **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet**. Strategy and Company, 2014. know/Entrepreneurial Insights. Obtido de Arktis: <http://arktis.com.br/a-quartarevolucao-da-industria/>

LORENZ, M.; RÜBMANN, M.; STRACK, R.; LUETH, K.; BOLLE, M. Man and Machine in Industry 4.0: how will technology transform the industrial workforce through 2025? **BCG Perspectives**, 2015.

ROBLEK, V. **A Complex View of Industry 4.0**. Slovenia, 2016. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/2158244016653987>. Acesso em: 10 fev. de 2020.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: World Economic Forum, 2016.

STOJKIĆ, Z. *et al.* **A Concept of Information System Implementation within Industry 4.0**. Vienna, Áustria: DAAAM International, 2016.

SOUZA, P.H.M.S.; SOUZA, JUNIOR, S. J. C.; NETO, G.G.D. Indústria 4.0: contribuições para setor produtivo moderno. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP**, 36, Joinville, SC, 2017.

TUNKERS. **Imagem do título do capítulo**. Disponível em: <https://tuenkers.com.br/cases-de-sucesso/os-pilares-da-industria-4-0/>. Acesso em: 28 mai. 2020.



## 02 INDÚSTRIA 4.0 EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

---

A preocupação global com o planeta, com a escassez dos recursos naturais e com uma sociedade mais justa e inclusiva é fonte de estímulos à inovação em organizações e instituições de todos os tamanhos. Esse também tem sido o combustível para as pequenas e médias, pois são elas que estão mais próximas das reais necessidades dos clientes já que, em sua grande maioria, estão instaladas nas cidades grandes e pequenas, comunidades e bairros, sendo as que as pessoas mais se relacionam (NAÇÕES UNIDAS, 2015; RIBEIRO; SEGATTO; COELHO, 2013).

Com isso, faz-se necessário compreender que não é suficiente o desenvolvimento de poucas atividades esporádicas e isoladas para melhorar a imagem organizacional. É importante que se busque a transformação do próprio “*core business*” para que seja regido de forma responsável (RIBEIRO; CARVALHO, 2019; RIBEIRO; SEGATTO; COELHO, 2013).

As pequenas e médias empresas têm adotado a prática da inovação visando novas oportunidades de criação ou crescimento de negócios que contribuem com o processo de crescimento e desenvolvimento da organização (LINHARES, 2013).

Neste contexto, os processos decisórios que regem as médias e pequenas empresas têm o papel de abrir espaço para a descoberta de novas possibilidades, as quais podem estar relacionadas à produção mais limpa, sustentável e ágil. É nesse momento que a indústria 4.0 surge como estimulador desse novo processo de concepção e desenvolvimento de modelos produtivos (MAÇANEIRO; CUNHA, 2010).

E é nessa perspectiva que as premissas da indústria 4.0 podem alicerçar o desenvolvimento de estratégias que contribuam para o aperfeiçoamento e desenvolvimento sustentado de pequenas e médias empresas, pois estas organizações poderão aumentar sua produção utilizando os mesmos recursos produtivos e desenvolvendo uma gestão sustentável dos processos (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Para viabilizar a inovação e competitividade das pequenas e médias empresas, no Brasil o NT-MPE (Núcleo de Atendimento Tecnológico à Micro e Pequena Empresa) definiu ferramentas para a resolução de problemas por meio de ações de desenvolvimento e de extensão tecnológica para tornar as empresas mais competitivas no mercado. As ferramentas são:

- **PROGEX** – Programa de Apoio Tecnológico à Exportação;
- **PRUMO** – Projeto Unidades Móveis;
- **QUALIMINT** – Qualificação de Produtos para o Mercado Interno;
- **GESPRO** – Gestão da Produção;
- **PROLIMP** – Produção Mais Limpa.

As ferramentas são úteis para corrigir falhas existentes, resolver problemas, alicerçar novos negócios ou mesmo conduzir as organizações rumo ao novo mundo dos negócios presente na era da indústria 4.0.

Gallon, Ensslin e Ensslin (2011), recomendam que nas fases iniciais de implantação de uma pequena empresa deve-se procurar apoio, sendo uma das alternativas as incubadoras de empresas que são destinadas para amparar o estágio inicial de novos empreendimentos. As incubadoras são denominadas de pontes para inovação, pois por meio delas, que os empreendedores têm a possibilidade de acesso às universidades e às instituições de pesquisa. Dessa forma, é possível reduzir os custos e riscos do processo de inovação, pois o acesso a laboratórios, equipamentos e pessoal qualificado, serviços adquiridos fora das incubadoras, resultariam em custos e investimento elevados.

Passos (2008) apresenta uma organização das empresas em três grupos:

- **Grupo A:** Empresas familiares que utilizam de tecnologias tradicionais e intensivas em trabalho pouco qualificado e estão inseridas no setor primário da economia;
- **Grupo B:** Pequenas empresas do setor terciário geralmente com algum apoio institucional e são administradas por proprietários altamente qualificados, de elevada formação e conhecimento de mercado;
- **Grupo C:** Empresas do setor secundário, integradas em forma de “clusters” que, em geral, atuam como fornecedores de matérias primas, indústrias de móveis e empresas de alta tecnologia.

Os grupos A e B constituem uma nova realidade no setor produtivo brasileiro, exigindo estruturas produtivas ágeis e dinâmicas e novas tecnologias adaptadas ao ambiente de incerteza corporativo (ANDION, 2011).

Para acompanhar a gestão da inovação em pequenas e médias empresas é fundamental a criação de mecanismo, portanto Bachmann (2008) definiu cinco pontos básicos de acompanhamento:

- Levantamento de ideias;
- Seleção de ideias;
- Definição de recursos;
- Implementação;
- Aprendizagem.

Para fortalecer o processo de inovação nas empresas é fundamental e imprescindível a conexão entre os três

níveis organizacionais estratégico, tático e operacional (FAYET, 2010). A ausência do alinhamento entre os níveis operacionais é um fator decisivo para o fracasso de iniciativas pré-inovação. Por outro lado, os fatores de sucesso da inovação são o envolvimento da alta gestão, ambiente inovador, rotinas empresariais bem definidas, mapeamento de forças e oportunidade e a busca por programas de incentivo para inovação.

O apoio governamental impulsiona o desenvolvimento da inovação nas pequenas e médias empresas (ZENG; XIE; TAM, 2010). É imprescindível salientar a importância da escolha do tipo de inovação que será implementada, pois deve ser levado em consideração os impactos ao desempenho econômico, social e financeiro das organizações.

Em contraponto deve ser analisado a teoria da capacidade absorptiva (COHEN; LEVINTHAL, 1990), que define que a capacidade das empresas de inovar está relacionada às parcerias com outras empresas e governo.

Diante desse contexto, Teece (1986) definiu três conceitos que norteiam a relação entre o nível de inovação de uma empresa e o desempenho financeiro:

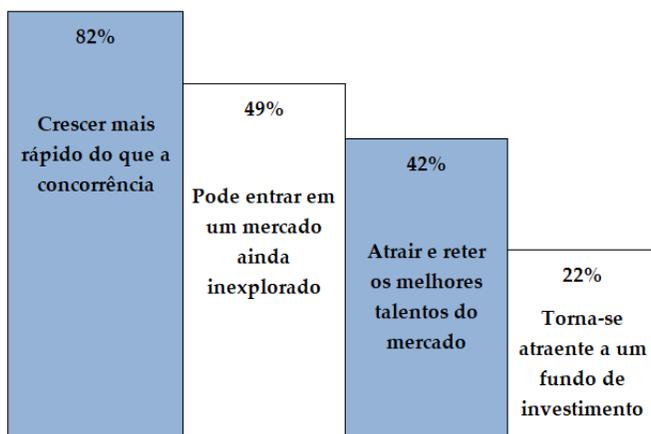
- *Regime de apropriabilidade:* são os benefícios recorrentes das receitas da inovação;
- *Paradigma de design dominante:* tem como objetivo tornar a inovação um padrão que contribuirá para os resultados financeiros;

- **Ativos complementares:** quais são os recursos necessários para colocar a inovação no mercado.

O processo de inovação exige investimento contínuo em conhecimento e tecnologia. No tocante ao conhecimento científico e tecnológico, esse investimento deve ser contínuo. Para pequenas e médias empresas, a inovação é um fator estratégico, crítico, com alto grau de sucesso e risco (DELOITTE, 2008).

Porque é importante inovar em pequenas e médias empresas? Na Figura 3 são detalhados os benefícios, e os valores são expressos em percentuais na visão dos entrevistados em pesquisa feita pela Deloitte (2007).

**Figura 3 – Por que Inovar é Importante?**



**Fonte:** Adaptado de DELOITTE (2007)

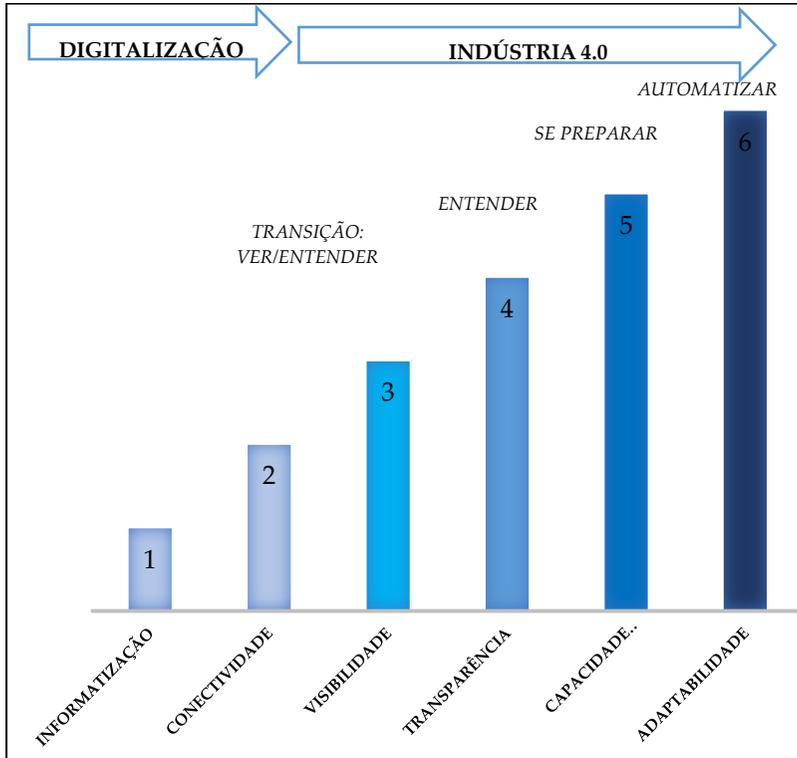
Como se observa, a inovação é percebida como um catalisador para oportunidades de negócios, bem como para desenvolvimento das organizações.

Deloitte (2007) afirma que na visão dos empresários a inovação está associada à capacidade de expansão dos negócios, sendo um fator decisivo para se diferenciar da concorrência. A caminhada rumo à indústria 4.0 começa na observação e análise do mercado preparando mecanismos, ferramentas, tecnologias e estratégias para se preparar e se adaptar às exigências do mercado e dos *stakeholders* por meio de respostas autônomas, inovativas e práticas para os problemas.

Como forma de atender ao mercado e *stakeholders*, a inovação é um combustível poderoso que conduz muitas organizações na preparação ou mesmo na transição rumo à indústria 4.0, pois o caminho a ser percorrido é alimentado por inovações de todos os tipos, bem como abre portas para relações simbióticas consideradas estratégicas na medida em que o resultado da inovação pode ser convertido em novos negócios e os novos negócios podem alimentar futuras inovações.

Na Figura 4 mostra-se a evolução que as pequenas e médias empresas devem percorrer rumo à indústria 4.0.

**Figura 4 – O Caminho Para a Indústria 4.0**



**Fonte:** Autoria própria (2020)

A inovação tecnológica é o ponto de partida para a indústria 4.0 nos sistemas de produção. As tecnologias habilitadoras para a indústria 4.0 são nove: Robôs Inteligentes; Manufatura Aditiva e Híbrida; Simulação Virtual; Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas; Internet das Coisas; *Big Data Analytics*; *Cloud Computing*; Segurança Cibernética e; Realidade Aumentada.

No capítulo 1 as tecnologias habilitadoras são abordadas em maiores detalhes, conceitos e exemplos.

## APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS HABILITADORAS EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

- *Monitoramento, acessibilidade e segurança:* Implementar a internet das coisas para assegurar a segurança das informações das organizações e acessibilidade em tempo real;
- *Gerenciamento de recursos:* Coletar dados referentes ao consumo e utilização dos recursos e insumos identificando também a qualidade, ponto de ressuprimento e estoque de segurança em tempo real;
- *Manutenção preditiva de equipamentos e máquinas:* Sensores que enviam dados informando o estado atual dos equipamentos e quando será necessária uma intervenção como a manutenção preventiva e detectiva;
- *Detecção de riscos ao meio ambiente e ao trabalhador:* Pode ser feito com uso de câmeras e sensores de segurança;
- *Gestão compartilhada:* Consiste em um canal de interação entre líderes e liderados, onde haja comunicação efetiva e o envio de arquivos como, por exemplo, os relatórios de desempenho dos indicadores.

## DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS (PME)

As organizações enfrentam desafios constantes em suas rotinas e interações. Da mesma forma, a indústria 4.0 impõe seus próprios desafios junto às pequenas e médias empresas. Porém,

conhecendo os principais desafios, é possível preparar-se para superá-los com maior otimização dos esforços. Os principais desafios impostos são:

- Tecido empresarial muito heterogêneo;
- Falta planejamento nas PME;
- Falta continuidade nas PME;
- Primeiro replanejar o negócio (PN);
- Falta capacidade de perceber o que fazer;
- Parcerias com grandes empresas.

Muitas vezes, as grandes empresas apoiam-se em PME para conseguirem inovar mais rápido, com isso, as PME devem buscar transformar isso em oportunidade para parcerias de longo prazo e capitação de recursos mais baratos.

## **AValiação DA APLICAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NAS EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS**

Para avaliar se uma PME está ou não trabalhando com atributos da indústria 4.0, o SENAI oferece gratuitamente uma avaliação de maturidade denominada de RODA 4.0. Esta avaliação baseia-se nos três pontos: Modelos de negócio, produto e serviço; Estratégia da organização; e Manufatura e cadeia de suprimentos. A RODA 4.0 é baseada no modelo da Academia Alemã de Ciência e Engenharia, a ACATECH. O modelo pode ser encontrado em <https://senai40.com.br/>.

Além dessa, há também a metodologia radar da inovação que é baseada no conceito desenvolvido por Sawhney et al. (2006), e aperfeiçoada por Bachmann e Destefani (2008), que acrescentaram mais uma dimensão. São 13 dimensões inter-relacionadas que são aplicadas para mensurar o grau de inovação das pequenas e médias empresas. A Figura 5 apresenta as seguintes dimensões: agregação de valor, cadeia de fornecimento, ambiência inovadora, plataforma, rede, soluções, relacionamento, presença, processos, organização, clientes, marca e oferta.

Figura 5 – Dimensões Radar da Inovação



Fonte: Autoria própria (2020)

O radar da inovação apresentado na Figura 5 contribui para o autoconhecimento da organização na medida em que pode ser aplicado em qualquer tipo de empresa. Com isso, as PME podem conhecer seu grau de inovação e desenvolver estratégias para aproveitar os pontos fortes, bem como alicerçar decisões e estratégias para sanar deficiências no campo da inovação.

O conhecimento das tecnologias habilitadoras é fundamental para o planejamento e implementação da indústria 4.0 PME. Portanto, para alcançar a inovação e indústria 4.0 nas PME's, podem seguir cinco passos.

O primeiro passo é a *otimização* que consiste em aumentar a produtividade, reduzir os desperdícios por meio das filosofias *lean*, elevar a margem de lucro dos produtos e/ou serviços e capacitar os colaboradores no tema da indústria 4.0.

O segundo passo é o *sensoriamento e conectividade* que consiste em instalar sensores conectados à internet para analisar os dados em tempo real para compreender as necessidades do Gemba e otimizar o processo de tomada de decisões.

O terceiro passo é a *visibilidade e transparência* que representa a adaptação dos dados aos sensores para integrar com todos os indicadores da empresa.

O quarto passo é a *capacidade preditiva* que consiste na aplicação do *Big data* e inteligência artificial para analisar o mercado e prever cenários futuros.

O quinto passo é a *flexibilidade e adaptabilidade* que consiste na implementação de sistemas e tecnologias adaptadas às necessidades, restrições, fatores de sucesso, forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada empresa tornando os sistemas adaptados e flexíveis às demandas da empresa e do cliente.

## **APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE SUSTENTABILIDADE NAS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS**

A inovação sustentável nas organizações consiste em inovar considerando as três dimensões da sustentabilidade. Portanto, uma empresa sustentável contribui para o desenvolvimento sustentável à medida que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Diante desse contexto, a sustentabilidade pode ser compreendida como fonte propulsora de inovação. Hart e Milstein (2003) propuseram um modelo com a formulação de estratégias para a criação de valor sustentável que proporciona melhorias ao desempenho econômico, social e ambiental das PME.

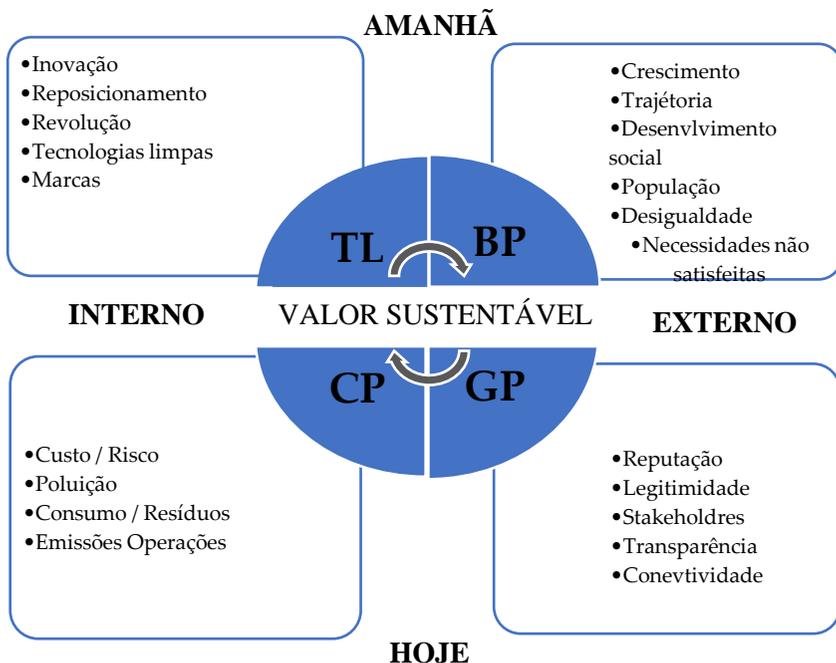
### ***Criação de Valor Sustentável (CVS): foco em estratégias***

Hart e Milstein (2003) propõem incluir os recursos naturais como elementos essenciais para a criação de vantagem competitiva das empresas e ressaltar que a omissão da relação entre a organização e meio ambiente

representa uma ameaça à sobrevivência da empresa. Para isso, Hart (1995) propõe três estratégias principais adotadas no modelo criação de valor sustentável: Combate à Poluição, Gerenciamento do Produto e Desenvolvimento Sustentável.

Hart e Milstein, (2003) no modelo criação de valor sustentável incluem quatro estratégias principais em um plano de quatro quadrantes. O eixo horizontal destaca os ambientes interno e externo da organização, e o eixo vertical distingue os focos de curto e longo prazo da organização. As estratégias de Combate à Poluição (CP) e o Gerenciamento do Produto (GP) estão classificadas como capacidades internas com foco no presente da organização, e as estratégias de Tecnologia Limpa (TL) e Base da Pirâmide (BP) estão classificadas como capacidades externas com foco no futuro da organização, conforme pode ser ilustrado na Figura 6.

**Figura 6 – Modelo de Criação de Valor Sustentável (CVS)**



**Fonte:** Elaborado a partir de Nobre e Ribeiro (2013) e Ribeiro (2013)

Dessa forma, a aplicação das estratégias de tecnologia limpa, base da pirâmide, combate à poluição e gerenciamento do produto são caminhos para aplicação da indústria 4.0 em pequenas e médias empresas.

A adoção de novas tecnologias reduz a geração de resíduos nos processos e emissão de poluentes, otimiza os processos de produção por meio das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. O gerenciamento do produto incorpora toda a cadeia de suprimentos e fornecimento, a fim de integrar os sistemas e informações das pequenas e médias empresas. Desenvolver novas tecnologias limpas para os novos processos de produção utilizando as

tecnologias habilitadoras e usando softwares e sistemas para criar soluções simples e baratas que habilitam as PME para indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

ANDION, S. **O crédito de fomento e o suporte técnico voltado ao processo produtivo: um estudo sobre as micro e pequenas empresas do setor secundário na cidade de Manaus**. Manaus, 2011. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2011.

BACHMANN, D. L.; DESTEFANI, J. H. Metodologia para estimar o grau de inovação nas MPE. In: **XVIII Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas**, 2008, Aracaju.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. Absorptive Capacity : A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

DELOITTE. **As pequenas e médias empresas que mais crescem no Brasil**: Uma pesquisa sobre visões e práticas que aceleram o ritmo de expansão dos negócios, 2007.

DELOITTE. **As pequenas e médias empresas que mais crescem no Brasil**: Uma pesquisa sobre as rotas e estratégias que levam à expansão dos negócios, 2008.

FAYET, E. A. (org.) **Gerenciar a inovação**: um desafio para as empresas. Curitiba: IEL/PR, 2010.

GALLON, A. V.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Avaliação de desempenho organizacional em incubadoras de empresas por meio da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista (MCDA-C): a experiência do MIDI Tecnológico. **Revista de Administração e Inovação - RAI**, v. 8, n. 1, 37-63, jan/mar, 2011.

HART, S. L. A natural-resource-based view of the firm. The **Academy of Management Review**, 20(4), 986-1014, 1995. doi: 10.2307/258963

Hart, S. L. **Capitalism at the crossroads: the unlimited business opportunities in solving the world's most difficult problems**. Upper Saddle River, NJ: Wharton School Publishing, 2005.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Creating sustainable value. **Academy of Management Executive**, 17(2), 56-67, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Industrial - PI**, IBGE,2006. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/home>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

NOBRE, F. S.; RIBEIRO, R. E. M. Cognição e Sustentabilidade: Estudo de Casos Múltiplos no Índice de Sustentabilidade Empresarial da BM&FBovespa. **Revista de Administração Contemporânea**, v.17, n.4. p. 499-517, Jul./Ago. 2013. Disponível em: <https://rac.anpad.org.br/index.php/rac/article/view/1002>. Acesso em: 24 mai. 2020.

RIBEIRO, R. E. M. **Cognição e sustentabilidade: estudo de casos múltiplos no índice de sustentabilidade empresarial (ise) da BM&F Bovespa**. Curitiba, 2013. 214p. Dissertação (Mestrado em Administração) Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Paraná, 2013.

RIBEIRO, R. E. M.; CARVALHO, K. Y. M. de. Inovação em Marketing: Percepção de Valor na Ótica do Cliente. In: Rhubens Ewald Moura Ribeiro; Luis Henrique dos Santos Silva Sousa; Cícero Tadeu Tavares Duarte. (Org.). **Piauí Cases**. 1ed.Teresina: KDP, 2019, v. 1, p. 145-162. Disponível em: <https://unifsa.com.br/site/e-book-piaui-cases-esta-disponivel-para-download/>. Acesso em: 27 mai. 2020.

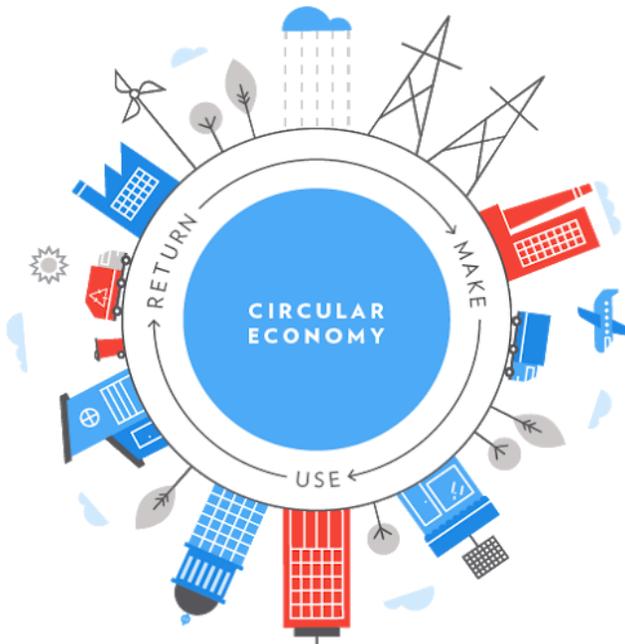
RIBEIRO, R. E. M.; SEGATTO, A. P.; COELHO, T. R. Inovação social e estratégia para a base da pirâmide: mercado potencial para empreendedores e pequenos negócios. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 2, n. 2, p. 55-72, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14211/regepe.v2i2.61>

SAWHNEY, M.; WOLCOTT, R. C.; ARRONIZ, I. The 12 different innovate. **MIT Sloan Management Review**, Spring, v. 47, n. 3, 2006.

- SILVA, E. M. **Como a Indústria 4.0 vai ajudar a sua empresa a ser Sustentável**, 2018. Disponível em:  
<https://www.linkedin.com/pulse/como-ind%C3%BAstria-40-vai-ajudar-sua-empresa-ser-edson-miranda-da-silva/>. Acesso em: 28 mai. 2020.
- TEECE, D. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research Policy**, v. 15, n. 6, p. 285-305, 1986.
- ZENG, S. X.; XIE, X. M.; TAM, C. M. Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. **Technovation**, v. 30, n. 3, p. 181-194, 2010.



**Figura 7** – Modelo Teórico de Economia Circular



**Fonte:** Abreu (2017)

A gestão dos materiais, resíduos e dos ciclos de produtos, o consumo otimizado de energia e recursos atrelados a uma gestão eficiente e eficaz dos processos produtivos são alcançados por meio da aplicação da EC. Nesse contexto, Shietekatte e Bakker (2017) afirmam que a EC busca a inovação por meio de modelos de negócios, logística reversa, cadeia de suprimento e o desenvolvimento sustentável.

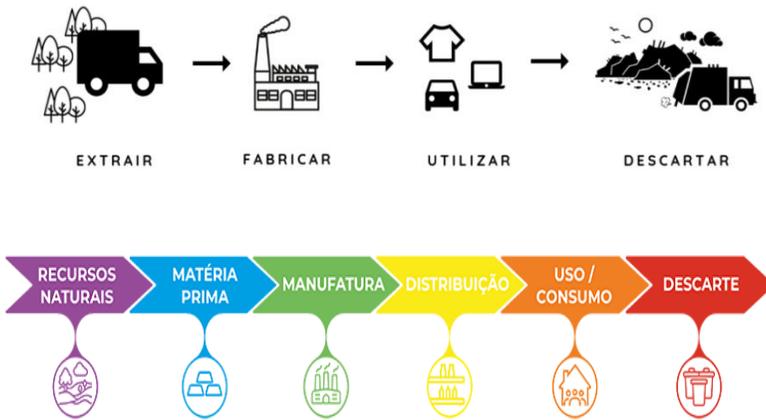
Aplicação da EC inicia-se no planejamento e desenvolvimento dos produtos incluindo o design inovador, criativo e sustentável como também em todo o

processo produtivo, cadeia de suprimentos, abastecimento e distribuição e a logística reversa, portanto o princípio de ecoeficiência e conscientização dos consumidores são fundamentais para a construção dos novos modelos e modos produtivos da EC.

A EC é um sistema econômico que substitui o conceito de fim de vida dos produtos pelos conceitos de redução, reutilização, reciclagem, e recuperação de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo. Segundo Kirchherr et al. (2017), o objetivo da EC é alcançar o desenvolvimento sustentável, qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social para as gerações atuais e futuras.

Na busca indistinta pelo maior lucro, as decisões têm sido reguladas quase que exclusivamente pelo interesse econômico. Os sistemas de produção em vigor têm utilizado os recursos disponíveis sem qualquer controle ou compensação e em sua grande maioria seguem a lógica da economia linear (RIBEIRO, 2013). A figura a seguir apresenta a lógica do modelo econômico linear:

**Figura 8** – Modelo de Economia Linear



**Fonte:** Adaptado a partir de Allen (2018) e Florent (2019)

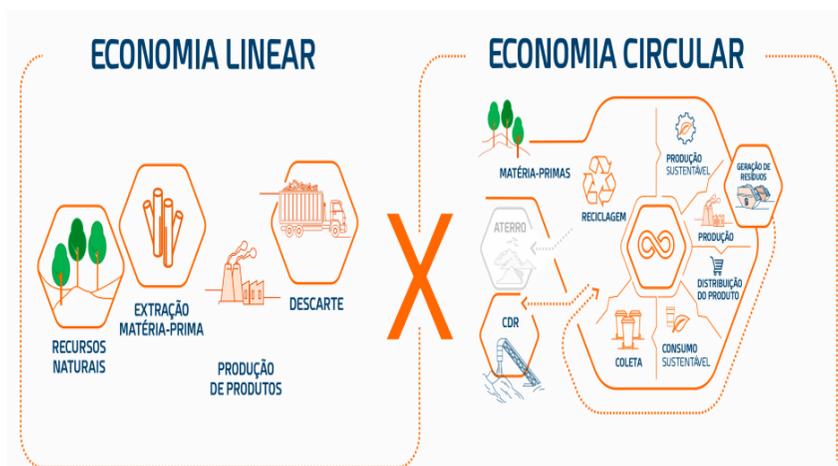
De acordo com a Figura 8, o modelo econômico linear de produção-consumo-descarte está atingindo seu limite, pois os recursos naturais têm natureza finita, por outro lado, nossas necessidades são infinitas. Por isso, deve-se associar o crescimento econômico a um modelo que promova a regeneração e a restauração do capital natural, além de gerar impactos econômicos, sociais e ambientais positivos, os quais podem ser alcançados por meio da concepção de estratégias de desenvolvimento sustentável (CNI, 2018; ELKINGTON, 1994). É neste contexto que a manufatura sustentável ganha espaço nas organizações atuais.

A *Royal Society of Arts* (RSA, 2014) afirma que 90% do material extraído do meio ambiente se tornam resíduos antes dos produtos saírem das fábricas. Portanto, a perda

dos materiais e o desperdício de energia no processo produtivo estão relacionados ao modelo de consumo-descarte (Economia Linear). O modelo da economia linear tem um maior consumo dos recursos naturais e uma maior degradação dos ecossistemas, pois segundo (EMF, 2012) a tendência da humanidade é consumir acima da capacidade regeneração do planeta.

A Figura 9 apresenta visualmente um paralelo entre as propostas e as práticas das economias linear e circular:

**Figura 9 – Economia Linear X Economia Circular**



**Fonte:** Salmeron (2018)

O paralelo ilustrado por Salmeron (2018) na Figura 9 contribui para ampliar a compreensão de aplicação e oportunidades advindas da EC frente à economia linear tradicional.

A economia linear consiste em fabricar, usar e dispor, enquanto que, na EC os materiais e insumos são utilizados no processo produtivo com intuito de agregar valor, reduzir a geração de resíduos e proporcionar benefícios econômicos e ambientais (HOUSE OF COMMONS, 2014).

Além do mais, a lógica do sistema produtivo dominante conduziu o planeta para três crises: sendo a primeira relacionada ao nível de degradação do meio ambiente; a segunda diz respeito à dissolução das sociedades civis tradicionais; e a terceira refere-se ao desinteresse público em gerar bem-estar social e minimizar o sofrimento geral. Sendo que o ritmo de destruição aplicado ao planeta é tão grave ou até mais grave que os efeitos sociais ocasionados pelos impactos da economia linear. Isto revela a urgência em compreender que lidar com o desperdício é um caminho imprescindível (CAPRA, 2002; HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999) tornando a EC um caminho, no mínimo, lógico.

Nesse contexto, o mercado e os consumidores estão tendo uma preocupação crescente com o meio ambiente, assim surge um novo modelo econômico denominado de EC. Murray et al. (2017) afirmam que este modelo utiliza a inovação tecnológica para reduzir o desperdício e restaurar os danos causados ao meio ambiente. A implementação da EC nas organizações é decorrente das oportunidades inexploradas e dos obstáculos do desenvolvimento sustentável empresarial. As inovações tecnológicas, organizacionais e sociais junto às medidas de prevenção e redução de resíduos impulsionam a EC.

Kirchherr et al. (2017) definem que a aplicação da EC está dividida em três níveis: o primeiro é o micro que está relacionado com o mercado que incluem produtos, empresas, consumidores; o segundo é o mesmo que está associado à produção em larga escala em indústrias e o terceiro é o macro que incluem as cidades, regiões e nações. Dessa forma, uma abordagem sistêmica e integrada de todos os níveis é fundamental para garantir uma gestão sustentável e eficiente dos resíduos na EC.

Na EC, a aplicação dos conceitos do desenvolvimento sustentável e da indústria 4.0 tem o objetivo de criar valor para o cliente, envolvendo desde o início do processo de fabricação até a destinação final dos resíduos.

Aplicação das práticas e ferramentas da Indústria 4.0 como as fábricas inteligentes (Smart Factory), Sistemas Ciber-físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), Big Data, Cibersegurança (Cybersecurity), Inovação Conectada do Ciclo de Vida (Connected Lifecycle Innovation), Manufatura Aditiva/Impressora 3D (Additive Manufacturing/3D Printing), Robótica (Robotics), Computação em Nuvem (Cloud Computing) e Internet dos Serviços (IoS) contribuem para impulsionar a EC, para a maximização do desempenho dos processos produtivos e melhoria contínua nas cadeias produtivas.

A EC possui estratégias de projeto de design dos produtos que analisam os padrões de consumo dos clientes, a fim de produzir produtos com mais qualidade, durabilidade e menores custos, enquanto à “produção mais

limpa”, foca na eficiência dos processos (HOUSE OF COMMONS, 2014). Nesse contexto, Geissdoerfer et al. (2017) definem que a EC é um sistema que aplica os 4 R’s: refletir, reduzir, reutilizar e reciclar.

O EMF (2012) apresenta a metodologia Framework RESOLVE que aborda as ações intersetoriais, multissetoriais e interdependentes e indicam quais ações são necessárias para que ocorra a transição da economia linear para EC.

Dessa forma, o EMF (2012) definiu a metodologia Framework Resolve baseada em conceitos de regenerar, compartilhar, otimizar, virtualizar, trocar e reaproveitar. Essa explica quais são os passos necessários para a transição da economia linear para EC.

Na metodologia Framework Resolve o primeiro passo é a transição dos combustíveis fósseis não renováveis para os materiais e energia renováveis, pois a restauração da saúde de ecossistemas proporciona a recuperação dos recursos biológicos. Em seguida prolongamos os ciclos de vida de produtos através de novos designs com mais durabilidade e que possibilitem o compartilhamento de ativos e serviços. A otimização é a fase de melhorias no desempenho e eficiência de produtos. A virtualização é a redução de mão de obra direta/indireta envolvida no processo. A troca é aplicação de novas tecnologias para a produção e/ou escolha por produtos e serviços novos. A última fase é a reutilização que consiste em remanufaturar e reciclar os produtos e componentes.

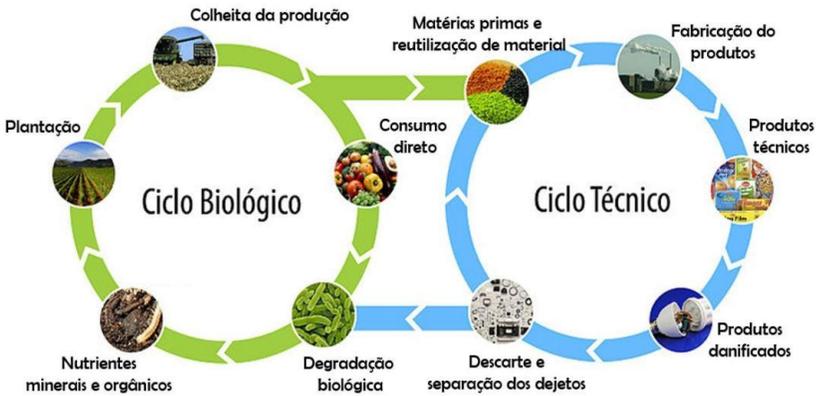
Nessa perspectiva, EMF (2012) definiu três princípios básicos da EC:

- **(1) Preservar** os recursos naturais e otimizar a sua utilização;
- **(2) Otimizar** o rendimento de recursos produzindo produtos, componentes e mais matérias com maior qualidade, durabilidade e utilidade;
- **(3) Estimular** a efetividade da EC identificando e excluindo os pontos negativos aplicando a melhoria contínua no sistema.

A EC visa implementar modelos econômicos eco inovadores que minimizem o consumo de recursos finitos e a geração de resíduos agregando valor financeiro, social e ambiental ao produto.

Dessa forma, Gejer e Tennenbaum (2017) e Santos (2017) definem que a EC possui dois ciclos: o ciclo biológico que é a recuperação de insumos naturais biodegradáveis por meio da intervenção humana ou não, onde esses retornam ao meio ambiente em forma de nutrientes biológicos para o solo; e o ciclo técnico que utiliza energia para recuperar e recriar os produtos através de nutrientes técnicos e não renováveis com a intervenção humana.

**Figura 10** – Ciclo Biológico e Ciclo Técnico



**Fonte:** Arq.bio (2016)

Com base na Figura 10, é notório que a aplicação da EC está ganhando importância, pois o cenário competitivo e a implantação de novas políticas ambientais, estão levando a gestão de resíduos a um patamar de destaque na política pública com a Lei no 12305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O intuito da EC é aplicar medidas de prevenção e redução de resíduos por meio de inovações tecnológicas, organizacionais e sociais, pois as oportunidades inexploradas e os obstáculos do desenvolvimento sustentável empresarial impulsionam a implementação da EC nas organizações.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos com uma visão sistêmica da gestão dos resíduos voltada para a EC trata de ações pautadas nas diretrizes do desenvolvimento sustentável, ciclo de vida dos produtos e nos novos fluxos dos modelos produção e consumo. O objetivo dessa união

é a ecoeficiência que consiste em evitar e controlar os impactos ambientais decorrentes do exercício das atividades econômicas. Dessa forma, Korhonen (2018) afirma que a EC é norteada por princípios que visam otimizar a circularidade dos sistemas identificando e eliminando as falhas.

Dessa forma, a EC busca criar novos ciclos de produção e consumo mais sustentáveis utilizando a inovação em processos, design e produtos proporcionando eficiência nos processos e produtividade.

Webster (2015) explica que a fonte de criação de valor da EC está nos seguintes fatores: círculos internos que preservam os recursos naturais e incorporam ao produto integridade e energia; círculos duradouros que buscam aumentar a duração de cada etapa do ciclo de vida dos produtos que são introdução, crescimento, desenvolvimento e declínio.

Diante desse contexto, para aumentar a vida útil dos produtos é essencial a melhoria contínua na qualidade dos produtos e processos, extensão do ciclo de vida dos produtos e utilização de matérias-primas biodegradáveis e sustentáveis na fabricação que reduzam a probabilidade de contaminação assegurando a qualidade e o reaproveitamento nos ciclos seguintes. Portanto a EC agrega valor aos produtos e constrói novos ciclos eco sustentáveis que proporcionem retorno financeiro para a organização.

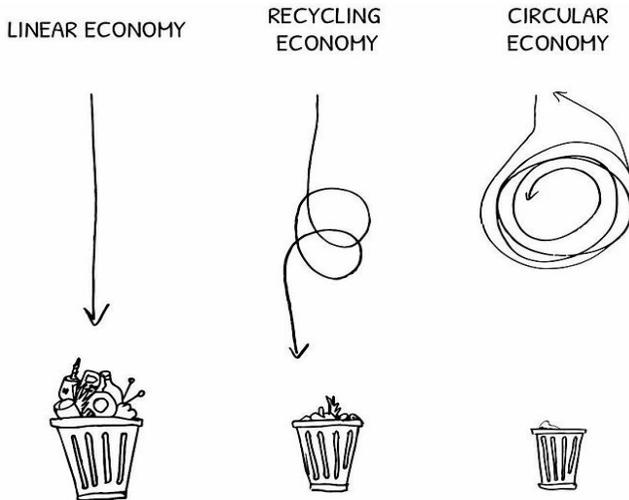
A implementação da EC oferece benefícios econômicos e sociais aos consumidores e empresas

envolvidas. Dessa forma, sistemas econômicos versáteis e resilientes criam novos empregos com novas funções que implicam em oportunidades de investimento inovadoras. Ribeiro e Kruglianskas (2014) afirmam que a redução do tempo de obsolescência dos produtos, a customização, os designs inovadores, práticos e criativos com novas funções proporcionam uma variedade de escolhas para os clientes.

A criação de novos ciclos reversos proporciona a redução do desperdício com a reutilização dos resíduos que podem ser tratados como matérias primas por outras empresas. Assim, gera uma cadeia de ganhos diretos e indiretos com recuperação/reciclagem dos materiais que eram descartados.

Para a EC, o lixo é um erro de design, ou seja, os produtos podem ser pensados de forma que ao fim de suas vidas úteis, possam ser desmontados e reutilizados de diversas maneiras como prega os quatro R's. A Figura 11 demonstra o erro que é a geração de lixo e apresenta um comparativo visual entre economia linear, economia da reciclagem e EC:

**Figura 11** – Economia: Linear X Reciclagem X Circular



**Fonte:** BeerCircular (2020)

A Figura 11 deixa claro o volume de resíduos de cada modelo empregado, em que quanto a economia linear gera lixo excessivamente, a economia da reciclagem diminui o descarte dos resíduos fazendo uso de reciclagem dos descartes do processo produtivo. Por outro lado, EC busca o lixo zero em uma perspectiva de utilização da matéria-prima em uma espécie de *loop* (ciclo retroalimentado continuamente, repetidamente como sistema autoalimentado).

Portanto, com a inovação nos ciclos de vida dos produtos cria-se uma vantagem competitiva. Diante deste cenário, as ações da EC estão direcionadas para garantir que a utilização racionalizada dos recursos naturais, reaproveitamento e recolocação de forma eficiente dos

materiais no ciclo de vida de novos produtos e o descarte dos resíduos de forma adequada conforme prevê a Política Nacional de Resíduos Sólidos PNRS.

O modelo de EC possibilita a criação de produtos com ciclos múltiplos de uso que reduz a dependência dos recursos e elimina os desperdícios. Portanto, a interligação dos agentes da cadeia de suprimentos proporciona a transformação dos resíduos em matéria-prima. Isso representa que se um componente de um produto não puder ser recolocado na produção da empresa que o fabricou, ele poderá ser transformado pelo seu fornecedor ou por terceiro, assim, ocorrerão novos fluxos de produção e de ciclo de vida aumentando a lucratividade das empresas envolvidas.

A inovação e a necessidade do aprimoramento do modelo econômico impulsionaram a aplicação da EC nas organizações, pois as suas características desafiadoras agregam valor aos produtos na criação de produtos com múltiplas utilidades e no desenvolvimento de uma logística reversa e uma cadeia de suprimentos eficiente e eficaz.

## **DESAFIOS DA APLICAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR**

O sistema de EC agregou diversos conceitos como: sustentabilidade, design regenerativo, triple bottom line (TBL), economia de performance, cradle to cradle (C2C), produção limpa, ecologia industrial, biomimética, gerenciamento do produto, blue economy, combate à

poluição, biologia sintética e etc para desenvolver um modelo estrutural que auxiliasse as organizações rumo à regeneração da sociedade (NOBRE; RIBEIRO, 2013; RIBEIRO; SEGATTO; COELHO, 2013).

A aplicação é perfeitamente conseguida com, por exemplo, o *cradle to cradle* (C2C), pois é um conceito que prega a análise e concepção dos produtos do “berço ao berço”, ou seja, da extração ao descarte. Com isso, são consideradas todas as variáveis ao longo do ciclo de vida do produto, no momento da extração, na hora da produção, passando pela distribuição e armazenagem, no momento do uso pelo consumidor final e considerando o descarte final.

## **ECONOMIA CIRCULAR NA PRÁTICA**

Algumas empresas têm aplicado os conceitos de EC e isso tem proporcionado o desenvolvimento de vantagens competitivas no mercado em que atuam. Algumas delas é possível observar a seguir:

### ***Ambievo (IDEIA CIRCULAR, 2018)***

A Ambievo aplica a tecnologia RECOY e recupera solos contaminados por derivados de petróleo. O serviço oferecido pela empresa chamou atenção de grandes investidores e gerou um impacto positivo na imagem organizacional, com isso ela foi adquirida parcialmente pelo banco Santander em 2013.

A aplicação da tecnologia em questão remove o óleo contaminado a frio sem necessidade de uso de energia elétrica e reutiliza tanto o óleo retirado quanto o solo, que pode ser imediatamente utilizado após a descontaminação. Como o sistema é flexível e móvel (disponível sobre uma carreta/caminhão), o solo não precisa ser deslocado e pode ser tratado no próprio local, barateando o custo da operação.

### *Fairphone (IDEIA CIRCULAR, 2018)*

A empresa holandesa Fairphone desenvolveu um celular de longa duração, mesmo que a tecnologia mude. O mesmo foi construído em perspectiva modular para ter um ciclo de uso prolongado, além disso, o celular pode ser aberto e manuseado pelo usuário até mesmo para trocar suas peças, o que permite a atualização do hardware conforme a tecnologia mais atual. Com isso, o cliente melhora somente as funcionalidades ou os módulos que necessitar sem precisar comprar novo aparelho (por exemplo, aquele que gosta de fotografia troca apenas a câmera do telefone).

A empresa não se limita ao exposto, ela também se certifica de validar a origem dos materiais que utiliza na fabricação dos aparelhos de tal forma que a organização se recusa a utilizar como matéria-prima minérios que sejam oriundos de extração financiada por conflitos ou grupos armados.

### ***Fohm.Life (IDEIA CIRCULAR, 2018)***

A Fohm.Life criou uma substância para descontaminação. Trata-se de um tipo de espuma que absorve óleo (vegetal ou mineral) que esteja misturado na água. O óleo removido pode ser novamente utilizado, criando um novo ciclo de uso de igual valor ou superior.

O produto, além de inovador, pode ser empregado em pequena escala (em âmbito doméstico em nossas residências) e em escalas maiores (nas industriais). O produto pode ser aplicado para retirada do óleo proveniente: de fritura de alimentos em casa e restaurantes, de limpeza da fauna e da flora em caso de derramamento de petróleo em desastres e crimes ambientais, de tratamento da água urbana e da rede de esgotos, bem como, da água utilizada pela indústria em seus diversos processos produtivos.

Além de tudo, a espuma é biodegradável, ou seja, não deixa rastro em sua decomposição que leva em torno de 28 dias, podendo até mesmo ser usada como adubo orgânico.

### ***Hewlett-Packard (IDEIA CIRCULAR, 2018)***

A Hewlett-Packard tem um histórico de assumir a responsabilidade dos impactos dos seus produtos ao longo da cadeia de valor. Em 1992, a empresa começou um programa chamado “Design para o Meio Ambiente” visando garantir que a eficiência energética, o design para reciclagem e a inovação de materiais estivessem presentes

em seus produtos já na fase de design de concepção do produto.

Em 2013, a HP assumiu o compromisso com a transição para a EC, ou seja, assumiu que seria líder em seu setor para a prática da EC, buscando manter seus produtos e materiais em circulação pelo maior tempo possível, impactando diretamente na redução dos resíduos.

Como se pode perceber, a EC é perfeitamente aplicável e lucrativa, seus conceitos são claros, alinhados, estratégicos e exequíveis, bem como se revela um dos caminhos rumo aos negócios e empreendimentos sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ABBASI, M.; NILSSON, F. Themes and challenges in making supply chains environmentally sustainable. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 517-530, 2012.

ABREU, N. **Economia Circular e Cradle to Cradle: Ferramentas para equilíbrio entre sociedade e meio ambiente**, 10/02/2017. Disponível em: [http://autossustentavel.com/2017/02/economia-circular-e-cradle-to-cradle\\_10.html](http://autossustentavel.com/2017/02/economia-circular-e-cradle-to-cradle_10.html). Acesso em: 25 mai. 2020.

ALLEN, A. **Economia Linear, Economia Circular e Blockchain**, 09/07/2018. Disponível em: <http://www.acriacao.com/economia-linear-economia-circular-e-blockchain/>. Acesso em: 25 mai. 2020.

ARQ.BIO. **Da Economia Linear à Economia Circular: uma possibilidade de conservar a disponibilidade de recursos naturais no planeta**, 25/07/2016. Disponível em: <https://arqbio.wordpress.com/2016/07/25/da-economia-linear-a-economia-circular-uma-possibilidade-de-prolongar-a-disponibilidade-de-recursos-naturais-no-planeta/>. Acesso em: 25 mai. 2020.

BEERCIRCULAR. **Simplificando: O que é a Economia Circular?**,

02/01/2020. Disponível em:

<https://www.beecircular.org/post/simplificando-economia-circular>.

Acesso em: 25 mai. 2020.

CAPRA. F. **As conexões ocultas**. Ciência para uma vida sustentável.

Tradução de Marcelo Brandão Cipolla. Editora Cultrix: São Paulo, 2002.

CNI, 2018. **Confederação Nacional da Indústria**. Economia circular:

oportunidades e desafios para a indústria brasileira /Confederação

Nacional da Indústria. Brasília: CNI, 2018.

EMF – ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular**

**economy**: economic and business rationale for an accelerated transition.

EFM: 2012. Disponível em:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ellen-macarthur-foundation-towards-the-circular-economy-vol.1.pdf>.

Acesso em: 26 de junho 2019.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win

business strategies for sustainable development. **California**

**Management Review**, v. 36, n. 2, p. 90-100, 1994.

FLORENT. **O que é upcycling e qual a sua importância?**, 02/09/2019.

Disponível em: <https://florent.com.br/o-que-e-upcycling-e-qual-a-sua-importancia/>.

Acesso em: 25 mai. 2020.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E.

J. The Circular Economy: a new sustainability paradigm? **Journal of**

**Cleaner Production**, v.143, p.757-768, 2017.

GEJER, L.; TENNENBAUM, C. **Os três princípios do design circular**

**Cradle to Cradle**. São Paulo: Ideia Circular, 2017. E-book. Disponível

em: <https://ideiacircular.com/os-tresprincipios-do-design-circular-cradle-to-cradle/>.

Acesso em: 11 abr. 2017.

GHISELLINI, P; CIALANI, C; ULGIATI, S. A review on circular

economy: the expected transition to a balanced interplay of

environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**,

n. 114, feb. 2016. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615012287>.

Acesso em out. 2017.

GOOGLE. **Imagem do título do capítulo.** Disponível em: [https://www.google.com.br/url?sa=i&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjtivK-gNjpAhWODrkGHcNEDEoQjRx6BAgBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sympla.com.br%2Fworkshop-desenhando-solucoes-e-modelos-de-negocio-para-a-economia-circular\\_\\_536583&psig=AOvVaw0ezR5nQbd-SDQlctny4cul&ust=1590804977953382](https://www.google.com.br/url?sa=i&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjtivK-gNjpAhWODrkGHcNEDEoQjRx6BAgBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sympla.com.br%2Fworkshop-desenhando-solucoes-e-modelos-de-negocio-para-a-economia-circular__536583&psig=AOvVaw0ezR5nQbd-SDQlctny4cul&ust=1590804977953382). Acesso em: 28 mai. 2020.

HAWKEN, P., LOVINS, A.; LOVINS, L. H. **Capitalismo natural:** criando a próxima revolução industrial. – São Paulo: Cultrix, 1999.

HOUSE OF COMMONS; ENVIRONMENTAL AUDIT COMMITTEE. Growing a circular economy: Ending the throwaway society. House of Commons / Environmental Audit Committee, Londres, 2014. Disponível em: **Revista Funec Científica – Multidisciplinar**, Santa Fé do Sul (SP), v.7, n.9, jan./dez. 2018. ISSN 2318-5287 <https://publications.parliament.uk/pa/cm201415/cmselect/cmenvaud/214/214.pdf>. Acesso em: 2020.

IDEIA CIRCULAR. **4 empresas que se destacam no design circular**, 2018. Disponível em: <https://www.ideiacircular.com/4-empresas-que-se-destacam-no-design-circular/>. Acesso em: 25 mai. 2020.

NOBRE, F. S.; RIBEIRO, R. E. M. Cognição e Sustentabilidade: Estudo de Casos Múltiplos no Índice de Sustentabilidade Empresarial da BM&FBovespa. **Revista de Administração Contemporânea**, v.17, n.4. p. 499-517, Jul./Ago. 2013. Disponível em: <https://rac.anpad.org.br/index.php/rac/article/view/1002>. Acesso em: 25 mai. 2020.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, 140, 3, 369-380, 2017.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, Elsevier, v. 127, p. 221–232, 2017.

RIBEIRO, R. E. M. **Cognição e sustentabilidade: estudo de casos múltiplos no índice de sustentabilidade empresarial (ise) da BM&FBovespa.** Curitiba, 2013. 214p. Dissertação (Mestrado em

Administração) Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Paraná, 2013.

RIBEIRO, R. E. M.; SEGATTO, A. P.; COELHO, T. R. Inovação social e estratégia para a base da pirâmide: mercado potencial para empreendedores e pequenos negócios. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 2, n. 2, p. 55-72, 2013.

SALMERON. **O que é Economia Circular?** Gestão de Resíduos, 30/07/2018. Disponível em: <https://www.gruposalmeron.com.br/o-que-e-economia-circular/>. Acesso em: 25 mai. 2020.

SANTOS, G.M.A. A gestão ambiental rumo à economia circular: como o Brasil se apresenta nessa discussão. In: **XIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & IV INOVARSE - Inovação & Responsabilidade Social-CNEG**, Rio de Janeiro, 2017.

SCHIETTEKATTE, N; BAKKER, E. Uma Holanda circular em 2050. In: **Economia Circular Holanda – Brasil: da teoria à prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

WEBSTER, K. **The Circular Economy: A Wealth of Flows**. Genebra, Suíça, EMF - Ellen Macarthur Foundation, 2015.

RIBEIRO, F. M.; KRUGLIANSKAS, I. A Economia Circular no contexto europeu: Conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. **Anais XVI ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**.

Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/473.pdf>> Acesso em: 16 mar. 2020.

SCHIETTEKATTE, N; BAKKER, E. Uma Holanda circular em 2050. In: **Economia Circular Holanda – Brasil: da teoria à prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

RSA - ROYAL SOCIETY OF ARTS. **Investigating the role of design in the circular economy**. The Great Recovery Project - Report 01 Revisited. Londres: RSA, 2014.



# 04 LEAN PRODUCTION 4.0

---

O modelo inovador de produção *lean productin* foi desenvolvido com base no sistema de produção em massa de Henri Ford. O engenheiro Taiichi Ohno, Toyoda Sakichi e seu filho, Toyoda Kiichiro por volta da década de 70, após a segunda guerra mundial começaram a desenvolver um novo sistema de produção para a Toyota Motor Company (WERKEMA, 2012).

O Sistema Toyota de Produção (STP) recentemente vem sendo visto como a origem da produção enxuta. Em um amplo e pioneiro estudo sobre a indústria automobilística mundial foi evidenciado que o STP conduzia à organização ao alcance de significativas melhorias nos campos da produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos. Analogamente, creditaram-lhe o sucesso por trás da indústria japona na época (PACHECO, 2014).

O termo *lean production* é definido como uma metodologia que gera bons resultados com qualidade e redução de custos que são características que identificam os sistemas de produção eficientes, eficazes e ágeis. A origem do *Lean* está relacionada com origem no JIT (*Just In Time*),

metodologia concebida como produção no tempo certo e desenvolvida pelo fabricante de automóveis Toyota como o sistema de produção perfeito (PAKDIL; LEONARD, 2014; SCHONBERGER, 2007).

Sendo assim, é uma metodologia aplicada com claro foco em aumentar a produção sem que isso afete a qualidade e o custo final do produto, ou seja, o *Lean Production* possibilita que uma indústria identifique e elimine desperdícios por meio da melhoria contínua (VERRIER; ROSE; CAILLAUD; REMITA, 2014).

O mercado competitivo exige que as organizações criem e agreguem valor para seus produtos e/ ou serviços através da otimização dos seus recursos. Nesse sentido, as práticas e ferramentas do sistema *lean production* (ou *lean manufacturing* ou produção enxuta) são as recomendadas por terem um baixo custo de implementação e reduzir os desperdícios das empresas (SAITO et al., 2018). O conceito de *lean production* define que as atividades que não agregam valor são chamadas de desperdícios e são classificados em superprodução, inventário, transporte, movimentação, defeitos, processos desnecessários e espera.

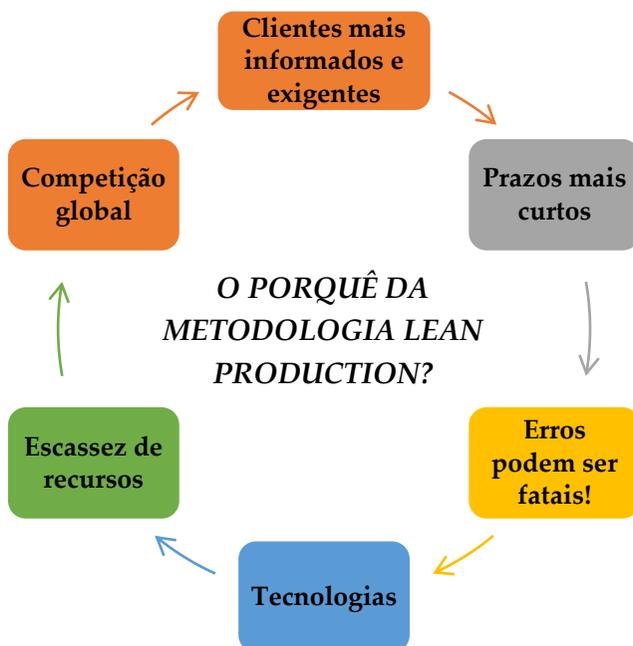
A metodologia *lean* é composta por princípios e um conjunto de ferramentas que visam reduzir o lead time das operações, atividades e processos com menos esforço humano, custos controlados, layout otimizado, desperdício zero e mínimo de erros (AL-BALUSHI, 2014).

O *lean* é aplicado nas organizações para aumentar a performance na otimização dos recursos envolvidos na execução das atividades. Worley e Doolen (2006), definem

que as ações *lean* são direcionadas para a remoção dos desperdícios no fluxo de valor das organizações. Portanto, os cinco princípios para a minimização ou eliminação dos desperdícios são: a definição do valor; a identificação do fluxo de valor; construção de um fluxo contínuo; a produção puxada; e a melhoria contínua.

A Figura 12 revela os questionamentos pertinentes para aplicação da metodologia *lean production*:

Figura 12 – O Porquê da Metodologia *Lean Production*?



Fonte: Autoria própria (2020)

O *lean production* ou manufatura enxuta como também é conhecido, é uma estratégia de excelência

operacional que tem como referência o sistema Toyota de produção. Esse tipo de filosofia dentro de uma organização busca utilizar o mínimo de recursos, eliminando ou reduzindo as atividades que não agregam valor, através da identificação dos 8 desperdícios e aumentando as atividades que agregam, visando melhorar os indicadores da qualidade, custo e entrega (BRASIL et al., 2018).

## PENSAMENTO LEAN

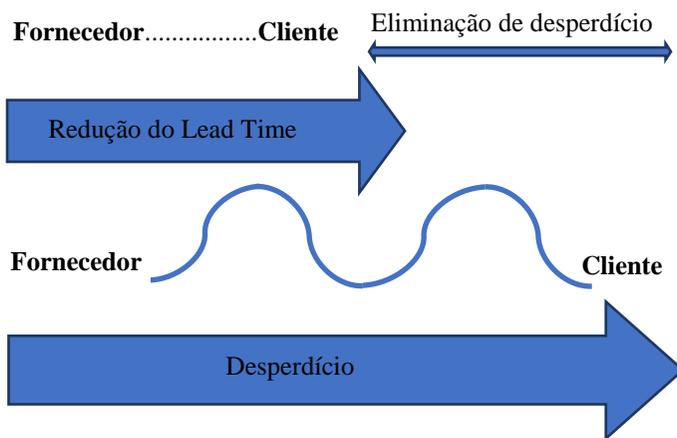
O *Lean* é uma filosofia sistemática e padronizada de remoção de desperdícios que envolve todos os membros da organização em um fluxo contínuo de reengenharia de processo. *Lean Production* consiste na redução ou eliminação de perdas, entretanto ressalta-se que não basta apenas isso, é fundamental que haja ganhos para a empresa, pois a aplicação do conceito *lean* implica em melhoria de qualidade, desenvolvimento de pessoas, aumento de capacidade produtiva e redução dos custos (FERREIRA; SILVA, 2016).

O *lean production* combina as vantagens do sistema de produção artesanal com o sistema de produção em massa, abstendo o custo elevado do primeiro e da inflexibilidade do segundo. Oliveira, Mendes e Costa (2018) afirmam que o *lean production* é a junção de vários conceitos sobre eliminação de desperdício e adoção das melhores práticas. Esses conceitos podem ser aplicados em conjunto ou de forma isolada, dependendo de cada situação e de cada empresa impactando em ganhos financeiros, melhoria

de qualidade, aumento de capacidade produtiva e alta performance em indicadores.

Na Figura 13 apresenta-se o pensamento *lean* aplicado à manufatura, revelando o foco na eliminação dos desperdícios e interação com o cliente.

Figura 13 – O Pensamento Lean Production

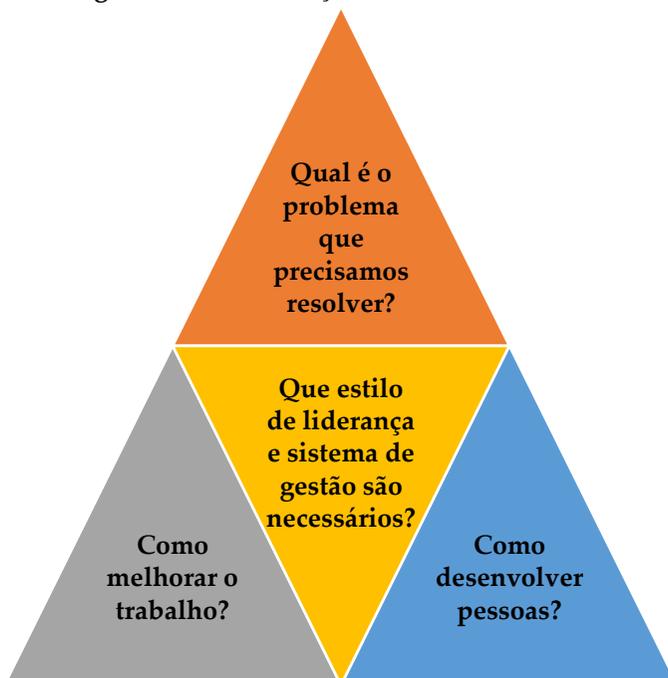


Fonte: Autoria própria (2020)

Para obter sucesso na implementação da metodologia *lean* é crucial a quebra dos paradigmas da cultura e estrutura empresarial. O pensamento da metodologia *lean production* está voltado para o gerenciamento das operações da produção visando a alta performance e maiores níveis de efetividade, através de eliminação de desperdícios, redução de custos, agregação de valor ao produto e atendimento as necessidades dos clientes (JADHAV; MANTHA; RANE, 2014).

Como se pode observar na figura 14, o pensamento *lean* revela-se perfeitamente estruturável e organizável para fins de aplicação prática.

**Figura 14** – Estruturação do Pensamento Lean



**Fonte:** Autoria própria (2020)

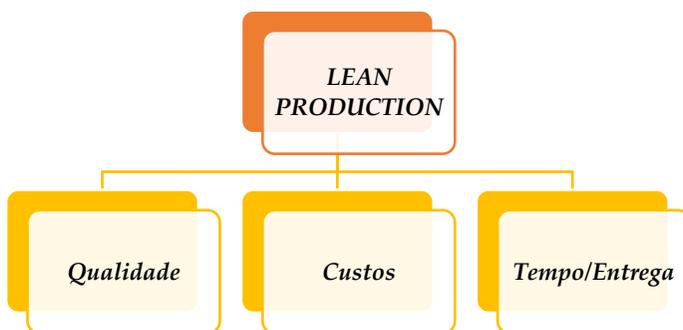
Conforme revela a Figura 14 é possível destacar questionamentos que podem contribuir na estruturação do pensamento *Lean*, tais como: Qual é o problema que precisamos resolver? Como melhorar o trabalho? Que estilo de liderança e sistema de gestão são necessários? Como desenvolver pessoas? Esses questionamentos levam à reflexão do processo de amadurecimento da organização.

O desafio das organizações é identificar as oportunidades de melhoria em seus processos de forma contínua, e implantá-las de modo planejado, organizado e sem grandes investimentos (VERRIER; ROSE; CAILLAUD; REMITA, 2014). A proposta desta metodologia é a integração sistemática e autônoma das pessoas envolvidas no processo da cadeia de valor, ganhos de produtividade e satisfação do cliente.

As questões estratégicas do *lean production* são abordadas em três aspectos: Qualidade como melhorá-la; Custos como controlá-los e Lead time como reduzi-lo. Essas abordagens tem um objetivo em comum que é alcançar, manter e melhorar os resultados no decorrer do tempo por meio da redução do trabalho desnecessário, a redução do tempo de processamento e o aumento da capacidade de processamento (BALABUCH, 2017).

A Figura 15 traz questionamentos balizadores do *lean production* para nortear sua compreensão e aplicação.

**Figura 15** – Questões Estratégicas *Lean Production*



**Fonte:** Autoria própria (2020)

A Figura 15 apresenta os três pilares da metodologia *lean production*: qualidade, custos e tempo/entrega. Assim, de forma sucinta, a questão estratégica do *lean production* é a eliminação dos desperdícios, por meio da análise do fluxo de valor do negócio, a fim de identificar as atividades da organização que não criam valor para o cliente. Para isso, deve-se padronizar, reduzir o lead-time, aumentar a qualidade e reduzir os custos na organização (BAIERLE et al., 2018). Com isso, observa-se o alcance de melhorias em toda a organização, conforme Figura 16.

**Figura 16** – Foco das Melhorias das Abordagens do *Lean Production*



**Fonte:** Autoria Própria (2020)

Ou seja, as dimensões da qualidade, custos e tempo focam melhorias estratégicas em toda a organização.

Revela-se, com isso, que o *Lean Production* prevê uma estrutura organizacional onde todos os envolvidos buscam um único objetivo, a excelência operacional. A lógica dessa metodologia é que todos os integrantes do processo conheçam sua função e importância na busca da melhoria contínua e excelência operacional. Portanto, o foco das melhorias do *lean* são: a padronização, controle do processo, eliminação de tarefas que não agregam valor, criação de cultura de aprendizagem engajada na melhoria contínua e a redução do tempo de espera e gargalos (UHLMANN, 2015).

## **COMO IMPLEMENTAR O LEAN PRODUTICON NA SUA ORGANIZAÇÃO?**

Definindo os mapas dos processos que identifica o meio mais eficiente para executar uma operação e definindo as etapas críticas que precisam de maior gerenciamento, como também etapas desnecessárias que não agregam valor ao produto, destacando as atividades que geram desperdícios e reduzem o desempenho. Em seguida, estabeleça fluxos contínuos e flexíveis que maximize a qualidade e produtividade, pois quanto mais esses pontos forem potencializados maior será o número de produtos com valor agregado, crie um sistema puxado pelo cliente aplicando a ferramenta KANBAN e por fim, habilite o ciclo de melhoria de contínua.

O PDCA é uma ferramenta tradicional e com uso bastante disseminado, sendo focado também em melhorias contínuas, o que o torna perfeitamente alinhado à filosofia *lean* e, conseqüentemente, aplicado em simbiose ao *lean production*. A Figura 17 revela tal relação.

**Figura 17** – Adotando o *Lean Production* usando o Ciclo PDCA



**Fonte:** Autoria Própria (2020)

### **1 P (PLANEJAR)**

- 1.1 Definição do Processo Alvo
- 1.2 Mapa Processo (VSM)
- 1.3 Cálculo de Indicadores (Takt time, OEE, FTT, TC)
- 1.4 Plano de Ação

### **2 D (FAZER)**

- 2.1 Execução do Plano de ação (Kaizen, TPM, SMED, 5S)
- 2.2 Mapa Melhorado

### **3 C (CHECAR)**

- 3.1 Verificação dos resultados (Takt Time, OEE, FTT, TC)

## 4 A (AGIR)

### 4.1 Padronização

### 4.2 Lições apreendidas

Como visto, as ferramentas do *lean production* podem ser casadas com o ciclo PDCA para aplicação combinada, tornando ambas as aplicações potencializadas.

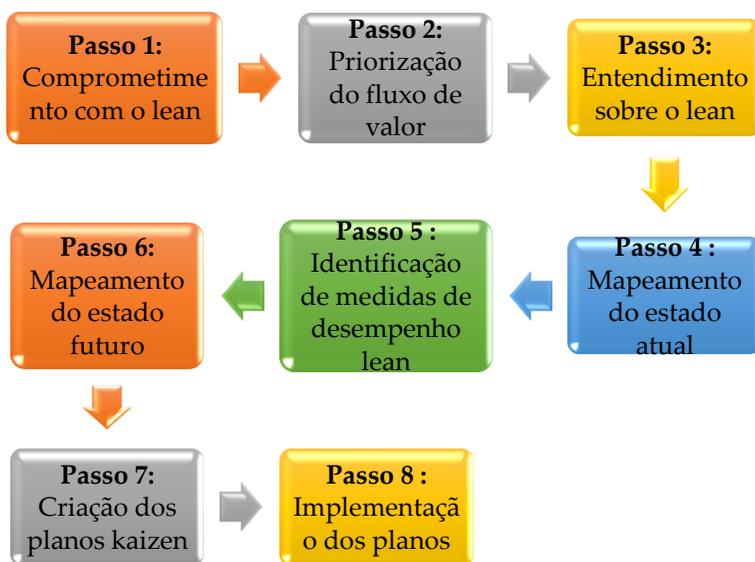
A implantação do *lean production* inicia com a escolha das ferramentas que serão aplicadas para aumentar a competitividade, estabelecer uma cultura organizacional de melhoria contínua, racionalizar a força de trabalho, eliminar perdas e desperdícios, melhorar a qualidade dos produtos, elevar a confiabilidade na detecção de falhas e reduzir os custos de fabricação. Oliveira, Mendes e Costa (2018) aplicaram as seguintes etapas abaixo na implantação do *lean production* em uma indústria de autopeças:

- **(1) Etapa preparação:** análise do layout de fábrica e seus produtos; definição do setor/linha a ser mapeado; mapeamento dos processos; mapeamento do Fluxo de Valor no estado presente; coleta dados dos indicadores de produção antes de aplicar a filosofia; definição das ações de melhoria para etapa 2;
- **(2) Etapa intervenção:** A aplicação das ferramentas *lean* selecionadas MFV (*Mapeamento do Fluxo de Valor*), fluxo contínuo, trabalho padronizado e 5S (*SEIRI ou Utilização – SEITON ou Organização – SEISOU ou Limpeza – SEIKETSU ou Saúde e Higiene – SHITSUKE ou Autodisciplina*);
- **(3) Etapa monitoramento:** A implantação de um quadro de Gestão à Vista para o acompanhamento diário dos resultados obtidos na linha de produção estudada;

- (4) **Fase de encerramento:** São apresentados todos os índices e resultados obtidos após a implantação das metodologias, técnicas e ferramentas da filosofia *lean production*, conforme relacionadas: a) índice de produtividade: cálculo e avaliação da produção diária de peças; b) índice de movimentação: cálculo da quantidade passos no deslocamento de cada peça; c) retorno do programa: análise dos resultados financeiros obtidos com a implementação; d) indicadores de desempenho: mensurar o desempenho os indicadores de desempenho após a implementação do programa.

Dessa forma, pode-se evidenciar a implementação da metodologia *lean produticon* na Figura 18 em oito passos claros e sucintos.

**Figura 18** – Implementação da Metodologia *Lean Production*



**Fonte:** Autoria Própria (2020)

Diante disso, as características do sistema *lean production* estão associadas: i) à aplicação racional dos recursos; ii) à participação ativa e ao empenho dos colaboradores na implementação das melhores práticas; iii) à dedicação para erradicação dos desperdícios; iv) ao acompanhamento e monitoramento dos resultados; v) ao alinhamento das estratégias de curto, médio e prazo; vi) à descomplexificação de processos e movimentação eficiente de materiais e; vii) a implementação contínua de melhorias (SPAGNOL et al., 2018).

## FERRAMENTAS DE MELHORIA LEAN

*Heijunka* é uma técnica para reduzir os desperdícios e a variabilidade nas cargas de trabalho, criando processos flexíveis com nivelamento da produção. Portanto, o nivelamento do plano de produção tem um papel fundamental em todo o fluxo de valor, incluindo a possibilidade de planejar cada detalhe da produção meticulosamente e a padronizar as práticas de trabalho.

A metodologia 5S é derivada das palavras japonesas Seiri (liberação de área), Seiton (organização), Seiso (limpeza), Seiketsu (Padronização) e Shitsuke (disciplina). Os 5S orientam a eficiência, disciplina no local de trabalho e a padronização do trabalho que consiste em um detalhamento de cada atividade especificando o tempo de ciclo (cycle time) e o tempo de entrega (takt time).

*Kanban* é um termo de origem japonesa que significa quadro de sinais, portanto é um método de programação baseado em uma categoria de sinalização que autoriza e instrui o início, interrupção e fim do processo, dessa forma essa ferramenta permite o controle visual com maior previsão do processo de execução das atividades.

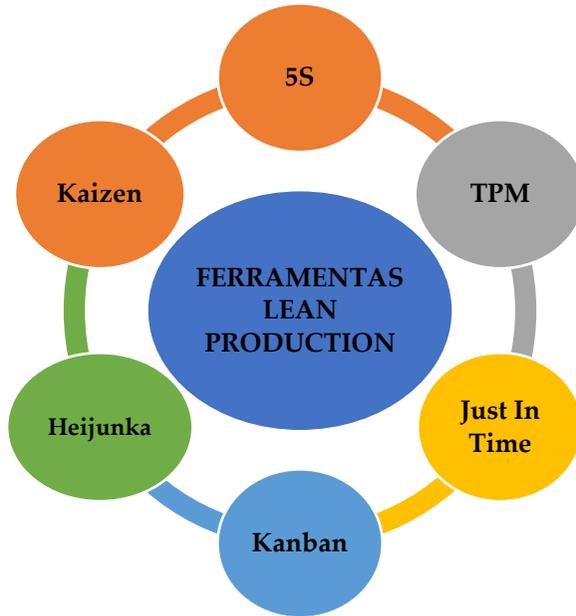
*Kaizen* é uma metodologia que visa uma cultura participativa para a implementação de melhorias, eliminação de desperdícios e satisfação dos clientes. Para absorção desse conceito por todos colaboradores é fundamental: uma liderança participativa; equipe engajada e comprometida; definição de padrão; e a busca pela melhoria continua incansavelmente.

*Manutenção Produtiva Total (TPM)* tem como conceito fundamental elevar ao máximo a produtividade e a eficiência de um processo produtivo aumentando a produção e disponibilidade dos equipamentos, aumentando o ciclo de vida dos equipamentos e a redução na variação no processo, por meio de manutenção autônoma e manutenção planejada, educação e treinamento, segurança, saúde e meio ambiente.

*Just In Time* tem o foco a otimização da produção evitando excessos e estoque cheio. A produção é puxada só tem início após o start (demanda) do cliente.

A partir da explicação de cada uma das ferramentas, elaborou-se a Figura 19 ao qual representa as ferramentas básicas do *Lean Production*.

**Figura 19** – Ferramentas Básicas do *Lean Production*



**Fonte:** Autoria Própria (2020)

A gestão da mudança na filosofia *lean* e aplicação das ferramentas é resultado da construção do pensamento *lean* que deve ser implementado de cima pra baixo iniciando no planejamento estratégico com a alta direção na busca por resultados excelentes, média gerência ou planejamento tático responsável pela busca por conhecimentos e ferramentas e pôr fim a base relacionada ao planejamento operacional que é a linha de frente responsável pelo engajamento.

## AS MÉTRICAS LEAN PRODUCTION

*Tempo de Ciclo* é a soma do tempo de todas as operações necessárias para a fabricação do produto ou lote considerando os tempos de paradas e setup.

*Lead Time* é a diferença entre o tempo inicial do produto ou serviço na cadeia de valor até o tempo final, portanto é o tempo necessário para o produto e/ou serviço percorrer toda a cadeia de valor.

*Tempo de Setup* é o tempo de parada para a manutenção do equipamento.

*Takt Time* é utilizado para determinar o tempo no qual as peças devem ser produzidas para atender a demanda conforme a capacidade de produção.

## DESPERDÍCIOS LEAN

*Lean production* é uma metodologia direcionada para identificar e eliminar os desperdícios relacionados ao processamento impróprio, excesso de produção, estoque, excesso de transporte, movimentações, defeito e retrabalho, espera e intelectual. Para identificar e eliminar os oito desperdícios é primordial realizar o mapeamento do fluxo de valor de todo o processo produtivo identificando todos os detalhes (BAIERLE et al., 2018). A Figura 20 apresenta dos oito desperdícios do *lean production*:

Figura 20 – 8 Desperdícios do *Lean Production*



Fonte: Autoria Própria (2020)

Spagnol et al. (2018) contribuem para facilitar a compreensão dos oito desperdícios combatidos pelo *lean* de maneira pormenorizada, conforme são descritos na sequência.

**Processo desnecessário (1):** é todo processo que não agrega valor. *Passo para eliminar:* Implantação de processos

padronizados evitando assim retrabalhos e atividades desnecessárias.

**Superprodução (2):** Produção sem a demanda dos clientes devido a erros no planejamento que causam alto estoque de produto acabado. Passo para eliminar: Iniciar a produção apenas depois da confirmação da demanda para produzir somente quando for necessário, na quantidade certa e na hora certa (*Just In Time*).

**Estoques (3):** Partindo da premissa que estoque é dinheiro parado, matéria-prima, componentes e produtos estocados sem necessidade por um longo período significa capital retido e camuflagem dos verdadeiros problemas e desperdícios da empresa. Passo para eliminar: Estoque desmarcados e controlados com clara visualização de limites utilizando a filosofia *just in time* e a metodologia kanban para produzir somente quando e quanto necessário, é fundamental também a identificação e controle dos gargalos nos processos.

**Transporte (4):** Fluxo de matérias, informações e movimentações, quando feitas desnecessariamente. Passo para eliminar: balanceamento da produção e análise e mapeamento do fluxo de matérias, informações e movimentações para identificar e solucionar os gargalos do fluxo de transporte.

**Movimentações (5):** É o alto *lead time* dos processos com movimentações desnecessárias que não agregam valor ao produto e/ ou serviço. Passo para eliminar: mapeamento do fluxo de valor dos processos para organização e otimização do layout do local de trabalho, como também

deixar todas as ferramentas e matérias próximo ao local de realização do processo.

**Defeito e retrabalho (6):** é toda correção adicional devido a um resultado não esperado e que seja necessário o processo ser repetido e tem como consequência o aumento excessivo do custo, horas trabalhadas e materiais. Passo para eliminar: implementar ações preventivas contra as falhas para o processo de solução de problemas, uma padronização clara, detalhada e visível para o colaborador fazer o certo da primeira vez.

**Espera (7):** é o tempo não aproveitado devido à espera material, transporte atrasado, medições, checagens e operações não balanceadas. Passo para eliminar: Eliminando a ociosidade de máquinas e pessoas por balanceamento da linha de produção e organizar e distribuir as atividades para sincronizar o fluxo de trabalho e manter o sistema com zero ociosidade. Pode ser utilizado o *tack time*, tempo de ciclo, lead time, eficiência, % utilização, OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

**Desperdício intelectual (8):** é a subutilização de mão de obra, pois os colaboradores podem contribuir com ideias brilhantes e revolucionárias para o processo. Passo para eliminar: Incentivar a criatividade dos funcionários e alocar as pessoas certas nas fases com desperdícios.

## PRINCÍPIOS

As organizações fazem uso das práticas *lean* para buscar a eficiência e eficácia em termos de qualidade,

confiabilidade, flexibilidade, inovação e custos associando a minimização e ou eliminação constante dos desperdícios (em japonês – muda). Balabuch (2017) destacam cinco princípios, voltados para a eliminação dos desperdícios no *lean production*: valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição.

A filosofia do *lean production* adota cinco princípios criados pela Toyota com intuito de aumentar a produtividade, performance e eliminar os desperdícios da cadeia de produção. a) valor: identificar o valor do ponto de vista do cliente; b) cadeia de valor: identificar e entender o fluxo de valor e os desperdícios; c) fluxo contínuo: estabelecer o fluxo contínuo de informações e materiais; d) sistema puxado: fazer somente aquilo que é solicitado pelo cliente conforme a filosofia *just in time*; e) busca da perfeição: melhoria continua (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2015).

A aplicação desses princípios *lean* requer da organização uma concepção do fluxo de valor para alinhar a melhor sequência as ações que criam o valor e reduzem o desperdício com um quadro de colaboradores treinados e capacitados para o pensamento *lean* enraizado na cultura organizacional (WOMACK et al., 2004).

## **O PAPEL DA LIDERANÇA DA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN PRODUCTION**

- ✓ Não existe um modelo de liderança perfeito e aplicável a todas as situações, portanto o líder não lidera e

coordena tudo, ele delega funções sem utilizar de autoridade;

- ✓ Ser tecnicamente competente e construir uma equipe competente e forte;
- ✓ Difundir a liderança em todos os níveis da organização;
- ✓ Ser exemplo para os outros;
- ✓ Ser motivado e motivar a equipe.

## REFERÊNCIAS

AL-BALUSHI S. et al. Readiness factors for lean implementation in healthcare settings—a literature review. **Journal of health organization and management**. 2014; 28(2): 135-153.

BAIERLE, I. C. et al. Eliminação de espera e transporte em processo para aumento de produção com aplicação de conceitos do lean production. **XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção: “a engenharia de produção e suas contribuições para o desenvolvimento do brasil”**, Maceió, Alagoas, Brasil, ano 2018, ed. 38.

BALABUCH, P. **Princípios e filosofia lean** / Organizadora Pauline Balabuch. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2017. Formato: PDF. ISBN 978-85-93243-50-9. DOI 10.22533/at.ed.509170412

BRASIL. et al. **Lean manufacturing: a importância do oee na melhoria da produtividade da linha de embalagem em frascos**. 2018 (ISSN 2447-0627)

FERREIRA, L.; SILVA, E. B. **Gerenciamento e controle de qualidade**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 princípios do lean thinking** (mentalidade enxuta), 2015

JADHAV, J. R.; MANTHA, S. S.; RANE, S. B. Exploring barriers in lean implementation. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 2, p. 122-148, 2014.

OLIVEIRA, F. S.; MENDES, L. D. S.; COSTA, R. A. **Implantação do sistema de produção enxuta em uma indústria de autopeças utilizando a metodologia lean manufacturing**. 2018. ISSN 2447-0635

PACHECO, D. A. J. Lean e Seis Sigma: explorando similaridades para a melhoria contínua. **Espacios**, Porto Alegre, v. 37, n. 18, mar. 2016.

Disponível em:

<http://www.revistaespacios.com/a16v37n18/16371804.html>. Acesso em: 26 abr. 2020

QUALITAS INFORMÁTICA. **Imagem do título do capítulo**.

Disponível em: <https://www.qualitasinformatica.com/moduli/kanban-lean-production/>. Acesso em: 28 mai. 2020.

SAITO, C., et al. Lean production aplicado à indústria agroalimentar: levantamento da produção científica em periódicos de engenharia de produção. **XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: “a engenharia de produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil”**, Maceió, Alagoas, Brasil, ano 2018, ed. 38.

SPAGNOL, G. S.; CALADO, R. D.; SARANTOPOULOS, A.; MIN, L. L. **Lean na prática**. Organizadores: Gabriela Salim Spagnol, Robisom Damasceno Calado, Alice Sarantopoulos e Li Li Min. – 1 ed. – Global South: Rockville/Maryland, 2018. ISBN: 978-1-943350-76-6.

UHLMANN, I. R. **Aplicação de ferramentas do lean manufacturing em um processo de SMT: Estudo de caso**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Processos, Belém, 2015.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma**: introdução às ferramentas do lean manufacturing. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2012.

VERRIER, B.; ROSE, B.; CAILLAUD, E.; REMITA, H. Combining organizational performance with sustainable development issues: The Lean and Green project benchmarking repository. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 83-93, 2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. (2004). **A Máquina que Mudou o Mundo**: baseado no estudo do Massachusetts Institute of technology sobre o futuro de automóvel. Tradução Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WORLEY, J. M; DOOLEN, T. L. The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. **Management Decision**. 2006;44(2): 228-24.



# 05 LEAN SEIS SIGMA

---

O mercado está mais dinâmico e competitivo, exigindo um desenvolvimento tecnológico elevado, bem como o atendimento a exigências crescentes impostas pelos clientes e mercado. Os profissionais que desejem obter sucesso e garantir sua empregabilidade precisam ter a capacidade de estabelecer estratégias inovadoras, além da adoção de ferramentas e técnicas combinadas que proporcionem às organizações níveis de atendimento às exigências técnicas, otimização de processos, redução de custos e atendimento ao cliente nos mínimos detalhes. Sendo assim, a adoção de estratégias sustentáveis conforme proposto por Nobre e Ribeiro (2013) pode desenvolver a cultura organizacional propícia à implantação do Lean Seis Sigma.

A metodologia *Lean Six Sigma* e *Lean Production* norteiam o desempenho, estratégia, informação, tecnologia e estrutura organizacional, entretanto o foco do *Lean Production* está no fluxo produtivo e o *Six Sigma* atua na redução da variabilidade. Dessa forma, as metodologias se complementam na medida em que o *lean* proporciona mudanças rápidas para o aumento da produtividade, o *Six*

*Sigma* possibilita a melhoria da qualidade. Pinheiro, Scheller e Cauchi (2013), afirma que o alinhamento entre os dois métodos fez surgir uma nova metodologia o Lean Seis Sigma.

O Quadro 1 apresenta um paralelo comparativo entre as metodologias six sigma, lean production e lean seis sigma.

**Quadro 1** – Comparativo entre as Metodologias

SIX SIGMA	LEAN PRODUCTION	LEAN SEIS SIGMA
Motorola Década de 80	Toyata Década de 70	Integração entre o six sigma e Lean Production
Gerenciamento de projeto com plano de melhorias	Gerenciamento de projeto com plano de melhorias pelo Fluxo de valor	Melhoria contínua de produtos e processos e criação de valor para clientes
Variabilidade	Lead time	Tempo e Variabilidade
Reduzir os Defeitos	Reduzir os Desperdícios	Reduzir a Variabilidade
Eficaz	Eficiente	Eficaz e Eficiente

**Fonte:** Autoria Própria (2020)

Como visto no Quadro 1, a relação simbiótica entre o six sigma e o lean production fez surgir de maneira promissora uma nova abordagem resultante da relação, alinhamento e complementaridade de ambas.

Lean Seis Sigma é na verdade o uso combinado de duas metodologias tradicionais: a *Lean Manufacturing* e a Seis Sigma. A adoção combinada permite o desenvolvimento de melhoria contínua direcionada a todos os níveis organizacionais tendo em vista a combinação de uma abordagem científica e quantitativa de qualidade aliada às técnicas do *lean*. Ao tempo em que uma foca a padronização e alcance de níveis de qualidade elevados junto à redução de custos a outra tem orientação ao cliente e foco no mercado (PACHECO, 2014).

O sucesso da metodologia lean seis sigma com a resolução dos problemas, redução dos desperdícios, padronização e melhoria contínua é fundamentada em fatores críticos de sucesso tais como compromisso da liderança, gerenciamento de projetos, infraestrutura e cultura organizacional, conhecimento sobre o lean seis sigma e treinamento e educação e conexão do lean seis sigma com a estratégia da organização (BAKAR, 2015).

Porém, para sua adequada aplicação, é relevante conhecer alguns fatores críticos de sucesso referente à metodologia, conforme apresentado na figura 21.

**Figura 21** – Fatores Críticos de Sucesso Lean Seis Sigma



**Fonte:** Autoria própria (2020)

Tendo-se atenção aos principais fatores críticos de sucesso, é possível obter maior taxa de sucesso na implantação das ferramentas e metodologias rumo à cultura *lean*.

As abordagens da *Lean Production* e *Six Sigma* buscam a excelência operacional e a melhoria contínua, podendo ser aplicadas separadamente, um após o outro ou simultaneamente dependendo da natureza do problema e das características da organização (SALAH et al., 2010). O

lean seis sigma aborda simultaneamente a causa raiz do problema internacionalizando o fluxo de valor entre os colaboradores para assim aumentar a performance dos processos e produtos, a satisfação dos clientes e lucratividade.

## **SUCESSO E FALHAS NA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA**

Toda metodologia é passível de sucesso e fracasso, pois não temos ferramentas perfeitas e aplicáveis em quaisquer situações e/ou organizações. Sendo assim, é importante conhecer as possibilidades de sucesso e possíveis falhas na implementação do lean seis sigma. O Quadro 2 detalha as informações sobre como obter sucesso e se prevenir de falhas.

**Quadro 2 – Sucesso e Falha no Lean Seis Sigma**

COMO OBTER SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA?	ONDE UM PROJETO SEIS SIGMA PODE FALHAR?
Consultoria, treinamentos e reuniões periódicas	Falhas relacionadas ao envolvimento e comprometimento gerencial.
Capacitação adequada da equipe	Falhas relacionadas à formação da equipe
Gestão dos recursos materiais (Software estatísticos, livros, computador), aplicação de indicadores técnicos e gerenciais para acompanhamento, controle e gerenciamento	Falhas relacionadas à seleção do projeto, como por exemplo: escopo muito grande, dificuldade no entendimento da real necessidade do cliente, perda de vínculo entre foco e impacto do projeto, dentre outras.
o <i>follow up</i> dos projetos (Reuniões técnicas e executivas) para intensificar a capacitação e a dedicação dos especialistas	Falhas relacionadas ao desenvolvimento do projeto EX: Os times dos projetos não estão focados, não honram compromissos ou não foram treinados de maneira adequada

**Fonte:** Autoria própria (2020)

Ao se conhecer no Quadro 2 os principais fatores que podem levar ao sucesso e as principais causas de falha na implementação da metodologia lean seis sigma, o gestor pode planejar previamente cursos de ações a seguir em cada fase de implementação para sanar as falhas e otimizar o sucesso da aplicação.

Para a implementação dos conceitos da filosofia Lean Seis Sigma é imprescindível a observação dos processos da organização, e assim aplicar o método DMADV ou DMAIC processos, produtos e/ou serviços (ROTONDARO et al 2014). Portanto, o lean é uma estratégia gerencial que almeja um excelente resultado financeiro por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos, aumento da satisfação de clientes internos e externos, desenvolvimento de habilidades e competências em todos os membros da organização, trabalho em equipe, criatividade e a inovação.

A busca incansável pela melhoria contínua está impulsionando o investimento em ferramentas, técnicas, estratégias e tecnologias para atender as necessidades dos consumidores com produtos de qualidade, inovadores com preços atrativos (SCHELLER; MIGUEL, 2014). Neste contexto, o Lean Seis Sigma vai de encontro com exigências impostas pelo mercado, pois é uma metodologia focada em potencializar a vantagem competitiva das organizações, através da melhoria nos processos.

A Figura 22 apresenta oito características que são consideradas chave para a metodologia lean seis sigma.

**Figura 22 – 8** Características Chave do Lean Seis Sigma



**Fonte:** Autoria própria (2020)

Tendo-se atenção às oito características consideradas chave, é possível gerencialmente conduzir às organizações rumo ao sucesso.

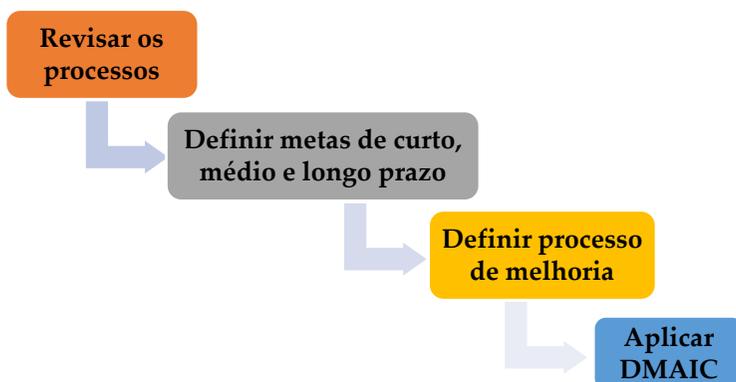
O desafio das organizações está voltado para a busca da melhoria contínua e para a inovação nos sistemas de produção atrelados à diminuição dos custos, eliminação de desperdícios, aumento da qualidade, produtividade e a redução da variabilidade nos processos. A filosofia Seis Sigma é um dos instrumentos que podem ser utilizados para alcançar esses objetivos (ENDLER et al., 2016).

### *Etapas para aplicar o Lean Seis Sigma:*

- (1) Analise o processo presencialmente para identificar desperdícios, perdas e gargalos;
- (2) Escolha bem o que medir e defina com precisão como medir;
- (3) Guarde a estatística para ser utilizada no momento certo, já que uma overdose de estatística nos projetos Lean Seis Sigma não agrega valor.

Após definidas as etapas dá-se sequência no passo a passo para implementar a metodologia descrita na Figura 23:

**Figura 23** – Passos para Implementar o Lean Seis Sigma



**Fonte:** Autoria própria (2020)

O passo a passo permite estabelecer de maneira clara, lógica e cadenciada o momento de aplicação e foco em cada etapa da implantação da metodologia. Com base

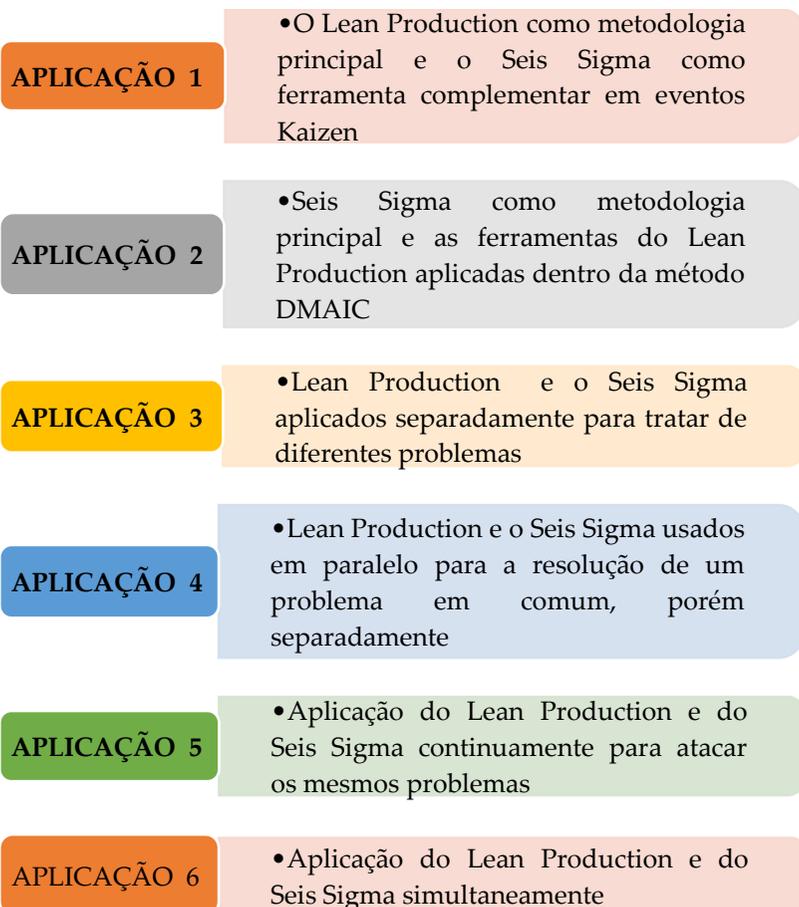
na Figura 23, observa-se a existência de quatro etapas, sendo a primeira a revisão dos processos, em seguida a definição de metas exequíveis, seguindo-se para a definição do processo de melhoria a ser implementada e, por fim a aplicação do DMAIC (Definir/Medir/Analisar/Melhorar/Controlar) que será detalhado no Quadro 3 e Figura 25.

O Lean Seis Sigma é aplicável tanto a processos técnicos quanto não técnicos. Os processos técnicos são os processos em que o fluxo de produção do produto é concreto e perceptível. Exemplo: Produção de um produto. Na entrada temos matérias-primas, insumos, e na saída temos um produto acabado ou semiacabado. Enquanto os processos não técnicos são os serviços com natureza intangível, por exemplo: Consultoria.

## **APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA**

A aplicação da metodologia lean seis sigma é voltado para a solução de problemas. Dessa forma, os objetivos devem ser simples, claros e mensuráveis, pois cada objetivo exige uma tratativa, resposta e um resultado diferente. Salah et al. (2010) definem seis aplicações do Lean Seis Sigma nas organizações, conforme apresentado na Figura 24:

**Figura 24** – Seis Tipos de Aplicações da Metodologia Lean Seis Sigma



**Fonte:** Autoria própria (2020)

Para a aplicação da metodologia lean seis sigma é primordial a análise do processo para identificar desperdícios, perdas e gargalos, e assim definir o que medir e averiguar, acompanhar e monitorar o processo utilizando ferramentas lean.

## **MODELO DE GESTÃO DO LEAN SEIS SIGMA**

O modelo de gestão do lean seis sigma, contempla oito dimensões: Projetos, Processos, Treinamento, Liderança, Cultura, Inovação, Indicadores e Gestão. Cada uma dessas dimensões aborda o direcionamento para a implementação e a manutenção contínua do Lean Seis Sigma.

Para analisar a performance da organização antes e após a implementação do lean pode ser aplicado os seguintes indicadores: OEE (*overall equipment effectiveness* – eficácia global do equipamento), *tack time* (tempo de ciclo de manufatura), *Balanced Scorecard* (BSC), *lead time*, MTBF (*Mean Time Between Failures*) e MTTR (*Mean Time Between, Failures*).

## **COMO IDENTIFICAR SE PROJETO LEAN SEIS SIGMA ATENDE À PROPOSTA?**

Para implementar o lean seis sigmas, é fundamental analisar os indicadores de volume de produção, produtividade ou desperdícios; identificar os problemas referentes à variabilidade de processos ou à qualidade dos produtos; fazer benchmarking; e identificar as oportunidades de melhoria em produtos ou processos. Essas respostas são obtidas por meio de eficiente mapeamento de processos.

Os requisitos de bom projeto Lean Seis Sigma são:

- O alcance das metas estratégicas da empresa;
- Grande colaboração para o aumento da satisfação dos clientes internos e externos;
- Grande chance de conclusão dentro do prazo estabelecido;
- Grande impacto para a melhoria do desempenho da organização.

## **MÉTODO DMAIC E DMADV EM PROJETOS LEAN SEIS SIGMA**

O DMAIC é a sigla referente às cinco etapas: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyse*), Melhorar (*Improve*) e Controlar (*Control*). Já o DMADV pode ser considerado uma aplicação e inovação do DMAIC só que direcionado para o desenvolvimento de produtos. O DMADV é a sigla referente às seguintes etapas: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyse*), Desenhar (*Design*) e Verificar (*Verify*).

Sendo assim, o DMAIC é aplicado para melhorar o desempenho dos processos e produtos. O DMADV é aplicado para lançar e/ou remodelar novos processos e produtos. Para auxiliar na escolha de qual método deve-se recorrer, apresenta-se o Quadro 3:

**Quadro 3** – Diferenças entre o DMAIC e o DMADV

DIFERENÇAS ENTRE DMAIC x DMADV	
DMAIC	DMADV
<b>Define:</b> Definir o processo a ser melhorado.	<b>Define:</b> Definir as oportunidades, estabelecer quais são os objetivos e construir o cronograma.
<b>Measure:</b> Medir a frequência dos defeitos identificados.	<b>Measure:</b> Identificar quais são as necessidades do cliente e traduzir em requisitos de desempenho.
<b>Analyze:</b> Analisar quando e onde os defeitos estão acontecendo.	<b>Analyze:</b> Selecionar qual a melhor opção de projeto.
<b>Improve:</b> Selecionar as formas de corrigir/melhorar o processo.	<b>Design:</b> Desenvolver, de forma detalhada, o processo.
<b>Control:</b> Implantar maneiras de controlar o processo	<b>Verify:</b> Realizar os testes de validação.

**Fonte:** Autoria própria (2020)

DMAIC é utilizado em projetos de melhoria de processos já existentes e possui cinco fases: definição, medição, análise, melhoria e controle. Cada fase é explicada a seguir (BALABUCH, 2017):

- **Definir (1):** essa etapa é destinada para a definição do problema. Portanto, é imprescindível entender os gargalos e as prioridades da empresa e quais os processos devem ser melhorados. Para auxiliar na definição do problema a ser

tratado pode ser utilizada a ferramenta coleta da voz do cliente que traduz as necessidades, expectativas e exigências dos clientes. Outra ferramenta é o SIPOC, que tem por objetivo proporcionar uma visão geral do processo definindo os fornecedores e as entradas do processo, para posteriormente gerar um fluxo macro do processo em si (podendo ser interno ou externo à organização). Portanto, o monitoramento constante dos requisitos do cliente é decisivo para obter uma excelente qualidade no produto;

- **Medir (2):** essa etapa é focada para medir o processo. Para isso, é necessário mapear o processo, levantar as causas e priorizá-las. Isso será feito seguindo dois caminhos: um caminho quantitativo que será analisado a base de dados através de um indicador selecionado para assim estudar o comportamento dos dados através de ferramentas estatísticas e outro caminho é qualitativo, o processo será estudado mais detalhadamente, buscando descobrir onde (atividade, setor, operação, processo) o problema ocorre. Portanto, o objetivo principal dessa etapa é identificar as causas potenciais conforme o grau de prioridade e impacto nos resultados finais;

- **Analisar (3):** Após a medição dos dados, é necessário a análise do que foi mensurado. Para isso, além de análises estatísticas mais avançadas, são aplicadas ferramentas como o Gráfico de Pareto e o Gráfico Ishikawa;

- **Melhorar (4):** Para cada causa raiz definida e comprovada na Fase de Análise é identificado uma solução adequada que será implementada através de um Plano de Ação utilizando a ferramenta 5W2H. Nessa fase, são

verificados os impactos e resultados obtidos com as melhorias implementadas. Ressalta-se, que é fundamental uma análise minuciosa e crítica das mudanças que podem ser feitas, como serão realizadas e se elas realmente têm impacto na melhoria dos processos. Portanto, essas perguntas norteiam a execução dessa etapa;

- **Controlar (5):** Após executar as melhorias, é necessário manter o resultado. Portanto, nessa etapa ocorre a padronização das melhorias utilizando as ferramentas POP (Procedimento Operacional Padrão), a Carta de Controle e o OCAP (Out of Control Action Plan) para que o resultado se mantenha constante. Nessa etapa, é fundamental estabelecer um Plano de Controle, onde serão definidas estratégias e métodos através de treinamentos de padronização, de revisão de procedimentos para garantir que os resultados obtidos não se percam.

O DMADV é utilizado como o método de uma extensão do Seis Sigma, sendo aplicado em projetos focados na criação de novos produtos e processos e é composto por cinco etapas: definição, medição, análises, desenho (design) e verificação (verify). Cada fase é explicada a seguir (BALABUCH, 2017):

- **Definir (1):** Nessa fase são observadas as oportunidades e definido claramente o novo produto e/ou serviço ou processo a ser projetado. Portanto, é fundamental a construção do cronograma que vai

especificar quanto tempo vai durar o projeto e conseqüente o lançamento do produto e/ou serviço no mercado.

- **Medir (2):** Tem como objetivo identificar as necessidades dos clientes e consumidores e traduzi-las em características críticas para a qualidade que sejam mensuráveis. Para isso, é necessário captar todas as necessidades do cliente e transformar isso para uma linguagem de projeto, com características técnicas que devem ser implementadas no produto e/ou serviço.

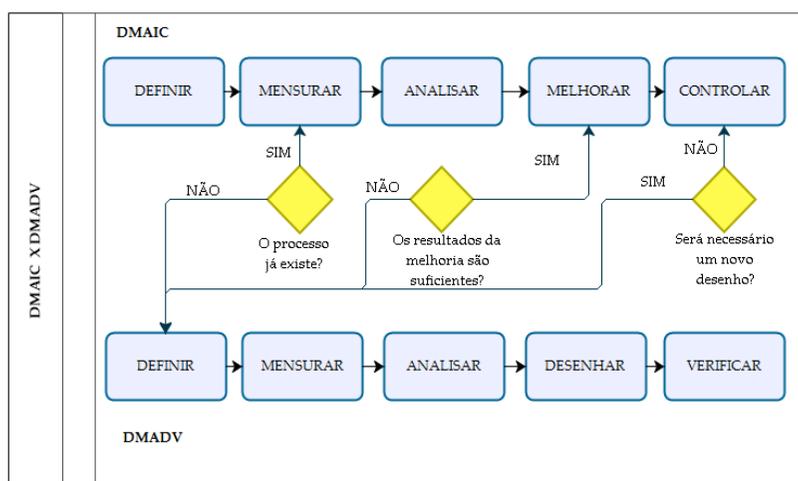
- **Analisar (3):** A fase analisar tem como foco principal selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas. Nessa etapa, é iniciada a criação do produto e/ou serviço através de um protótipo, simulação ou modelagem. Contudo, é primordial a análise das seguintes questões: a empresa está preparada para fabricar o protótipo ideal, o processo consegue atender a esse conceito ou não, caso não seja, que tipo de ajustes você teria que fazer para atender aos requisitos do produto e/ou serviço. Portanto, essa análise é feita com o intuito de gerar algumas opções e/ou variações desse produto definindo qual é a versão e protótipo mais adequado.

- **Desenhar (4):** A fase desenhar tem como propósito desenvolver o projeto detalhado (protótipo), realizar testes necessários e preparar para a produção em pequena e larga escala. Portanto, nessa fase é crucial avaliar os recursos e insumos para a produção fazendo uma revisão das seguintes áreas: financeira, cadeia de suprimentos e marketing.

- **Verificar (5):** A finalização do projeto é fase de verificação que consiste em testar e validar a viabilidade do projeto, para que o novo produto e/ou serviço seja lançado no mercado ou que o processo seja implementado na linha de produção. Ressalta-se a importância do acompanhamento pós-lançamento desse produto e/ou serviço no mercado para identificar as revisões e ajustes necessários evitando que ocorram eventos inesperados.

A Figura 25 faz um paralelo simplificado e resumido entre as duas ferramentas para concluir a apresentação:

**Figura 25 – DMAIC x DMADV**



**Fonte:** Autoria própria (2020)

Como se pode observar, as metodologias DMAIC e DMADV são complementares e não concorrentes, podendo

ser utilizadas de maneira combinada para otimização das melhorias almejadas.

## **EXECUÇÃO NA PRÁTICA DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA**

A execução na prática da metodologia lean seis sigma pode ser representada nas áreas de manufatura, saúde, construção e logística, como pode ser visualizado a seguir:

### ***Aplicação do Lean Seis na Manufatura***

O lean seis sigma na indústria está ligado ao pensamento enxuto e o Sistema Toyota de Produção (STP) como foco na diminuição dos custos e zero defeitos e desperdícios. As métricas lean como *takt time* e *lead time* podem ser usadas para avaliar a capacidade produtiva da linha.

### ***Aplicação do Lean Seis na Saúde***

O Potencial de aplicação do Lean Seis Sigma no setor da Saúde está em hospitais e laboratórios que possui processos na área operacional que absorvem bem os métodos de otimização de processos e equipamentos como O.E.E. O foco da aplicação do lean no setor da saúde é o atendimento seguro, eficaz e com foco no paciente. As

métricas do Lean Seis Sigma estão associadas à qualidade do produto ou do atendimento.

### *Aplicação do Lean Seis na Construção*

O *Lean Construction* é uma filosofia baseada no *lean production*. Com o desafio de melhorar a eficiência da construção civil através da adaptação das técnicas da produção enxuta e STP.

### *Aplicação do Lean Seis na Logística*

O Lean logístico é voltado para a melhoria e otimização dos processos, operações e atividades logísticas visando aumentar a produtividade, qualidade do produto e/ou serviço, reduzir os custos e desperdícios e o gerenciamento dos equipamentos e transportes para garantir a alta performance e segurança das operações. Portanto, o lean logístico consiste na aplicação das métricas e ferramentas lean seis sigma para controlar, monitorar e acompanhar os resultados com indicadores mais assertivos e efetivos.

## **DESAFIOS DA APLICAÇÃO LEAN SEIS SIGMA**

*Os desafios da aplicação do Lean Seis Sigma na manufatura*

Adaptar as ferramentas do Lean Seis Sigma aos diferentes processos de fabricação, para isso é necessário adaptar a forma de análise dos dados e a utilização das ferramentas no processo ao qual queremos melhorar.

### *Os desafios da aplicação Lean Seis Sigma no setor de Serviços*

O que torna mais desafiadora a implementação do Lean Seis Sigma são os processos onde o fluxo de informação é mais evidente, o que torna o “produto em processo” invisível.

O resultado é uma dificuldade a mais de compreender como o trabalho é realizado, pois ocorre mudanças nos processos de forma mais simples e rápida, podendo surgir a qualquer momento a partir de decisões individuais.

Os dados mais relevantes para acompanhar o desempenho dos processos muitas vezes não são medidos e, em muitos casos, existe uma dificuldade em definir como será feita a medição.

### *Os desafios da aplicação Lean Seis Sigma na construção e Logística*

Adaptação das ferramentas e métricas aos processos da construção civil, da mudança cultural, da implementação do pensamento e princípios lean e da construção de indicadores que sejam detalhistas, simples,

assertivos e minuciosos aplicáveis às situações rotineiras e mutáveis da logística.

## REFERÊNCIAS

BAKAR, F. A. *Critical success factors of Lean Six Sigma deployment: a current review*. **International Journal of Lean Six Sigma**. 2015; 6(4): 339-348.

ENDLER, K. D. et al. Lean seis sigma: uma contribuição bibliométrica dos últimos 15 anos. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 2, p. 575-605, 2016.

NOBRE, F. S.; RIBEIRO, R. E. M. Cognição e Sustentabilidade: Estudo de Casos Múltiplos no Índice de Sustentabilidade Empresarial da BM&FBovespa. **Revista de Administração Contemporânea**, v.17, n.4. p. 499-517, Jul./Ago. 2013. Disponível em: <https://rac.anpad.org.br/index.php/rac/article/view/1002>. Acesso em: 25 mai. 2020.

PACHECO, D. A. J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Prod. [online]**. 2014, vol.24, n.4, pp.940-956. Epub 11-Mar-2014. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132014005000002>.

PINHEIRO, T. H.; SCHELLER, A.C.; CAUCHICK Miguel, P. A. Integração do seis sigma com o leanproduction: uma análise por meio de múltiplos casos. **Revista Produção Online**, v. 13, p. 12971324, 2013. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v13i4.1291>.

ROTONDARO, R.G. **Seis sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. – 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2014.

SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The Integration of six sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p. 249-274, 2010.

SCHELLER, A. C. MIGUEL, P. A C. Adoção do seis sigma e *lean production* em uma empresa de manufatura. **Revista Produção Online**, v.14, n. 4, p.1316-1347, 2014.

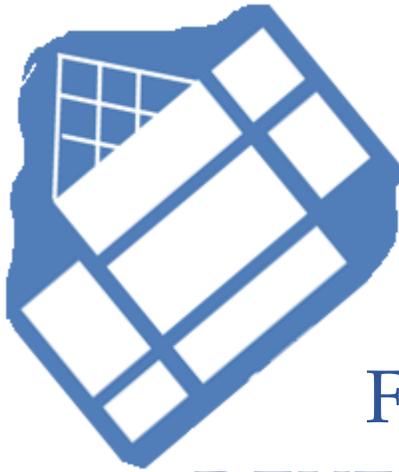
SETEC CONSULTING GROUP. **Imagem do título do capítulo.**

Disponível em: <https://www.setecnet.com.br/home/treinamento-lss/>.

Acesso em: 28 mai. 2020.

SPAGNOL, G. S.; CALADO, R. D; SARANTOPOULOS, A.; MIN, L. L.

**Lean na prática.** Organizadores: Gabriela Salim Spagnol, Robisom Damasceno Calado, Alice Sarantopoulos e Li Li Min. – 1 ed. – Global South: Rockville/Maryland, 2018. ISBN: 978-1-943350-76-6.



# 06 QFD – QUALITY FUNCTION DEVELOPMENT

---

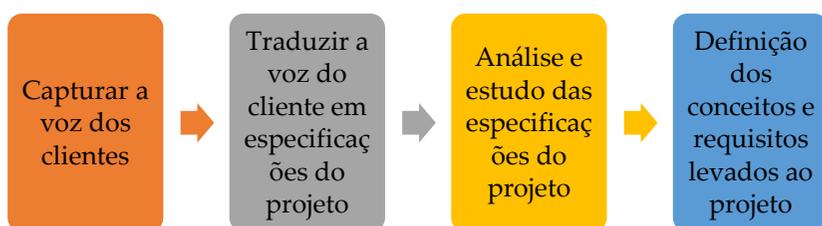
O Desdobramento da Qualidade é a conversão das exigências/expectativas dos usuários em características substitutivas (características de qualidade), chegando na qualidade do projeto do produto final, subdividindo a qualidade do projeto em de outros itens do produto como: qualidade de cada uma das peças funcionais, qualidade de cada parte e até os elementos do processo, apresentando sistematicamente a relação entre os mesmos (AKAO, 1996).

O QFD – *Quality Function Development* (Desdobramento da Função Qualidade) é um detalhamento dos níveis de aplicação da qualidade. Algumas indústrias iniciaram a aplicação do QFD objetivando aumentar a satisfação do cliente e aperfeiçoar o seu processo produtivo. Em sua maioria, as indústrias eram empresas grandes que produziam bens e os benefícios foram variados, a maioria

subjetivos, tais como melhoria de comunicação entre áreas funcionais da corporação (CARNEVALLI; MIGUEL, 2002).

No Japão, na década de 1960 surgiu o QFD - *Quality Function Deployment* (Desdobramento da Função Qualidade) com o intuito de tomar decisões mais assertivas no processo de planejamento e o desenvolvimento de novos produtos considerando os desejos e necessidades dos clientes. O QFD é um método aplicado no processo de criação, desenvolvimento e configuração de um bem e/ou serviço a partir das necessidades e desejos dos clientes, como também pode ser utilizado como método de resolução de problemas (TOLEDO et al., 2013). Portanto, a Figura 26 sintetiza a metodologia QFD.

**Figura 26 – Metodologia QFD**



**Fonte:** Pinto e Fontenelle (2013)

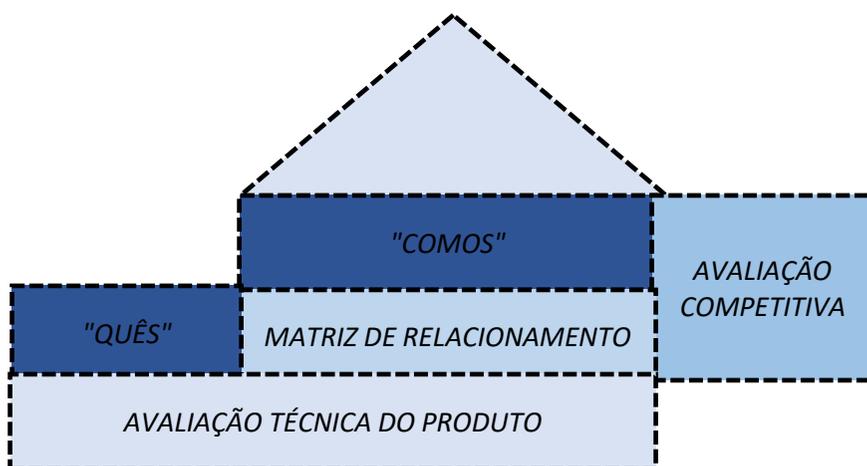
O QFD é uma metodologia simples, objetiva e eficiente para a triagem das prioridades dos clientes que serão transformadas em requisitos do produto e metas de qualidade. Aplicação da ferramenta consiste em apontar os requisitos dos clientes do produto; determinar as

especificações e detalhar os requisitos do produto (PINTO; FONTENELLE, 2013).

A partir do levantamento das necessidades dos clientes o QFD converte as exigências e as expectativas dos consumidores em requisitos do projeto e as conduz para todas as etapas subsequentes do desenvolvimento do produto. QFD é um método que otimiza as características do produto e a aplicação dos recursos em pontos estratégicos no negócio (PRASZKIEWICZ, 2013).

A Casa da Qualidade na Figura 27 é considerada o núcleo do QFD, em que os requisitos dos clientes são convertidos em características funcionais dos produtos (DU et al. 2013).

**Figura 27** – Casa da Qualidade QFD



**Fonte:** Autoria própria (2020)

A Casa da Qualidade QFD esclarece e detalha de maneira esmiuçada como a empresa vê o relacionamento entre os requisitos do consumidor (o que) e as características do novo produto (como). Portanto, Slack (2015) define que:

- **Quês:** contém os desejos dos clientes que serão transformados em requisitos;
- **Avaliação competitiva:** está relacionada à performance do produto e benchmarking com os concorrentes objetivando a análise de mercado;
- **Comos:** são as características do projeto;
- **Matriz de relacionamento:** é o resultado do inter-relacionamento entre “os quês” e “os comos”;
- **Teto em forma de triângulo:** contém as análises das informações das características do projeto;
- **Avaliação técnica:** apresenta a avaliação técnica do produto e contém a importância absoluta, a importância relativa e a dificuldade técnica, por isso estão presentes na parte inferior da casa da qualidade.

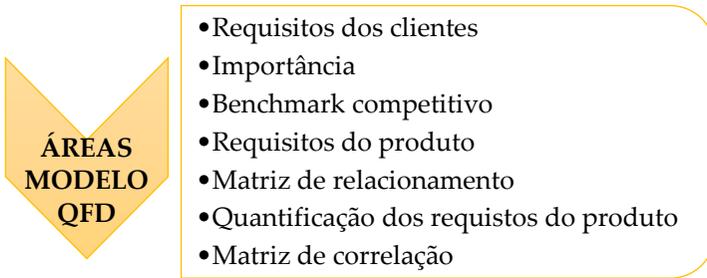
## **APLICAÇÃO NA INOVAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Cheng (2003) define que o processo metodológico de aplicação do QFD é estruturado em três fases:

- **Fase 1:** Estabelecimento dos objetivos consiste na definição do projeto. Portanto, nessa fase são construídos vários projetos alinhados com requisitos pré-estabelecidos, onde os critérios de avaliação são: qualidade, tecnologia, custo e confiabilidade do projeto. Logo, será selecionado apenas o melhor projeto para seguir à fase dois no que diz respeito à modelagem;
- **Fase 2:** Modelagem; A segunda fase é subdividida em dois termos de QD e QFD. o método QFD lida com a lógica de estruturação e raciocínio dos indivíduos quanto a: 1- o porquê, o que e como informação deve ser coletada, processada e distribuída; e 2- o porquê, o que e como trabalho deve ser estruturado, alocado e executado. O QD é composto por um processo de modelagem que começa com uma formulação de modelo conceitual;
- **Fase 3:** Implementação das ações acordadas consiste na execução de todas ações que foram planejadas de forma integrada, tanto na parte de QD como na de QFD.

Em síntese, o QFD possui sete áreas fundamentais: Matriz de correlação; Requisitos do produto; Requisitos dos clientes; Importância; Matriz de relacionamento, *Bechmarck* e Quantificação dos requisitos do produto (ROZENFELD et al., 2006). A Figura 28 representa as 07 (sete) áreas dentro da casa da qualidade – QFD:

**Figura 28** – As 7 Áreas Fundamentais do Modelo QFD



**Fonte:** Autoria própria (2020)

A implementação do QFD proporciona algumas vantagens como: a qualidade progressiva; reduz riscos e custos; e identifica alterações necessárias no produto previamente. Conforme Cheng et al. (2010), são detalhados sete campos do QFD a seguir:

- **(1) Requisitos dos Clientes:** Inicialmente os consumidores são ouvidos para a construção de uma lista de requisitos que compreendem as necessidades e expectativas dos usuários;
- **(2) Importância:** Para cada requisito é definido um grau de importância aplicando a escala de 1 a 5 ou 1 a 10. Em seguida, somando o peso de cada requisito, é feita uma valoração em porcentagem, aos quais são analisados os requisitos que têm peso maior e são prioritários;
- **(3) Benchmarking Competitivo:** Descreve a importância relativa dos produtos similares e concorrentes na visão dos clientes. São renomeados com o nome dos competidores diretos ou segmentos de mercado;

- (4) *Requisitos do Produto*: é um conjunto de características de qualidade. A partir dessas características definidas, a empresa pode medir e controlar a qualidade para assegurar o atendimento dos requisitos;
- (5) *Matriz de Relacionamentos*: As matrizes de relações podem utilizar números ou símbolos, dependendo do contexto e do propósito a partir do qual o QFD está sendo realizado. As escalas numéricas utilizadas normalmente são 1, 3 e 5 ou 1, 3 e 9, sendo 1 uma relação fraca, 3 média e 5 ou 9, uma relação forte;
- (6) *Quantificação dos Requisitos do Produto*: Consiste na identificação da viabilidade do projeto compilando os valores estipulados para cada um dos requisitos, portanto para, para cada COMO, existe um valor correspondente para um valor de QUANTO. Todos os parâmetros devem ser quantificáveis através de porcentagens ou valores limites (metas), utilizando uma unidade de medida adequada;
- (7) *Matriz de Correlações*: Verifica a intensidade do relacionamento entre os Requisitos de Projeto. Isso torna possível verificar o quanto um requisito de projeto influencia outro, podendo, inclusive, apontar conflitos existentes e auxiliar os projetistas a tomar decisões conscientes. Assim como na Matriz de Relacionamentos, utilizam-se números ou símbolos para representar o grau de relações.

O QFD é uma ferramenta de planejamento, desenvolvimento e documentação de novos produtos ou

melhoria em produtos já fabricados, pois permite a visualização de dados inter-relacionados. Os seus benefícios são: *criar uma base de conhecimento* sobre produto e cliente; *incorporar a voz do cliente* no processo de desenvolvimento; *proporcionar inovação* tecnológica nos processos produtivos; *aumentar a vantagem competitiva*; *assegurar a qualidade* do produto desde a fabricação até a utilização (FERREIRA; SILVA, 2016).

Em síntese, conclui-se que o QFD é uma técnica de apoio à decisão gerencial, a qual pode ser utilizada quando não há dados numéricos para apoiar as decisões e avaliar o desempenho das alternativas. Portanto, o QFD fornece informações em formato linguístico com base na percepção do cliente (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2016).

## REFERÊNCIAS

AKAO, Y. **Introdução ao Desdobramento da Qualidade**. Tradução de Zelinda Tomie Fujikawa Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.187p.

CARNEVALLI, J.A., MIGUEL, P.A.C. **Qfd Application In Different Countries: A Comparison Of An Exploratory Study In Brazil With Other Surveys**. Faculdade de Engenharia Mecânica e Produção. UNIMEP. Santa Bárbara D'Oeste, 2002.

CHENG, L. C. QFD em desenvolvimento de produto: características metodológicas e um guia para intervenção. **Revista Eletronica de Engenharia de Produção e Correlatas**, Recife, Vol.3 n.2. Jun. 2003. <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/627>

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. 2 ed. Revista São Paulo: Blucher, 2010.

DU, Y.; CAO, H.; CHEN, X. & WANG, B. Reuse-oriented redesign method of used products based on axiomatic design theory and QFD. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 79-86, 2013.

FERREIRA, L.; SILVA, E. B. **Gerenciamento e controle de qualidade**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

LIMA JUNIOR, F.R.; CARPINETTI, L.C.R. A multicriteria approach based on Fuzzy QFD for choosing criteria for supplier selection. **Computers and Industrial Engineering**, v.110, p.269-285, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.09.014>

PINTO, R. S., FONTENELLE, M. A. M. Desdobramento da função qualidade – QFD no processo de desenvolvimento de produtos: uma aplicação prática. In: **CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 33, Salvador, 2013. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STP\\_181\\_033\\_22774.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_181_033_22774.pdf). Acesso em: 16 nov. 2016.

PRASZKIEWICZ, I. K. Application of neural network in QFD matrix. **Journal of Intelligent Manufacturing**, V. 24, p. 397-404, 2013.

QFD HOUSE OF QUALITY. **Imagem do título do capítulo**. Disponível em: <https://www.google.com.br/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fis2-ssl.mzstatic.com%2Fimage%2Fthumb%2FPurple7%2Fv4%2Fbc%2Fc0%2F86%2Fbcc0862b-55fa-3dc7-8854-48ccf26b7b13%2FAppIcon.png%2F246x0w.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fapps.apple.com%2Fbr%2Fapp%2Fqfd-house-of-quality%2Fid1018588704%3Fmt%3D12&docid=Xfw5krUOc5aj9M&tbid=kSCKYXEhn77a3M%3A&vet=1&w=246&h=246&itg=1&bih=657&biw=1366&ved=2ahUKEwi2xIyTitjpAhVFERkGHc-XDnkQxiAoAnoECAEQHA&iact=c&iactx=1>. Acesso em: 29 mai. 2020.

RIBEIRO, R. E. M. **Cognição e sustentabilidade: estudo de casos múltiplos no índice de sustentabilidade empresarial (ise) da BM&F Bovespa**. Curitiba, 2013. 214p. Dissertação (Mestrado em Administração) Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Paraná, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/30339/R%20-%20D%20->

%20RHUBENS%20EWALD%20MOURA%20RIBEIRO.pdf?sequence=1  
&isAllowed=y. Acesso em: 24 mai. 2020.

RIBEIRO, R. E. M.; SEGATTO, A. P.; COELHO, T. R. Inovação social e estratégia para a base da pirâmide: mercado potencial para empreendedores e pequenos negócios. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 2, n. 2, p. 55-72, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14211/regepe.v2i2.61>. Acesso: 24 mai. 2020.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 4 edição. São Paulo: Atlas, 2015.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade**: gestão e métodos. Rio de Janeiro: LTC, 2013.



# 07

## MODELOS MULTICRITÉRIOS E AHP

---

É notória a visibilidade que a Indústria 4.0 tem ganhado nos últimos anos. Com isso, há uma preocupação com a maturidade das organizações na perspectiva dos pilares e requisitos da Indústria 4.0, pois as mesmas podem ter sua competitividade enfraquecida frente ao mercado, uma vez que os sistemas produtivos estarão focados em serem mais flexíveis, ágeis e em reduzir seus custos.

Somado a isso, tem-se o desafio enfrentado pelas empresas nos mais diversos âmbitos, referente à análise de dados que baseiam a tomada de decisão, visto que a avaliação assertiva das alternativas muitas vezes envolve o desejo de se atender a objetivos múltiplos. Nesta perspectiva, os modelos para problemas de decisão envolvendo múltiplos critérios, desempenham um papel importante no auxílio aos decisores nas problemáticas referentes ao contexto da Indústria 4.0.

Existem diversas metodologias, mas nenhuma se destaca quando comparada às demais alternativas de métodos multicritério. Com isso em mente, o usuário ou

analista precisa definir e escolher aquela mais apropriada para utilização baseando-se nas características do problema que pretende resolver (TREINTA et al., 2014).

Os Métodos Multicritério de Tomada de Decisão (MMTD), em inglês, *Multicriteria Decision Making/Analysis* (MCDM ou MCDA) e o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) são aplicados para avaliar o processo de tomada de decisão. Os multicritérios avaliativos do processo decisório podem ser métodos numéricos, feitos por cálculo e/ou comparação.

A metodologia MMTD busca a amplificação da base de conhecimento do tomador de decisão, pois as organizações enfrentam cenários complexos, conflitantes e incertos. Essa metodologia está relacionada a natureza quantitativa e qualitativa dos critérios, portanto é primordial um método de avaliação eficiente, que diminua a incerteza e subjetividade do processo de tomada de decisão (BARAN, 2014).

A construção de um modelo de decisão por multicritério está fundamentada nas seguintes fases: estruturação, avaliação e recomendações. Essas fases estão conectadas entre si, portanto para entender essa interação é essencial o conhecimento dos seguintes conceitos: decisor, o analista, o conjunto de alternativas, os atributos, os critérios e os pesos. O decisor tem a função de avaliar e aplicar o método; o analista é responsável pela modelagem do problema; o conjunto de alternativas são as opções de solução. Cada critério reflete as preferências do decisor quanto a um atributo, sendo que os atributos e critérios são as características definidas pelo decisor, enquanto os pesos

são a medida da importância relativa dos atributos para o decisor (GOMES et al., 2004; ROSA et al., 2012).

Na fase de estruturação o objetivo é a geração de conhecimento semiestruturadas através de entrevistas que buscam identificar os aspectos mais relevantes para a tomada de decisão para o decisor, identificação dos aspectos mais importantes e a construção de um modelo com indicadores e mapas cognitivos para cada área para avaliar o processo decisório. A partir dos mapas cognitivos, elabora-se uma Estrutura Hierárquica de Valor com objetivos organizados em forma de hierarquia, o nível mais alto de um critério é subdividido em níveis mais detalhados (LONGARAY et al., 2015) com os objetivos estratégicos (Pontos de Vista Fundamentais — PVFs) e seus desdobramentos até um nível em que o objetivo possa ser mensurado (denominado Ponto de Vista Elementar — PVE). Para critério de nível hierárquico inferior está relacionado a um descritor. O descritor é usado para avaliar o desempenho e o impacto de uma ação em um critério, levando em consideração as preferências dos decisores em uma escala ordinal para representar os possíveis níveis de impacto da decisão (ROY, 2010).

O descritor pode ser classificado em dois níveis de referência “Bom” e “Neutro” que permitem a comparação de desempenho entre os descritores (escalas). O nível de referência “BOM” é o desempenho acima do nível de referência considerado como excelente. O nível “NEUTRO” corresponde ao desempenho abaixo do esperado pelo decisor e aqueles que impactam entre os dois níveis de

referência são considerados como de desempenho de competitivo (de mercado/esperado) (ENSSLIN et al., 2016; LACERDA et al., 2011; ROSA et al., 2012).

Em seguida, na fase de avaliação, as informações qualitativas são transformadas em informações quantitativas, pois se realiza a coleta de dados e mensuração dos indicadores construídos na fase de estruturação, e a avaliação diferenças entre os níveis de desempenho. Essa fase é subdivida em três etapas: 1. Construir a função de valor que represente as preferências do decisor em relação a um determinado descritor; 2. Identificar as taxas de compensação entre os critérios (objetivos + escalas ordinal e cardinal); (3) identificar o perfil de desempenho (ENSSLIN et al., 2016; LONGARAY, 2016).

Para transformar escalas ordinais em escalas cardinais, ao nível neutro é atribuído o valor “0” (zero), e ao nível bom é atribuído o valor “100” (cem). Em seguida, são identificadas as taxas de compensação que proporcionam avaliar o desempenho de forma numérica e a influência que cada critério apresenta em relação ao desempenho final, por meio da equação 1 denominada de avaliação global (MARTINS; ENSSLIN; ENSSLIN, 2018):

**Equação 1:** Avaliação Global

$$V(a) = \sum_{i=1}^n (w_i X v_i(a))$$

$V(a)$  = valor do desempenho global do modelo proposto;  
 $v_1(a), v_2(a), \dots, v_n(a)$  = valor parcial de desempenho do modelo proposto nos critérios 1, 2,  $n$ ;  
 $w_1, w_2, \dots, w_n$  = taxas de compensação nos critérios 1, 2, ...  $n$ ;  
 $n$  = número de critérios do modelo.

Em seguida é realizada a análise de sensibilidade que permite verificar aplicabilidade ou não do modelo, analisando as respostas do modelo diante das variações nas taxas de compensação dos critérios, o que possibilita as variações que não modifica o resultado final da avaliação (MARTINS; ENSSLIN; ENSSLIN, 2018). A equação 2 permite identificar o intervalo de variação das taxas de compensação do modelo.

**Equação 2:** Intervalo de variação das taxas de compensação

$$W_n = \frac{W_n(1 - w_1)}{(1 - w_1)}$$

$w_1, w_2, \dots, w_n$  = taxas de compensação nos critérios 1, 2, ...  $n$ ;  
 $n$  = número de critérios do modelo.

O objetivo da fase de recomendações é a auxiliar o decisor na identificação das ações de melhoria visando identificar as oportunidades de melhoria em curto, médio e longo prazo, levando em consideração: i) os critérios definidos; ii) o peso de cada critério priorizando o de maior peso e contribuição; e iii) quais os critérios com ações que envolvem recursos financeiros reduzidos ou nulos. Portanto, o cumprimento de todas as fases impacta no

desenvolvimento de ações e estratégias para aperfeiçoamento do desempenho (ENSSLIN et al., 2010; VALMORBIDA et al., 2015).

## **APLICAÇÕES NA INOVAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

### **AHP (*Analytic Hierarchy Process*)**

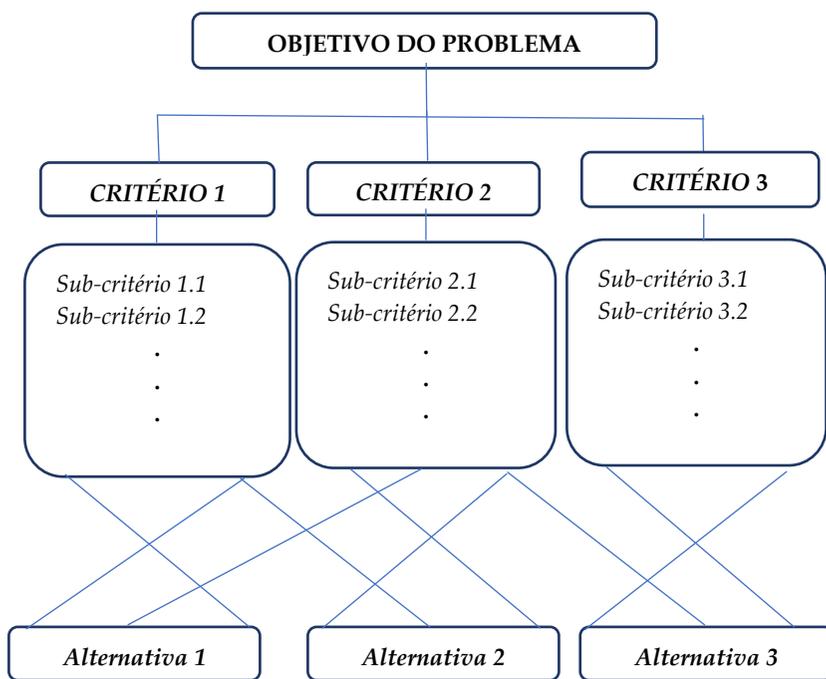
O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é definido como um método que auxilia a tomada de decisão, pois permite deixar em evidência a opção mais viável dentro das alternativas disponíveis e, assim, possibilita determinação de prioridades, considerando aspectos quantitativos e qualitativos. O método AHP busca resolver a complexidade da situação com a decomposição e divisão do problema, em fatores que podem ainda ser subdivididos em novos fatores, até ao nível mais baixo, claros e dimensionáveis, estabelecendo relações para depois sintetizar (MARINS; SOUZA, 2006, p. 53).

O Método AHP esmiúça e fragmenta um problema de forma hierarquizada em subproblemas, para facilitar a compressão, interação e análise. O método transforma as informações subjetivas em valores de grandeza numérica (LOPES; PAIS, 2018). A seguir apresenta-se a metodologia AHP em seis passos (SAATY, 1990):

- **Passo 1:** A estruturação do problema é em hierarquia com interação e conexão entre os submódulos: objetivo,

critérios, subcritérios e alternativas. A figura a seguir descreve uma estrutura de hierarquia genérica, objetivo do problema está no topo da raiz da hierarquia, nos dois níveis seguintes há os critérios e subcritérios, os ramos são as alternativas a serem comparadas, ressalto que avaliação do tomador de decisão deve seguir a ordem decrescente em todos os submódulos, conforme demonstrado na Figura 29;

**Figura 29** – Estrutura Hierárquica Genérica



**Fonte:** Adaptado de Saaty (1990)

- **Passo 2:** Os dados são coletados e comparados de forma emparelhada. Seguindo o modelo da Figura 30 e Quadro 4:

**Figura 30 – Modelo para Comparações Emparelhadas**

A			X				X			B
	Extremamente relevante	Muito relevante	Relevante	Marginalmente mais relevante	Igual	Extremamente relevante	Muito relevante	Relevante	Marginalmente mais relevante	Igual

**Fonte:** Adaptado de Saaty (1990, p. 16)

O modelo apresentado permite uma análise de maneira objetiva entre os dados de forma emparelhada e consequentes comparações vislumbrando alimentar o processo de tomada de decisão.

Já o Quadro 4 apresenta a escala que pode ser utilizada e as respectivas notas, além de uma explicação mais detalhada sobre cada nota atribuível.

**Quadro 4** – Escala Fundamental de Comparação de Saaty

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Pequena importância de uma sobre a outra	O julgamento favorece levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande	O julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande	O julgamento favorece muito fortemente uma atividade em relação à outra
9	Importância absoluta	Mais alto grau de certeza de favorecimento de uma atividade sobre a outra
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos	Condição intermediária entre duas definições

**Fonte:** Paula e Cerri (2012)

- **Passo 3:** As informações geradas no passo 2 são organizadas em uma matriz quadrada, onde os elementos da diagonal são iguais a 1. O critério do índice referente à linha da matriz (i) é maior do que o critério referente à coluna (j) se os valores do elemento (i, j) é maior do que 1; caso contrário, o critério na coluna (j) é maior do que na linha (i);

- **Passo 4:** A matriz de comparação mostra a importância dos critérios a serem comparados, e delimita o principal vetor e valor normalizado;
- **Passo 5:** A validação da matriz de ordem n. É primordial, ressaltar que as comparações neste método são subjetivas. Portanto, caso ocorra a falha no índice de consistência ao pesquisar um nível, então as respostas para as comparações podem ser reavaliadas e validadas novamente. O índice de consistência CI é calculado por:

**Equação 3:** Índice de consistência

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$$

- **Passo 6:** A cada alternativa é multiplicada pelos pesos dos subcritérios e agregados ao local de classificação com respeito a cada critério. Portanto, para que a matriz seja determinada como coerente, a relação de consistência (CR) deve ter um grau de incerteza inferior a 10%:

**Equação 4:** Relação de consistência

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

A incerteza é classificada em dois tipos: 1. A incerteza do acontecimento dos eventos que é de natureza

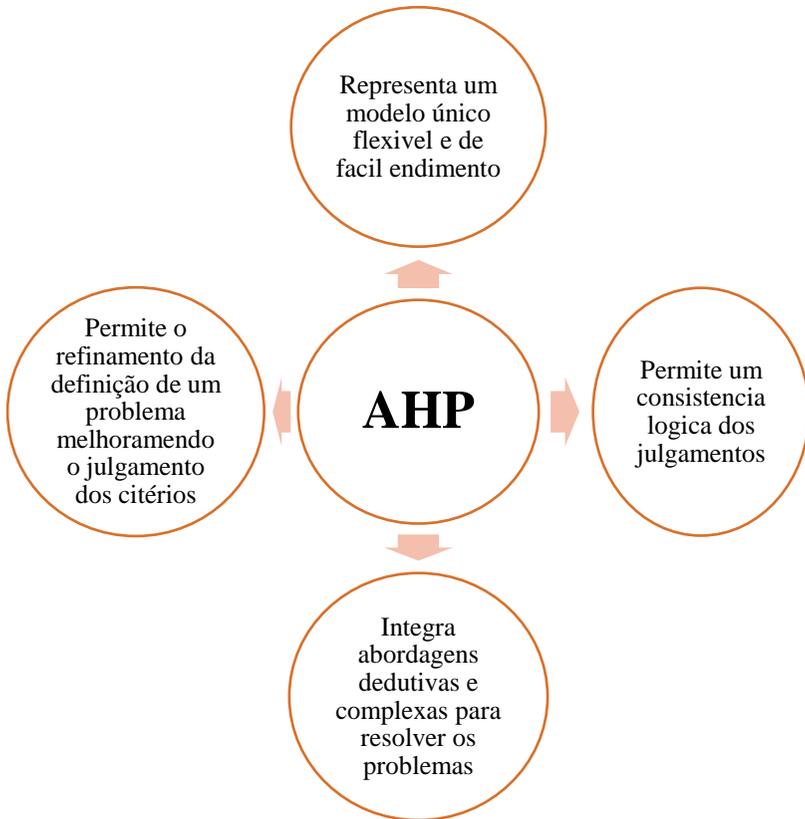
incontrolável e 2. A incerteza sobre os pesos atribuída a cada preferência que pode ser controlada dependendo da quantidade de informações sobre o problema (SAATY; VARGAS, 1987). Dessa forma, a assertividade do método está relacionada à correta seleção dos critérios no processo de decisão.

### ***VANTAGENS DO AHP***

A construção do modelo AHP é feita conforme a definição das prioridades e importância de cada critério. Portanto, objetivo é estabelecer um conjunto de escalas de comparações para delimitar análise mais aproximada e realista da melhor decisão conspirando incertezas e incoerências do julgamento dos envolvidos no processo decisório (GONZÁLEZ-PRIDA; GÓMEZ; CRESPO, 2011).

A figura 31 apresenta de forma organizada e simplificada as vantagens de uso do modelo AHP.

**Figura 31 - Vantagens do AHP**



**Fonte:** Adaptado de Gomes (2004)

Sendo assim, por sua versatilidade e possibilidades de uso, a AHP pode ser aplicada no processo de decisão e inovação nas pequenas, médias e grandes organizações, sejam públicas ou privadas.

## REFERÊNCIAS

BARAN, L. R. **Proposta de um Modelo Multicritério Para Determinação Da Criticidade Na Gestão Da Manutenção Industrial**. 2015. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. R.; LONGARAY, A. A.; DEZEM, V. Constructivist model of bank management support. *Espacios*, 37(9), 2016.

ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. B. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão- construtivista. *Revista Pesquisa Operacional*, 30(1), 125-152, 2010.

GOMES, L. F. A. M. **Tomada de decisão em cenários complexos**. Pionera Thomson Learning. São Paulo. 2004.

GONZÁLEZ-PRIDA, V; GÓMEZ, J; CRESPO, A. Practical Applications of AHP for the Improvement of Warranty Management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 17 No. 2, p. 163-182, 2011.

GOOGLE IMAGENS. **Imagem do título do capítulo**. Disponível em: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQYWc7y7cKK\\_FoacjSYqz\\_3IYtMCOWS2E7u1Co5vyhhXka-P4P\\_&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQYWc7y7cKK_FoacjSYqz_3IYtMCOWS2E7u1Co5vyhhXka-P4P_&usqp=CAU). Acesso em: 29 mai. 2020.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. (2009). O uso do método de análise hierárquica [AHP] na tomada de decisões gerenciais- um estudo de caso. In: **XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO**, v. 1, 2009. Anais [...]. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional SBPO.

MARTINS, V.; ENSSLIN, S.; ENSSLIN, L. Apoio à Gestão de Pagamentos para uma Universidade Federal: Proposta de um Modelo Multicritério Construtivista. En: **Revista de la Facultad de Ciencias Económica: Investigación y Reflexión**. rev.fac.cienc.econ, XXVI (2), 2018. DOI: <https://doi.org/10.18359/rfce.2855> JEL: M10, M40

**MODELO ANALÍTICO HIERÁRQUICO**. Disponível em [http://www.wikiwand.com/es/Proceso\\_Analítico\\_Jerárquico](http://www.wikiwand.com/es/Proceso_Analítico_Jerárquico) Acesso em 5 set. 2015

LONGARAY, A.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.; ROSA, I. Assessment of a Brazilian public hospital's performance for management purposes: A soft operations research case in action. **Operations Research for Health Care**, 5, June 2015, 28-48.

LONGARAY, A. A., et al. Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista para avaliação de desempenho do trade marketing: um caso ilustrado no setor farmacêutico. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v.16, n. 1, p. 49-76, jan./mar. 2016.

LACERDA, R.T. ; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. A Performance Measurement Framework in Portfolio Management: A Constructivist Case. **Management Decision**, 49, p. 1-15, 2011a.  
<http://dx.doi.org/10.1108/00251741111126530>.

LOPES, K. B. R. C.; PAIS, L. S.; **Modelo de avaliação multicritério para priorização em manutenção com base em indicadores de desempenho de uma indústria automotiva**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

PAULA, B. L., CERRI, L. E. S. Aplicação do processo analítico hierárquico (AHP) para priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico nos municípios de Itapecerica da Serra e Suzano (SP). **Geociênc.** (São Paulo), v.31, no.2, p.247-257. ISSN 0101-9082, 2012.

ROSA, F. S, ENSSLIN, S, R, ENSSLIN, L, LUNKES, R, J. (2012). Environmental Management Disclosure: a constructivist case. **Management Decision**. 50 (6), 1117-1136.

ROY, B. Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue. **European Journal of Operational Research**, v. 200, n. 2, p. 629-638, 2010.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 32, n. 1, p. 107-117, 1987.

TREINTA, F. T.; FILHO, J. R. F.; SANT'ANNA, A. P.; RABELO, L. M. Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. **Prod.**, São Paulo , v. 24, n. 3, p. 508-520, set. 2014 . Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132014000300002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132014000300002&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 22 fev. 2019.

VALMORBIDA, S. M. I.; ENSSLIN, S. R. Avaliação de desempenho de rankings universitários: revisão da literatura e diretrizes para futuras investigações. In **Anais do Encontro da Anpad (XXXIX Enanpad 2015)**. Belo Horizonte-MG, 2015.



# 08 TÓPICOS CONTEMPORÂNEOS DE INOVAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO

---

A inovação é um processo de conhecimento onde as informações são recombinaadas de forma eficiente e criativas e subsidiam a criação de novas e valiosas soluções, ou seja, é um processo de criação de um conceito, de uma estratégia e de uma solução. Pode ainda ser classificada em quatro grandes tipos: produto (bem ou serviço), processo, método de marketing e organizacional (FELIN; ZENGER, 2014; OECD, 2005).

No Brasil, há várias oportunidades que podem ser exploradas por meio dos novos modelos de negócios, a partir do gerenciamento e redução dos resíduos gerados no processo produtivo (CNI, 2018). Portanto, os processos decisórios que regem as médias e pequenas empresas têm o papel de abrir espaço para a descoberta de novas

possibilidades, as quais podem estar relacionadas à produção mais limpa, sustentável e ágil (MAÇANEIRO; CUNHA, 2010).

O caminho para a inovação em sistemas de produção na era da indústria 4.0 é o desenvolvimento de organizações que levem em conta cada um dos quatro motivadores, onde a inovação e as transformações tecnológicas são a chave para a criação de valor sustentável e, conseqüentemente, do desenvolvimento sustentável (HART, 2006; HART; MILSTEIN, 2004).

As inovações proporcionadas pela Indústria 4.0 no Brasil têm impactado na competitividade do mercado (HIRATUKA; SARTI, 2017). A maioria das pequenas e médias empresas possui controle e acompanhamento da produção de modo ineficaz. Portanto, a proposta da indústria 4.0 traz controle e monitoramento em tempo real das informações (NAKAYAMA, 2017).

A CNI (2018) relata que a Indústria 4.0 enfrenta desafios relacionados ao desenvolvimento da Internet das Coisas; modernização do parque industrial; maior produção de bens de alta intensidade tecnológica; e investimento e aumento da inovação.

O cenário de inovação é caracterizado pela incerteza sobre os resultados das atividades envolvendo investimentos. Dessa forma, a inovação visa aumentar o desempenho da organização com ganho de uma vantagem competitiva. A inovação tecnológica é sinônimo de inclusão do país na nova configuração global da economia com impactos na melhoria da produtividade e riqueza em

decorrência de produtos e/ou serviços. O Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (CEBRAP) propôs a criação de um programa para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil abrangendo recomendações para os temas: Governança, Integração Internacional, Laboratórios e Testbeds.

O conhecimento é o condutor do crescimento econômico e da inovação, pois a inovação é a combinação de diferentes conhecimentos para a criação de novas técnicas, métodos, ferramentas, produtos, serviços e processos. Dessa forma, a inovação, existe porque foi gerado o conhecimento que foi utilizado no planejamento, desenvolvimento e produção de produto e/ou serviço e a criação e/ou melhoria de um processo. O conceito de inovação envolve aspectos tecnológicos, múltiplas formas de conhecimento, práticas econômicas e socioculturais e o papel e importância das pessoas (ALBAGLI, 2004).

O comportamento das pessoas na organização e a cultura influenciam, pois refletem na interpretação da realidade da organização. Portanto, o incentivo à inovação promove o aumento da performance, do compartilhamento do conhecimento e da criação e disseminação de novos caminhos para a inovação em sistemas de produção. A cultura organizacional pode potencializar ou prejudicar a inovação e o compartilhamento de conhecimento (SILVA; VALENTIM, 2018).

## TIPOS DE INOVAÇÕES

As mudanças tecnológicas rompem os paradigmas e criam cenários tecnológicos com saltos de inovação e produtividade. Os tipos de inovações tecnológicas são classificados conforme o tipo da mudança, características e impacto econômico conforme o quadro 5 apresentado a seguir (FREEMAN, 1997):

**Quadro 5** – Taxonomia das Mudanças

<b>Tipo de Mudança</b>	<b>Características</b>
Incremental	Melhoramentos e modificações cotidianas.
Radical	Saltos descontínuos na tecnologia de produtos e processos.
Novo sistema tecnológico	Mudanças abrangentes que afetam mais de um setor e dão origem a novas atividades econômicas.
Novo paradigma tecno-econômico	Mudanças que afetam toda a economia envolvendo mudanças técnicas e organizacionais, alterando produtos e processos, criando indústrias e estabelecendo trajetórias de inovações por várias décadas.

**Fonte:** Freeman (1997)

O processo de inovação tecnológica nas organizações consiste em diversas etapas de aprendizado, que envolve adaptação e domínio da tecnologia e novas concepções tecnológicas. A inovação é classificada em quatro tipos: produto, processo, marketing e organizacional (OECD, 2005).

As inovações organizacionais, de marketing, de processo e de produto podem ocorrer de forma isolada ou conjugada. Existem dois aspectos no processo de inovação: O aspecto macro relacionado para a indústria e o mercado; e o aspecto micro relacionado à empresa e/ou consumidor (RIBEIRO; SEGATTO; COELHO, 2013; SARKAR, 2008). O Quadro 6 descreve os quatro tipos de inovação:

**Quadro 6 – Tipos de Inovação**

<b>Inovação em produtos</b>	Produtos que diferem significativamente de todos os previamente produzidos pela empresa.
<b>Inovação em processos</b>	Processos e formas de produção tecnologicamente novas introduzidos por meio de máquinas e equipamentos, layout otimizado, sistemas integrados de informação, etc. Métodos novos ou substancialmente aprimorados de manuseio e entrega de produtos.
<b>Inovações organizacionais</b>	Mudanças que ocorrem na estrutura gerencial da empresa, na forma de articulação entre suas diferentes áreas e na especialização dos trabalhadores. Novas formas de relacionamento com fornecedores e clientes. Novas técnicas de organização dos processos de negócios.
<b>Inovação em Marketing</b>	Consiste na implementação de novos métodos de marketing, envolvendo melhorias significativas no design do produto ou embalagem, preço, distribuição e promoção.

**Fonte:** Autória própria (2020)

A inovação é marcada pela agilidade das transformações em contextos social, econômico, político e tecnológico. Ressalta-se que a inovação não é atividade isolada em uma organização, mas sim uma atividade integrada e sistêmica com a interação de diferentes agentes para o compartilhamento de conhecimentos, ou seja, é uma ação ou prática que busca satisfazer novas necessidades ou demandas (GRIZENDI, 2011).

No contexto dos sistemas de produção a inovação está subdividida em duas áreas a primeira está relacionada ao desenvolvimento de pessoas, pois elas geram, compartilham e aplicam o conhecimento que é peça chave da inovação. A segunda é o setor científico que abrange os centros de pesquisa e tecnologia, que possuem papel fundamental no intercâmbio de conhecimento e inovação (LUNDVALL, 2002).

A estrutura, barreiras e obstáculos da organização interferem nas atividades de inovação, pois essas atividades estão relacionadas à variedade de produtos, processos, relacionamento com os *stakeholders* e às fontes de informação, conhecimento, tecnologias, recursos humanos e financeiros. É possível perceber três estágios das atividades de inovação durante um determinado período: bem-sucedida, em progresso e abandonada antes da implementação da inovação (OECD, 2005).

As mudanças decorrentes do processo de inovação são caracterizadas pelos seguintes aspectos: incerteza dos resultados, investimento, conhecimento, vantagem

competitiva (OECD, 2005). Pois, as inovações provocam mudanças na estrutura gerencial da organização envolvendo todas as áreas e processos do negócio, planejamento estratégico, capacitação dos colaboradores e o relacionamento com fornecedores e clientes.

Os fatores indutores da mudança tecnológica nos negócios, por meio de rotinas e processos organizacionais, representam mudança nos valores corporativos, metas, objetivos e gerenciamento de recursos (TIGRE, 2006). São fatores indutores da inovação e da mudança tecnologia:

- ***Oferta (technology push)***: derivado dos avanços da ciência;
- ***Demanda (demand pull)***: necessidades explicitadas pelos usuários e consumidores;
- ***Custos dos fatores de produção***: inovações poupadoras de trabalho, energia, materiais e outros insumos.

A gestão empresarial de alta performance representa uma mudança transformacional que consiste em um processo dinâmico de ajustes conduzido pela inovação. A substituição de tecnologias antigas, a criação de novas ofertas e estruturas de valor que reconfiguram capacidades de produção, expedição, recebimento, distribuição e armazenamento dos recursos dos sistemas produtivos. Portanto, a inovação é fator de sucesso chave na busca pela melhoria e evolução dos mercados e sociedade (DEMIL;

LECOCQ, 2010). Sendo assim, o quadro 7 detalha a relação produtividade e inovação:

**Quadro 7 – Síntese do Fator-Chave Produtividade e Inovação**

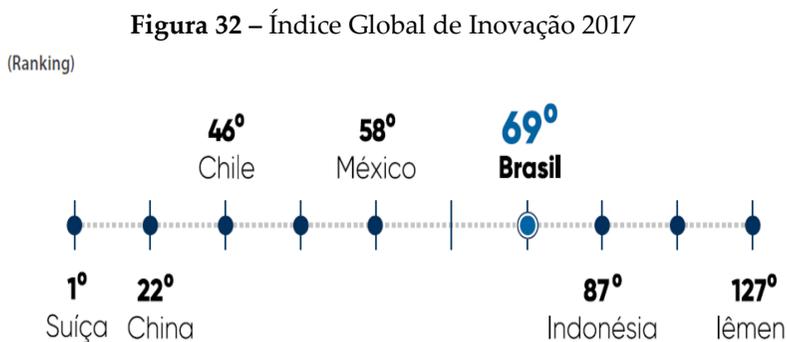
<b>PRODUTIVIDADE E INOVAÇÃO NA EMPRESA</b>		
<b>Temas Prioritários</b>	<b>Gestão empresarial</b>	<b>Inovação na indústria</b>
<b>Objetivo</b>	Melhorar a qualidade da gestão empresarial e da gestão da inovação.	Ampliar a inovação em produtos, processos e modelos de negócios.
<b>Meta</b>	Melhorar a nota do Brasil em qualidade da gestão de 5,3 para 7,5.	Aumentar a taxa de inovação de 36,4% para 45,09%.
<b>Iniciativa</b>	Capacitação em gestão empresarial; Promoção da gestão em saúde e segurança do trabalho; Promoção da gestão da inovação.	Promoção da inovação em produtos, processos e modelos de negócios; Promoção dos projetos de inovação aberta com ICT, startpups e cadeias de valor; Disseminação de informações e serviços em inovação; Promoção da adoção de tecnologias associadas à indústria 4.0; Promoção da relação ICT/empresa.

**Fonte:** Adaptado de CNI (2018)

Agir, pensar e organizar as empresas de forma inovadora exige um posicionamento empreendedor como foco nas questões econômicas, financeiras e sociais. Mezger (2014) afirma que a inovação em rotinas e processos organizacionais, é orientada para identificar, projetar e implementar novos modelos de negócio com ganhos de

produtividade a longo prazo após a correção das ineficiências e falhas de inovação em produto e processos.

Diante desse cenário ressalta-se que a capacidade de inovação das empresas brasileiras é considerada pouco desenvolvida apesar da contribuição e importância, portanto o Brasil ocupa a posição 69ª no ranking com 137 países do índice de inovação (WEF, 2017), conforme figura 32 apresentada a seguir:



Fonte: Universidade Cornell, INSEAD e WIPO (2017).

**Fonte:** Universidade Cornell, INSEAD e WIPO (2017).

O processo de inovação é voltado para a resolução de problemas através dos avanços tecnológicos, portanto, a inovação é um processo de interdependência dos elementos tecnológicos e fatores sociais, técnicos e econômicos que são indissociavelmente misturados. Nessa perspectiva, Boas (2018) define alguns fatores que podem demonstrar para a empresa que ela precisa inovar, dentre eles:

- Mudança tecnológica;
- Mudança no padrão de consumo;
- Mudanças na regulamentação;
- Intensificação da competição.

A relação entre a inovação e a visão estratégica das organizações norteia o processo de inovação e tomada de decisão, pois são aplicados diferentes tipos de estratégias e inovação para o posicionamento da empresa diante do mercado. Frezatti et al. (2014) afirmam que a inovação é percebida, valorizada e planejada nas organizações com base nos estímulos externos e internos. Dessa forma, Boas (2018) afirma que para definir qual ou quais tipos de inovação aplicar na empresa é fundamental aplicar as ferramentas gestão de portfólio, desenvolvimento do produto e avaliação do ciclo de vida.

Inovação não é apenas a criação de novas ideias, produtos e processos e sim um processo estratégico e gerenciável que requer objetivos, metas e responsabilidades alinhadas e definidas estrategicamente. Diante desse contexto, Mendes e Albuquerque (2007) definiram os três componentes básicos para estimular as inovações organizacionais: *Práticas de negócio; Organização do espaço de trabalho; Relações externas.*

É possível definir quatro aspectos que devem ser considerados no processo de inovação (PINTEC, 2011):

- **Inovação tecnológica:** É a introdução de um processo, produto (bens ou serviços) novo ou aprimorado no mercado;
- **Atividades inovativas:** São as ações desenvolvidas pela empresa com intuito de promover o desenvolvimento e implementação de produtos (bens ou serviços) e processos novos ou aperfeiçoados;
- **Inovação organizacional:** Consiste na implementação de novos modelos ou técnicas de gestão que proporcionem mudanças no relacionamento entre os *stakeholders*;
- **Inovação de marketing:** Está relacionado à implementação de novas estratégias de marketing com mudanças na estética, desenho ou embalagem dos produtos, sem modificar suas características funcionais e de uso.

Para Tidd, Bessant e Pavitt (2015), há quatro dimensões de mudança, que são denominadas os “4Ps” da inovação: inovação de produtos, inovação de processo, inovação de posição e inovação de paradigma.

Para avaliar o grau de inovação de uma empresa pode ser utilizado o método radar da inovação desenvolvido por Sawhney, Wolcott e Arroniz (2006) que avalia quatro dimensões inovadoras principais (ofertas, clientes, processos e presença) e oito dimensões complementares (plataforma, soluções, experiência dos clientes, captação de valor, organização, cadeia de suprimentos, redes e marca).

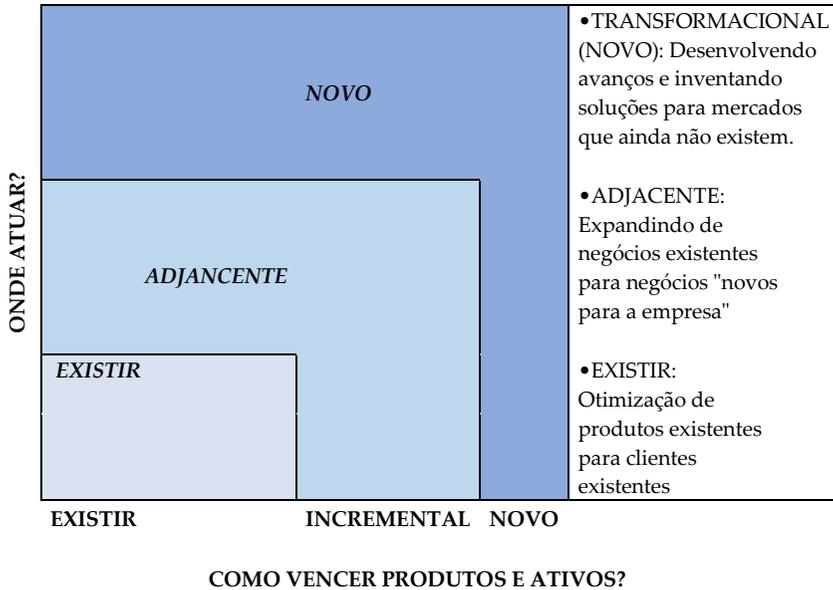
Beck e Beuren (2017) abordam alguns exemplos de inovações nas empresas: a) entrada da empresa em novo mercado; b) criação de nova marca; c) criação de novos produtos; d) inovações incrementais (materiais aplicados, formas de conceber e fazer os produtos); e) redesenho e mudanças de processos; f) processos diferenciados; g) inovações tecnológicas; h) máquinas que apenas a empresa dispõe no Brasil; i) redesenhos organizacionais, internos e externos; e j) mudanças na comunicação com o mercado.

Nessa perspectiva, Freitas (2013) afirma que as empresas que inovam têm os fatores em comum como o planejamento estratégico, princípios de melhoria contínua no processo de inovação e acompanhamento dos resultados alcançados com a inovação, entretanto ainda é necessária a disseminação da cultura da inovação nas organizações.

As empresas bem-sucedidas no processo de inovação têm em comum os seguintes elementos: conhecimento, criatividade e empreendedorismo. Desta forma, as empresas precisam encarar o processo de inovação como um processo contínuo e estratégico, não como um jogo de loteria, pois há inúmeras oportunidades de aprendizagem e melhoria (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2015).

Os inovadores de sucesso gerenciam suas atividades, processos e ações com diferentes níveis de ambição por inovação que são classificados conforme a Figura 33:

**Figura 33 – Tipos de Ambição da Inovação**



**Fonte:** Autoria própria (2020)

As opções de configuração da inovação requerem ambições e capacidades diferentes que são classificadas em: abordagem, organização, recursos e competências e métricas e incentivos, dessa forma os sistemas de gestão da inovação possui 12 alavancas que formam a base da inovação corporativa que são detalhadas no Quadro 8 a seguir:

**Quadro 8 – Alavancas da Inovação**

<b>Abordagem</b>	<b>Organização</b>	<b>Recursos e Competências</b>	<b>Métricas e Incentivos</b>
<b>1. <i>estratégia de inovação</i></b>	<b>4. <i>liderança sênior</i></b>	<b>7. <i>financiamento</i></b>	<b>10. <i>recompensas financeiras e não financeiras</i></b>
Objetivos da inovação, oportunidades para buscar	Como os líderes seniores se engajam com a inovação	Recursos financeiros e mecanismos de acesso	Incentivos e reconhecimento formal e informal
<b>2. <i>pipeline &amp; gerenciamento de portfólio</i></b>	<b>5. <i>governança</i></b>	<b>8. <i>gerenciamento de talentos</i></b>	<b>11. <i>métricas de inovação</i></b>
Como as iniciativas de inovação são gerenciadas em um portfólio	Como e por quem as decisões são tomadas	Atrair e implementar as habilidades certas no momento certo	Indicadores para guiar decisões e medir o progresso
<b>3. <i>processo</i></b>	<b>6. <i>colaboração</i></b>	<b>9. <i>ferramenta de inovação</i></b>	<b>12. <i>atração externa</i></b>
Como as inovações mudam de hipóteses para negócios	Conexões em toda a organização	Protocolos e técnicas para a inovação	Como outras organizações participam de suas plataformas

**Fonte:** Autoria própria (2020)

Dessa forma, as iniciativas de inovação necessitam de um sistema de gestão que agilize o processo de tomada de decisão e maximize os resultados. Sendo assim, as

iniciativas de inovação consistem em três etapas macro: seleção, classificação e priorização:

- **Seleção:** está subdividida em iniciativas atuais com o mapeamento de todos os projetos e/ou ideias de inovação e em diretrizes estratégicas que consistem na avaliação da aderência das diretrizes com a empresa;
- **Classificação:** consiste na definição do tipo de ambição vinculando as iniciativas e tipos de ambição ao longo do projeto e agrupamento dos projetos de acordo com os temas estratégicos definidos pela empresa;
- **Priorização:** é a visão interna com a classificação dos projetos de inovação levando em consideração a aderência e o esforço para a implementação.

Boas (2018) define as etapas da implementação da inovação nas organizações conforme a Figura 34:

Figura 34 – Etapas da Implementação da Inovação



Fonte: Boas (2018)

Seguindo-se as etapas propostas por Boas (2018), é possível alcançar o sucesso nos processos de implantação da inovação em âmbito organizacional, independentemente do setor, área ou foco.

## **NOVOS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO SOB A PERSPECTIVA DA INOVAÇÃO**

As políticas de inovação buscam a competitividade e o crescimento econômico junto ao cenário dos países. O governo deve buscar o desenvolvimento de mecanismos que estimulem a adoção de novas tecnologias, bem como a inovação no que diz respeito à evolução dos processos de produção (MAÇANEIRO; CUNHA, 2010).

Um processo produtivo tornar-se-á sustentável na medida em que compor um modelo que permita tanto a regeneração quanto à restauração dos recursos naturais disponíveis. Desta forma, as empresas precisam investir em soluções de tecnologia limpa e buscar abordagens mais inovadoras para os desafios de longo prazo criando ambientes organizacionais que apoiem o processo de inovação com o crescimento econômico sustentável baseado em premissas que permitam a criação de tecnologias revolucionárias (HART; MILSTEIN, 2004) e implementação de um sistema rumo à economia circular.

No processo de inovação, a informação é de fundamental importância. Na busca de informações, elas podem ser obtidas internamente (fontes endógenas) ou

externamente (fontes exógenas) à firma. Internamente, as fontes são o departamento de P&D e as demais áreas da empresa. Externamente, as fontes são as instituições públicas de pesquisa; o fluxo de informações interfirma e interindústria, que pode ocorrer no âmbito do país, como também entre outros mercados, competidores, clientes ou consumidores, firmas de consultoria, fornecedores de equipamentos e matérias-primas (OECD, 2003; PIGATTO; SCHIAVI; SOUZA FILHO, 2005).

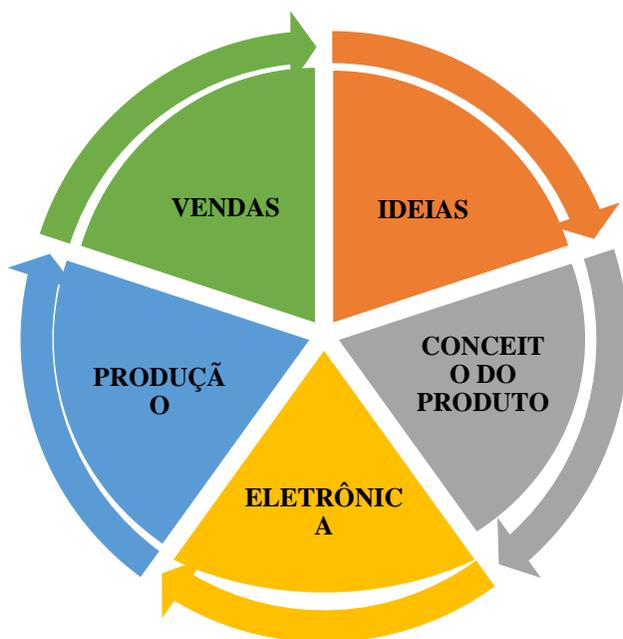
As inovações nos processos representam mudanças na cadeia *supply chain management* que envolve desde a compra da matéria-prima, produção, distribuição até a entrega dos produtos. Portanto, para fazer acontecer a inovação nos processos de fabricação recomenda-se a aplicação de algumas ferramentas: Checklist, 5W2H, Matriz de Gerenciamento do Tempo, A3 thinking, Diagrama de Ishikawa, Ciclo PDCA, Matriz Ansoff, entre outras.

Os métodos de produção, equipamentos, técnicas, suprimentos, localização, matéria-prima, fornecedores, suprimentos, público alvo, tecnologias e ferramentas que as organizações utilizam para produzir são definidos no plano de negócio que é estruturado com base no processo estratégico de tomada de decisão incluindo o planejamento curto, médio e em longo do prazo. Portanto, para embasar o processo de tomada de decisão recomenda-se a Matriz BCG, Diagrama de Pareto, Matriz SWOT, Análise da Pirâmide de Maslow (Hierarquia de Necessidades), entre outras.

Os objetivos de curto, médio e longo prazo estão atrelados às inovações de processo, pois este tipo de inovação proporciona a redução de custo, aumento da qualidade, flexibilidade da produção, melhoria contínua, aumento da competitividade e vantagem estratégica com a criação de novos produtos ou produtos incrementados. Portanto, para construir os objetivos e visão de longo prazo recomenda-se a aplicação das ferramentas: Canvas, Balanced Scorecard (BSC), Design Thinking, Cinco Forças de Porter, Cauda Longa, entre outras.

Com isso, a figura 35 revela o processo para desenvolvimento de produtos tidos como inovadores.

**Figura 35** – Processo de Desenvolvimento de Produtos Inovadores



**Fonte:** Autoria própria (2020)

O processo de desenvolvimento de produtos inovadores tem o ponto de partida na concepção da *ideia* que consiste na criação de um novo produto ou melhoria em produtos e processos já existentes. Em seguida na fase *conceito do produto* onde são realizadas análise de viabilidade técnica e econômica, definição do escopo, levantamento de custos (estimado) e criação de patente. Na fase *eletrônica* ocorre a investigação de produtos, tecnologias e fornecedores, desenvolvimento de sistemas/circuitos eletrônicos com layout e de placas de circuito impresso (PCI), validação do(s) protótipo(s) e os testes em bancada e em campo. Na fase de *produção* ocorre a escolha da melhor matriz para fabricação do Lote piloto, certificação do produto e Validação do projeto. A última fase é a *venda* que é concretização da ideia inicial um produto inovador.

Para ajudar e estimular, os governos costumam desenvolver programas de incentivo à inovação. No Brasil em termos nacionais, os principais agentes para financiamento da inovação são o BNDES e a Finep. Nos Estados existem as fundações de apoio à pesquisa com iniciativas estaduais para financiar projetos de inovação.

Além dos programas de financiamento reembolsável e não reembolsável existe ainda uma iniciativa do governo que consiste em o governo adquirir quotas de fundos de investimento especializados em investir em empresas de base tecnológica, esta modalidade é denominada como Capital Empreendedor.

Mas, não basta ter acesso aos recursos financeiros se não se repensar os modelos de produção. Pois, os modelos de produção e de decisões historicamente têm sido pautados na maximização ou equilíbrio do desempenho econômico e financeiro das organizações de tal forma que as transformações, inovações e mudanças estimularam as organizações industriais a estruturarem o capital, recursos e tecnologias para inovação em sistemas de produção, quase que exclusivamente, com a finalidade de maximização da produtividade, do consumo e lucro (NOBRE; RIBEIRO, 2013).

Com o novo cenário global, torna-se estratégico o desenvolvimento e adoção de novos modelos gerenciais, de decisão, de produção, de vendas, de relacionamento com clientes e fornecedores, de inovação e interação com o meio ambiente e sociedade. Isso tudo demanda a adoção de novos processos de fabricação, que são consequência de novas concepções e desenvolvimento da capacidade cognitiva dos gestores em perceberem o ambiente de forma mais clara (NOBRE; RIBEIRO, 2013; RIBEIRO, 2013).

## REFERÊNCIAS

ALBAGLI, S; MACIEL, M. L. Informação e conhecimento na inovação e no desenvolvimento local. **Ciência da Informação**, Brasília, v.33, n.3, p.9-16, set./dez. 2004.

BECK, F.; BEUREN, I. M. Inovações em uma empresa brasileira do setor têxtil. **RACE**, Joaçaba, v. 16, n. 3, p. 885-910, set./dez. 2017 | E-ISSN: 2179-4936.

BOAS, E. P. V. **Gestão da inovação** / Eduardo Pinto Vilas Boas. – Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018. 216 p.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Mapa estratégico da indústria 2018-2022** / Confederação Nacional da Indústria. – Rev. e atual. – Brasília: CNI, 2018

DEMIL, B.; LECOCQ, X. (2010). Business model evolution: in search of dynamic consistency. **Long range planning**, 43(23), 227-246

FELIN, T.; ZENGER T.R. (2014). Closed or open innovation? Problem solving and the governance choice. **Research Policy**, 43, 914-925. 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733313001790>.

Acesso em: 22 fev. 2019.

FREEMAN C, S. L. **The Economics of Industrial Innovation**. 3 The MIT Press 1997.FREITAS, F. L. F. **Gestão da inovação: teoria e prática para implantação**. São Paulo: Atlas, 2013.

FREZATTI, F. et al. O papel do balanced scorecard na gestão da inovação. **RAE – Revista de Administração de Empresas**, v. 54, i. 4, p. 381-392, 2014.

GRIZENDI, E. (2011). **Manual de orientações gerais sobre inovação**. [Brasília, DF]: Ministério das Relações Exteriores. Departamento de Promoção Comercial e Investimentos. Divisão de Programas de Promoção Comercial. Disponível em:

<<http://download.finep.gov.br/dcom/manualinovacao.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

HART, S. L. **O capitalismo na encruzilhada: as inúmeras oportunidades de negócios na solução dos problemas mais difíceis do mundo**. Tradução de Luciana de Oliveira da Rocha. Porto Alegre: Bookman, 2006. 232 p.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Criando Valor Sustentável. **RAE executive**, v. 3, n. 2, p. 65-79, Maio/Julho 2004.

HIRATUKA, C.; SARTI, F. Transformações na estrutura produtiva global, desindustrialização e desenvolvimento industrial no Brasil. **Rev. Econ. Polit. [online]**. 2017, vol.37, n.1, pp.189-207. ISSN 1809-4538. <https://doi.org/10.1590/0101-31572016v37n01a10>.

LINHARES, M. V. D. **C.H.O.Q.U.E.** - Tratamento para o Surto Empreendedor. 1. ed. Teresina: 2013. 152 p.

LUNDVALL, B. A; et.al. National systems of production, innovation and competence building. **Research Policy**, v.31, n.2, p.213 -231, fev. 2002.

MAÇANEIRO, M. B.; CUNHA, S. K. **Eco-Inovação**: um quadro de referência para pesquisas futuras. Simpósio, 2010.

MENDES, P.J.V.; ALBUQUERQUE, R.H.P.L. Instituições de pesquisa agrícola e inovações organizacionais: o caso da Embrapa - In: **Seminário Latino Iberoamericano de Gestion Tecnologica**. Buenos Aires, 2007.

MEZGER, F. Toward a capability-based conceptualization of business model innovation: insights from anexplorative study. **R&D Management**, 44(5), 429-449, 2014.

NAÇÕES UNIDAS (2015). **Transforming our world**: the 2030 Agenda for Sustainable Development. General Assembly. Seventieth session Agenda. 2015.

NAKAYAMA, R. S. **Oportunidades de atuação na cadeia de fornecimento de sistemas de automação para indústria 4.0 no Brasil**. 2017. 240f. Dissertação de Doutorado em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

NOBRE, F. S.; RIBEIRO, R. E. M. Cognição e Sustentabilidade: Estudo de Casos Múltiplos no Índice de Sustentabilidade Empresarial da BM&FBovespa. **Revista de Administração Contemporânea**, v.17, n.4. p. 499-517, Jul./Ago. 2013.

OECD. **Manual de Oslo**. Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento: proposta de diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Paris, France: OECD, 2005.

PINTEC. **Pesquisa de Inovação 2011**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2013.

RIBEIRO, R. E. M. **Cognição e sustentabilidade: estudo de casos múltiplos no índice de sustentabilidade empresarial (ise) da BM&F Bovespa**. Curitiba, 2013. 214p. Dissertação (Mestrado em Administração) Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Paraná, 2013.

RIBEIRO, R. E. M.; SEGATTO, A. P.; COELHO, T. R. Inovação social e estratégia para a base da pirâmide: mercado potencial para empreendedores e pequenos negócios. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 2, n. 2, p. 55-72, 2013.

SARKAR, S. **O empreendedor inovador: faça diferente e conquiste seu espaço no mercado**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

SAWHNEY, M.; WOLCOTT, R. C.; ARRONIZ, I. (2006). The 12 different ways for companies to innovate. **MIT Sloan Management Review**, 47(3), 75-81.

SILVA, E.; VALENTIM, M. L. P. A contribuição dos sistemas de inovação e da cultura organizacional para a geração de inovação. **Londrina**, v. 23, n. 1, p. 450 – 466, jan./abr. 2018.  
<http://www.uel.br/revistas/informacao//>.

STUDENTS 4 BEST EVIDENCE. **Imagem do título do capítulo**.

Disponível em:

<https://www.students4bestevidence.net/blog/2014/04/04/nice-student-champion-scheme/>. Acesso em: 29 mai. 2020.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

UNIVERSIDADE CORNELL, INSEAD E WIPO. **Índice Global de Inovação de 2017: A Inovação Nutrindo o Mundo**. 2017. Ithaca, Fontainebleau e Genebra. Disponível em <  
<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/11/indice-global-de-inovacao-de-2017-inovacao-nutrindo-o-mundo/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Competitiveness Report 2017-2018**. Geneva, 2017. Disponível em:  
<<https://www.weforum.org/reports/the-global-competitivenessreport-2017-2018>>. Acesso em: 11 out. 2017.

# CONSELHO EDITORIAL

---

## **Carlos Alberto de Sousa Ribeiro Filho**

[carlosribeiro@email.com](mailto:carlosribeiro@email.com)

<http://lattes.cnpq.br/2481399236300363>

Mestrando em Gestão Pública (UFPI), Especialista em Mercado Financeiro (ICF) e Bacharel em Administração (UESPI). Desde 2010 é Administrador do IFPI, atuando na gestão de contratos e orçamentária, atualmente é lotado no departamento de licitações da Reitoria. Atuou como gerente administrativo do setor de tecnologia da informação e em diversos setores de um grupo varejista em Teresina-PI. É natural de Picos-PI.

## **Cícero Tadeu Tavares Duarte**

[cttduarte@gmail.com](mailto:cttduarte@gmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/8102325429220949>

Graduado em Administração pela Faculdade Estácio de Teresina (2001), especialização em Gerência de Recursos Humanos pela Universidade Estadual do Ceará (2004), especialização em MBA em Gestão Empresarial pelo Fundação Getúlio Vargas (2002) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista(2016). Atualmente é Diretor Administrativo da Tadeu Duarte & Consultores Associados, Professor do Centro Universitário Santo Agostinho e Banca Examinadora de defesa de Monografia da Faculdade Ademar Rosado. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Marketing Digital. Atuando principalmente nos seguintes temas: Manutenção, Produtividade, Método de Solução de Problema.

## **Denise Juliana Bezerra de Pontes Barbosa**

[denisejbpontes@hotmail.com](mailto:denisejbpontes@hotmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/7449272877678208>

Mestranda em Gestão Pública pela Universidade Federal do Piauí. Especialista em Gestão de Pessoas pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI). Especialista em Gestão Pública pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI). Bacharel em Administração pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atualmente é Analista Administrativo - Administração da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) e Chefe da Divisão de Gestão de Pessoas do Hospital Universitário da Universidade Federal do Piauí (HU-UFPI). É pesquisadora na área de Gestão Pública e Gestão de Pessoas. É natural de Teresina-PI. Brasil.

## **Evanielle Barbosa Ferreira**

[evanielleb99@gmail.com](mailto:evanielleb99@gmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/2629079058559160>

Mestranda em Engenharia de Produção (UFPE), Engenheira de Produção (UNIFSA), Técnica em Vestuário (IFPI). Atuou como Assessora Comercial em uma empresa varejista em Teresina/PI, onde também foi Analista de logística. Foi integrante do Centro de Pesquisas FSA Junior (UNIFSA), atuando também como consultora júnior em uma empresa de produtos de segurança e ferramentas. Tem experiência na área de Logística, com ênfase em Compras e Suprimentos.

## **Indira Gandhi Bezerra de Sousa**

[indirabs@urc.uespi.br](mailto:indirabs@urc.uespi.br)

<http://lattes.cnpq.br/7980236944034047>

Doutoranda em Administração (UFPR); Mestre em Administração (UFPR) com prêmio de segunda melhor dissertação na área de negócios sociais no Brasil conferida pelo ICE (Instituto de Cidadania Empresarial/SP); Especialista em Gestão Financeira, Controladoria e Auditoria (UNINOVAFAPI); Bacharel em Administração (UESPI); Bacharel em Direito (UNINOVAFAPI). Membro do Grupo de Pesquisa

Gestão da Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade (EGITS). Pesquisadora em Administração, com enfoque em inovação social e negócios de impacto. Professora efetiva da Universidade Estadual do Piauí (UESPI) do curso de Administração no campus de Uruçuí.

### **Luana Grazielle Marreiros Santos**

[luana.marreiros@hotmail.com](mailto:luana.marreiros@hotmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/4230512820792555>

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT-UFPI), Especialista em Engenharia de Produção na Construção Civil (CEUPI), MBA em Gerenciamento de Obras e Tecnologia da Construção (UNIP-INBEC). Graduada em Engenharia Civil pela UESPI. Atualmente é trainee na Votorantim Cimentos. Atuou no programa Agente Locais de Inovação do SEBRAE, atendendo micro e pequenas empresas de Teresina, principalmente do setor da construção civil. É natural de Teresina- PI.

### **Luis Henrique dos Santos Silva Sousa**

[luishenriquesh@outlook.com](mailto:luishenriquesh@outlook.com)

<http://lattes.cnpq.br/8220036033633661>

Graduado em Engenharia de Produção (UNIFSA), Especialista em Docência do Ensino Superior (UNIFSA), Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Atuou em empresas de grande porte no ramo de alimentos e empresas locais no ramo do agronegócio. Atua como professor nos cursos de engenharia do UNIFSA e pós graduações de IES privadas de Teresina. Coordenador do curso de especialização em Eng. de Produção e Equipes de Alta Performance do UNIFSA.

### **Marco Aurélio Medeiros do Nascimento**

[mamn20@gmail.com](mailto:mamn20@gmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/1783037662734427>

Graduado em economia pela Universidade Federal do Piauí (2005), pós-graduado em gestão pública pela Universidade Estadual do Piauí (2012) e mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de

Tecnologia para a Inovação - PROFNIT/UFPI. Atualmente é economista da Universidade Federal do Piauí - UFPI, atuando na divisão de execução contábil e tutor a distância dos cursos de Administração do Centro de Educação Aberta e a Distância da UFPI e do Núcleo de Educação a Distância da UESPI. Atuou como administrador do Palácio da Cidade (PMT), economista da Prefeitura Municipal de Timon-MA, economista do Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Piauí (IFPI), professor da Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão (FACEMA), professor de cursos técnicos do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC/PI), professor conteudista do Centro Universitário UNINOVAFAPI, professor tutor e professor orientador de TCC da pós-graduação em Gestão Pública Municipal da UESPI e Professor Pesquisador dos cursos Técnicos em Administração e de Serviços Públicos (IFPI). É natural de Teresina-PI.

### **Maria Luzinete de Moraes Alves**

[luzinete.m.alves@gmail.com](mailto:luzinete.m.alves@gmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/1611946417216535>

Graduada em Letras Português – UESPI; Especialista em Letras Português e Arte-Educação - Universidade Regional do Cariri -URCA. Formação Continuada de professores em Tecnologias da Informação e Comunicação Acessíveis - UFRGS. Formação Continuada do Programa Gestar II em Língua Portuguesa - SEDUC-PI/MEC/UNB/UNDIME Programa "SABER EMPREENDER " – SEBRAE/ Habilitação Profissional de Técnico em Contabilidade -CENEC -PI. Simpósio Nacional da Formação do Professor de Matemática. Atualmente exerce a função de professor efetiva vinculada à Secretaria Municipal de Simões-PI e membro da Sociedade Brasileira de Matemática - SBM.

### **Renato Anderson Moura Ribeiro**

[renatoanderson@gmail.com](mailto:renatoanderson@gmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/9890154360422311>

Especialista em Contabilidade Pública (UNISUL), Bacharel em Ciências Militares (AMAN - Exército Brasileiro) e Oficial de Intendência (AMAN - Exército Brasileiro) e cursando Bacharelado em Estatística (UFPI).

Experiência profissional como Capitão do Exército e Chefe da Seção de Licitações, Aquisições e Contratos do CALeste em Rio de Janeiro (RJ), como Chefe do Setor de Aprovisionamento do 50° BIS em Imperatriz (MA), Chefe do Setor de Material do 50° BIS em Imperatriz (MA) e Chefe do Setor Financeiro do 2° BECnst em Teresina-PI. É natural de Teresina-PI.

## **Rodrigo Ribeiro Costa Cavalcante**

[rodrigocavalcante84@gmail.com](mailto:rodrigocavalcante84@gmail.com)

<http://lattes.cnpq.br/9121522956863423>

Administrador pela UFPI, pós graduado em Gestão Empresarial e pós-graduando em Gestão Estratégica de Processos de Negócio pela PUC-Minas e mestrando em Administração pela Fucape. É servidor público federal desde 2009, foi professor na Universidade Estadual do Maranhão e na Universidade Estadual do Piauí, foi Agente Autônomo de Investimentos pela CVM, foi elaborador de projetos para o BNB, foi presidente do Conselho Regional de Administração do Piauí e foi Diretor Administrativo e Financeiro em instituições do Governo do Estado do Piauí. É palestrante, consultor e sócio da Real Inteligência em Negócios. Vascaíno esperançoso, sertanejo e entusiasta da profissionalização da gestão pública.

# AGRADECIMENTOS

---

Agradecemos todo o apoio da coordenação do curso de Engenharia de Produção na pessoa da Eldelita Águida, ao Conselho Editorial múltiplo e diverso em conhecimento, ao prefeciador Francisco Caselli, à revisora de português Maria Luzinete, ao Luís Fernando pela elaboração da bela capa e arte, ao UNIFSA pelo financiamento da pesquisa a qual resultou neste livro, ao NIP/UNIFSA pelo fomento à pesquisa e suporte durante a execução, à REAL Inteligência em Negócios pelo apoio, todos você têm autoria e parte nesta obra e foram alicerces na caminhada de construção do livro aqui concluído como e-book.

## **Rhubens Ewald Moura Ribeiro**

Agradeço pelo estímulo à pesquisa e orientações ao Alisson do NIP/UNIFSA, aos professores do UNIFSA que auxiliaram em reflexões quando discutimos, aos meus sócios da REAL Inteligência em Negócios pelo estímulo e apoio durante a imersão na pesquisa para resultar

nesta obra, bem como à minha orientanda e amiga Cecília pelo compromisso em iniciar e concluir este belo livro.

Em especial à minha esposa Iara Alves pelo apoio, alicerce, amor, estímulo, carinho, cuidado, respeito, debates e inúmeras contribuições em minha vida, você é alguém que merece o mundo e toda a paz.

Agradeço ao meu pai Carlos, minha mãe Maria, meus irmãos Carlos e Renato e às minhas amigas Lívia e Leyllane pelo apoio em minha carreira acadêmica e profissional.

### **Cecília Rochele Silva de Abreu**

Este trabalho é resultado de esforços coletivos, portanto só foi possível com base no apoio de Deus primeiramente, pois ele nos dá força, persistência e sabedoria para alcançar nossos objetivos e metas.

Agradeço à minha família por ter apoiado minhas decisões e escolhas, em especial ao meu esposo Francisco Dias por estar sempre ao meu lado em todos os momentos de minha trajetória profissional, pessoal e acadêmica, apoiando minhas escolhas com toda sua amizade, respeito e

amor, sem os quais eu não teria suportado toda essa jornada, obrigado por acreditar no meu potencial e segurar a minha mão sempre incentivando e dando bronca quando necessário.

Agradeço a toda minha família e amigos que torceram por mim, em especial aos meus pais Antonilton Ferreira e Ana Cláudia por todo apoio e incentivo.

Agradeço em especial meu orientador e amigo Rhubens que por inúmeras vezes me incentivou, apoiou e me estimulou o interesse pela pesquisa, agradeço pelos debates, supervisão, orientações e paciência para acompanhar meu trabalho nesse ano de iniciação científica, seu estímulo e apoio foram essenciais para alcançar o objetivo.

## INOVAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0

Compreender os conceitos sobre a inovação, a qualidade, o pensamento Lean e a Indústria 4.0 é importante para os gestores e empreendedores que desejam colocar as mudanças em prática na melhoria de processos, na linha de produção ou na comercialização de seus produtos. Também muito importante para a formação de profissionais qualificados em atividades de planejamento, organização, direção e execução de inovações tecnológicas em sistemas produtivos.

### **Taiane Ritta Coelho**

*Administradora, Doutora em Administração, Professora da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Pesquisadora em Tecnologia e Inovação.*

A criação de fábricas inteligentes em que haja autonomia de processos e criação de redes inteligentes gera vantagem competitiva para as organizações. Este livro apresenta informações enriquecedoras, podendo ser utilizado como manual em diversos cursos e como guia para gestores que tem o desafio de criar a organização do futuro, trazendo melhores resultados por meio de inovações tecnológicas aplicadas.

### **Gabriella de Menezes Baldão**

*Administradora, tradutora, consultora, palestrante e professora.*

Marcadamente dinâmica e disruptiva, a Era da Transformação tem gerado em nós, gestores, a sensação de incompletude. O dia a dia profissional nos aperfeiçoa e nos dá segurança para a gestão dos inovadores sistemas de produção. A presente obra dá luz às práticas de gestão tão solicitadas para a formação de profissionais de alto desempenho.

### **Mariana Monfort B. Kosop**

*Mestre em Administração e Diretora Administrativa do Laboratório CK e do Instituto Caboracy Kosop.*

Esta obra permite aos gestores e pesquisadores uma melhor compreensão das interações impressas pela Inovação dos Sistemas de Produção na Nova Era. Conduz-nos em um aprofundamento sobre temas abrangentes e discussões dos novos modelos de negócios, tecnologias e inovações a adotar.

### **Pedro Evangelista**

*Administrador, MBA em Gestão Empresarial, Diretor Comercial nas Indústrias Dureino.*

Patrocínio:



Apoio:



Editora:

