



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO

HENRIQUE ALMEIDA AMORIM

**PROPOSTA DE UM MODELO DE PROCESSO DE INOVAÇÃO INCREMENTAL
NO NÍVEL OPERACIONAL NAS INDÚSTRIAS 4.0:**
baseado no *business intelligence* na gestão da produção

Recife
2020

HENRIQUE ALMEIDA AMORIM

**PROPOSTA DE UM MODELO DE PROCESSO DE INOVAÇÃO INCREMENTAL
NO NÍVEL OPERACIONAL NAS INDÚSTRIAS 4.0:**
baseado no *business intelligence* na gestão da produção

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação.

Área de concentração: Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Orientador: Prof^o. Dr. André Marques Cavalcanti

Recife

2020

Catálogo na Fonte
Bibliotecária Maria Betânia de Santana da Silva, CRB4-1747

A524p

Amorim, Henrique Almeida

Proposta de um modelo de processo de inovação incremental no nível operacional nas indústrias 4.0: baseado no Business Intelligence na gestão da produção / Henrique Almeida Amorim. – 2020.

86 folhas: il. 30 cm.

Orientador: Prof^o. Dr. André Marques Cavalcanti,
Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2020.

Inclui referências.

1. Pesquisa industrial. 2. Inovações tecnológicas. 3. Business Intelligence. 4. Gestão da Produção. I. Cavalcanti, André Marques (Orientador). II. Título.

CDD 607.2 (22. ed.)

UFPE (CSA 2020 – 041)

HENRIQUE ALMEIDA AMORIM

**PROPOSTA DE UM MODELO DE PROCESSO DE INOVAÇÃO INCREMENTAL
NO NÍVEL OPERACIONAL NAS INDÚSTRIAS 4.0:**

baseado no *business intelligence* na gestão da produção

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação.

Aprovada em: 20/03/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. André Marques Cavalcanti (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Jose Gilson de Almeida Teixeira Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Telma Lúcia de Andrade Lima (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este estudo à minha esposa Josy e meus filhos Vinicius e Vanessa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pela oportunidade e liberdade de poder fazer as minhas escolhas através da educação proporcionada além da sua relevante contribuição para formação de caráter e da personalidade da pessoa que sou hoje.

Ao Prof^o. André Marques pelo conhecimento compartilhado e pela confiança depositada para a concretização deste trabalho. Além de todos os professores do Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação que contribuíram para que chegasse ao resultado deste estudo.

Aos colegas mestrado pela força e apoio suas contribuições diretas e indiretas, em especial ao amigo William Ramires pela força dada por persistir na temática dessa dissertação. Ao amigo da UFPE, o Dr. Tiago Soeiro, que contribuiu com seus ricos conhecimentos acadêmicos na construção dessa dissertação. Aos amigos de trabalho pelas palavras de apoio, força e incentivos oferecidos.

Agradecimento especial à minha amada esposa, Josy, pela compreensão e paciência em entender os dias e noites dedicados a este trabalho. E pela ajuda incondicional de crescermos juntos com o nosso amor sempre ao lado dos nossos filhos, Vinicius e Vanessa.

RESUMO

O setor Industrial busca melhorar suas ineficiências e reduzir custos para manter-se competitivo, para isso, absorve novas tecnologias para melhoria nos processos, preconizado pela indústria 4.0. Para direcionar ações estratégicas na implementação de inovações, as empresas adotam o uso da tecnologia *Business Intelligence* (BI) como mapa visual de indicadores. Todavia, as decisões da implementação de inovações para tal melhoria se limita aos níveis hierárquico estratégico e gerencial, indo no sentido contrário de propostas como a da metodologia *World Class Manufacturing* (WCM), afastando, assim, o nível operacional do ambiente de inovação, no qual tem potencial para propor soluções com baixo ou nenhum investimento, além de identificar e reduzir as ineficiências no processo produtivo. Desse modo, o projeto tem como proposição realizar uma pesquisa-ação que utiliza a indústria automotiva como estudo de caso. Assim, busca compreender os efeitos da implantação do B.I na linha de produção, disponibilizando aos colaboradores as oportunidades de melhorias em seu posto de trabalho através de propostas de melhorias inovadoras. Portanto, espera-se inserir o nível operacional no ambiente de inovação, tendo como reflexo a redução de custos ou aumento de produtividade.

Palavras-Chave: Inovação Incremental. Business Intelligence. Indústria 4.0. Gestão da Produção. World Class Manufacturing.

ABSTRACT

The Industrial sector seeks to improve its inefficiencies and reduce costs to remain competitive, thus absorbing new technologies for process improvement, recommended by industry 4.0. To direct strategic actions in implementing innovations, companies adopt the use of Business Intelligence (BI) technology as a visual map of indicators. However, decisions on the implementation of innovations for such improvement are limited to the hierarchical strategic and managerial levels, contrary to proposals such as the World Class Manufacturing (WCM) methodology, thus moving the operational level away from the innovation environment. which has the potential to propose solutions with little or no investment for to identify and reduce inefficiencies in the production process. Thus, it is proposed to carry out an action research using the manufacturing sector, where we propose the implementation and use of BI in the production line, making available to employees the inefficiencies of the processes, by the innovative improvements purpose to reducing costs or increased productivity.

Keywords: Incremental Innovation; Business intelligence; Industry 4.0; Production management; World Class Manufacturing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pilares da metodologia <i>World Class Manufacturing</i>	18
Gráfico 1 - Comparação entre artigos publicados: <i>Innovation AND operational; Innovation AND strategy</i>	26
Gráfico 2 - Comparação de níveis de tecnologias entre empresas do ambiente industrial com inovação incremental e sem inovação incremental.	34
Figura 2 - Evolução Histórica da Indústria.....	39
Gráfico 3 – Números de documentos (<i>papers</i>) com tema Big Data 2010-2018 segregado por país.....	42
Figura 3 - Proposta de modelo de um sistema baseado em BI para Indústria 4.0.....	44
Figura 4 - Sistema de produção da indústria automotiva	50
Gráfico 4 - Composição custos industriais	51
Gráfico 5 - itens de custo das áreas operacionais da empresa.....	52
Tabela 1 - principais características das áreas produtivas	52
Figura 5 - Esquema de linha de produção consumo desnecessário.....	54
Figura 6 - tela <i>touchscreen</i> na linha produção.....	57
Figura 7 - Organograma estrutura funcional manufatura	58
Tabela 2 - pessoas envolvidas no projeto, segregados por temática	60
Figura 8 - Fonte de dados na indústria	63
Tabela 3 - Estrutura da modelagem da base de dados.....	69
Gráfico 6 -Matriz de perdas no diagrama de Pareto.....	72
Gráfico 7 - Subindicadores de Perdas Mão de Obra	73
Gráfico 8 - Subindicadores de Perdas de Energia	74
Figura 9 - Uso do <i>Business Intelligence</i> no nível operacional	76
Gráfico 10 – Matriz Ineficiência de um Posto de trabalho da montagem.....	78
Gráfico 11 - Matriz Ineficiência Energético, segregado por máquina	79

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Caracterização do problema.....	12
1.2	Objetivos.....	13
1.3	Justificativa	14
2	METODOLOGIA.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1	Inovação no processo industrial.....	25
3.2	Coleta dados no gerenciamento da produção	27
3.3	Metodologia WCM – aproximando o nível operacional do ambiente de inovação..	28
3.4	<i>Humanware</i> – o ser humano no ambiente tecnológico	29
3.5	<i>Empowerment</i> – poder de decisão na mão dos profissionais.....	31
3.6	Tendências da indústria automotiva.....	32
3.7	Inovação incremental e radical no processo produtivo.....	33
3.8	Business Intelligence.....	35
3.9	Consideração sobre o referencial teórico	36
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	38
4.1	Ambiente industrial na era digital	38
4.2	Indústria 4.0 - desafios e oportunidade	38
4.3	Internet Of Thing – IOT – conectando os processos	40
4.4	<i>Big Data</i> - Complexidade dos dados.....	41
4.5	Considerações sobre a revisão da literatura	43
5	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	44
5.1	Proposta do modelo de arquitetura no business intelligence.....	44
5.2	Aplicação do <i>Business Intelligence</i> na indústria automotiva.....	48
5.3	<i>Lócus</i> da pesquisa - indústria automotiva	49
5.3.1	Key performance indicator - KPI	53
5.4	Recursos tecnológicos e humanos.....	55
5.4.1	Recursos tecnológicos	55
5.4.2	Recursos humanos - empowerment.....	57
5.4.3	Formação time de trabalho	60
5.5	Mapeamento de perdas e desperdício.....	61
5.5.1	Origem dos dados	62

5.5.2	Armazenamento.....	63
5.5.3	Máquinas e equipamentos	64
5.5.4	Atividades operacionais.....	65
5.5.5	Vetores energético	66
5.6	Business Intelligence.....	67
5.6.1	Coleta dados	67
5.6.2	Modelagem dos dados	68
5.6.3	Análise e parametrização.....	69
5.6.4	Layout visual	70
5.6.5	Monitoramento	71
5.7	Implementação de BI no nível operacional.....	71
6	RESULTADOS ALCANÇADOS.....	77
6.1	Lições aprendidas – riscos e dificuldades.....	80
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

O processo produtivo, devido sua informatização, gera grande número de dados. Esse nível da organização conta com diversas atividades realizadas por máquinas e equipamentos, processos e pessoas, sendo um ambiente com capacidade de gerar grande massa de dados, definida como *Big Data* (LEE, KAO e YANG, 2014). Com efeito, necessita de um novo modelo de pensamento dos gerentes das fábricas, para uso adequado das novas tecnologias para tradução e maior aproveitamento das informações disponíveis.

A manufatura concentra grandes investimentos numa indústria, na busca constante do seu aumento de produtividade através da P&D (pesquisa e desenvolvimento) interno gerando inovações radicais nos processos produtivos, sendo mais presentes em decorrência das exigências de mercado. Contudo, a inovação incremental, caracterizada por mudanças menores e com mais frequência (OSLO, 2005), são essenciais para o setor industrial manter-se competitivo. No entanto, o chão de fábrica é carente de inovação incremental, pois as decisões de inovação e melhorias do nível operacional são direcionadas para áreas estratégicas, no qual trazem soluções bastante onerosas, necessitando, muitas vezes, de altos gastos (FORTULAN e FILHO, 2005). Desse modo, pode ser construída a ideia de que as organizações usam informações do nível operacional para substanciar ações estratégicas. Sendo assim, concentra os indicadores de desempenho no nível administrativo do negócio (OLIVEIRA, JORGE e PEÇAS, 2019), promovendo inovação radical e desarticulando, por vezes, as inovações incrementais de seus processos.

Para promover a inovação incremental, faz-se necessário que os gerentes de produção e seus especialistas sejam abastecidos de informações que aponte as oportunidades de melhorias, ou seja, suas ineficiências no ambiente operacional. Contudo, os gestores de manufatura atualmente enfrentam problemas típicos como a ausência de informações consistentes, oportunas e com grau de acurácia elevada (ZHANG, LIU, *et al.*, 2018), sendo guiados por indicadores frágeis, obtendo como principal barreira acessar informações que estão dentro dos equipamentos. É possível destacar que a visibilidade dos indicadores no nível operacional é um grande potencial para acelerar a solução de problemas neste ambiente (VERONES, 2014), no qual conta com profissionais, como especialistas e engenheiros de processo que podem contribuir com mudanças relevantes. Justifica-se isso em decorrência das mudanças em curto

espaço de tempo, de características significativas dos produtos gerados nas linhas de produção por exigência do mercado.

Diante desses fatos, discute-se como as tecnologias que dão substância à quarta revolução industrial (indústria 4.0) podem contribuir com o processo produtivo, utilizando ferramentas inteligentes. Além disso, aumentar o desafio existente atualmente, no tratamento de grande massa de dados oriundos do nível operacional, fortalecendo-o – *empowerment* – utilizando bem o essencial da inovação, o intelecto humano – *Humanware* – no ambiente operacional, de modo que implemente inovação incremental.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Com evolução das novas tecnologias e aquisições de novos equipamentos e conhecimentos, as indústrias tendem a ser mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. Para atender essa flexibilidade que propõe a indústria 4.0, há a necessidade de ter informações confiáveis e com acesso de forma dinâmica e célere. Contudo, a permanência de alguns processos ainda arcaicos compromete a busca por melhorias contínuas, como exemplo a coleta de dados gerados por máquina e processos com baixa ou nenhuma automatização. Estes necessitam do envolvimento de pessoas para modelar os dados e gerar indicadores, com possibilidade de falhas humanas e perdas de informações, resultando em fragilidade na acurácia das informações.

Em algumas empresas mais automatizadas, seus sistemas e máquinas geram dados que são enviados para internet (IoT) com grande potencial, porém, não explorados na sua totalidade devido ao volume e complexidade no tratamento dos dados. Questiona-se, então, se o simples fato dos equipamentos estarem conectados à internet conduz a algum resultado favorável para a organização ou apenas aumenta os custos de infraestrutura. Por esta razão, a proposição de meios para transformar os dados disponibilizados em informações que visem a melhoria contínua dos processos associados será avaliado se de fato apresenta-se como um caminho adequado.

De forma complementar, a metodologia WCM propõe a gestão visual de indicadores no nível operacional com propósito de aumentar o envolvimento dos profissionais, devendo os indicadores ser divulgados no formato de valor monetário indicando as macrocausa raiz dos problemas e os locais de ocorrência. Com isso, busca mapear as ineficiências, através da coleta

de dados. O pilar desdobramento de custos da metodologia WCM tem como escopo de trabalho a atividade de monetizar e divulgar periodicamente para a fábrica as suas ineficiências, indicando os respectivos locais (unidade fabril, linha produção, processo, estação de trabalho). Essa atividade requer um elevado tempo e envolvimento de pessoas de diversos setores e níveis, usando dados em vários formatos e classificações. Essas etapas tornam o processo moroso e frágil, visto a relevância de seu impacto: direcionar os esforços das pessoas priorizando as maiores ineficiências tendo como foco redução de custos e melhoria na produtividade (YAMASHINA, 2007).

Como consequência desse atraso no mapeamento das perdas, pode ser citado a permanência da ineficiência na produção, no qual os gastos produtivos desnecessários se mantêm alto. Tais gastos dificultam, ainda, a geração de melhorias e implantação de inovações no processo, uma vez que carece de informações que possam direcionar suas ações. Nesse caso, ocorrem duas consequências: os custos das ineficiências são repassados aos consumidores dos produtos e a perda de competitividade no mercado.

Para tanto, diversos setores industriais, essencialmente o setor automotivo, garimpam numa busca desenfreada, a fim de usar tecnologias que simplifiquem o seu dia-dia, utilizando software que tragam informações úteis e totalmente acessíveis, com o monitoramento da planta produtiva. Com isso, com o uso da plataforma tecnológica *Business Intelligence* (B.I) será analisado sua viabilidade para trazer soluções para preencher as lacunas existentes. Esse uso tornará útil os dados enviados para nuvem ou intranet pelos diversos sistemas da indústria, atendendo a fragilidade de coleta de dados da metodologia WCM e disponibilizando de forma visual para o nível operacional.

1.2 OBJETIVOS

Devido ao grande número de dados que são gerados pelas organizações e seus sistemas de monitoramento, há uma dificuldade em realizar o mapeamento das ineficiências produtivas. Com isso, faz-se necessário o uso de ferramentas que interprete, simplifique e dê sentido aos dados gerados por equipamentos e máquinas, de forma dinâmica, expondo as ineficiências num formato visual. Com isso, o maior número de pessoas envolvidas nesses processos terá acesso a essas informações, alcançando a geração de soluções, por vezes são caracterizadas como inovações no seu ambiente de trabalho.

Objetivo Geral: definição de um modelo que utiliza três pilares desdobramento de custos, melhoria focada e gestão de pessoas do WCM numa indústria de automóveis.

Objetivo específico:

- a) Realizar coleta de dados através do BI com vistas a obter informações para realizar inovação incremental e reduzir desperdícios;
- b) Monitorar periodicamente ou em tempo real as informações produtivas, no nível operacional, para substanciar resultados no nível estratégico;
- c) Analisar os benefícios na implantação do uso de B.I quais impactos gerados por coleta de dados automática e sua monetização em tempo real e possíveis inovações decorrentes e;
- d) Fortalecer as equipes de melhorias contínuas no ambiente produtivo.

1.3 JUSTIFICATIVA

A existência desse trabalho se dá pelo fato da presença de um cenário com várias incertezas no ambiente interno e externo, exigindo que as empresas se adaptem rapidamente e tenham um foco na redução das suas ineficiências, decorrente do exigente mercado competitivo. Para isso, a disponibilização das informações no tempo mais rápido possível, de forma dinâmica para todo nível hierárquico, se torna uma necessidade para que haja uma solução célere dos problemas crônicos, além da participação colaborativa dos profissionais da organização na proposição de melhorias no seu ambiente de trabalho (GRÖGERA, HILLMANNA, *et al.*, 2013).

Sabe-se que as melhorias na rotina de trabalho no nível operacional resultam diretamente em benefício financeiro para o grupo e que dependem em muito do *Humanware* (YAMASHINA, 2007). Com isso, o atual estudo tem sua importância definida, devido as lacunas existentes apresentadas na revisão bibliográfica, que são:

- a) Conectividade dos equipamentos e máquinas gerando grande número de dados na nuvem ou intranet, com alto custo de infraestrutura, com pouco ou nenhum aproveitamento das informações;

- b) Adoção pelas indústrias da plataforma *Business Intelligence* para gerar indicadores que podem direcionar ações que aumentam a produtividade, contudo aumenta os custos de produção;
- c) Relevante esforço de tempo e pessoas para identificar, mapear e valorizar as perdas produtivas, realizada pelo pilar desdobramento de custo, seguindo os conceitos da metodologia WCM; Inexistência de ferramenta específica para atender o critério de CD (cost deployment) computadorizado descrito por Yamashina (2007) e formato de disponibilização dos dados para nível operacional e;
- d) *Empowerment* com o envolvimento e uso adequado do *Humanware* que não deixa de ser o lado mais complexo da inovação.

Como contribuição prática, esse estudo propõe melhorar situações existentes na metodologia WCM, inserindo o *Business Intelligence* em seu contexto, que tem como finalidade gerar indicadores produtivos. Para isso, utiliza critérios e requisitos da metodologia para mapear as perdas produtivas, além de cobrir a lacuna da inexistência de ferramenta para atender o CD computadorizado.

Adicionalmente, pretende-se reduzir a necessidade do envolvimento de grande número de pessoas, evitando critérios e parâmetros variados na atividade de coleta de dados. Nesse sentido, haverá propostas de melhorias no mapeamento, padronização e consequente aumento na velocidade da valoração das perdas produtivas, contribuindo para disponibilização imediata dessas informações para que o nível operacional tenha acesso às perdas do seu ambiente de trabalho. Sendo assim, como contribuição teórica para evolução do conhecimento existentes no estado da arte, este estudo propõe a integração do *Business Intelligence* à temática WCM no pilar desdobramento de custo.

A permanência do conhecimento atual ou a não aplicação deste projeto manterá indústrias divulgando indicadores através do *B.I* que manterá seu foco distante da redução de custo. Isso acarretará no desconhecimento dos impactos financeiros dos problemas, direcionado, por exemplo, para solucionar perdas secundárias, ao invés da principal, também o elevado desgaste para mapear as perdas se manterá dificultoso para as empresas, devido ao grande volume de dados gerado pelo processo. Além disso, restringirá o compartilhamento dos indicadores no nível estratégico e gerencial.

A relevância do tema se dá pelo seu impacto, no qual propõe o envolvimento de todos os níveis hierárquicos na elaboração de projetos inovadores e consequente redução de custo produtivo. Da mesma forma, o aumento de eficiência e competitividade que é vista com ponto benéfico da aplicação deste estudo no setor de expressiva relevância para o produto interno bruto (PIB) do país.

O estudo visa promover que todos os atores de uma indústria possam conhecer as ineficiências produtivas e assim contribuir para o processo, na implementação de melhorias no seu ambiente de trabalho. Esse fato torna a indústria mais competitiva, podendo contribuir, ainda, para atrair novos investimentos.

Diante dessa realidade, além da parte introdutória (1) o estudo estará segmentado nas seguintes partes: na (2) seção adiante será apresentada a metodologia da pesquisa; na seção seguinte (3) será discutido o entendimento das características das inovações radical e incremental; mais à frente na próxima seção (4) serão descritos o ambiente da indústria 4.0 e as possíveis tecnologias para uso no processo industrial; por fim, na seção (5), será proposto e implementado um fluxo de informações usando a plataforma *Business Intelligence* e comentários contendo as conclusões pertinentes a pesquisa (6 e 7).

2 METODOLOGIA

Para desenvolver este estudo é necessário a construção do modelo teórico por meio de revisão bibliográfica das seguintes temáticas: inovação incremental e radical, indústria 4.0, IoT, *Big Data* e *Business Intelligence (B.I)* para nortear o desenvolvimento do trabalho, delimitando o tema no campo das ciências sociais aplicadas. Ainda na revisão bibliográfica são analisados estudos sobre coleta e gerenciamento de dados em tempo real, buscando-se entender como o conceito de Indústria 4.0 pode contribuir com melhorias para promover inovação incremental no processo produtivo industrial. Tendo como finalidade avaliar a evolução de estudos no campo de inovação incremental nos processos fabris, busca-se demonstrar a evolução temporal da relevância das temáticas abordadas nas seções seguintes. Para isso, é realizada uma pesquisa na base de artigos, resumo e citações com abrangência internacional - SCOPUS.

Ademais, o estudo será orientado pela utilização do método pesquisa-ação, que consiste na realização de uma pesquisa qualitativa participativa, cujo objetivo é compreender os fenômenos, tendo proposta promover mudanças no ambiente ou sociedade com ações efetivas (PRATAMA, 2016). O objetivo é equalizar o autor ao mesmo nível das demais áreas envolvidas no estudo, para que haja uma participação efetiva do mesmo na proposição de melhorias, participando, junto com os times de trabalho, na identificação das melhores proposições.

O autor, desse modo, é posicionado como líder do Pilar Desdobramento de Custo, assumindo a posição de líder do projeto, além de ser parte integrante da área financeira que, dessa forma, contribui mais efetivamente com o desenho do modelo proposto. Na figura de líder do estudo, se encarrega de reunir os diversos setores da empresa e ainda propõe implementação do modelo desenhado. Nesse sentido, terá o envolvimento direto com integrantes técnicos das áreas operacionais e metodológico do setor de planejamento e execução do World Class Manufacturing (WCM), Figura 1.

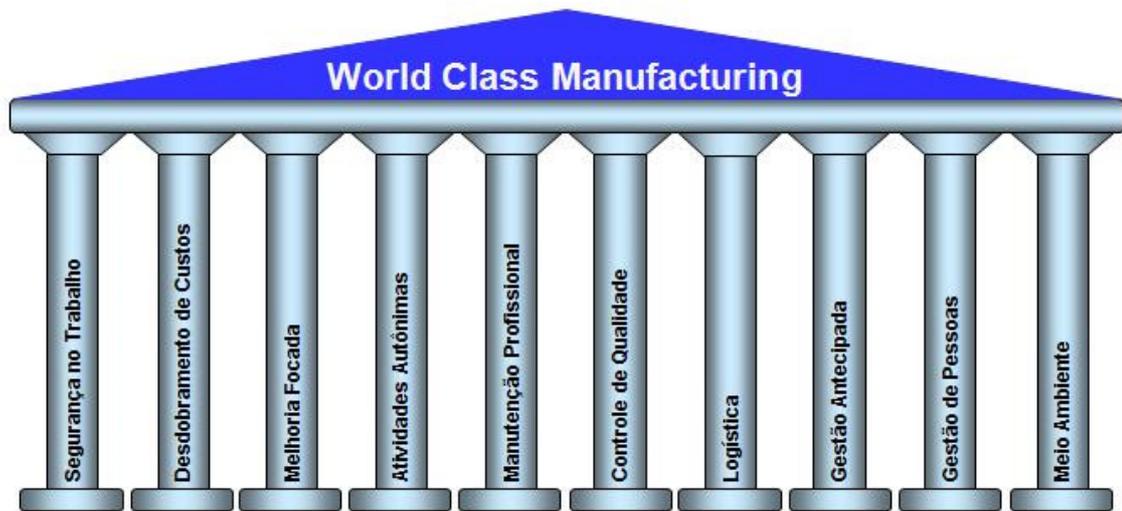


Figura 1 - Pilares da metodologia *World Class Manufacturing*.
Fonte: (YAMASHINA, 2007)

Um dos objetivos do líder do Pilar CD é implementar a solução de *Business Intelligence* no sentido de identificar quais os dados constantes na nuvem, que possam ser transformados em informações de desempenho, com o objetivo de reduzir perdas. Aplicando os critérios do WCM – Pilar CD com competência de métodos financeiro e agora com domínio da tecnologia *Business Intelligence*, sua contribuição será efetiva no sentido de alcançar resultados satisfatórios. Nesse contexto, a pesquisa-ação, inserida nesse estudo, tem como intenção aproximar o autor da matéria analisada, além dos demais participantes da pesquisa, de forma colaborativa, com finalidade de melhorar o que está sendo analisado (MACDONALD, 2012) no qual será trilhado pelas etapas seguintes:

- a) **Lócus da Pesquisa:** como limitação do projeto de implantação do B.I, será utilizado uma empresa do setor automotivo localizado da região nordeste, caracterizando-o como lócus da pesquisa.

Sabe-se que grande parte da organização é segregado por diretorias, tais como: comercial, industrial, engenharia de produto, engenharia de processo, marketing, entre outros. O estudo em questão está apoiado na diretoria industrial, sendo esta a diretoria que gera a maior parte do valor pela transformação de matérias-primas e consegue entregar o produto principal (tangível) no processo fabril do setor automotivo. De modo consequente, gerando a maior parte do valor final para o negócio.

A diretoria industrial está segmentada em etapas produtivas e não produtivas. As áreas produtivas são nomeadas como: prensas, funilaria, pintura e montagem, detalhando-se mais informações dessas áreas na seção 5. Assim como as áreas não produtivas, também chamadas de áreas suportes ou indiretas: meio ambiente, saúde e segurança, utilidades, logística interna e qualidade.

O tamanho da população de colaboradores, da organização estudada, é de aproximadamente 4.500 subordinados diretamente a essa diretoria e que participam do processo contribuindo com propostas de soluções. Ainda conta, com atividades indiretas, prestadas por terceiros com mais de 2.200 colaboradores, vistos como fonte de transferência de conhecimento e soluções do ambiente externo. Além disso, há o suporte de outras diretorias que também participam do processo de melhoria do desempenho do setor industrial, como: Compras, Supply Chain, Engenharia de Produto e Processo, Finanças, entre outros.

O principal custo na construção de um veículo, sem dúvidas, são as matérias-primas, nele composta, existindo o time de Engenharia de Produto, que dá suporte à área industrial, na busca de aperfeiçoar o veículo produzido. Contudo, o custo de transformação, composto por custo necessário a fabricação do carro, tais como: custo de mão de obra, vetores energéticos e de custos de manutenção se apresentam como oportunidades para identificar melhorias, que estão diretamente vinculadas à gestão dos gerentes de produção.

A planta em estudo tem como indicadores macros o custo em valor de Unidades Monetárias (UM\$) por carro e produção diária, nesse sentido, a busca incansável dos Gerente de produção será sempre por aumento de produtividade e redução de custos. Para isso, o estudo defende que os micros indicadores do nível operacional contribuem para alcançar aos objetivos estratégicos das empresas;

- b) **Pilar Desdobramento de Custos - Indicador Chave do Processo:** também nomeado de *Cost Deployment*, ou simplesmente CD, é caracterizado por ser um pilar que direciona as ações de melhorias na indústria, através do mapeamento das ineficiências, chamadas de perdas produtivas na metodologia WCM.

Periodicamente, em geral 2 ou 3 vezes ao ano, são coletados dados de vários processos desse pilar, sistemas, além de monitoramentos, por vezes manuais, de outros pilares. Desses dados, obtém-se as diversas ineficiências fabris nos quais são traduzidos em valores monetários, através de uso alargado de planilha, necessitando nesse caso do envolvimento de grande número de pessoas.

Logo em seguida são compartilhadas visualmente para o nível operacional, no qual tem como objetivo o conhecimento de todos os colaboradores de quais são as suas maiores ineficiências. Essa exposição ocorre através de representações gráficas dispostas no ambiente operacional com uso frequente do Gráfico de Pareto.

A proposta é utilizar essas diretrizes da metodologia WCM, aplicando as técnicas e premissas do Pilar desdobramento de custo para definição de KPI e seus subindicadores. Em vista disto, será aprofundado o conhecimento dos critérios do pilar desdobramento de custos que é tido como o direcionador das ações no processo produtivo. Sendo assim, propõe-se, aqui, uma aliança com as funcionalidades do *Business Intelligence* e metodologia WCM a partir do conhecimento obtido no chão de fábrica quanto a melhoria da eficiência do processo produtivo. O uso da tecnologia *Business Intelligence* irá responder como serão coletados os dados necessários para comporem subindicadores na formação dos KPI's, no qual espera-se utilizar bases de dados de sistemas produtivos, além de permitir a definição da periodicidade de atualização.

Por sua vez, o método WCM torna claro os KPIs a serem disseminados e seus subindicadores de forma irrestrita a todas as etapas dos processos. É indispensável que a perda mapeada seja traduzida em valor monetária, para melhor entendimento do nível operacional. Para tal fim, o estudo analisa gastos operacionais das áreas produtivas relevantes, objeto de estudo do pilar desdobramento de custos concentrando-se nas ineficiências dos principais gastos da área operativa. Com objetivo de estratificar as perdas e obter um subindicador das ineficiências, a metodologia WCM traz o conceito de macrocausa raiz, onde subdivide as perdas e oferece informações para atuação dos pilares Melhoria Focada e Gestão de Pessoas, figura 1;

- c) **Pilar Melhoria Focada:** de posse das matrizes em formato de Pareto, oferecida pelo pilar desdobramento de custo, o pilar de melhoria focada oferece as ferramentas adequadas para mitigar as ineficiências no processo e mantém os colaboradores com foco nas suas maiores ineficiências. O suporte oferecido pelo pilar de melhoria focada, também chamado de *Focus Improvement* ou simplesmente FI é expandir e aprofundar na identificação de causa raiz das ineficiências, além de potencializar a implementação de inovação.

Através das matrizes de perdas oferecidas pelo Pilar desdobramento de custo, o Pilar FI, continuamente promove a redução das principais ineficiências de cada área, mantendo todos os colaboradores focados na implementação de inovações constantemente. O Pilar FI tem uma contribuição rica em cada projeto, no sentido de oferecer adequadas ferramentas da metodologia WCM, assim, entende-se que os projetos inovadores ganham mais robustez, quando implementado.

De forma recorrente, este pilar promove treinamentos, na indústria analisada, com especialistas do nível operacional, com finalidade de disseminar conhecimentos de ferramentas avançadas e técnicas, além de formar disseminadores de conhecimentos de suas práticas. O grande objetivo é tornar os projetos mais consistentes e garantir que a inovação implementada seja a melhor solução dentre as opções.

Na empresa analisada, fica a cargo do Pilar FI mapear os projetos de inovação, para isso é usado software para cadastrar todas as sugestões de melhorias significativas no processo produtivo. Estes projetos são utilizados como referência ou fonte de ideias para outras áreas, promovendo constantemente a troca de conhecimento interno e externo.

Sabe-se que a sintonia entre os pilares CD e FI são fundamentais, uma vez que este usa informações daquele no dia-dia. Na empresa estudada, atualmente, há uma atuação limitada do Pilar FI, motivada por dois fatores: 1) pouca recorrência de atualização das matrizes de ineficiência, exigindo do FI atuar com informações, por vezes, desatualizadas; 2) modo de divulgação ser através de planilha e papéis expostos no nível operacional;

- d) **Pilar Gestão de Pessoas - Empowerment:** busca aproximar o nível operacional com proposição de melhorias, o WCM favorece o envolvimento da base de trabalho no ambiente de inovação, através do Pilar Gestão de Pessoas. Também chamado de PD (*People Development*) esse pilar, ao unir força com os Pilares FI e CD, conseguem formar a base de sustentação da metodologia WCM na indústria, oferecendo suporte na implementação de melhorias a todos os demais pilares, apresentados na Figura 1.

Esse pilar fortalece a presença de todos os envolvidos na proposição de melhorias no nível operacional industrial. Nesse instante, é possível notar o seu potencial de *Empowerment* no ambiente produtivo. Além disso, o Pilar Gestão de Pessoas é capaz de monitorar os *Gap's* de conhecimentos dentro da organização. Mais uma vez, através das perdas divulgadas pelo pilar *Cost Deployment*, que contém as ineficiências de cada estação de trabalho, em seguida o Pilar FI, aponta as ferramentas para mitigar cada perda, já visto anteriormente e agora o Pilar PD se encarregam de realizarem o mapeamento e redução dos *Gap's* de competência. Competências estas necessárias para melhor implementação dos projetos inovadores. Com isso, vê-se, mais uma vez, a importância das informações geradas e divulgadas pelo Pilar CD – Matriz de Ineficiência – no qual requer que sejam divulgadas de forma mais consistente e no tempo oportuno.

A Sinergia entre os três pilares: Desdobramento de custos, Melhoria focada e Gestão de pessoas existem no ambiente estudado, porém, com limitações nas suas ações oriundas pelos fatores já supramencionados. Contudo, a empresa foco do estudo propõe interações constantes, mas ainda não alcançou o grau de conexão entre os pilares devido à ausência de ferramentas mais robustas no mapeamento e divulgação de ineficiências, considerando que a atribuição de melhorar o que existe hoje ser de responsabilidade do pilar CD. Vale notar que essas informações de ineficiências sempre serão ponto de partida das ações de melhorias que devem ser usadas para fortalecer a atuação dos demais pilares;

- e) **Recursos Humanos:** será promovido encontros com os times de trabalho que atuam em diversas áreas produtivas que movimentam o nível operacional da planta; ademais haverá encontro com líderes de pilares WCM na medida que houver a expansão do projeto. Da mesma maneira, haverá mesa-redonda com áreas, como:

utilidades/facilities, PCP – planejamento e controle de produção –, manutenção autônoma, manutenção profissional, controladoria e ICT – *information communication and technology*. Esses encontros terão como propósito identificar as necessidades e particularidades de cada área para adequada construção dos indicadores.

Com o objetivo de que os envolvidos contribuam de forma mais efetiva para o desenvolvimento do trabalho, será discutido a respeito dos conceitos do Pilar desdobramento de custo, além de informações contábeis com conceitos e definições de custos industriais para que todos se mantenham alinhados com as premissas do projeto. As reuniões com os responsáveis pela coleta de dados será fato importante para garantir que as informações estejam em linha com objetivos da metodologia WCM e que a proposta atenderá as demandas da manufatura. Como também, a reunião com área de Controladoria e Consultoria de Business Intelligence será essencial para discutir como se dará a transferência de tecnologia além de alinhar as expectativas do pilar desdobramento de custos e;

- f) **Recursos Tecnológicos:** a fim de contribuir com a implantação de ferramentas inteligentes no nível operacional, o estudo apresenta uma proposta e aplicação de um modelo de arquitetura de dados que utiliza a plataforma *Business Intelligence* com vistas a utilizar dados de natureza operacional que permitam estabelecer métricas de produção que justifiquem os resultados observados, representados pelos *Key Performance Indicator* (KPI). Dessa forma, evidenciando ações operacionais implementadas com maior velocidade e com isso estabelecendo respostas mais efetivas no processo produtivo.

Para o desenvolvimento adequado do projeto, é necessário mapeamento dos sistemas essenciais para pesquisa, uma vez que o projeto prevê uso de diversas fontes de dados que serão mesclados no *Business Intelligence* – características dessa tecnologia serão evidenciadas nas revisões bibliográficas.

Para esse fim, a aproximação com o time de trabalho do ICT se torna imprescindível. O objetivo será conhecer os sistemas que darão *Input's* dos dados no projeto. Além de identificar quais informações dos processos estarão disponíveis em *data warehouse* ou ainda na nuvem e conhecer possíveis limitações.

Para realizar o processamento dos dados será usado a tecnologia *Business Intelligence* no qual irá modelar os dados, tratando o grande volume de dados (*Big Data*). O estudo prevê transformar as ineficiências identificadas em medida de tempo (horas), volume (MWh, m³) para valor monetário (R\$), método este do WCM inserido no B.I. Para uso dessa tecnologia, o estudo terá como ferramenta de trabalho especialista com relevante conhecimento na plataforma BI, aqui denominado de Consultoria B.I, que irá transferir o *know-how* dessa tecnologia para área controladoria. O resultado final do estudo será a divulgação dos KPI, identificado para nível operacional das perdas dos processos, através de visores *touchscreen* disponíveis na linha de produção ao lado do seu posto de trabalho. Desse modo, será necessário identificar quais pontos essenciais será exposto as informações, para melhor acesso e uso dos diversos times de trabalho.

Absorção do conhecimento dos diversos temas do *Business Intelligence* se dará através de transferência de tecnologia (*know-how*), utilizando fontes externas de conhecimentos de especialistas no tema, no qual transmitirá seu *know-how* para o setor controladoria que irá conduzir o projeto. Nesse instante serão apresentados as funcionalidades e usos, limitações e potenciais dessa nova tecnologia na indústria estudada.

Ademais, verificaremos como se dá o funcionamento da ferramenta de B.I. Para isso será necessário analisar a interligação entre os dados na nuvem e os dados econômicos, sendo assim, é imprescindível discussão em grupo com especialistas em sistema produtivos e da área de ICT (*information, communication and Technology*).

Os projetos inovadores em decorrência da disponibilidade de informações surgirão partindo da área operacional tendo como foco a redução de custos produtivos (aqui considerados qualquer tipo de perda) ou aumento da produtividade. No entanto, o gerenciamento dos dados e a disponibilização dessas informações para os colaboradores desse nível, é uma tarefa atualmente dificultada pela falta de métricas específicas dirigidas aos gestores dos níveis operacionais (industriais).

Em contraposição a essa afirmação, a infraestrutura da indústria 4.0 disponibiliza uma massa de dados relativamente grande e complexa, porém necessita de ser complementada por premissas específicas de B.I que permitam estabelecer rotinas nesse sentido. Com isso, a proposta do modelo de composição dos indicadores está associada pela necessidade de estabelecer rotinas de avaliação que incluam indicadores operacionais que estejam claramente

vinculados aos KPI's. Em outras palavras, se faz necessário discutir quais indicadores que devem ser estabelecidos no nível operacional que justifiquem os indicadores agregados estratégicos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção são apresentadas as bases teóricas que dão suporte a formulação do modelo de uma plataforma de *Business Intelligence* que atenda aos objetivos propostos.

3.1 INOVAÇÃO NO PROCESSO INDUSTRIAL

Sabe-se que a relevante barreira para criação de um ambiente onde há a promoção de inovações na indústria é a restrição financeira, esse fator limita a organização na aquisição de novos conhecimentos, métodos e tecnologias. Para sanar tais problemas, algumas organizações atuam de forma colaborativa com outras, também nomeado de *open innovation*, a fim de compartilhar os custos e alcançar resultados conjuntos. Esta abordagem é comum em diversos setores que necessitam de alta tecnologias complementares e tem como finalidade aliviar a pressão da restrição financeira (RUFEL, HAO e PENGXIANG, 2017). Esse tipo de iniciativa contribui bastante para inserir inovações disruptiva, contudo soluções para inovações incremental, destacado aqui no estudo, depende da empresa ter um grande poder de absorção de conhecimento, aplicar e agregar valor aos seus processos (CASSOL, ZANESCO e MARIETTO, 2019). Essa iniciativa tem como relevância a combinação de quatro principais fatores de aprendizagem: aquisição, assimilação, transformação e exploração, refletindo positivamente na inovação no ambiente produtivo de uma organização (LAU e LO, 2019).

Em razão de que a preocupação dos empresários, geralmente, são lucros e fluxo de caixa, enquanto o nível operacional tem como preocupação o desempenho dos equipamentos, avarias e perdas produtivas, como resultado gera-se uma bifurcação de ações alcançando resultados muitas vezes antagônicos. O nível operacional composto por supervisores, mecânicos, especialistas e engenheiro de processo tem uma contribuição tímida quando o assunto é inovação, pois não participa da formulação de ações para atenderem as estratégias empresariais. Esse fato tem como resultado o desabastecimento de informações no nível operacional gerando esforços que resultam em divergências entre os objetivos da empresa e as ações da produção. Para manterem-se alinhados aos objetivos da organização deve haver uma aproximação dos níveis operacional e estratégico na formulação de inovação (YAMASHINA, 2007).

De forma indireta, pode-se identificar, na literatura científica, um afastamento entre o processo de inovação e o ambiente operacional observado no Gráfico 1. Através da busca de *papers* realizada na base de artigos Scopus e usando as palavras chaves *innovation, operational* com o operador *and* comparando com a busca usando as palavras chaves *innovation, strategy* com o operador *and* em número de artigos publicados, o Gráfico I apresenta como resultado obtido uma grande diferença de publicações.

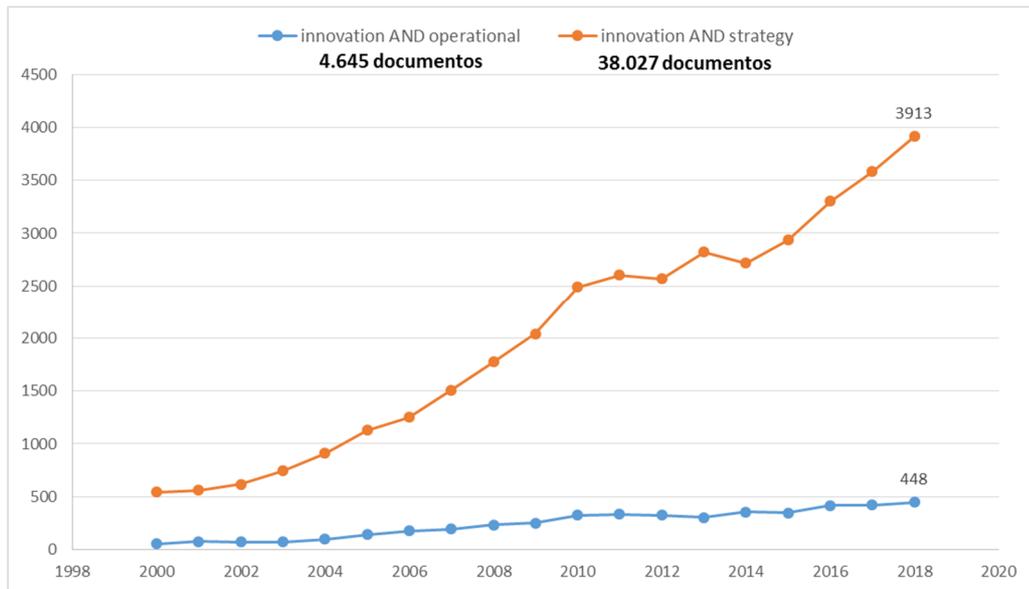


Gráfico 1 - Comparação entre artigos publicados: *Innovation AND operational*; *Innovation AND strategy*.
Fonte: Elaborado pelo autor com dados SCOPUS (2019)

No Gráfico 1 é apresentado o resultado da busca que mescla duas terminologias apontadas aqui no estudo, limitada ao espaço temporal entre 2000 a 2018, onde se faz a associação das palavras “*Innovation*” com a terminologia “*operational*”. E, também, outra busca utilizando junção dos termos “*Innovation*” e “*Strategy*”.

A representação situada na parte inferior do Gráfico 1, na cor azul, tendo uma expressão menos relevante, está associada aos termos “*innovation*” e “*operational*”, nessa busca encontram-se um total de 4.645 artigos acadêmicos, tendo o número de publicação máxima, em 2018, o volume de 448 artigos neste ano. Observando a linha mais evidente, na cor laranja, onde se pode verificar a evolução dos estudos que contemplam as junções das seguintes terminologias: “*innovation*” com a expressão “*strategic*” na junção desses termos, tem-se um resultado de 38.207 documentos localizados, obtendo como ápice de sua evolução o ano de 2018 com 3.913 publicações. Através das pesquisas realizadas à base Scopus, tem-se como

resultado que a terminologia inovação está bem inserida no ambiente estratégico, mantendo-se afastada do nível operacional em todos os anos da pesquisa.

3.2 COLETA DADOS NO GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO

Para que as indústrias aumentem sua produtividade, faz-se necessário realizar ações imediatas para mitigar suas ineficiências, com manutenções rápida e precisas, além de ter como objetivo a redução de custos, tendo como foco das melhorias os processos que geram maiores ineficiências. (MOURTZIS, VLACHOU e ZOGOPOULOS, 2017). Para isso, necessitam de uma coleta de dados rápida para geração de seus indicadores chaves de desempenho, também chamado de *Key Performance Indicator – KPI*.

Contudo, diversas indústrias ainda estão iniciando a coleta e uso dos dados gerados pelos seus processos produtivos. Nesses casos, mantendo problemas primários, tais como: uso de dados desatualizados, atraso na divulgação e morosidade para atualizar seus indicadores. Isso faz com que fique longe do que é preconizado pela nova era industrial: informações em tempo real (DALLASEGA, A.ROJAS, *et al.*, 2017).

Quanto a geração e coleta de dados na manufatura, esta temática tem sido discutida no conceito da Indústria 4.0 indicando soluções no monitoramento das operações, tal como a conectividade das máquinas e equipamentos, auxiliando a indústria no uso de ferramentas para os gestores de produção terem acesso aos dados de seu processo no momento adequado. A saber, no conceito da quarta revolução está inserida a adoção de *Internet of Things* (IoT) que propõe que os dados do processo estejam disponibilizados na internet e seja de fácil acesso da organização. Desse modo, vê-se a necessidade de convergir o mundo físico da manufatura com as tecnologias virtuais disponíveis como ferramentas, utilizando conexões inteligentes *cloud computing*, *big data*, *Business Intelligence*, entre outros (TAO e ZHANG, 2017).

A manufatura atualmente está na fase de mudança, sendo afetada por tecnologias antes não disponíveis e gradualmente está se digitalizando. Nesse caminho, as placas de visualização (interação operador máquina) estão sendo substituídas por monitores interativos e softwares (RAUCH, ROJAS, *et al.*, 2018). Com isso, é proposto no estudo um modelo de coleta de dados utilizando ferramenta inteligentes para modelar dados, aplicável no gerenciamento da produção.

3.3 METODOLOGIA WCM – APROXIMANDO O NÍVEL OPERACIONAL DO AMBIENTE DE INOVAÇÃO

De modo a direcionar as ações da manufatura de forma sustentável e envolver o nível operacional no ambiente de melhoria contínua, Yamashina criou o método WCM (*world class manufacturing*) composto de 10 pilares técnicos, indicado na Figura 1. Dentre eles, o direcionador de todos os demais, o pilar desdobramento de custos ou também chamado de *Cost Deployment* (CD) (YAMASHINA, 2007).

Com foco em redução de custo e/ou aumento de produtividade, o método WCM apresenta ser uma abordagem importante para todos os segmentos industriais, não havendo na literatura acadêmica indicação que a aplicação de outros métodos como *Total Productive Maintenance* (TPM), *Total Quality Management* (TQM), Engenharia Industrial (IE) e *Just-in-Time* (JIT) garanta que a sua implantação resultará em redução de custos. Com isso, o WCM nasceu com o objetivo de inserir um programa de redução de custos de forma sistemática, utilizando informações geradas pelo processo produtivo, criando o pilar desdobramento de custo. Tal desdobramento é classificado como uma ferramenta poderosa para identificar as perdas produtivas e reduzir custos de fabricação através de projeto inovadores (YAMASHINA e KUBO, 2002).

O pilar desdobramento de custo é conduzido pela controladoria financeira e tem como objetivo identificar as perdas produtivas em nível mínimo de localização e tipologia, perdas essas contidas nos custos de produção, ou ainda no processo produtivo. Ineficiências, inclusive, de outros pilares, como perdas de energia, perdas logísticas, perdas ambientais, perdas de quebra máquina, perdas de NVAA (*not value activity added*). O foco deste método é expor as ineficiências para o nível operacional e que essas informações sejam usadas como direcionadores das ações dos times de profissionais situados no ambiente produtivo.

Já percebido que a manufatura deve ser direcionada pela redução de custo e busca de produtividade, a metodologia aponta o pilar desdobramento de custo (CD) como a bússola do ambiente industrial. Neste sentido, esse pilar gera informações transversais que penetram em todas as camadas produtivas, indicando para o nível operacional o que realmente deve ser

melhorado. Sendo assim, sua atuação é dissecar as perdas produtivas inerente às atividades, demonstrando quais são as ineficiências e onde elas ocorrem (YAMASHINA, 2007).

Para alcançar o objetivo de mapear as perdas produtivas, faz-se necessário que ocorra periodicamente coleta de dados de várias fontes de informações, de vários sistemas produtivos e controles manuais realizados pelos times de trabalho. Através do cruzamento de informações é gerado uma grande massa de dados, no qual necessitam ser interpretadas e classificadas, para em seguida serem traduzidas em custos. A tradução de dados brutos, coletados em diversos fontes de dados, em valores econômicos é o grande desafio da metodologia WCM, como também, de várias indústrias.

Desse modo, uma vez que a metodologia WCM tem como foco a redução das perdas produtivas em valores econômicos, divergindo de outros métodos que tem como indicadores outras unidades de medidas produtivas como Kwh, horas, Gj, minutos, OEE (*overall equipment effectiveness*), hhm (hora homem máquina) existe a necessidade da área de controladoria financeira consolidar as informações. Para assim traduzir, de fato, o que ocorre de ineficiência na produção em valor econômico, alcançando com isso, uma visão uniforme das oportunidades de melhorias. (YAMASHINA e KUBO, 2002).

3.4 HUMANWARE – O SER HUMANO NO AMBIENTE TECNOLÓGICO

Sabe-se que o ser humano é incomodado com falhas. O indivíduo, de forma geral, causa falhas mais frequente que os *hardware's* e *software's*, devido as suas limitações de absorver conhecimento variados de forma constantes. O *core* da indústria 4.0 apresenta o uso de *software* e *hardware* na busca de aumentar confiabilidade e velocidade das informações, contudo, o ingrediente fundamental para alcançar sucesso na implantação de inovações é o ser humano (J.B.CARLISLE e A.MERRY, 2019). Para tanto, a dedicação em *Humanware*, termo criado para representar a importância e o gerenciamento do intelecto humano no ambiente tecnológico, requer atenção tanto quanto os demais recursos.

O ambiente industrial está passando por mudanças significativas, com grandes investimentos realizados pelas indústrias de diversos setores nas mais variadas etapas do processo produtivo. Dado esse fato, é possível enxergar que a nova onda revolucionária concentra seus esforços em *softwares* com grande capacidade de capturar falhas, além de

preveni-los, assim como, realização de elevado investimentos em *hardware* para aumentar velocidade de processos e confiabilidade de armazenamento. Com a reorganização dos processos industriais, este ambiente, inserido de novas tecnologias, necessita dar a merecida atenção ao *Humanware*, termo este que propõe exaltar a importância do ser humano no contexto de alta tecnologia. Constata-se, porém, que o homem é uma figura essencial na implementação e usufruto das tecnologias. (VOSS, 2019).

A Alemanha, berço da Indústria 4.0, têm como precursor deste modelo, o Prof. Kagermann que, ao publicar o relatório “Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0” sugere em seus direcionadores que a mão de obra industrial sofrerá alterações significantes no seu escopo de trabalho na nova era industrial. E deixa de realizar atividades rotineiras, focando em atividades com maior valor (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013). Em vista disso, certifica-se que a estrutura base que compõe a manufatura, chamada *homo sapiens*, permanece viva, porém com desafios mais complexo.

O investimento quando restrito a software e hardware corre grande risco quando posto num ambiente com colaboradores desatualizados. Nesse sentido, há necessidade de investimento em absorção de conhecimento, através de transferência de tecnologia e o *Humanware ou software* humano, podemos assim dizer, necessita ser atualizado para desempenhar seu papel fundamental no uso de novas tecnologias. Desse modo, a organização deve buscar melhorias constantes nas habilidades e competências dos operadores (APRIANDI, AJIDARMA, *et al.*, 2019), esse fator tem como finalidade fortalecer a estrutura industrial com intento de ampliar participação dos profissionais no ambiente de inovação.

Nomeado também como operador 4.0, os profissionais da nova era, que estão inseridos num ambiente com alta tecnologia, terão um novo design de trabalho, onde serão disponibilizadas ferramentas tecnológicas que farão parte do seu dia-a-dia. Assim sendo, serão exigidos deles ideias inovadoras para solucionar problemas mais complexos, além de propor mudanças em busca de melhorias constantes (MATTSSON, FAST-BERGLUND, *et al.*, 2018)

Desse modo, a implantação e uso de plataformas como o *business intelligence* no ambiente produtivo, proposto neste estudo, permite a aproximação entre o colaborador e novas tecnologias, instigando os profissionais a serem propositivo na busca de melhorar seu ambiente

de trabalho, a exigir atualização de suas habilidades. Estes fatores unificados compõe a relação entre o *Humanware* e o estudo atual.

3.5 EMPOWERMENT – PODER DE DECISÃO NA MÃO DOS PROFISSIONAIS

Com finalidade de alcançar novos ganhos de eficiência, o colaborador de fábricas inteligentes, agora com poderes para assumir responsabilidades mais complexa (uma vez que as atividades repetidas já não fazem parte do seu dia-a-dia) precisa ser audacioso no sentido de melhorar seu ambiente de trabalho. Além disso, se tornar autônomo com objetivo de propor soluções inovadoras. (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013).

O Operador 4.0 conta com ferramentas que fortalecem a solução de problemas e novas tecnologias. Um ambiente mais dinâmico e flexível empodera o trabalhador na busca de melhorias significativas no seu espaço de trabalho. O gerenciamento fabril da nova era favorece a disseminação de conhecimento além de tornar o colaborador fonte de ideias que possam contribuir para o dia a dia da indústria, além de facilitar a formação e times de trabalhos com habilidades e competências complementares (KAASINEN, SCHMALFUß, *et al.*, 2019).

Na pesquisa realizada em três indústrias, com 44 colaboradores na Europa, é demonstrado que há grande interesse dos trabalhadores do nível operacional em participar na proposição de melhorias, essencialmente no design do ambiente de trabalho e nos processos produtivos. É revelado no estudo que a participação evita situações adversas que eles vivem cotidianamente, desse modo, verifica-se uma demanda reprimida que necessita de mais espaço para ganhar força e contribuir com soluções inovadoras.

Essa colaboração tem como reflexo o compartilhamento de conhecimento interno e externo, ou seja, o *empowerment* do nível operacional favorece positivamente a indústria e o dia-a-dia do colaborador sem o requisito de altos investimentos. O engajamento do operador na indústria 4.0 é uma forma positiva de utilizar seu conhecimento e experiência a favor da indústria que ele está inserido. Desse modo, explorar a criatividade humana dos trabalhadores é algo que está se transformando essencial para aumentar a competitividade da indústria. (KAASINEN, SCHMALFUß, *et al.*, 2019),

Com isso, a metodologia WCM, no qual prevê a participação do nível operacional na solução de problemas, uma vez associado com novas tecnologias – *Business Intelligence* -

promovida nesse estudo, conduz para uma proposta viável, capaz de alcançar aumento de competitividade das indústrias. Uma vez que esta e aquela tem como fim elevar o empoderamento de seus colaboradores, ou seja o *empowerment* é um tema que se encontra arraigado na proposta desse estudo.

3.6 TENDÊNCIAS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

O setor automotivo está passando por rupturas significativas, as entradas de novos players estão dominando um setor bastante maduro. Isso amplia a concorrência não apenas com outras indústrias, mas com outras formas de locomoção, como o compartilhamento de veículos, carona colaborativa, fatores que reduzem a cada dia a necessidade de possuir um veículo como ativo. (STOEAN, 2019)

De modo complementar, há pressões ambientais que buscam melhorias da qualidade de vida da população, além da escassez de recursos naturais que direciona o setor automotivo a enfrentar mudanças bruscas no seu produto final e processos internos. Com isso, enxergando a produção de veículos eletrificados como solução de problemas ambientais (WAQAR HAIDER, ZHUANG e ALI, 2019).

O veículo continuará como um item essencial na sociedade, porém seu uso deixará de ser privativo para ser compartilhado. Nesse sentido as montadoras podem usar a seu favor os aplicativos de compartilhamento, deixando de ser fabricante de carros a fim de se tornarem empresas de mobilidade ou enfrentarão as entradas de novos players, reflexo como este já é nítido em diversos países europeus e norte americano (ROCHA e SARFATI, 2018).

No contraponto de possuir o veículo, nasce opções de usar o automóvel como serviço, compartilhando-os através de aluguel de curto período, caronas colaborativas ou compartilhamento de trajeto. Além da facilidade do uso de táxi através de aplicativos, todos oriundos da revolução tecnológica e mudanças de hábitos de consumo, essencialmente nas últimas duas primeiras décadas do século. Partindo para o ponto de vista macroeconômicos, as indústrias automotivas estão sofrendo pressão do mercado ao perceber a existência de um novo concorrente potencial de seus produtos. A onda de compartilhamento contribuiu para não aquisição de veículos resultando no aumento de estoque de veículos nas fábricas. Tem-se a expectativa que 1 a cada 3 km percorrido com veículo irá envolver o conceito compartilhamento até 2030, podendo chegar a 40% em países da Europa e EUA (PWC, 2018).

Outro fator relevante é o modo de aquisição de veículos. O modelo de negócio atual que existe entre as fábricas e concessionárias, também nomeado como venda varejo (fabrica–concessionária; concessionária–consumidor) não sairá ileso das mudanças disruptiva que vem ocorrendo e ganhando força nos últimos anos, motivado em sua grande maioria pelo vasto acesso à aplicativos de mobilidades. Atualmente, o modelo de negócio – venda varejo – entre as montadoras e as concessionárias é regida por legislação de cada país, no qual dá segurança para ambas as partes, criando vínculos fortes entre esses dois atores. Cabe discussão se, na realidade atual, é conveniente para as montadoras se perpetuar com este modelo de negócio que, de certo modo, se torna refém de um canal de venda com ponto fixo (ROCHA e SARFATI, 2018).

Fatores como estes mudam as expectativas de futuro dos fabricantes rotineiramente, as quebras de paradigma citados são movimentos que tem tendência de evoluir de forma crescente, esses fatores exigem das indústrias automotivas uma readaptação ágil, uma flexibilidade nunca antes exigida. Desse modo, a planta produtiva precisa estar preparada com tecnologia que deem suporte de forma imediata, tendo em vista os novos cenários das próximas décadas.

3.7 INOVAÇÃO INCREMENTAL E RADICAL NO PROCESSO PRODUTIVO

A metodologia WCM promove o envolvimento de todos, dando destaque a participação do nível operacional, pois o engajamento desses funcionários contribui para uma relação positiva nas inovações dentro da organização (ARSHI e RAO, 2019) colaborando na manutenção de práticas inovadoras. Nesse caso, para dar continuidade ao processo de mudança é necessário que a unidade empresarial mantenha vivo em sua cultura as inovações incrementais que preconiza a necessidade de melhorar o processo atual (OSLO, 2005).

No Gráfico 2 verifica-se o confronto de duas situações, representando cenários com inovação incremental e sem inovação incremental. O gráfico situado ao lado direito com título “SEM Inovação incremental” está representando o ambiente industrial que não absorve as inovações incrementais, enquanto no lado esquerdo com título “COM Inovação incremental” está representado o ambiente industrial de empresas que promovem a inovação incremental. No cenário “SEM Inovação incremental” é demonstrado que a inovação incremental, representado pela seta preta, inexistente neste ambiente, restringindo seus esforços às inovações mais significantes – inovação radical, representado pela seta azul – como a implantação de um novo

processo, a instalação de um novo equipamento, a transferência de tecnologia de um método novo ou ainda o lançamento de um novo produto. É permitido compreender no Gráfico 2 que com o passar do tempo esta nova tecnologia, produto ou processos estará obsoleta, pois, seu ineditismo já não existe mais na geração seguinte.

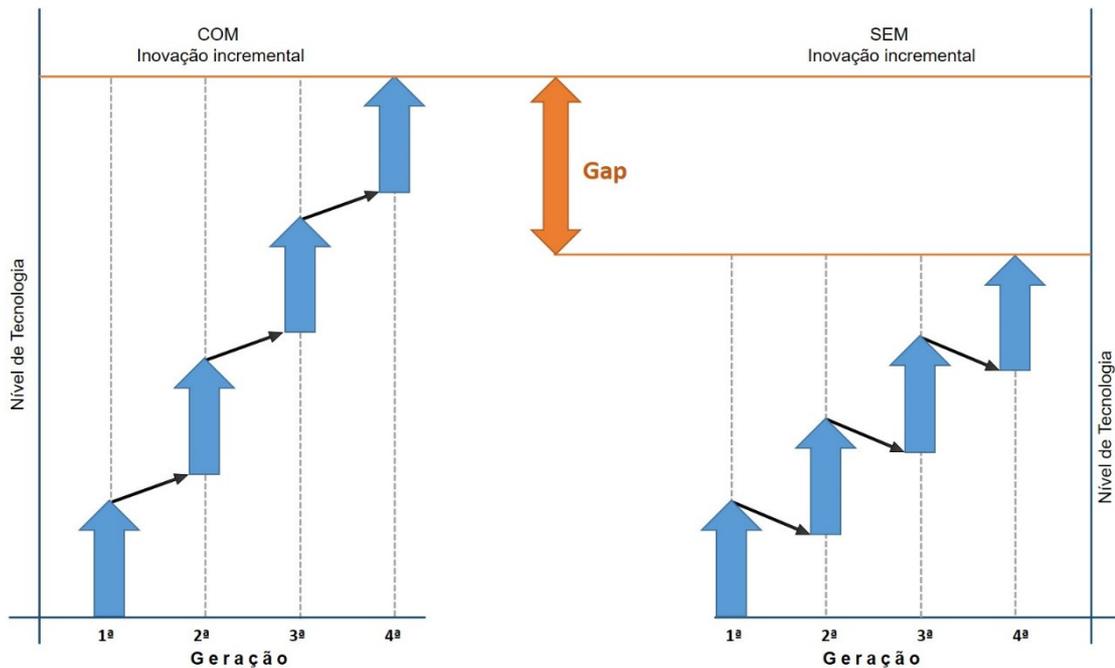


Gráfico 2 - Comparação de níveis de tecnologias entre empresas do ambiente industrial com inovação incremental e sem inovação incremental.
Fonte: Adaptado de (YAMASHINA, 2007)

Com o sentido mais evoluído o gráfico situado ao lado esquerdo “COM Inovação incremental” nota-se um efeito positivo motivado pela inovação incremental, criando um ponto de partida mais elevado para a inovação radical. Esse cenário mantém a empresa numa posição mais desenvolvida quando comparada com o gráfico “SEM Inovação incremental”, o resultado da combinação de inovação incremental e radical apresenta-se como uma relação positiva para organização (DUA, 2017) não sendo excludentes e sim complementares. Situado no centro do Gráfico 2, entre os gráficos, pode-se perceber a existência do gap entre os dois cenários, evidenciando que a inovação incremental é essencial para o bom desenvolvimento tecnológico da organização (YAMASHINA, 2007). Desse modo, vê-se a necessidade de aliar conceitos promovidos pelo WCM, que tem como foco promover um ambiente de inovação no nível

operacional, na busca de melhorar continuamente as atividades, tecnologias e processos existentes no espaço industrial e assim promover inovação incremental no seu ambiente.

Nesse caminho, a indústria 4.0 revela que as indústrias inteligentes devem usar seus recursos de forma eficiente, no qual o intelecto humano de profissionais do nível operacional se apresenta como item essencial na buscando redução no custo de produção. Também reduz o consumo de matéria-prima e insumos produtivos, desse modo, as indústrias da nova era proporcionará ganhos de produtividade (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013).

Ademais indústrias de manufatura estão em constantes contatos com prestadores de serviços, altamente qualificados, além de estar próximo de equipamentos de tecnologias avançadas, de acordo com o setor, tendo potencial de aprendizagem significativo. Nesse contexto, a organização necessita desenvolver sua capacidade absorptiva, valorizando o conhecimento externo interpreta-las e agregar valor aos seus processos (CASSOL, ZANESCO e MARIETTO, 2019). A mera interação com fornecedores ou prestadores de serviços traz benefícios que eleva o grau de conhecimento dos profissionais e assim consegue melhorar os processos produtivos com incremento de inovações (RUFELI, HAO e PENGXIANG, 2017).

3.8 BUSINESS INTELLIGENCE

As indústrias do futuro buscam ser mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis, para atender essa flexibilidade que propõe a nova era industrial, as organizações devem estar atentas a uma característica essencial – agregar valor às suas atividades – sendo este item a peça chave para alcançar objetivos organizacionais, além de promover um ambiente robusto de inovação (CUZZOCREA, LOIA e TOMMASSETTI, 2017). Uma vez que, a simples geração de *big data* sem adequada interpretação, resulta em não criação de valor para organização. É possível apontar que o simples fato de adotar conceitos da Indústria 4.0, como IoT pode resultar em elevação dos custos e não mitigação das ineficiências (COSTA, 2017). A fim de mudar este cenário e agregar valor à sua rotina, paralelo a evolução das indústrias, houve a descoberta de novas tecnologias para apoiar o sistema de produção, entre elas *Business Intelligence*, tecnologia utilizada para criar valor no conjunto de dados coletados – *Big Data*, considerada uma ferramenta potente de modelagem de dados, além de permitir gerenciar de forma visual os KPI's da organização (BENTLEY, 2017).

A ferramenta BI (*Business Intelligence*) tem como proposta coleta, estruturação, análise e compartilhamento dos dados gerados por diversos sistemas. De forma transversal, ele consegue cruzar informações com vários softwares conectados a ele, manipulando e analisando os dados, sendo amplamente utilizado em dimensões estratégicas (SERVICES, 2015). Com objetivo de interpretar os dados através de manipulação de *Big Data*, esta ferramenta se apresenta como solução para problemas de grandes volumes de dados, contudo, o BI é largamente utilizado no nível estratégico e gerencial para tomada de decisão deste ambiente (BENTLEY, 2017), mantendo-se, ainda, como grande potencial de expansão na camada operacional da manufatura.

Nesse cenário contendo novas tecnologias, diversos setores industriais garimpam numa busca desenfreada, a fim de usar tecnologias que simplifiquem a rotina do nível operacional, utilizando software que tragam informações úteis e totalmente acessíveis, como o monitoramento da planta produtiva. Com isso, o uso da plataforma *Business Intelligence* (B.I) é uma alternativa que alcança o preenchimento de lacunas existentes no nível operacional, agregando valor aos dados disponíveis na nuvem ou intranet pelos diversos sistemas e equipamentos da indústria. Essa tecnologia fortalece a fragilidade existente na coleta de dados, no qual dá suporte na adequada gestão produtiva através de KPI, disponibilizando de forma visual não apenas para o nível estratégico e com grande potencial para uso no ambiente operacional. Ademais, possibilita que os gestores de produção detectem desvios em tempo real, contribuindo para remediar distúrbios de máquina, equipamentos ou processos (DALLASEGA, A.ROJAS, *et al.*, 2017).

3.9 CONSIDERAÇÃO SOBRE O REFERENCIAL TEÓRICO

Como verificado nas referências citadas o WCM prevê a computadorização das informações do pilar CD, sendo requisito da metodologia em indústria com nível de excelência mundial. Contudo, na concepção do WCM, no critério ou material de estudo não é indicado ou especificado como alcançar o CD computadorizado ou ainda qual ferramenta, software ou sistema utilizar, se tornando uma oportunidade de utilizar ferramentas inteligentes promovida pela indústria 4.0 para preencher este vazio.

Observa-se também que na Indústria 4.0 são disponibilizados muitos dados que podem ser trabalhados na busca da definição de indicadores operacionais que possam ser disponibilizados para o ambiente industrial de modo a permitir como são compostos os KPI estratégicos atuando nos elementos que compõem esses agregados. Além disso, é percebido que as atividades associadas ao ambiente externo a essa indústria não estão cobertas pelos sistemas computadorizados, dificultando o controle completo desde os fornecedores de insumos e sistema logísticos voltados para os entregáveis.

De maneira complementar, os investimentos das indústrias não devem ser restritos a software e hardware e sim expansivo ao ser humano (*Humanware*), todas as figuras participantes de todos os níveis, inclusive operacional, tem sua importância revelada como recursos essenciais no ambiente de inovação. O empoderamento – *empowerment* – da força de trabalho é apresentado como uma forma de fortalecer o ambiente operacional na busca de melhorias dos processos industriais através de ideias inovadoras, esse fator apresenta-se como relevante, essencialmente no momento de transição que o setor automotivo está vivenciando.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 AMBIENTE INDUSTRIAL NA ERA DIGITAL

No estudo liderado pelo Prof. Dr. Henning Kagermann foi elaborado um conjunto de propostas de mudanças nas indústrias, a pedido do governo alemão, nomeado como *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Neste estudo foi verificado que a união de vários fatores tecnológicos associado ao processo produtivo industrial seria chamado de indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial. Dentre as propostas contidas neste estudo, cita que a organização e design do trabalho passarão por mudanças, inserido nesse contexto a força de trabalho, no qual os profissionais estarão dentro de um ambiente que as soluções serão mais precisas e orientadas por informações em tempo real, uma vez que o ambiente operacional irá ser transformado, as pessoas nele estabelecidas passarão por mudanças em seu comportamento. Para que se torne viável essa evolução, as empresas necessitaram envolver nos planos de treinamentos conteúdo que contribua para elevar o nível de conhecimento de quem compõe fábricas, essencialmente das novas tecnologias relacionadas ao ambiente produtivo (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013).

Com os avanços tecnológicos permeando o chão de fábrica, as tomadas de decisões, além de mais rápidas, têm como tendência a sua descentralização, onde especialistas e operários do processo podem contribuir para trazer melhorias no processo. Esse envolvimento é saudável para empresas, pois aproxima o nível operacional das soluções estratégicas, podendo contribuir com propostas inovadoras. Apesar do nível de complexidade maior, a indústria do futuro cria uma nova perspectiva sobre a produção industrial.

4.2 INDUSTRIA 4.0 - DESAFIOS E OPORTUNIDADE

O Conceito da Indústria 4.0, difundida na Alemanha em 2011, pelos pesquisadores Dr. Siegfried Dais e o Prof. Dr. Henning Kagermann, promoveu naquele instante uma revolução industrial se caracterizando pela digitalização dos equipamentos, propondo ambientes conectados, também conhecido como manufatura inteligente ou fábrica do futuro (MARQUES, AGOSTINHO, *et al.*, 2017). Foi destacado que a internet se apresenta como essencial para que todas as informações estejam disponíveis em todos os locais a qualquer momento em tempo real. Fatores relevantes como a aproximação do departamento de Tecnologia, Informação e Comunicação (TIC) nos processos produtivos ou, ainda, as evoluções de microcomputadores

autônomos e a utilização de sensores *Radio Frequency Identification* (RFID) dão força ao conceito dessa nova era. Esses fenômenos foram ingredientes que deram suporte ao termo de Indústria 4.0 deixando de ser fatores isolados, contribuindo para que houvesse a convergência do mundo físico para o mundo virtual (ciberespaço) na forma de ciberfísicos (Figura2) (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013).

A quarta revolução industrial tem como proposta a conectividade dos equipamentos com a internet (entre outros fatores) e propõe mudanças profundas no processo industrial, não apenas com reflexo na organização, mas também na sociedade, devido a relevância e rupturas que as indústrias podem causar (COELHO, 2016). A Evolução da indústria é demonstrado na Figura 2.

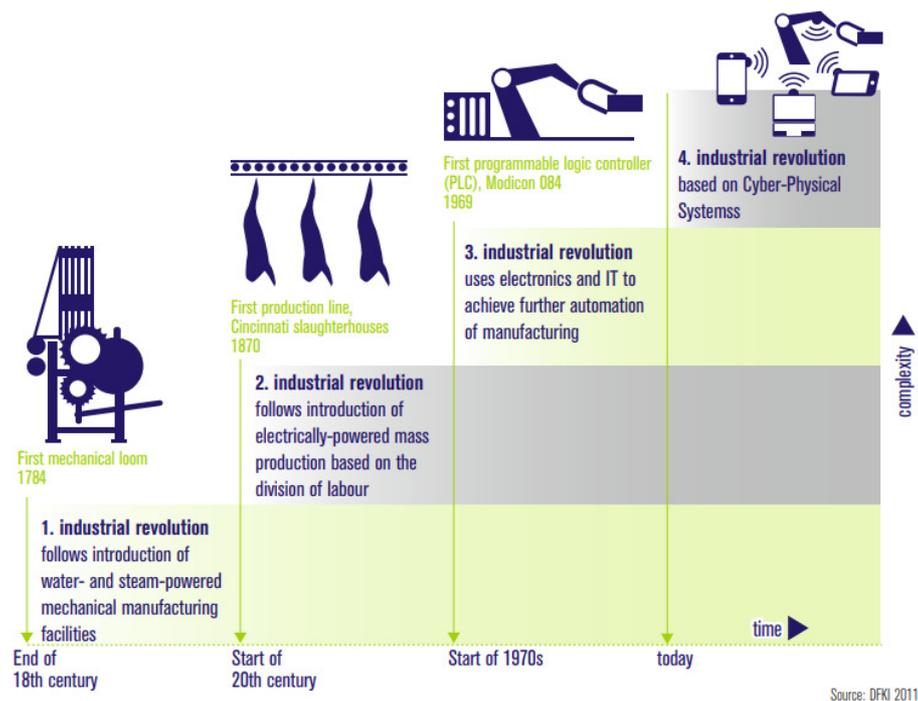


Figura 2 - Evolução Histórica da Indústria.
 Fonte: (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013)

Nota-se um grau de complexidade maior com o passar do tempo na Figura 2, onde é possível perceber que a 4ª geração da indústria tem em sua composição toda estrutura das demais gerações, acrescentados e unindo as tecnologias atuais como *Big data*, *Cloud*, *Internet*

of Things - IoT, simulações virtuais e entre outros, com a capacidade de gerar e acessar a massa de dados com muita facilidade. No mesmo caminho, o grande volume de dados torna mais dificultoso a sua interpretação, exigindo o uso de ferramentas que simplifiquem a gestão da produção. Porém, a cooperação com *start-up* ou jovens empresas na área de tecnologia com organizações manufatureiras podem contribuir com soluções com *Big Data* e *data analytics* (NEIRA, 2018), sendo uma opção com custo menor, promovendo soluções *ad-hoc*.

4.3 INTERNET OF THING – IOT – CONECTANDO OS PROCESSOS

O conceito disseminado como indústria 4.0 indica como premissa que as informações produtivas devem estar acessíveis em tempo real. Isso acontece através de sensores que conseguem monitorar e fornecer estatística, além de prevenir desvios, que tenha como finalidade reduzir custos e aumentar a percepção de valor do produto pelo cliente (COELHO, 2016).

Para alcançar a disseminação das informações, essa nova geração propõe que as máquinas, antes isoladas, no qual necessitavam da intervenção humana para obtenção de dados, agora estejam conectadas na internet (Figura 2), gerando, com isso, grandes números de dados. Esse fenômeno é nomeado como Internet das Coisas ou IoT (*Internet of Things*), termo este citado pela primeira vez no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) no ano de 1999, pelo então tecnólogo Kevin Ashton. Ele previa que os equipamentos seriam capazes de enviar dados para a internet sem intervenção humana, sendo acessível em qualquer lugar por outras máquinas ou pessoas em tempo real (MIT, 2013).

Com advindo da IoT, dentro do contexto Indústria 4.0, várias indústrias buscam transformar atividades antes feitas manualmente, em automáticas, com o mínimo de intervenção manual. Esta tendência tem como intenção elevar a velocidade das informações para tomada decisão estratégica e tática de forma tempestiva (OLIVEIRA, JORGE e PEÇAS, 2019). O IoT traz soluções para interligar os processos, porém, como resultado dessa interligação vem a capacidade de gerar grande números de dados dos equipamentos, pessoas e processos. Este grande volume de informação gerada torna-se um desafio complexo para os gestores de produção, por ter disponível um grande banco de dados gerados por vários sistemas, necessitando de ferramentas inteligentes para interpretar as informações. Com isso, a academia

e a indústria se mantém continuamente dando atenção ao tema *Big Data* Industrial (LEE, KAO e YANG, 2014).

O gerenciamento, portanto, do chão de fábrica está se tornando cada vez mais complexo, necessita de uma interação colaborativa entre funcionário e os novos sistemas inteligentes, transformando as rotinas do nível operacional (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013). Sendo assim, as placas de visualização da era enxuta serão substituídas por monitores e aplicativos de software convergindo para disponibilização dos dados em tempo real (RAUCH, ROJAS, *et al.*, 2018).

4.4 *BIG DATA* - COMPLEXIDADE DOS DADOS

As indústrias da nova era têm utilizado com sucesso TIC, construindo um local em que seus sistemas e máquinas geram dados enviados para internet, tornando possível a *Internet of Thing* (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013). Este ambiente tem capacidade de gerar um enorme volume de dados nomeado como *Big Data*, devido a evolução de sensores do tipo RFID - *Radio-Frequency Identification* e sua implementação nas máquina, processos e equipamento industriais (MAJSTOROVIC, STOJADINOVIC, *et al.*, 2018.). Questiona-se, então, se o fato dos equipamentos estarem conectados à internet com acúmulo de dados, conduz a algum resultado para a organização ou traz consigo apenas aumento de custos de infraestrutura tecnológica.

Big data é um tema amplamente discutido em países que disputam avanços tecnológicos industriais como a China e os Estados Unidos. No Gráfico 3 é possível ver a China a frente dos demais tendo maior número de estudos neste assunto.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

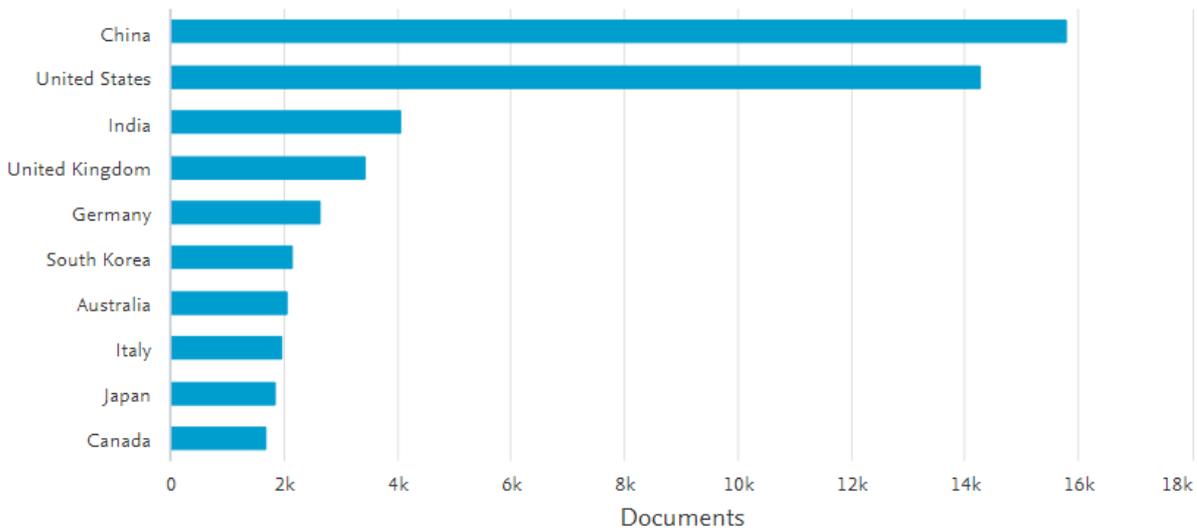


Gráfico 3 – Números de documentos (*papers*) com tema Big Data 2010-2018 segregado por país
Fonte: (SCOPUS, 2019)

Apesar da *big data* fazer parte das *smart factory*, o grande volume de dados pode trazer algumas complicações para indústrias, como alto custo para implementação de sensores, investimento para armazenamento dos dados em servidores ou nas nuvens. Além disso, a *big data* não ser explorado na sua totalidade devido à complexidade na sua interpretação (MAJSTOROVIC, STOJADINOVIC, *et al.*, 2018.).

A transformação dos dados brutos de *Big Data* em tempo real em informações úteis é a chave da inovação sustentável dentro do ambiente da Indústria 4.0, nesse caminho, é possível seguir etapas para melhorar o entendimento de como usar a *big data* (LEE, KAO e YANG, 2014):

- a) **Padronização** – Inicialmente os dados necessitam estar num formato padronizado, adequadamente definido, facilitando a coleta de dados e futura interpretação, permitindo, desse modo, gerenciá-lo;
- b) **Conhecimento** – Os dados precisam ser capazes de acumular conhecimento sobre o processo produtivo, para posteriormente entregar valor para a indústria e;
- c) **Retroalimentação** – Por fim, os dados devem estar disponíveis no ambiente físico da indústria para uso e contribuir na tomada e decisão.

A função de fornecer grande número de dados, num processo industrial, deve ter como foco gerar valor para as organizações, sendo possível alcançar essa etapa através da extração de conhecimento existente na *big data*. Portanto, *Big Data analytics* se torna essencial que os dados gerados no processo sejam transformados em informações úteis (CUZZOCREA, LOIA e TOMMASETTI, 2017). Por esta razão, a proposição de meios para transformar os dados disponibilizados em conteúdo proveitoso que visem a melhoria contínua dos processos de forma descentralizada, será proposto como um caminho adequado.

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA LITERATURA

Com a remodelagem no ambiente industrial, há um aumento na complexidade dos processos, exigindo dos profissionais novos conhecimentos e habilidades. O ambiente da quarta revolução industrial requer agora o Operador 4.0 que necessita conhecer o uso de novas ferramentas de modo que venha a contribuir no seu espaço trabalho. Inserir o profissional da indústria no ambiente de inovação ainda é uma necessidade, devendo ocorrer paralelamente com a evolução da industrial. O objetivo dessa alternância tem como finalidade descentralizar as decisões e fortalecer o ambiente produtivo.

A crescente digitalização do nível operacional nas indústrias permite que as informações sejam disponibilizadas em tempo real, através do *Internet of Thing – IoT*, devendo ter sua absorção de forma cautelara, pois a simples adoção de IoT pode gerar custos excessivos na de infraestrutura com pouco valor agregado. Com finalidade de interpretar os grandes números de dados gerados pelos sistemas, processos e máquinas, o *Business Intelligence* oferece um caminho viável para decifrar os dados e transformar em informação que agrega valor no gerenciamento operacional. Desse modo, a associação dessas duas tecnologias é apresentada como ferramentas que potencializa o ambiente industrial.

O foco do estudo se dará em aumento do envolvimento das pessoas do nível operacional e conseqüente redução de custos ou aumento de produtividade, com o uso de novas tecnologias para que facilite a interpretação do Big Data. Assim sendo, o uso da plataforma *Business Intelligence* fornece suporte para monitorar e divulgar os indicadores proposto nesse estudo.

5 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

5.1 PROPOSTA DO MODELO DE ARQUITETURA NO BUSINESS INTELLIGENCE

Observa-se que as tecnologias, até então apresentadas, tem evidenciado o uso de informações produtivas para decisões no nível estratégico e gerencial. Além da identificação da seguinte lacuna: a disponibilização dessas informações no chão de fábrica com objetivo de ampliar a participação de pessoas no ambiente produtivo. Desse modo, pode-se pontuar os desafios para esse momento que as indústrias passam, como os seguintes:

- a) Como tornar útil o grande volume de dados;
- b) Qual ferramentas utilizar para interpretar esses dados;
- c) Como esses dados podem refletir em melhorias no processo e;
- d) Como empoderar as pessoas na busca de melhores resultados.

A proposta desse estudo é utilizar o B.I. para gerar informações para o nível operacional que permitam a participação efetiva deste nível no processo de melhoria contínua. Assim, visa ampliar as proposições na solução de ineficiências e possíveis inovações. As etapas seguintes, na Figura 3, apresenta as etapas a serem seguidas.

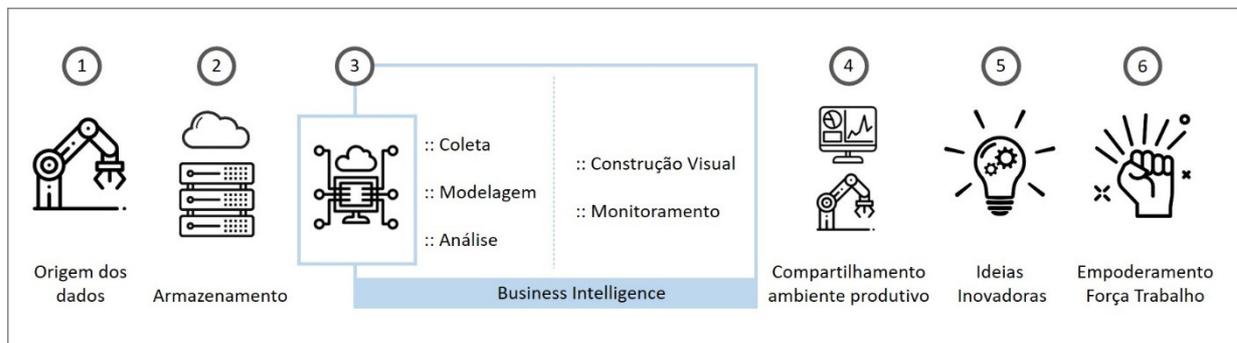


Figura 3 - Proposta de modelo de um sistema baseado em BI para Indústria 4.0.

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse modelo são considerados os itens a seguir como premissas básicas a serem observadas:

- a) **Origem dos dados:** Os processos do nível operacional podem ser compostos de pessoas, máquinas, equipamentos entre outros, no qual gera dados através de seus

sensores, no qual são capazes de captarem os movimentos além das interrupções. Os fluxos operacionais têm como suporte o uso de sistemas legados, que assume o papel de ser o primeiro contato entre o processo e um *software*, a partir desse ponto são gerados *Big Data* - grandes números de dados, ainda sem interpretação. A identificação da origem é o passo inicial no uso do *Business Intelligence*;

- b) **Armazenamento:** Também chamado de armazém de dados ou *data warehouse*, é essencial para armazenar os dados gerados por diversos sistemas, processos, equipamento e sensores, é a partir da grande massa de dados (*Big data*) armazenada que são encontradas informações relevantes para uso posterior pelo *Business Intelligence*. Identificar a localização virtual do armazenamento e criar o ponto conexão entre o *Business Intelligence* e os dados é uma tarefa que exige interação com time de infraestrutura da Tecnologia, Informação e Comunicação (TIC);
- c) **Business Intelligence:** Esta fase do projeto é o caminho intermediário para construção dos indicadores e sua disponibilização no ambiente operacional. A tecnologia *Business Intelligence* é introduzida na estrutura como proposta do modelo, devendo usar premissas da metodologia WCM para identificar ineficiências e valorizar. A plataforma tem capacidade de realizar a coleta seletiva, organizar dados, realizar cálculos e análise além de monitoramento ou atualização constantes baseadas, passando pelas seguintes etapas:
- **Coleta:** Uma das etapas mais relevantes inicialmente é identificar as fontes de dados que tem a capacidade de extrair conteúdo útil do *Big data*, nesse instante o *Business Intelligence* cria uma conexão entre sua estrutura com os sistemas legados, coletando dados que tem potencial valor para a proposta do sistema de gestão do desempenho definido aqui como sendo o próprio BI;
 - **Modelar:** Estruturar os dados e dar formato a eles, merece notável destaque, pois é através da correta modelagem que pode ser alcançado resultado satisfatório do projeto. Nesse instante é necessário o alinhamento dos conceitos metodológicos do WCM, se tornando essencial, a fim de identificar conteúdo afins entre as diversas fontes de dados;

- **Análise:** Na etapa de análise dos dados é onde os interessados, neste caso, os especialistas dos processos, necessitam ser envolvidos, com o time de *Information and Communications Technology* – ICT para criar cálculos, parâmetros e premissas, cruzando as informações dos dados já organizados;
- **Construção Visual:** Após realizadas as análises, o ambiente do *Business Intelligence* se torna disponível para construção dos KPI's de forma que seja facilmente interpretada pelos leitores das informações. Essa etapa deve ser construída com ponto de vista dos profissionais do nível operacional, respondendo a questões como: quais as maiores ineficiências da estação de trabalho? Qual subindicador ou macrocausa raiz dos principais problemas? Onde ocorre as ineficiências? e;
- **Monitoramento:** Periodicamente o B.I pode ser programado a repassar por todo fluxo em busca de novos dados, de forma automática. Essa tecnologia tem capacidade de monitorar e atualizar os indicadores periodicamente, podendo fazer este monitoramento a cada segundo.

d) Compartilhamento no ambiente produtivo: A inserção de informações no ambiente produtivo traz a capacidade de demonstrar para toda população produtiva as ineficiências, através do uso do gráfico de Pareto, de acordo com o método WCM. Nesse instante, é apresentado qual ineficiência deve ser priorizada para ser mitigado. Essa etapa é uma evolução na cultura industrial, onde os times de trabalho conseguem interagir com informações úteis, direcionando as ações dos profissionais;

e) Ideias Inovadoras: No instante que o nível operacional conhece as suas ineficiências, permite-se que todos envolvidos passem a buscar melhorias em seu ambiente de trabalho, de acordo com suas responsabilidades. A camada produtiva é um espaço muito bem conhecido pelos líderes operacionais do setor e suportado por especialistas e engenheiro de produção. Com isso, nasce a possibilidade de conceber ideias inovadoras na busca de redução de custos e/ou aumento de produtividade e;

f) Implementação e empoderamento das pessoas: A implementação dessa tecnologia no nível operacional fortalece a força de trabalho – *empowerment* – quebrando paradigmas como a concentração de KPI's nos níveis tático e estratégico. O

empoderamento contribui positivamente devido estar no mesmo sentido dos objetivos da organização com implementação de ideias inovadoras com baixo ou nenhum custo adicional, além do crescimento profissional dos colaboradores que estarão em busca de novos conhecimentos ora interno, ora externo.

Na Figura 3, o modelo a ser implementado contém indicadores de desempenho, proporcionado pelo *Business Intelligence*, é apresentado em um fluxo sucessivo de etapas, a ser utilizado no ambiente produtivo, que unifica métodos de trabalho do nível operacional, atende lacunas do WCM pelo uso do *Business Intelligence* e ainda insere os profissionais da indústria no ambiente de inovação. A finalidade, aqui apresentada, se dá pela participação de integrantes do chão de fábrica na contribuição de inovação incremental. A participação dos especialistas traz consigo benefícios como a oxigenação do ambiente de trabalho, com novas ideias e soluções, além da implementação de projetos inovadores, muitas vezes com baixo ou nenhum custo adicional, pois são profissionais que detêm o *knowhow* das atividades da manufatura.

Adicionalmente, a busca contínua por tecnologias que possam ser eficientes e eficazes no controle dos custos são as tendências atuais. Com isso, demonstrar os dados de maneira analítica e visual, modelando o grande volume de dados, de forma que o conhecimento das informações traga um valor agregado para o negócio é uma evolução no gerenciamento da produção, no qual tradicionalmente estava na obscuridade das planilhas e tabelas, por vezes incompletas.

De forma complementar, o fator *visual analytics* apresenta-se como uma tendência de diversas áreas dentro da organização sendo restrita a poucos, causando assim, um descompasso entre a visão estratégica e operacional do que é importante e se deve priorizar. Dado esse fato, o empoderamento da mão de obra, aplicando métodos apresentados neste estudo, ganha força para contribuir diretamente para inserção do nível operacional no ambiente de inovação, fortalecendo o ambiente produtivo. A expansão de conhecimento das oportunidades de melhorias é fundamental na implementação de propostas de inovação incremental nos processos produtivos.

5.2 APLICAÇÃO DO *BUSINESS INTELLIGENCE* NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Ter informações confiáveis com alta acuracidade no qual esteja acessível a todos aos interessados, permitindo ser usado para melhorar o nível operacional é o que toda planta industrial almeja. Quando fatores como esses se unem com dinamismo da *Internet of Things* associado com ferramentas potentes como *Business Intelligence* torna-se desejo dos gestores produtivos, que buscam continuamente, aumentar a produtividade, reduzir custo e melhorar a qualidade.

A Indústria está continuamente aproximando-se dos departamentos de tecnologia e inovação, como também mantendo na sua estrutura de trabalho especialistas em automação industrial além de softwarista de máquinas e robotistas (especialista em robôs). Estes têm como objetivo reduzir as interrupções não programadas e aumentar produtividade dos equipamentos, evitando, com isso, prejuízo no *core* do business industrial: custo, produtividade e qualidade. Na mesma medida, necessitam de integrantes como especialistas de processos que sejam capazes de suportar a fábrica na identificação de oportunidades de melhorias no fluxo produtivo.

Todas as atividades recém citadas necessitam de ferramentas que possam direcionar suas ações, deixando de ter atuações reativas, buscando atuar com ações preventivas ou ainda proativas. Para isso, os diversos times de trabalho necessitam ser abastecidos de informações que possam contribuir na implementação de melhorias.

As etapas 1 e 2 apresentadas na Figura 3 são, parcialmente, estágios que vem ganhando crescente adesão nas indústrias. O estudo promove duas particularidades, a seguir evidenciadas, utilizando como direcionador a metodologia WCM associado ao uso da plataforma *Business Intelligence* no qual completa a Figura 3, são elas:

- a) Mapeamento de perdas e desperdício e;
- b) Implementação do BI no nível operacional.

Ambos os temas serão discutidos com mais ênfase nas seções seguintes. Nesse instante, é possível sintetizar que a participação do *Business Intelligence* estará contida em ambos os pontos, enquanto a metodologia WCM será utilizado com premissa essencial na identificação no mapeamento das perdas e desperdícios dos processos. Assim prioriza as medições das ineficiências de processo, equipamentos, consumo, entre outros.

5.3 LÓCUS DA PESQUISA - INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

A indústria automotiva está atualmente passando por grande migração na sua estrutura, nunca antes vista. Ainda há dúvidas sobre o futuro de veículos, o que produzir: se carro elétrico ou a combustão; qual a demanda futura do mercado: se carro como bem ou serviço; e para quem produzir, ou seja quem será meu futuro cliente: consumidor final ou *startup* de aplicativos. Dúvidas como estas rodeia constantemente o nível estratégico das indústrias automotivas. São questões ainda sem respostas, como dito, o período de migração ainda ocorre.

De todo modo, o que sabe ao certo é que o veículo continuará existindo nas próximas décadas, apesar da possibilidade no modo de consumo de veículo mudar frente ao que ocorre hoje, em suma, carros continuarão a serem produzidos. Não à toa montam-se parcerias entre fabricantes na proposição de inovações radicais a fim de haver um compartilhamento dos custos e conhecimentos dessa nova era. Contudo, inovações incrementais no qual fazem parte do dia-dia da gerencia industrial terá poucas variações no que concerne o modo de produção de veículos, desse modo o foco do nosso estudo é e continuará sendo aplicável em fábricas atuais e futuras.

Ao descer para esfera produtiva, a preocupação cotidiana da gestão da produção está afastada do epicentro das transições que o mercado automotivo está presenciando. Porém não está fora da sua conjuntura, de forma indireta essa transição obriga a gerência produtiva em pensar de maneira inovadora na redução de custo e/ou aumento de produtividade, no qual são fatores que lhe pressionam fortemente. Desse modo, sua equipe de trabalho necessita de ferramentas adequadas a fim de aprimorar continuamente seu processo produtivo.

O foco do estudo atual estará concentrado no aumento da inovação incremental no nível operacional, utilizando WCM e *Business Intelligence* como método e tecnologia. Para isso, será apresentada adiante uma visão macro da estrutura do sistema de produção da indústria automotiva.

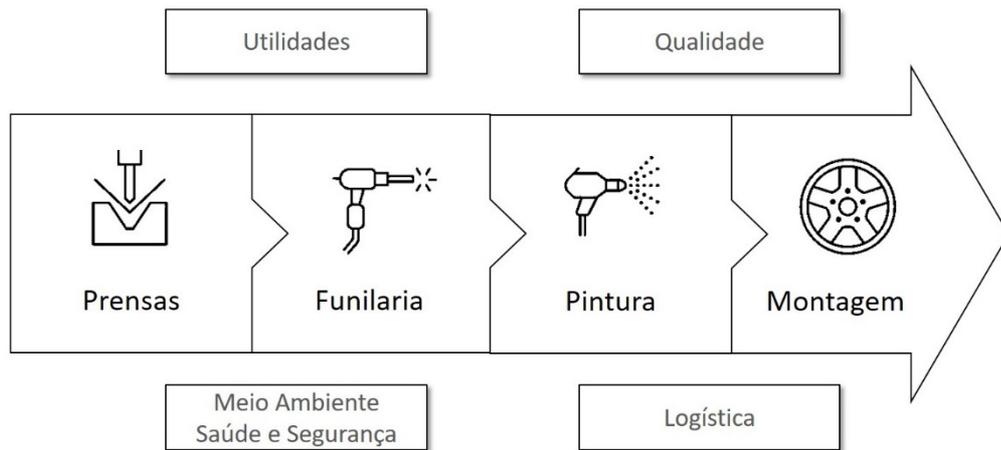


Figura 4 - Sistema de produção da indústria automotiva
 Fonte: elaborado pelo auto

O modelo de produção de uma indústria automotiva é composto de áreas produtivas, são elas: prensas, funilaria, pintura e montagem e são completadas pelas áreas suporte: qualidade, logística, utilidades e meio ambiente, saúde e segurança (Figura 4). O estudo estará concentrado nas áreas produtivas, local onde tem maiores oportunidades de melhorias, de forma que é possível pormenorizar suas etapas da seguinte forma:

- a) **Prensas:** nesta etapa é dado o formato às principais peças do carro como portas e capôs. Recebe as matérias primas básicas como bobinas de alumínio, transformando-as em chapas. Sua estrutura é caracterizada por poucos equipamentos de alta tecnologia, além de bastante robustos. Necessita de mão de obra especializada de alto conhecimento em estamparia;
- b) **Funilaria:** etapa seguinte a Prensas, sendo seu cliente, neste setor ocorre a soldagem das peças, ou seja, as peças soltas são unidas transformando em carrocerias. Nesta área há maior concentração de robôs necessitando de um time especialista em automação e manutenção. Seus processos são bastantes automatizados. Em pleno funcionamento, necessita de pouca ou nenhuma intervenção de pessoas no processo produtivo;
- c) **Pintura:** na etapa seguinte a carroceria é enviada para Pintura, nesta área a carroceria recebe vários tratamentos antes de ser pintado, inclusive é onde ocorre o mergulho da carroceria em banho de químicos (cataforese). Em seguida, após o veículo ser pintado, a carroceria segue para o forno com objetivo de secar a tinta aplicada. É caracterizada

por ter em seu processo um alto consumo de vetores energético - energia e gás, além de químicos e;

d) Montagem: a carroceria, já pintada, é disponibilizada para receber os demais componentes na Montagem. Nesse departamento há a montagem de todas as peças que compõe o carro, desde o tanque de combustível até o volante. Esta área está concentrada a maior população de uma indústria automotiva, devido a processos manuais.

A fim de delimitar as áreas de concentração deste estudo, será utilizado como critérios o custo produtivo, excluindo depreciação dos equipamentos, sendo considerado fora do perímetro na metodologia WCM, no qual concentra o foco nas demais vozes de custos de transformação.

Este modo permite ter visão uniformizada da representatividade das áreas produtivas e não produtivas. Abaixo é demonstrado abertura do custo:

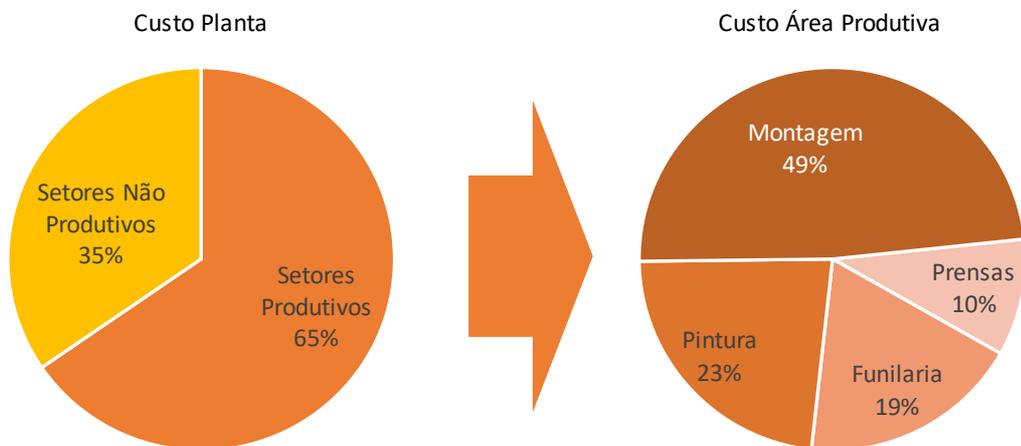


Gráfico 4 - Composição custos industriais
Fonte: elaborado pelo autor

No Gráfico 4 pode ser percebido que os setores produtivos têm maior concentração de custo, evidenciando o motivo da sua escolha. Dentro dos setores indústrias percebe-se que 90% dos custos estão concentrados em três áreas: funilaria, pintura e montagem. Por esse fator a

aplicação do estudo estará restrito a estes departamentos. Devido a maior concentração de custos espera-se encontrar maiores oportunidades de reduzi-los através de projetos inovadores.

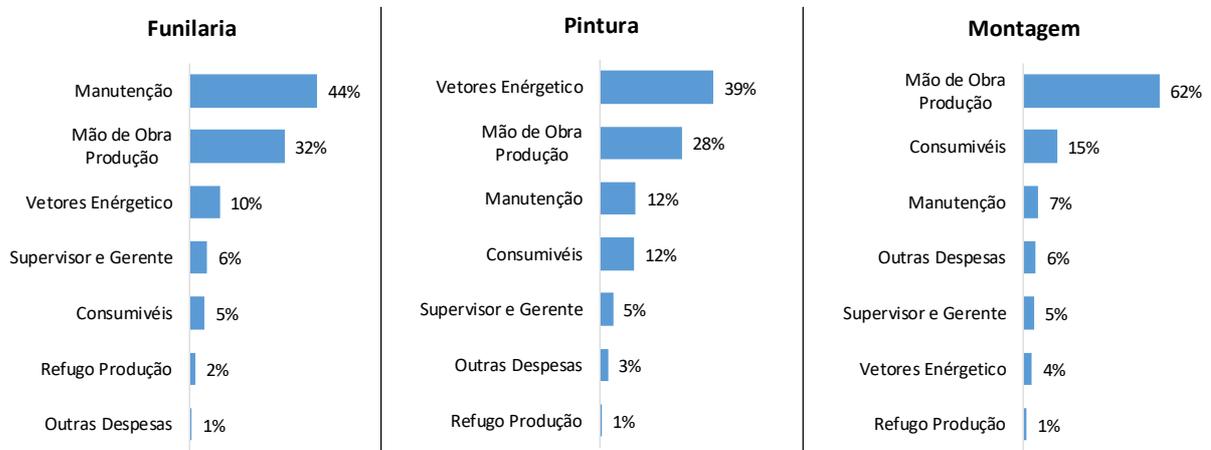


Gráfico 5 - itens de custo das áreas operacionais da empresa
Fonte: elaborado pelo autor

No Gráfico 5 é possível ver a relevância dos custos de cada área produtiva, foco do estudo. Nesta representação pode-se visualizar de forma evidente as características das áreas, onde a funilaria se caracteriza por altos custos de manutenção, a pintura com elevado gastos com vetores energéticos e a montagem com alto valor destinado a mão de obra.

A atenção aos principais gastos fabris possibilita uma atuação efetiva do nível operacional, ampliando as chances de retorno financeiro. Revelados os dados, pode ser resumido, a seguir, as principais características das áreas operativas na indústria automotiva:

Área produtiva	Característica	Descrição Característica
Funilaria	Manutenção	Relevante quantidades de robôs e equipamentos, atuação do time de manutenção
Pintura	Vetores Energéticos	Alto consumo de vetores energético: eletricidade, gás e água
Montagem	Mão de Obra Produção	Montabilidade de peças do veículo de forma manual

Tabela 1 - principais características das áreas produtivas
Fonte: elaborado pelo autor

As características apontadas na Tabela 1 consegue nortear quais características, também nomeada nesse estudo como tema, será foco do estudo. A limitação desses temas se dá para que

haja uma maior convergência, além de buscar alcançar relevantes resultados do estudo. As características aqui apontadas serão discutidas nas três áreas produtivas, dessa forma, os temas manutenção, vetores energéticos e mão de obra da produção será estudado de forma expandida nas três áreas – funilaria, pintura e montagem.

5.3.1 Key Performance Indicator - KPI

A metodologia WCM é uma poderosa ferramenta que promove a gestão visual das ineficiências no nível operacional e tem como objetivo aumentar a participação dos seus integrantes. Para isso, em seus ensinamentos é previsto que os indicadores sejam de fácil compreensão para todos os times de trabalho, inclusive os que desconhecem de métricas adotadas pelos diversos técnicos que compõem o nível operacional, desse modo os indicadores são apresentados em valor monetário. O WCM dá ênfase na mensuração da ineficiência ou perda produtiva, motivado por consumo desnecessário ou ainda excesso de consumo. Essa premissa direciona as ações do nível operacional, indicando a estação de trabalho que necessita receber atenção com intuito de ser melhorado.

De forma a subsidiar o usuário da metodologia WCM, as perdas produtivas são estratificadas em subindicadores, nomeada como macrocausa raiz, indicando, como a nomenclatura deixa claro, a causa raiz do problema de forma macro. Este é o passo inicial para que o usuário da metodologia alcance maiores êxitos na solução das perdas encontradas.

Para cada perda produtiva a metodologia prevê um conjunto de ferramentas disponíveis e indicadas pelo pilar técnico *Focus Improvement*. As ferramentas são utilizadas para aprofundar na análise da causa raiz das ineficiências que pretende ser mitigado. Essas ferramentas são diversas, desde as mais simples, como Ishikawa, aos mais técnicas e avançadas como PFMEA (*Process of Failure Mode and Effects Analysis*) que significa Análise de Modo e Efeitos de Falha. As ferramentas aplicadas em cada perda não será foco desse estudo.

Abaixo é possível ser demonstrado a representatividade da linha de produção, destacando o consumo não útil de uma linha de produção na indústria automotiva:

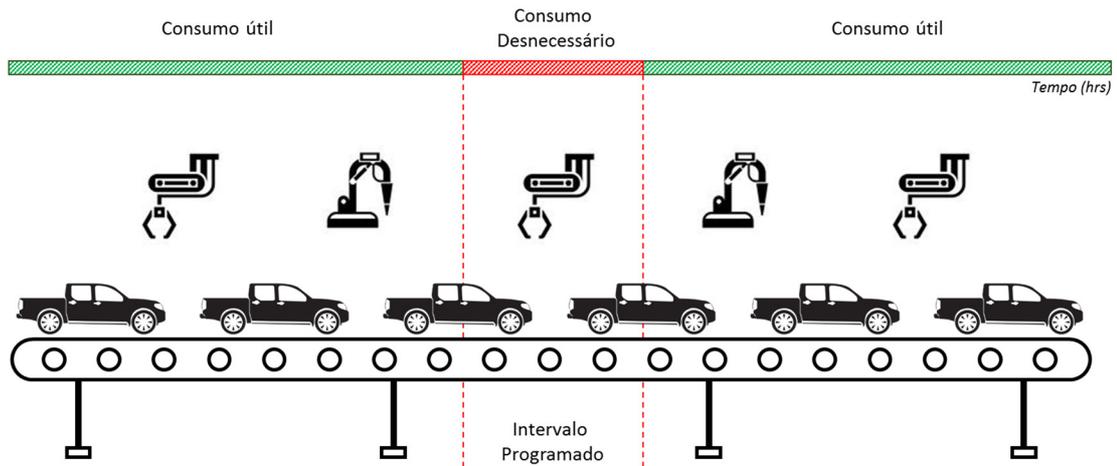


Figura 5 - Esquema de linha de produção consumo desnecessário
 Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 5 apresenta que no período produtivo pode ocorrer paradas programadas como: manutenção preventiva, troca de ferramentas ou ainda intervalo para almoço. Esse modelo exemplifica que o período no qual houve o intervalo, continua havendo consumo de recursos seja ele mão de obra, eletricidade ou máquina. Como dito, a métrica adotada pelo WCM é monetizar as ineficiências da linha de produção, logo o consumo útil desse exemplo terá menor relevância na coleta dados. Desse modo, a parametrização do *Business Intelligence* deverá ocorrer no sentido de coletar os dados, modelar, tratando o grande volume de dados (BigData) gerado pelo processo, de modo a identificar as ineficiências do processo em diversas métricas como tempo (horas), consumo (Mwh, GJ) e volume (m³) e assumir o desafio de transformar as ineficiências identificadas em valor monetário (R\$).

Esse método – valorização das ineficiências - já é reconhecidamente usado dentro das organizações que tem implantado a metodologia WCM como modelo de trabalho. A fim de promover a visualização de toda base de trabalho, o estudo tem pretensão de divulgar as informações para nível operacional das perdas dos processos através de visores *touchscreen* disponíveis na linha de produção ao lado do seu posto de trabalho, tornando mais dinâmico a visualização dos seus KPI's. O ineditismo do projeto se dá ao integrar o *Business Intelligence* para realizar coleta e entregar informações para o nível operacional no menor tempo possível, utilizando métodos do WCM.

5.4 RECURSOS TECNOLÓGICOS E HUMANOS

Com objetivo de compreender os fenômenos da indústria automotiva além de promover mudanças no ambiente pesquisado, com aplicação de ações efetivas, é necessário o envolvimento de integrantes da diretoria industrial das áreas analisadas. Além disso, conhecer os sistemas e software disponíveis, que estarão presentes em toda etapa do projeto.

5.4.1 Recursos Tecnológicos

O objetivo proposto desse estudo transpassa pelo uso de novas tecnologias. Para atingir resultados satisfatórios na aplicação desse estudo é necessário compreender as tecnologias que irão nortear as premissas assumidas no desenvolvimento do trabalho. Este fator tem finalidade de contribuir com uso adequado das tecnologias disponíveis, buscando ampliar as melhorias para o problema em questão.

Ter acesso às informações do sistema que monitora os dados, além de verificar quais processos tem suas informações disponíveis nas nuvens (IoT) e/ou *data warehouse* se torna indispensável para distinguir o conteúdo útil do não útil, que possa a vir ser usado. Conhecer as origens dos dados é uma etapa fundamental para compreender se há limitação na criação dos KPI's, dessa forma será contemplado três etapas que serão abordados na seção recursos tecnológicos, a saber:

- a) **Input Dos Dados:** os sistemas disponíveis na fábrica são demasiadamente relevantes para o bom funcionamento da linha de produção. Muitos deles com grande capacidade de monitorar os mais variados dados coletados pelos sensores das máquinas e equipamentos. Os softwares de produção industrial têm grande relevância na manufatura, ao passo que ditam as regras e ritmo de trabalho dos equipamentos. Acessar sua base de dados pode gerar riscos ao seu pleno funcionamento, conseqüentemente ao processo produtivo.

Como forma de ter acesso aos dados de forma que evite situações inesperadas, sugere-se que as bases de dados sejam duplicadas periodicamente. Como fonte de informação, o *Business Intelligence* utilizará a cópia da base de dados. Mitigação de riscos, como este, deve ser planejado com antecedência, motivo pelo qual propostas como as que são apresentadas aqui no estudo devem ter a colaboração efetiva do setor de TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação.

Os sensores contidos nos processos têm como objetivo monitorar as máquinas ou equipamento em questão. Os sensores são parametrizados de fábrica para coletar o máximo de informações possíveis, relevantes ou não, contudo, as informações essenciais para finalidade do estudo e identificação de ineficiências, encontradas na maioria das bases de dados, podem ser resumidas em: Tipo de dado (ex.: energia, processo, máquina), data, local (ex.: posto de trabalho) e quantidade (ex.: tempo, hora). Com essas informações é possível derivar demais outras. Mapear esses dados dentro da *Big Data* é o desafio inicial, pois se trata aqui de bases oriundas de variados processos e máquinas.

Não a toda que a mineração de dados está ganhando espaço, devido à grande capacidade de se obter identificar dados relevantes no uso do Big Data, sendo amplamente usado neste estudo devido ao expressivo número de dados de diversos sistemas;

- b) **Tratamento Dados:** a ferramenta tecnológica usada para modelar os dados, unificando todos os bancos de dados disponíveis e necessárias para obter resultado satisfatório deste estudo será o *Business Intelligence*. Esta ferramenta tem grande potencialidades e visa simplificar o monitoramento dos principais indicadores da fábrica.

A absorção do conhecimento do *Business Intelligence* se dará através de transferência de tecnologia (*know-how*), utilizando fontes externas de conhecimentos de especialistas no tema, no qual transmitirá seu *know-how* para o setor que estará conduzindo o estudo – controladoria financeira - que irá pôr em prática o projeto. Nesse instante a consultoria externa visa apresentar as funcionalidades, usos, limitações e potenciais dessa nova tecnologia na indústria estudada e;

- c) **Output Dados:** como resultado final do projeto, o estudo prevê que os principais indicadores estarão disponíveis no nível operacional, para uso e acompanhamento das pessoas que compõe este nível. Para que isso ocorra, os indicadores necessitarão estar disponíveis na intranet da indústria, como forma de aproximar o uso de todos do ambiente operacional. Nesse sentido, o resultado do estudo irá fornecer as informações através de telas *touchscreen*, posicionado ao lado da linha de produção, conforme figura abaixo:



Figura 6 - tela *touchscreen* na linha produção
 Fonte: Elaborado pelo Autor

O uso de monitores no nível operacional é um modelo que está ganhando espaço, devido automatização dos processos. Na Figura 6 é possível observar o uso de monitores interativos em todas as etapas do processo. Os operadores são capazes de acessar dados produtivos, de forma rápida, além de permitir mapear e apontar problemas do seu processo.

Com intuito de analisar o reflexo dos objetivos propostos – envolvimento dos colaboradores – será utilizado relatórios do sistema, onde são cadastrados os projetos inovadores que trazem benefício financeiro para a empresa. Nesse relatório será verificado a quantidade de projetos cadastrados nos setores aqui apontados. O sistema usado para cadastrar esse projeto já é usual, na indústria foco do estudo, que tem como finalidade registrar boas práticas no ambiente de trabalho.

5.4.2 Recursos Humanos - Empowerment

O propósito central da pesquisa pode ser sintetizado em tornar dinâmico a coleta de dados e divulgação dos KPI's produtivos na contribuição de ações efetivas, com inovação incremental, através do nível operacional, composto por engenheiros, especialistas e líderes deste nível. Desse modo, a atuações de pessoas que compõe o nível operacional da indústria de transformação, se mostra essencial na construção do *Business Intelligence* para alcançar os objetivos traçados.

Com finalidade de alcançar uma maior compreensão das atividades que compõe a geração de KPI's, é necessário a formação de times de trabalho e encontro com esses times de especialistas. As reuniões iniciais têm como proposta alinhar as expectativas e conhecer os dados disponíveis, tais como: identificar as origens dos dados gerados pelos processos (*input*), conhecer os KPI's essenciais que contribua para agregar valor à manufatura (*output*) e identificar qual indicador é essencial para cada área e/ou departamento. A partir deste momento, é possível identificar as dificuldades no processo de coleta de dados e quais os resultados esperados, que seja capaz de contribuir efetivamente para as equipes de trabalho.

A identificação das pessoas chaves, cada um na sua especialidade, têm como ponto de partida, conhecer como é medido os indicadores atualmente projetando como será a estrutura futura, proposta nesse estudo, ou seja, alinhamento de expectativas entre todas as partes. Abaixo é apresentado organograma da diretoria industrial contendo a estrutura da empresa analisada:

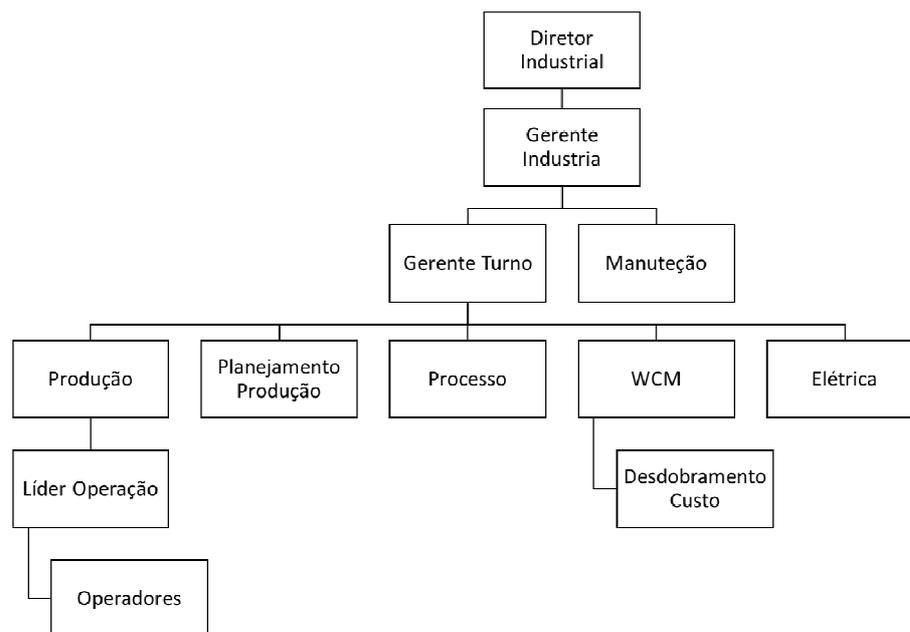


Figura 7 - Organograma estrutura funcional manufatura

Fonte: elaborado pelo autor

No esquema apresentado na Figura 7, a diretoria industrial tem como proposta guiar toda estrutura com sua visão estratégica de manufatura. Enquanto, no nível tático, se encontram os gerentes industriais e do turno no qual tem como atribuição liderar todas as demais áreas operacionais. O nível operacional, compostos pelas áreas demonstradas acima, fazem, de fato, a manufatura ter vida, suas ações têm reflexo direto no produto produzido. O nível operacional gera grande número de dados, muitas vezes destinadas ao nível tático ou estratégico. A proposta

atual visa manter o nível operacional abastecidos de informações que visem identificação das ineficiências e propostas para reduzir com possíveis inovações neste nível. Destacando-se a valorização das equipes envolvidas.

Conhecido a estrutura, há a necessidade de identificar os clientes das informações geradas pelo *Business Intelligence*, deste modo, foi identificado que os líderes de operação e os times de trabalho: elétrica, manutenção e processo, todos situados no nível operacional, serão as pessoas essenciais, sendo eles os principais clientes das informações geradas pelo BI. A aproximação com os clientes das informações busca identificar os indicadores primordiais para que todos sejam capazes de promover mudanças significativas em seu processo através de sua participação na busca da solução.

Os líderes dos operadores têm em seu time: operários de produção, condutores de máquinas e equipamentos que estão diretamente vinculados à linha de produção. Vale ressaltar que áreas suportes como mantenedores, especialistas de processos e planejadores de produção atuam de modo a atender as demandas desses líderes dos operadores, ainda que tenham suas atividades preventivas bem definidas e planejadas. A sinergia entre os diversos times é constante e recíproca. De todo modo, o time suporte promove ocasionalmente iniciativas de melhorias, sendo estes, também, usuário das informações proposta deste estudo.

Apesar da relevante sinergia, a promoção da autonomia é a expressão de grande relevância dentro do processo produtivo, promovido pela metodologia WCM. Desse modo, apesar do time suporte dedicar-se às necessidades dos líderes de operadores, eles atuam por iniciativa própria quando percebe oportunidades de melhoria, no entanto, não priorizam suas ações e atuam, por vezes, ainda de forma reacionária. Com isso, os clientes finais das informações não estarão restritivos aos líderes de time, mas também é expansível a área suporte de: elétrica, planejamento e controle de produção, engenheiros e especialista de processo, operadores e os mantenedores, para potencializar, acelerar e direcionar suas ações.

O WCM, como já mencionado, promove autonomia entre os integrantes, contudo, a carência de informação para as pessoas desse nível operacional é grande criando-se um *gap* de conhecimento, limitando, com isso, as ações de toda a manufatura. Observe que as informações aqui mencionadas têm como foco tornar as pessoas de diversas áreas produtivas a promover ideias inovadoras, contribuindo assim para produtividade e/ou redução de custos.

5.4.3 Formação Time de Trabalho

A formação do time de trabalho é uma forma de conhecer os indicadores, alinhar expectativas e por fim delegar atividades segmentadas para contribuição efetiva de todos envolvidos. Os grupos foram formados de acordo com as temáticas relacionadas a seguir, as temáticas por sua vez foram selecionadas devido as características relevantes de cada setor produtivo, já discutido em seções anteriores:

Área \ Tema	Manutenção	Vetores Energéticos	Mão de Obra Produção	Transversal	Total
Funilaria	4	3	2		9
Pintura	3	4	1		8
Montagem	2	2	3		7
Tecnologia Informação	1	1	1		3
WCM	2	2	2	3	9
Consultoria BI				2	2
Total	12	12	9	5	38

Tabela 2 - pessoas envolvidas no projeto, segregados por temática

Fonte: elaborado pelo autor

Na Tabela 2 é apresentado as pessoas que se apresentará fundamentais para que seja alcançado resultado satisfatório na aplicação do projeto. É possível ser visto que foram adicionadas três novas áreas além das que já conhecidas: funilaria, pintura e montagem. A inserção de novo departamento no projeto tem como premissa cobrir o *gap* de conhecimento das áreas produtivas. Abaixo é apresentado um breve resumo dessas novas áreas:

- a) **Tecnologia da Informação e Comunicação:** uma vez que o projeto tem como ponto de partida, o acesso e uso do banco de dados e *data warehouse* da linha de produção. O Time de TIC dará suporte a fim de mitigar possíveis riscos ou até mesmo restringir acesso a determinado banco devido ao risco de parada da linha de produção;
- b) **WCM:** a aplicação do projeto estará suportada pela metodologia WCM. O Time WCM tem uma visão técnica de todos os pilares que compõe o método. Esse time irá garantir que as técnicas do WCM estarão sendo respeitadas dentro desse projeto. O pilar *Cost Deployment* do WCM, representado por integrantes da controladoria financeira, trará conhecimento de monetização e valoração dos indicadores, uma vez que as ineficiências

serão apresentadas em valor monetário. Desse modo, as métricas de cálculo serão realizadas pelo time transversal WCM, especificamente pelo pilar Desdobramento de Custo e;

- c) **Consultoria Business Intelligence:** O uso da plataforma B.I dentro da fábrica analisada é uma novidade para o ambiente analisado. Nesse sentido, toda a indústria está numa curva de aprendizagem de conhecimento dessa ferramenta. A consultoria do *Business Intelligence* terá como proposta, transferir o *know-how* da tecnologia, para o setor de controladoria indústria – responsável pelo pilar Cost Deployment do WCM – através da transferência de tecnologia, para assim, acelerar a elaboração deste projeto devido a sua complexidade.

A inserção de outros departamentos contribuirá diretamente para fortalecer os diversos times de trabalhos. Nesse sentido, as áreas: Tecnologia da informação, WCM e Consultoria B.I participarão efetivamente da implantação e serão envolvidos sempre que necessário.

5.5 MAPEAMENTO DE PERDAS E DESPERDÍCIO

Ter acesso ao consumo de energia de um processo, área ou unidade produtiva, tem sua importância, mas agrega pouco valor para o gerenciamento da produção. Comparar o consumo com períodos anteriores ou com uma meta ainda é uma maneira bastante utilizada por vários segmentos industriais, contudo, associar o consumo com outras informações tem relevante contribuição.

O simples monitoramento está sendo mudado, na medida que a tecnologia está ganhando espaço no ambiente produtivo. Como já mencionado, o *Business Intelligence* consegue moldar e integrar várias bases de dados com facilidades, permitindo identificar uso de recursos em períodos não produtivos, deixando de medir o simples consumo e assim identificar uma ineficiência no processo.

Desse modo, no caso inicial, o consumo de energia associado com informação da linha de produção, tem como *output* o consumo energético em período não produtivo, indicando o local, estação de trabalho ou máquina que há perda energética. Desse modo, consegue direcionar o time de operadores a atuar de forma mais focado na contenção da ineficiência. Ações direcionadas conseguem, radicalmente, aumentar a eficácia na melhoria do KPI.

Como consequência na melhoria focada, tem-se como resultados, a obtenção de custos mais baixos e/ou aumento na produtividade dos processos produtivos.

Com o uso de plataforma do *Business Intelligence* é possível ter adequado suporte na gestão da manufatura, uma vez que é permitido ler diversas fontes de dados em locais distintos. O caminho de evolução tecnológica na indústria é sem volta. Ações, nesse sentido, são promovidos pela nova era industrial (Indústria 4.0). Do mesmo modo, o gerenciamento da produção sofre mudanças promovidas pelo WCM de aproximar todos os profissionais na busca de melhoria dos processos. Podemos perceber que, identificação de perdas e desperdício ao invés de consumo, é um reflexo da evolução na forma de avaliar os KPI's.

5.5.1 Origem dos dados

Identificar os pontos, locais, máquinas e equipamentos onde são gerados os dados brutos é o passo inicial para obter um mapeamento eficaz. A construção de indicadores necessita que a fontes de dados seja confiável e contínua, no qual, isoladamente ou em conjuntos com outros dados, sejam capazes de agregar valor aos KPI's. O uso da fonte adequada de dados deve ser meticulosamente analisado, o objetivo com essa indicação é evitar o uso de dados desnecessários que traz pouca ou nenhuma contribuição para o resultado final do KPI. Desse modo, conhecer o que pretende construir, como *outputs* do projeto, se torna essencial para usar a fonte de dados adequada.

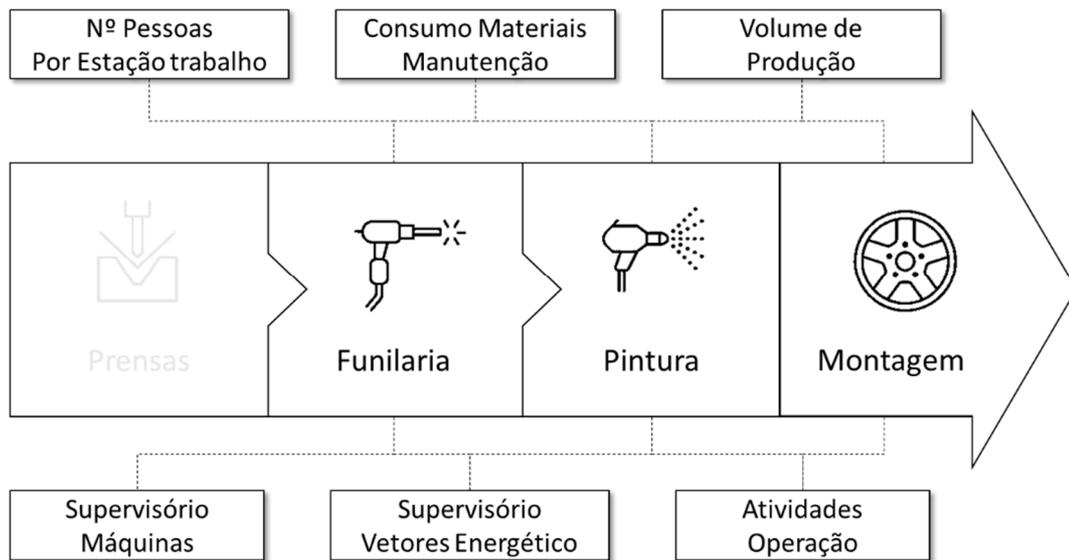


Figura 8 - Fonte de dados na indústria
 Fonte: Elaborado pelo Autor Próprio

De forma mais clara, é possível enxergar na Figura 8 as principais fontes de informações que serão usadas para elaborar o *Business Intelligence* na indústria automotiva. Esse modelo de busca de dados não está restrito à Indústria automotiva, podendo ser ampliadas para qualquer indústria de transformação.

Sabe-se que quando o tema é origem dos dados, há demasiadas possibilidades de fonte, devido à propagação no uso de sensores em diversas etapas do processo, tais como os analisados nesse estudo: máquinas e equipamentos, atividades de operação e consumo dos vetores energéticos. As bases de dados, aqui mencionadas, são muito comuns em fábricas de diversos segmentos, sua relevância se dá exclusivamente devido à concentração dos maiores custos produtivos e, conseqüentemente, maiores oportunidades de melhorias.

5.5.2 Armazenamento

As opções para armazenar dados estão evoluindo com muita velocidade, isso acontece na disponibilização de guardar mais volume de dados com maior segurança. O acúmulo de dados pode ocorrer nas nuvens ou em servidores *warehouse* na intranet. Uma grande parte das indústrias, atualmente, investe em servidores próprios, a fim de garantir limitações de acessos externos e evitar fuga de dados, uma vez que estamos na era onde os dados têm extremo valor.

Do outro lado, há servidores na nuvem, oferecidos por diversos grupos, entre eles o Grupo Alphabet – mesma companhia da Google – que garante proteção dos dados na nuvem, oferecendo armazenamento corporativo.

O armazenamento adequado dos dados é fundamental para garantir confiabilidade das informações, além de dar segurança aos dados, evitando que não sofram modificações na sua estrutura e proporcionar acesso rápida e confiável. A escolha adequada de onde, como e o que será armazenado não é tarefa simples, por esse motivo há necessidade de ter um time especializado dando suporte na escolha e definição da melhor forma que possa atender as necessidades do business.

A acumulação dos dados pode ocorrer no próprio equipamento, sendo uma opção que limita o armazenamento, usado em equipamentos desconectado de uma rede, como exemplo, uma parafusadeira móvel. Contudo, há tecnologias que consegue integrar os equipamentos móveis à base de dados através de wifi ou bluetooth. Desse modo, há comumente investimento em infraestrutura de *storage*, onde concentra armazenamento em grande escala.

5.5.3 Máquinas e equipamentos

Com a robotização e automatização, os processos produtivos são compostos por diversas máquinas e ferramentas no qual contam com sensores que registram hora de uso, velocidades, rotações, paradas, travamentos além de interrupções programadas ou paradas não previstas. Na atualidade, os novos equipamentos conseguem vir com esses sensores embutidos em sua interface, quando não, há a possibilidade de inserir sensores do tipo RFID para capturar seus dados.

Alguns fabricantes de equipamentos, atualmente, disponibiliza o máximo de informações gerado pelo seu uso. No entanto, nasce o risco de haver demasiadas informações, que dificilmente serão interpretadas pelos seus usuários. Desse modo, a padronização prévia do que será coletado traz ganhos significativos, como minimizar o tempo de mineração dos dados.

Classificar automaticamente a possível causa das interrupções do equipamento é uma informação que alguns fabricantes conseguem fornecer, ou ainda, permitir a classificação das

paradas pelo time de manutenção, tendo como vantagem uma melhor classificação. Contudo, torna o mapeamento dependente da intervenção humana e passíveis de falhas.

Na medida que há dados bem definidos, este pode ser usado para direcionar times de manutenção no direcionamento de suas atividades, priorizando as maiores frequências ou ainda a maior gravidade no processo produtivo. A fim de partir com premissas adequadas, é necessário identificar quais serão as máquinas e equipamentos serão extraídos os dados.

5.5.4 Atividades operacionais

O setor industrial é um dos setores que mais emprega pessoas no globo terrestre, muitas vezes necessitando de mão de obra especializada para produção dos variados produtos que são inseridos para uso/consumo da sociedade. Apesar da indústria estar num momento de transição para Era da Indústria 4.0, algumas atividades que exigem mão de obra são essenciais ou necessárias no processo produtivo, vê-se as novas fábricas automotivas que estão sendo erguidas e ainda dimensionam as suas atividades para uso de profissionais no processo produtivo.

Com isso, o setor Industrial passa a ter demasiada oportunidade de melhorias no seu processo produtivo, desse modo, se mantém numa busca constante de identificar atividades que não agrega valor, como atividades que exige tempo de deslocamento elevado, morosidade na realização das atividades ou ainda dificuldade na realização da operação. Os mapeamentos dessas medidas são essenciais numa organização que tem etapas repetitivas executada por pessoas e buscam eficiência produtiva através desses dados.

O uso de ferramentas como cronoanálise são usadas como metodologia para identificar tempos e movimentos necessário para construção do produto final, esse mapeamento não é novo, porém continua sendo imprescindível para um adequado gerenciamento da produção. A estruturação de cada posição no processo produtivo é um tema fundamental para que haja um suporte adequado aos gerentes industriais, contribuindo na identificação de locais que tem oportunidade de ser otimizado.

O veículo tem na sua composição milhares de itens a serem montados. Devido à complexidade do produto final, a indústria automotiva requer alocação de várias pessoas na

montagem de peças, desse modo os tempos e movimentos dessas atividades, que são repetitivas, são realizados por operadores de produção e tem como pano de fundo, movimentos pré-determinados, já desenhados. Esse mapeamento permite que os engenheiros de processo, especialistas de produção e líderes de times usem no seu dia a dia para melhorar a produtividade.

Com o bom uso dessas bases de informações, é possível reconhecer a atividade que merece ser melhorado, contudo, devido a quantidade massiva dessas informações, é exigido a dedicação na análise dos dados. A partir disso, surge o motivo do tema desse estudo, no qual busca contribuir para simplificar a identificação da área, dentre várias, que necessita ser priorizado a sua melhoria.

A fim de certificar a implantação do *Business intelligence*, o estudo de caso terá como delimitação o mapeamento das perdas de mão de obra. Atividade no processo que não agrega valor ou ainda ociosidade de colaboradores, sendo uma das principais vozes de custos que contém oportunidades de melhorias, visto sua relevância no custo total.

5.5.5 Vetores energético

Um dos principais gastos dentro do processo produtivo de diversas indústrias, entre elas a automotiva, são os vetores energéticos, no qual tem como vetor primário energia e gás. O seu uso, atualmente, é uma necessidade na indústria, se tornando necessária já na segunda era industrial. Não havendo no curto ou médio prazo previsão de substituição no processo produtivo.

Com a finalidade de alcançar o consumo adequado, os vetores energéticos necessitam ser medidos em todas as etapas do processo industrial, com propósito de identificar perdas e desperdício. Dessa forma, há a necessidade no uso de medidores sensíveis na mensuração em cada etapa do processo, se caracterizando como uma condição indispensável nas indústrias que tem como objetivo uso eficiente e propósito de redução de custo.

As gerações de dados desses itens são demasiadamente volumosas, no qual a simples acumulação pode acarretar a inviabilização do seu uso, é possível perceber que com grandes massas de dados a sua interpretação torna-se mais complexa. Com o adequado uso dos dados, os times de profissionais tonam-se capazes de mover ações de melhorias, no instante em que consegue interpretar os dados.

O uso do *Business Intelligence* irá permitir direcionar atividades a serem executadas com maior eficiência, uma vez que simplifica a interpretação do *Big Data*, além de ser capaz de disponibilizar informações úteis, numa periodicidade mais rápida. Dado esse fato, percebe-se a relevante importância da mineração dos dados em busca de informações úteis e potencialmente valiosas para o uso no processo industrial.

5.6 BUSINESS INTELLIGENCE

5.6.1 Coleta Dados

O uso do *Business Intelligence* vem ganhando grande proporção em diversos setores do mercado, atualmente várias áreas buscam automatizar atividades repetitivas e uma delas, com grande relevância é a elaboração de KPI, até então realizadas por colaborador que extrai dados de sistemas, manipula, padronizando e divulga os indicadores para um grupo limitado de pessoas. O compartilhamento dos principais indicadores do ambiente fabril tem sua importância garantida necessitando de tecnologias equivalente.

O *Business Intelligence* é capaz de buscar dados em diversos locais de armazenamento, a localização não é uma limitação para essa tecnologia. Com relevante robustez, a tecnologia tem como virtude a capacidade de integrar os diversos bancos de dados e usa-los de modo transversal para diversos fins.

No estudo em questão, foram usados base de dados localizados em fontes distintas, descritas abaixo. Nesse instante é necessário identificar o conteúdo útil do não útil:

- a) Nuvem (Internet of thing);
- b) Computadores locais;
- c) Servidores internos e externos e;
- d) Sites com informações constantes.

A metodologia WCM requer uma coleta dados com periodicidade ao menos semestral, buscando informações de diversos setores, nascendo dados manipulados por vários profissionais, no qual obtém inúmeros modelos e formato de base de dados, uma vez que são

manipulados pelos times de trabalhos. O grande desafio do WCM, como já citado, é a coleta de dados devido ao envolvimento de grande número de pessoas.

O uso do *Business Intelligence* consegue oferecer uma coleta diretamente na fonte de dados, evitando assim, a manipulação por pessoas. Para isso, o BI tem como requisito a sua parametrização prévia, onde são escritas as regras de cálculos. A associação do BI ao WCM é uma maneira de fortalecer a coleta de dados, considerado a fragilidades da metodologia.

5.6.2 Modelagem dos Dados

Uma vez indicado o local, como origem dos dados, o BI tem capacidade de modelar diversos formatos de dados. Sabe-se que nem tudo que é coletado será útil para construção dos indicadores, por esse motivo a mineração de dados e sua organização é essencial para encontrar os dados úteis dentre o grande volume disponível, nesta etapa a busca por associações entre as diversas bases, se torna essencial para obter uma correta construção do KPI's

Para construção da Base dados no *Business Intelligence*, deve-se identificar as informações comuns entre os bancos de dados das diversas áreas operativas como Tipo de Dados: energia, processo, máquina; Indicação do local da origem dos dados: posto de trabalho, linha de produção e área operativa, macrocausa raiz, além da quantidade em: tempo, hora, Mwh, m³, entre outras. A etapa de organização requer a integração dos diversos times de trabalho colaborando para interpretação da *Big Data*.

Uma vez mapeada a fonte e formulado a arquitetura e organização dos dados, o *Bussiness Intelligence* pode repetir as etapas de coleta e organização a cada minuto, sem necessidade de intervenção humana. Contudo, a estrutura da fonte de dados geradas pelos diversos sistemas necessita que seja inalterada, ou seja, pode e deve ser complementada por mais dados de forma cumulativa, mas não pode alterar a posição do dado dentro da base, ou seja, na coluna onde tem dados de quantidade, precisa se manter sempre com informações de quantidade. A mudança na estrutura da base de dados pode, ocasionalmente, ser realizada pelos fornecedores dos softwares de monitoramento através de uma atualização da versão, porém, é necessário tornar transparente a finalística dos dados, impedindo alterações sem comunicação.

Para aplicação da proposta deste estudo foram necessárias modelar dados das diversas bases das três áreas operativas: Funilaria, Pintura e Montagem de suas principais características, máquinas, energia e mão de obra respectivamente. A estrutura da base principal se deu da seguinte forma:

Classe perda e sub-indicador			Localização			Valorização		
Data	Tipo Perda	Macro Causa Raiz	Unidade	UTE	LINHA	Quantidade	Tarifa R\$	Valor R\$

Tabela 3 - Estrutura da modelagem da base de dados
Fonte: Elaborado pelo Autor

Após realização da coleta de dados foi identificado os conteúdos essenciais, necessário para construção dos diversos KPI'. Na Tabela 3, revelado acima, é apresentado a estrutura principal da base de dados, resultante das interseções identificadas nas bases de dados coletas. O conteúdo, que consta na estrutura dessa base, precisa estar contido nas bases originais – origem dos dados – oriundos dos diversos sistemas das áreas operativas. Mesmo que as bases brutas não contenham os dados da estrutura na Tabela 3, pode ser identificado após parametrização ou manipulação prévia e alcançar o resultado desse modelo. A ausência de um ou outro dado limita ou impede a obtenção de uma adequada identificação das ineficiências.

5.6.3 Análise e Parametrização

O desenho da arquitetura dos dados, citado na seção anterior, é a pedra fundamental para que todas as bases sejam modeladas e consiga convergir para esta estrutura da base principal. Contudo, identificar a estrutura da base principal é o passo intermediário para finalística desse projeto, as análises, cálculos e parametrizações pode ser apresentado como a raiz de todo *Business Intelligence*, sendo essencial e complementar a modelagem dos dados.

O método de cálculo, identificação da possível perda e sua valorização tem como dependência o envolvimento dos diversos times de trabalho. Desse modo, o cálculo e cruzamentos dos dados manteve como requisito o envolvimento direto dos times de manutenção, energia além do departamento de planejamento e controle de produção para identificação das quantidades mensuradas (tempo, MWh, entre outros)

A colaboração entre os times técnico, consultor BI e Líder de Pilar WCM permite identificar no banco de dados o que é ineficiência, perda ou oportunidade de melhorias, além da localização dessas ineficiências. Nesse momento, é realizado uma revalidação do que poderia ser feito manual, agora utilizando a plataforma *Business Intelligence* associado a metodologia WCM.

Em seguida, há a valorização, em regra, efetivada pelo Pilar WCM Cost Deployment, conhecedor dos custos industriais, uma vez que é liderado pelo time financeiro de controladoria industrial. Tem como relevante atribuição no projeto, além de absorver os conhecimentos de parametrização do *Business Intelligence*, indicar as tarifas para cada tipo de perda e/ou macrocausa raiz, para posterior uso na plataforma.

Por padrão, a metodologia exige que os KPI's sejam anualizados, ou seja, a coleta histórica dos últimos 3 meses deve ser apresentada no horizonte de 12 meses. Esse padrão mantém todas as perdas no mesmo patamar de entendimento. Essa visão é a forma que a metodologia encontra para demonstrar o impacto no custo de produção caso a ineficiência não seja melhorada.

5.6.4 Layout Visual

A construção visual adequada transforma o projeto numa ferramenta acessível e compreensível. Com finalidade de facilitar entendimento dos usuários alocados no nível operacional, é recomendado produzir um conteúdo simples que alcance a entendimento do maior número de profissionais. Dessa maneira, a busca de referências na metodologia WCM foi a fonte inicial para atender estes requisitos, encontrando como ferramenta de exposição das perdas, o gráfico de Pareto ou diagrama de Pareto.

O Diagrama de Pareto é o modelo adotado pela metodologia WCM, o estilo desse modelo se dá através do gráfico de barras no qual ordena as informações do maior para o menor. No projeto atual, a opção eleita para apresentação dos KPI's será o diagrama de Pareto, não se limitando a este modelo, pois os dados coletados permitem criação de outros modelos. No Diagrama será ordenado, com informações do estudo, da maior ineficiência em valor monetário para menor impacto nos custos produtivos.

O gráfico tem como proposta evidenciar e apontar a perda que deve ser priorizada na busca de melhorias. A sua construção se dará dentro do *Business Intelligence* exigindo integralmente a participação do consultor de BI, em colaboração com os times de trabalho WCM.

5.6.5 Monitoramento

O *Business Intelligence* é capaz de se apresentar como inteligente, pois ele cumpre a exigência de mesclar diversas fontes de dados. Além disso, revisará-la em busca de novas informações periodicamente, realizando monitoramento e busca das informações de forma rotineira.

A coleta de dados constante é a forma que o *Business Intelligence* encontra para monitorar a existência de novas informações nas diversas fontes de dados. Nesse sentido, percebe a existência de um monitoramento capaz de coletar dados e transformar em informações útil numa periodicidade bastante reduzida, minuto a minuto, por exemplo.

O alerta constante e monitoramento rápido atende requisitos da nova Era industrial, expondo informações relevantes, como as oportunidades de melhorias aos gestores de produção, manutenção, supervisores e líderes dos times operacionais. Com isso, acelera a solução dos diversos problemas no ambiente produtivo.

No estudo atual, os KPI's serão monitorados numa temporalidade diária, essa escolha foi um consenso entre os diversos times envolvidos, sendo período razoável na identificação de problemas crônicos.

5.7 IMPLEMENTAÇÃO DE BI NO NÍVEL OPERACIONAL

O desenho da arquitetura do projeto e a sua projeção tem sua relevância no desenvolvimento do trabalho com grau de dificuldade expressivo, uma vez que ainda é algo não palpável, ainda no ambiente de possibilidades, porém sem limitações para criatividade.

No instante que o caminho começa a sair do ambiente de projeto e passar a percorrer percurso de construção do que foi projetado, são exigidos conhecimentos e uso de novas

tecnologias. Além de tornar exposto as dificuldades e limitações do que foi projetado, como também, alinhar os interesses das distintas áreas envolvidas no projeto.

A implementação do *Business Intelligence* no nível operacional passa por quebra de paradigma, em dois aspectos relevantes: 1) sintonia entre a nova tecnologia *Business Intelligence* e a metodologia WCM; 2) disponibilização dos principais indicadores no nível operacional, exigindo uma mudança de cultura dos diversos times de trabalho. São fatores que estão diretamente vinculados o que propõe a nova era industrial, descentralizando as decisões cotidianas, fortalecendo a gestão da produção.

Disponibilizar as perdas produtivas no ambiente industrial, através do *Business Intelligence*, tem como objetivo tornar visível e dinâmico o acesso às ineficiências no local de trabalho dos diversos times. Como construção do projeto atual, é apresentado abaixo a estrutura modelada em diagrama de Pareto:



Gráfico 6 -Matriz de perdas no diagrama de Pareto
Fonte: Autor Próprio

Na Figura 9 é apresentado a matriz contendo as perdas mapeadas pelo *Business Intelligence*, o formato construído utiliza o modelo do Diagrama de Pareto, caracterizada na metodologia WCM. A Matriz no BI permite realizar filtros no qual possibilita a identificação

das perdas por área produtiva, linha e estação de trabalho. A plataforma é capaz de ser acessado pelos diversos navegadores, através da internet.

Em razão das informações serem confidenciais, a indústria objeto do estudo, pretende manter como segredo industrial, limitando o acesso a rede local (intranet). Ainda assim, possibilita o acesso à plataforma por qualquer usuário colaborador da indústria estudada, independentemente de sua localização no mundo, inclusive o nível operacional da planta investigada.

O estudo manteve como foco em três perdas características das principais áreas produtivas. Abaixo são apresentados a estratificação contendo os seus subindicadores das seguintes perdas: mão de obra, energia e máquinas.

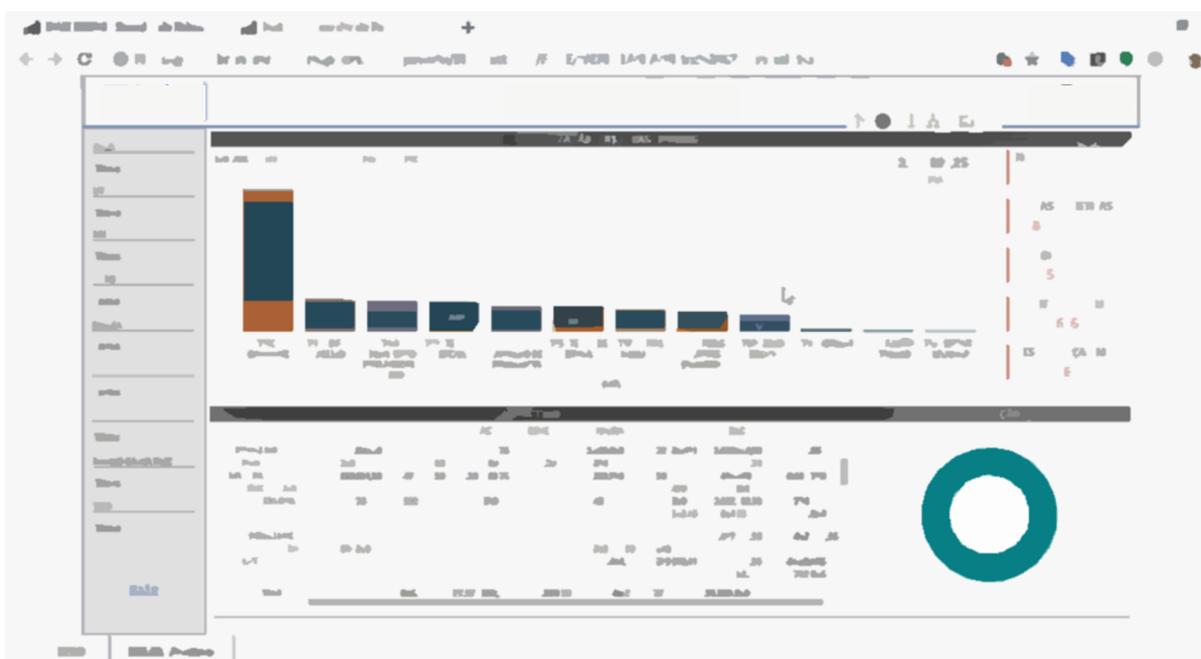


Gráfico 7 - Subindicadores de Perdas Mão de Obra

Fonte: elaborado pelo autor

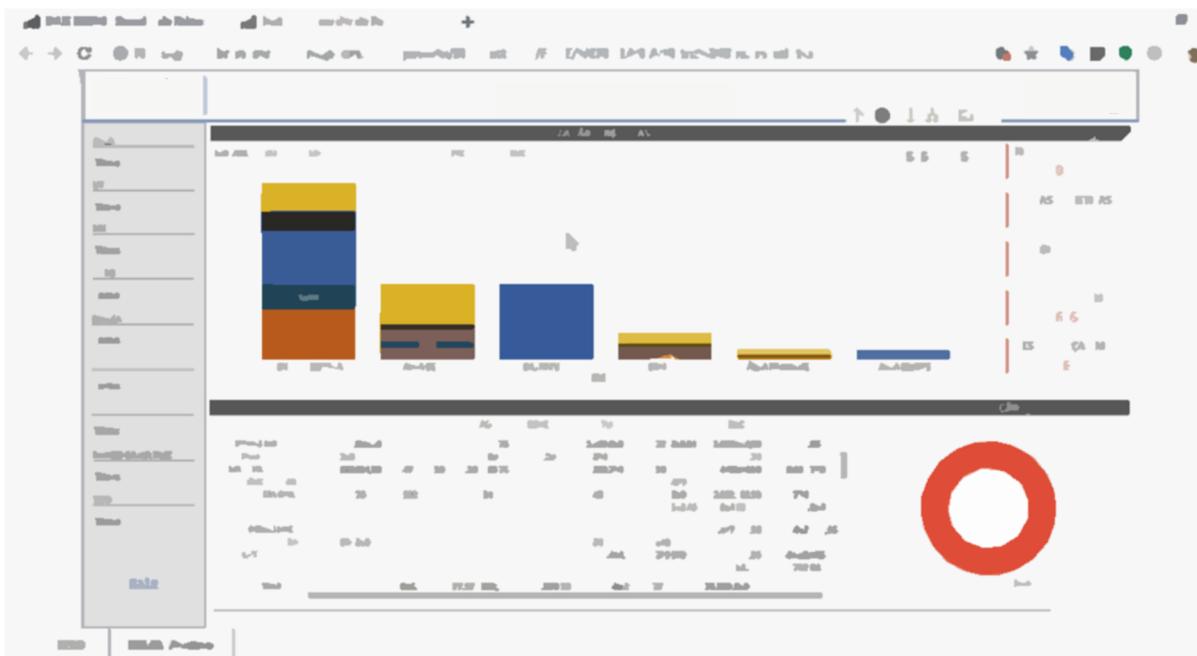


Gráfico 8 - Subindicadores de Perdas de Energia
 Fonte: elaborado pelo autor

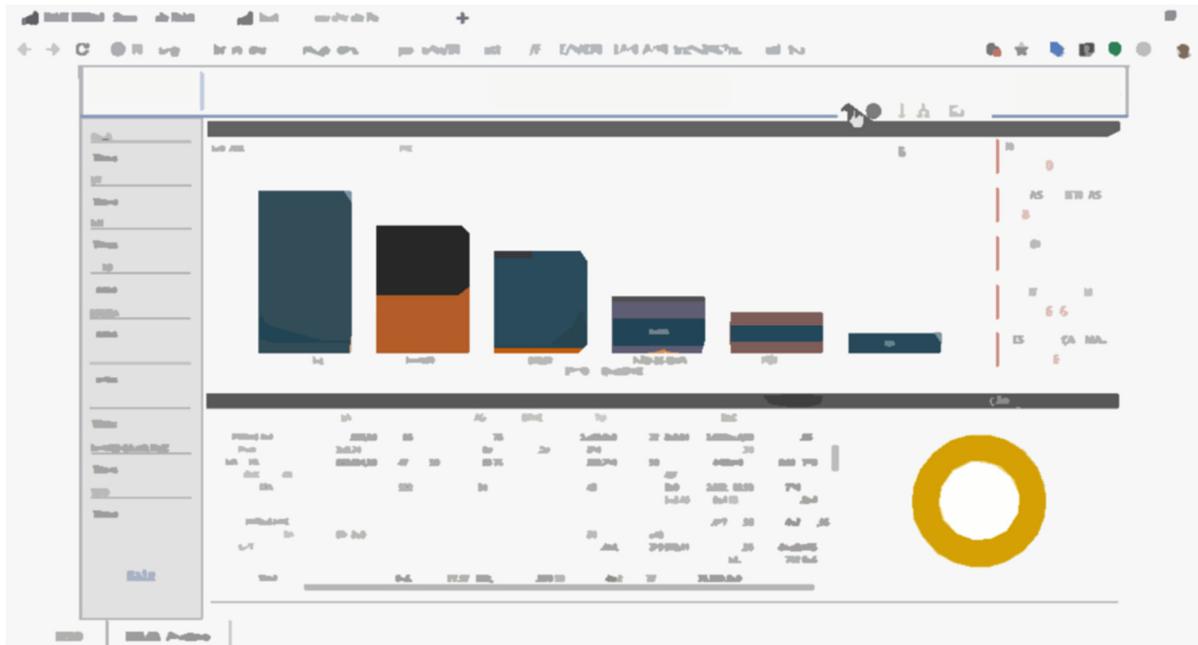


Gráfico 9 - Subindicadores de Perdas de Máquina
 Fonte: elaborado pelo autor

Nos Gráficos 7, 8 e 9 são demonstrados a estratificação dos subindicadores mão de obra, energia e máquinas respectivamente. Esse modelo de visualização atende aos diversos times de trabalho, pois a cultura WCM está enraizada na empresa analisada. As equipes de trabalho têm como foco a melhoria na eficiência, produtividade e redução de custos. A utilização dos KPI's no *Business Intelligence* proporciona a visualização dos subindicador apontando o que deve ser priorizado no qual dê suporte.

O uso da plataforma *Business Intelligence* como ferramentas de trabalho contribui para fortalecimento do nível operacional, além de aumentar o engajamento e *empowerment* da força de trabalho. Adiante é apresentado o uso da plataforma BI por um profissional do ambiente industrial:

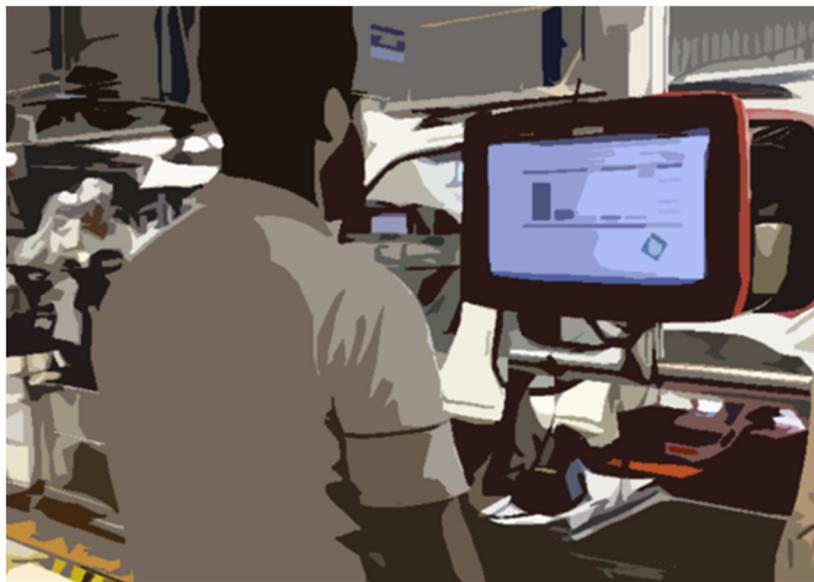


Figura 9 - Uso do *Business Intelligence* no nível operacional
Fonte: Elaborado pelo autor

O nível operacional com acesso às informações de forma fácil contribui para aproximar os colaboradores dos problemas existentes no em seu ambiente de trabalho, ferramentas como essa favorecem a iniciava de gerar inovações incrementais no processo produtivo e assim contribuir com soluções inovadoras. A Figura 9 mostra usuário líder dos operadores utilizando o *Bussiness Intelligence*, nesse instante há uma aproximação dos indicadores valorizados em forma monetária, uma forma inteligível para todos os níveis operacionais.

6 RESULTADOS ALCANÇADOS

A aproximação de tecnologias, como *Business Intelligence*, no ambiente produtivo, tem como intento descentralizar as decisões de melhorias, desviando a exigência elevada ao gestor de produção, tornando os diversos times autônomos na implementação de inovação incremental. Ações como a proposta nessa pesquisa fortalecem a gestão da produção – *Empowerment* – além de evidenciar a essência do sucesso na implementação de novas tecnologias, nomeado como *Humanware*.

Para o maior aproveitamento dos recursos disponíveis na nova era industrial, é fundamental que as organizações ampliem seu escopo de investimento, não restringindo seu foco em *software* e *hardware*. Para obter sucesso, a nova era industrial requer a formação do colaborador 4.0, ou seja, investimento em novos conhecimentos em *Humanware*. Com isso, a implementação desse estudo apenas foi permitida devido a aproximação e disponibilidade de diversos times apoiados pela alta gerência e diretoria.

A expansão e/ou implantação das propostas apresentadas neste projeto tem como dependência o adequado gerenciamento da força de trabalho. Usar os recursos humanos a favor de atingir os objetivos da organização é primordial na contribuição de melhoria contínua e inovações incremental, alcançando extrair sugestões criativas para aumentar produtividade e/ou redução de custos, sendo este fator fundamental para uso adequado das informações disponíveis.

A agilidade do acesso às informações apresentada neste estudo pode trazer reflexo direto no custo do produto, reduzindo as perdas produtivas, além de melhorar a forma de gerenciar os esforços da força de trabalho. Os variados times conseguem ter acesso rápido dos problemas crônicos, segregado por local, possibilitando os coordenadores e líderes ter mais envolvimento, assim a melhorar a capacidade de gerenciamento do capital humano – *Humanware*. Como efeito econômicos será possível perceber tendência de redução no custo de produção, evitando repasses de custo da ineficiência para o consumidor, fazendo com que a indústria mantenha a competitividade frente a outros concorrentes no mercado

Como reflexo espera-se uma minimização do tempo na solução do problema, pois reduz a necessidade da busca por ineficiência e a sua tradução valores econômicos. Uma vez que a causa da perda já estará mapeada e valorada, a criação de uma contramedida torna-se mais ágil, com projetos de melhorias contínuas que busquem solução do determinado problema.

Outro impacto esperado deste estudo, no curto e médio prazo, é o aumento no número de projetos inovadores partindo do nível operacional. Uma vez que as informações estão

disponíveis também nesta camada produtiva. Em função disto, quanto maior os números de envolvidos haverá mais ações do setor produtivo na busca de melhorias para suas ineficiências de forma mais célere e focada.

A iniciativa desse projeto será útil para diversas empresas que tem como foco redução de custo de produção de forma ágil. Pode, também, ser utilizado como referência para outras plantas industriais, automotivas ou não. Por último, sendo avaliado como grande contribuição do trabalho, motivado pela implementação do projeto, houve uma aproximação dos pilares *Cost Deployment*, *Focus Improvement* e *People Development*, no qual são considerados peças fundamentais na condução da metodologia WCM.

No ambiente foco do estudo, a sinergia entre os pilares se mostrava fragilizada e com limitações nas suas atividades cotidianas, devido à fragilidade da atuação do Pilar Desdobramento de Custos. No instante que este pilar consegue oferecer informações importantes, como as ineficiências segregadas por setor, como exemplo, apresentado no Gráfico 10, é alcançado um fortalecimento na relação entre as ações dos pilares. Como consequência, um fortalecimento desses pilares com os demais pilares da metodologia.



Gráfico 10 – Matriz Ineficiência de um Posto de trabalho da montagem
Autor: elaborado pelo autor

De acordo com o Gráfico 10, o BI permite identificar a ineficiência por posto de trabalho. Neste exemplo é apresentado a área da montagem, UTE – Unidade de Trabalho: UTE 1, Linha de Produção: TRIM 1, Domínio, nº 2, permitindo ainda desdobrar em estação do operado.

Com este poder de dissecar o custo de ineficiência de cada área, favorece o trabalho do líder de domínio, agora ciente de sua ineficiência. A partir de então, com informações

constantemente atualizadas, consegue priorizar e implementar melhorias com apoio, se necessário, dos Engenheiros de Processos, Engenheiros Mecânicos, entre outros setores. Contando, ainda, com o auxílio dos Pilares Melhoria Focada e Gestão de Pessoas para potencializar o projeto de inovação. Nota-se também que o fator confiabilidade, além das informações no momento tempestivo, contribui para aproximar os Pilares base do WCM (CD, FI e PD).

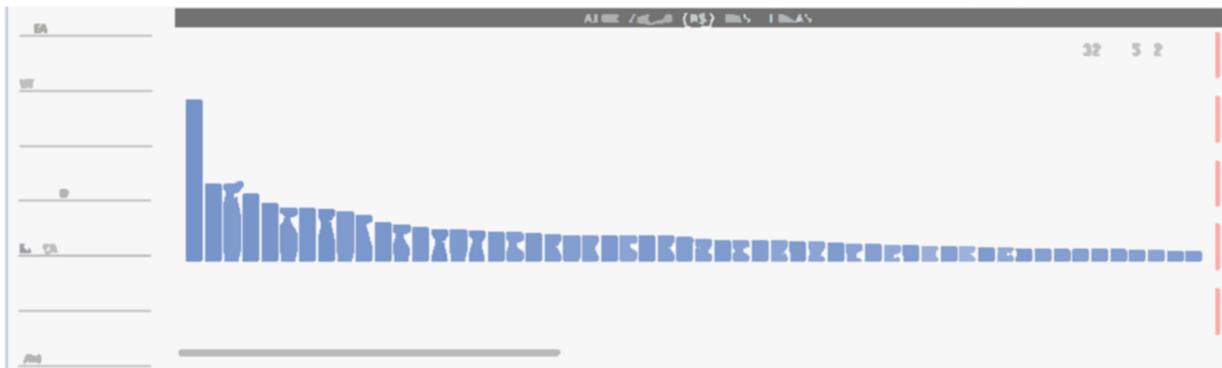


Gráfico 11 - Matriz Ineficiência Energético, segregado por máquina
Autor: elaborado pelo autor

Com informações mais detalhadas e de fácil acesso para o nível operacional, houve um fortalecimento dos diversos times de trabalho, essencialmente do Pilar Melhoria Focada e Gestão de Pessoas, aumentando suas contribuições, com ações focadas, sendo direcionadas pelo *Business Intelligence*. Através do Gráfico 11, pode-se perceber bem o nível de profundidade que a tecnologia *Business Intelligence* alcança.

A representação deste gráfico demonstra as ineficiências energética da pintura, segregado por máquina, indicando o impacto econômico no custo produtivo, em caso de não mitigação da ineficiência. Com essas informações disponíveis, o Time de FI atua de forma focada, direcionando seus esforços a área com maior ineficiência e consegue direcionar o responsável pela área, para que possa implementar inovações na sua estação de trabalho, através das diversas ferramentas e técnicas de investigação da causa raiz.

De forma complementar, o Pilar Gestão de Pessoas auxilia o Pilar Melhoria Focada, aumentando a competência e contribuindo para absorção de conhecimentos externos e disseminação de boas práticas internas. Dado esse apoio, há uma aceleração na implementação

de inovação e assim a proposta do modelo proposto possibilita um aumento na interação, troca de conhecimento de boas práticas entre os times de trabalho.

Desse modo, na empresa analisada, pode-se observar ações focadas e sistêmicas, numa velocidade menos expressiva, quando comparado com a cenário após inserção do modelo, no ambiente produtivo. Os Pilares passaram a atuar de forma mais focada, agora abastecido com informações bastante estratificadas, contribuindo, assim, para implementação de melhorias de forma mais rápida.

6.1 LIÇÕES APRENDIDAS – RISCOS E DIFICULDADES

O projeto tem como premissa a quebra de paradigma, seja na aproximação de novas tecnologias aplicadas no nível operacional, seja no uso do BI associado com WCM. A construção e implantação desse projeto passa naturalmente por obstáculos, devendo ser resolvidos com contramedidas, como as seguintes:

Mapeamento locais de trabalho: Identificar e uniformizar os diversos locais e estações de trabalho é tido como maior desafio, pois os diversos grupos de trabalho (manutenção, operação, timer de energia, PCP - Planejamento e Controle de Produção) pode considerar nomenclaturas distintas para a mesma etapa do processo. Nesse estágio, alinhar os interesses é o grande objetivo, desse modo foi selecionado as terminologias do PCP como padrão.

Processo Off-line: Máquinas ou processos que não estão conectadas na internet (nuvem) ou ainda na intranet, se torna um limitador para o mapeamento das perdas, uma vez que a utilização do *Business Intelligence* requer conexões on-line para monitorar tal setor ou máquina.

Transferência de Tecnologia: Absorção de novos conhecimentos da tecnologia B.I é um tema que requer relevante atenção. Nesse estudo, o time de controladoria recebeu suporte da consultoria para uso de novo método e técnicas na manipulação de grande volume de dados (*Big Data*). Contudo, a construção do projeto apenas foi permitida após a transferência desses novos métodos de trabalho, como também, o ambiente profissional da indústria estudada favoreceu o compartilhamento de conhecimentos entre os grupos de trabalhos.

Teoria e Prática: No decorrer dos estudos, houve momentos que os conceitos teóricos do *Business Intelligence* e o método WCM requisitaram alinhamento com aplicação prática. Nesse sentido, sabe-se que pôr em prática um conceito bem definido torna-se mais complexo

que a própria concepção do conceito. Para isso, os suportes dos times de trabalho contribuíram com caminhos viáveis, a fim de reduzir complexidade da construção dos indicadores no B.I.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inovação é uma temática que mantém fortes laços com o nível estratégico, no qual continuamente utiliza informações operacionais para inserir novas tecnologias no ambiente produtivo. Diferente deste cenário, vê-se um hiato entre este tema e o ambiente operacional, este nível aparece no cenário organizacional como mero usuário das inovações implementadas pelo nível estratégico, oriundos, muitas vezes, de altos investimentos.

Sabe-se que diversas indústrias sentem o reflexo da restrição financeira, exigindo outras abordagens para inserir soluções inovadoras na busca de aumento de produtividade ou redução de custos. Nesse aspecto, o estudo utiliza tecnologias que potencializam o uso da plataforma de dados, proporcionada pela nova era industrial e tem, como finalidade, dar origem ou aumentar a participação direta do nível operacional e assim contribuir na implementação de inovação incremental. O caminho percorrido, para esse fim, é demonstrado até a etapa de implementação do projeto.

No conteúdo é apresentado o conceito da inovação incremental como uma abordagem que impulsiona as organizações, tornando-as tecnologicamente a frente das que não aderem esse modelo de inovação. Para obter sucesso na implementação da inovação incremental, é necessário a participação do nível operacional, no qual é formado por especialistas, engenheiros de processo entre outros profissionais, para alcançar resultados satisfatórios.

Desse modo, a metodologia WCM é usada como balizador, no qual preconiza na sua essência o estímulo na participação de todos os colaboradores da produção na proposição de ideias inovadoras. É requisito do método que as ineficiências dos processos industriais, tornem-se acessíveis a todos, e ainda incita que a participação do corpo de profissionais da manufatura favorece a contribuição direta com propostas de melhorias significativas no processo industrial.

A utilização do modelo proposto promove a geração de indicadores de ineficiência no formato de diagrama de Pareto, permitindo sua estratificação em subindicadores, apresentando a macrocausa raiz ou ainda a estação de trabalho que requer melhorias. A manipulação dos dados utiliza recursos tecnológicos poderosos, como *Business Intelligence* e manipulação de *Big Data*, contribuindo, de forma relevante, quando associado à metodologia WCM.

Ainda com problemas primários, indústrias de manufatura passam por dificuldades básicas, como as atividades de coleta de dados manual, gerando indicadores com baixa acurácia e/ou com informações atrasadas, agregando pouco valor ao dia-a-dia do nível operacional ou ainda dos gestores de produção. Sabe-se que novas tecnologias podem simplificar atividades antes complexas. Desse modo, a associação aqui definida – utilização do B.I. para interpretação

e disponibilização dos dados no nível operacional associado ao WCM – contribui para acrescentar e agregar valor no cotidiano produtivo.

O compartilhamento das informações para o nível operacional ocorreu através de visores *touchscreen*, disponíveis na linha de produção ao lado dos postos de trabalho, sem a necessidade de coleta e manipulação de dados pelos colaboradores envolvidos, uma vez que toda parametrização fora realizada previamente na plataforma *Business Intelligence*. A aproximação do nível operacional no uso de novas tecnologias exigiu uma mudança de cultura da empresa, aumentando as habilidades no uso de novas ferramentas.

Através da transferência de tecnologia do *Business Intelligence* para a controladoria financeira, foi alcançado o objetivo de inserir o nível operacional no ambiente de inovação. O esforço colaborativo dos profissionais do ambiente operacional favorece a criação de propostas de inovação incremental no processo produtivo. É notório o efeito do objetivo pré-estabelecido no instante que há interação dos profissionais com as ineficiências do seu ambiente de trabalho, de forma rápida e acessível, através das telas *touchscreen*, já disponíveis na linha de produção.

No mesmo sentido, é alcançado a melhora na gestão da produção com uso adequado do capital intelectual humano e envolvimento dos diversos times de trabalho, com resultados satisfatórios, motivado pelo fortalecimento dos colaboradores no nível operacional – *Empowerment*. Além de uma adequada gestão dos recursos humanos – *Humanware* – que foram fatores distintivos, que se mostraram essenciais para alcance, satisfatório, da implementação da proposta.

A relevância do modelo proposto se deu pelo seu impacto, no qual propõe o envolvimento de todos os níveis hierárquico na elaboração de projetos inovadores e consequente redução de custo produtivo. Ademais, o aumento de eficiência e competitividade que é vista com ponto benéfico da aplicação deste estudo, em um setor industrial de expressiva relevância para o produto interno bruto (PIB) do país, visando promover que todos os atores de uma indústria estejam conectados com ambiente de inovação, assim torna a indústria mais competitiva e sustentável.

REFERÊNCIAS

- APRIANDI, L. et al. Analysis of Humanware Readiness Level for a Technology Transfer Process: Case Study in Arms Manufacturing Industry. **Proceedings of the International Manufacturing Engineering Conference & The Asia Pacific Conference on Manufacturing Systems**, Springer, Singapore, 2019. 60-66.
- ARSHI, T.; RAO, V. Assessing impact of employee engagement on innovation and the mediating role of readiness for innovation. **International Journal of Comparative Management**, v. 2, n. 2, p. 174-202, July 2019.
- BENTLEY, D. **Business Intelligence and Analytics**. New York: Library Press, 2017.
- CASSOL, A.; ZANESCO, D.; MARIETTO, M. L. Capacidade Absortiva Como Moderadora Da Relação Entre Inovatividade Organizacional E Desempenho Inovador De Pequenas E Médias Empresas Brasileiras. **Revista de ciencia y tecnología de América**, v. 44, n. 1, p. 15-22, 2019. ISSN 0378-1844.
- COELHO, P. M. N. Rumo à Indústria 4.0. Coimbra: FCTUC, 2016.
- COSTA, C. D. Indústria 4.0: o futuro da indústria nacional. **POSGERE**, v. 1, n. 4, p. 5-14, Setembro 2017. ISSN 2526-4982.
- CUZZOCREA, A.; LOIA, V.; TOMMASETTI, A. Big-data-driven innovation for enterprises: innovative big value paradigms for next-generation digital ecosystems. **Proceedings of the 7th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics**, p. 35, 2017.
- DALLASEGA, P. et al. Simulation based Validation of Supply Chain Effects through ICT enabled Real-Time-Capability in ETO Production Planning. **Procedia Manufacturing**, Modena, v. 11, p. 846-853, Junho 2017.
- DUA, Y. S. Incremental and radical innovation in entrepreneurship: evidence from selected Indian firms. **International Journal of Research, Innovation and Commercialisation**, v. 1, n. 2, p. 143-157, 2017.
- FORTULAN, M. R.; FILHO, E. V. G. Uma proposta de aplicação de Business Intelligence no chão-de-fábrica. **Gestão & Produção**, v. 12, n. 1, p. 55-66, 2005.
- GRÖGERA, C. et al. **The Operational Process Dashboard for Manufacturing**. Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013. [S.l.]: Science Direct. 2013. p. 205-210.
- J.B.CARLISLE; A.MERRY. ‘Humanware’: the human in the system. **Anaesthesia** **74**, 10 February 2019. 965–968.
- KAASINEN, E. et al. Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. **Computers & Industrial Engineering**, 2019.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group**. Forschungsunion. [S.l.]. 2013.

- LAU, A. K.; LO, W. Absorptive capacity, technological innovation capability and innovation performance: an empirical study in Hong Kong. **International Journal of Technology Management**, v. 80, n. 1-2, p. pp. 107-148, 2019.
- LEE, J.; KAO, H.-A.; YANG, S. Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data. **ScienceDirect**, 2014.
- MACDONALD, C. Understanding participatory action research: a qualitative research methodology option. **Canadian Journal of Action Research**, v. 13, n. 2, p. 34-50, 2012.
- MAJSTOROVIC, V. et al. Cyber-Physical Manufacturing Metrology Model (CPM3) - Big Data Analytics Issue. **Procedia CIRP**, v. 72, n. 1, p. 503-508, 2018.
- MARQUES, M. et al. Decentralized decision support for intelligent manufacturing in Industry 4.0. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 9, n. 3, p. 299-313, 2017.
- MATTSSON, et al. Forming a cognitive automation strategy for Operator 4.0 in complex. **Computers & Industrial Engineering - Elsevier**, Sweden, 2018.
- MIT, T. R. 2013: The year of the Internet of Things. **Technology Review**, 2013. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/509546/2013-the-year-of-the-internet-of-things/>>. Acesso em: 01 Maio 2019.
- MOURTZIS, D.; VLACHOU, A.; ZOGOPOULOS, V. Cloud-based augmented reality remote maintenance through shop-floor monitoring: A product-service system approach. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, v. 139, n. 6, p. 061011, Janeiro 2017.
- NEIRA, F. G. Elementos Explicativos De La Innovación En La Industria. **Revista de ciencia y tecnología de América**, v. 43, n. 6, p. 434-440, 2018. ISSN 0378-1844.
- OLIVEIRA, M. R.; JORGE, D.; PEÇAS, P. Methodology of Operationalization of KPIs for Shop-Floor. In: UTHAYAKUMAR, M. . R. S. A. K. T. J. K. S. T. D. J. P. **Handbook of Research on Green Engineering Techniques for Modern Manufacturing**. [S.l.]: IGI Global, 2019. p. 163-191.
- OSLO, O. M. D. **Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. [S.l.]: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2005.
- PRATAMA, A. Improving student writing skill using Mind Mapping Technique (A classroom action research on the seventh grade of Smp N 2 Gondangrejo, Karanganyar in the school year of 2014/2015). **Karya Ilmiah Mahasiswa Progd Pendidikan Bahasa Inggris**, v. 2, n. 1, 2016.
- PWC. **Five trends transforming the Automotive Industry**. [S.l.]. 2018.
- RAUCH, E. et al. Smart Shopfloor Management – Requirements for a Digital and Smart Shop Floor Management in the Age of Industry 4.0. **hanser-elibrary**, v. 113, n. 1-2, Fevereiro 2018.

ROCHA , M. D.; SARFATI, G. Cenários prospectivos para a competitividade do varejo de veículos no brasil em 2040. **Future studies research journal**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 238–269, Aug 2018. ISSN 2175-5825.

RUFEI, M.; HAO, D.; PENGXIANG, Z. R&D Cooperation, Financial Constraint. **Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América**, v. 42, n. 6, p. 355-363, 2017. ISSN 0378-1844.

SCOPUS. **Scopus (Elsevier)**. [S.l.]: [s.n.], 2019. Disponível em: <<http://www.scopus.com>>.

SERVICES, I. **Business Intelligence strategy**. Scotland: University of Glasgow, 2015.

STOEAN, L. The Bucharest University of Economic Studies. **Volume 20, Edição S2, março de 2019, Páginas 624-629**, Romania, v. 20, n. S2, p. 624-629, March 2019.

TAO, F.; ZHANG, M. Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor. **IEEE Access**, Beijing - China, Outubro 2017.

VERONES, L. Achieving Operational Excellence With Real-Time Plant. **IDC Manufacturing Insights**, May 2014. ISSN IDCWP16W.

VOSS, B. D. Humanware: The Critical Role of People in Supporting Research in the Cloud. **Proceedings of the Humans in the Loop: Enabling and Facilitating Research on Cloud Computing**. ACM, , Chicago, July 2019. 1.

WAQAR HAIDER, ; ZHUANG, G.; ALI, S. Identifying and bridging the attitude-behavior gap in sustainable transportation adoption. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 10, n. 9, p. 3723-3738, september 2019. ISSN 1868-5145.

YAMASHINA, H. **Cost Deployment-establishing a SMART cost reduction programme**. Treinamento realizado na empresa estudada. [S.l.]. 2007.

YAMASHINA, H.; KUBO, T. Manufacturing cost deployment. **International Journal of Production Research**, v. 40, n. 16, p. 4077-4091 , Nov 2002.

ZHANG, Y. et al. The ‘Internet of Things’ enabled real-time scheduling for remanufacturing of automobile engines. **Journal of Cleaner Production - Elsevier**, v. 185, p. 562-575, Junho 2018.