

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE
E ATUÁRIAS.
CURSO DE AMINISTRAÇÃO

**COMO A INDÚSTRIA 4.0 TROUXE EVOLUÇÃO AO INBOUND
LOGÍSTICO NO SETOR PNEUMÁTICO.**

GUSTAVO MASSARI DE OLIVEIRA

SÃO PAULO

2024

GUSTAVO MASSARI DE OLIVEIRA

**COMO A INDÚSTRIA 4.0 TROUXE EVOLUÇÃO AO INBOUND
LOGÍSTICO NO SETOR PNEUMÁTICO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Administração, do Departamento de Administração, da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Administração, orientado pelo (a) Professor(a): LAWRENCE CHUNG KOO

SÃO PAULO

2024

AVALIAÇÃO:.....

ASSINATURA DO ORIENTADOR:.....

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1 CAPÍTULO 1. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE PNEUS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO	11
1.1 Introdução à Prometeon.....	11
1.2 Obtenção de materiais	13
1.2.1 Elaboração de contratos.....	13
1.2.2 Fazendo pedidos	13
1.2.3 Logística e transporte.....	13
1.2.4 Recebimento de materiais.....	13
1.2.5 Controle de qualidade no recebimento	14
1.2.6 Preparação de materiais	14
1.2.7 Produção de pneus	14
1.2.8 Controle de Qualidade na Produção	14
1.2.9 Distribuição	15
1.2.10 Gestão de Estoques.....	15
1.3 Processos de produção.....	15
2 CAPÍTULO 2. TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO INBOUND LOGÍSTICO.	17
2.1 Big Data na Logística 4.0	18
2.2 Previsão de Demanda e Planejamento de Estoque	18
2.3 Otimização de Rotas de Transporte.....	18
2.4 Gestão de Fornecedores.....	18
2.5 Análise de Riscos	19
2.6 Internet das Coisas (IoT) no Inbound Logístico.....	19
3 CAPÍTULO 3. Automatização e Robótica na Logística Interna	21

3.1	Automação do Recebimento e Inspeção de Materiais:.....	21
3.2	Transporte Automatizado de Materiais:.....	21
3.3	Armazenagem e Recuperação Automatizada:	21
3.4	Manuseio Automatizado de Materiais:	22
3.5	Integração com Sistemas Digitais:	22
3.6	Redução de Custos e Melhor Utilização de Recursos:	22
3.7	Flexibilidade e Escalabilidade:.....	22
4	CAPÍTULO 4. Manufatura Aditiva e Impressão 3D de Componentes	24
4.1	Manufatura Aditiva na Indústria Pneumática	24
4.1.1	Prototipagem Rápida	24
4.1.2	Produção de Peças Sob Demanda.....	24
4.1.3	Personalização e Complexidade	24
4.1.4	Materiais, Propriedades Mecânicas e Designs Inovadores.....	25
4.2	Exemplos Práticos na Indústria	25
4.3	Possíveis empecilhos para adoção da impressão 3D	28
4.3.1	Integração com Processos de Fabricação Existentes.....	29
4.3.2	Escalabilidade.....	29
4.4	Sustentabilidade.....	30
4.5	Impacto no Inbound Logístico.....	30
4.5.1	Redução de Estoques de Segurança:	30
4.5.2	Simplificação da Cadeia de Suprimentos:	31
4.5.3	Eficiência no Transporte:.....	31
5	CAPÍTULO 5. Logística Reversa e Sustentabilidade	33
5.1	Recuperação de Materiais e Redução de Resíduos	33
5.2	Melhor Utilização de Recursos	33
5.3	Redução de Custos Operacionais	33
5.4	Cumprimento de Regulamentações Ambientais.....	34

5.5	Implementação de Tecnologias Avançadas	34
5.6	Inovação em Processos de Produção	34
5.7	Parcerias e Colaborações	34
6	CAPÍTULO 6. Efeitos da Indústria 4.0 na Força de Trabalho do Inbound Logístico. 36	
6.1	Automação e Redefinição de Tarefas	36
6.2	Demandas por Novas Competências	36
6.3	Mudanças na Estrutura da Força de Trabalho	37
6.4	Impacto na Qualidade de Vida e Segurança no Trabalho	37
6.5	Formação e Desenvolvimento de Competências.....	38
6.6	Desafios de Adaptação.....	38
	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS	41

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA I: FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE PNEUS

FONTE: Maxxis Internacional, Taipei, Taiwan; <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/pneus/o-fabrico-de-pneus/introducao/>

FIGURA II: MICHELIN VISIONARY CONCEPT

FONTE: <https://www.michelin.com/en/group/activities/tires/vision-concept>

FIGURA III: OXYGEN TYRE GOODYEAR

FONTE: <https://news.goodyear.eu/goodyear-unveils-oxygene-a-concept-tire-designed-to-support-cleaner-and-more-convenient-urban-mobility/>

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) investiga os processos de fabricação de pneus na Prometeon Tyre Group, destacando a integração das tecnologias da Indústria 4.0 na logística. Inicialmente, descreve-se a obtenção de materiais e os processos produtivos, incluindo controle de qualidade e gestão de estoques. Em seguida, analisa-se o impacto de Big Data, previsão de demanda, IoT e otimização de rotas no inbound logístico. A automatização e robótica na logística interna são exploradas, destacando a automação de recebimento, transporte e manuseio de materiais. A manufatura aditiva e impressão 3D são discutidas em termos de prototipagem, produção sob demanda e sustentabilidade, além dos desafios de integração com processos existentes. A logística reversa é abordada com foco na recuperação de materiais, redução de resíduos e cumprimento de regulamentações ambientais. Por fim, o estudo examina os efeitos da Indústria 4.0 na força de trabalho, ressaltando a automação de tarefas, demandas por novas competências e o impacto na qualidade de vida dos trabalhadores. Este TCC oferece uma visão abrangente das transformações tecnológicas e organizacionais na indústria de pneus.

Palavras-chave: Logística 4.0; Indústria 4.0; Pneumático; Inbound.

Abstract e Keywords: Logistics 4.0; Industry 4.0; Pneumatic; Inbound

INTRODUÇÃO

Dentro de um determinado período de tempo, principalmente ao observar a última década, presenciamos uma transformação sem precedentes na maneira como as empresas operam e administram suas cadeias de abastecimento. A ascensão da Indústria 4.0, que se caracteriza pela fusão de tecnologias digitais avançadas e processos industriais, tem redefinido os padrões de eficiência, produtividade e competitividade em diversas áreas. Dentro desse contexto, o setor pneumático não fica para trás; pelo contrário, ele se destaca como um dos principais beneficiados por essas inovações.

A logística inbound, que abrange todas as atividades relacionadas à recepção, armazenamento e movimentação de materiais e produtos dentro da cadeia de suprimentos, desempenha um papel fundamental na eficácia operacional e no desempenho geral das empresas pneumáticas. Com a introdução e a crescente adoção de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, como automação avançada, Internet das Coisas (IoT), análise de big data e inteligência artificial, a logística inbound no setor pneumático passou por uma transformação significativa.

O objetivo deste estudo é investigar e analisar o surgimento da logística 4.0 como uma vertente essencial da Indústria 4.0, complementando e potencializando os avanços tecnológicos e conceituais que caracterizam essa nova era industrial. Enquanto a Indústria 4.0 se concentra na digitalização e automação dos processos de produção, a logística 4.0 estende esses princípios para toda a cadeia de suprimentos, desde o inbound, até a distribuição e entrega ao cliente final (outbound). A Logística 4.0, de acordo com Rodrigo Da Cruz e Marcos De Carvalho (2021) “tem sua origem na Indústria 4.0, que é um conjunto de inovações tecnológicas que combinadas, tem por objetivo tonar as empresas mais competitivas no mercado”.

Ela também se baseia nas tecnologias acima expostas, cujas algumas das concretizações geradas seriam, por exemplo: Inteligência artificial e computação em nuvem para aperfeiçoar a gestão de estoques, Roteirização de transporte, Rastreamento de produtos e Previsão de demanda. Assim, a logística 4.0 não apenas acompanha, mas também impulsiona a transformação digital da indústria, permitindo uma cadeia de suprimentos

mais ágil, adaptável e orientada por dados, pois ela tem impactado e influenciado a evolução da inbound logística no setor pneumático, isto pode ser observado ao examinar as principais tendências, tecnologias e práticas que estão moldando essa evolução, bem como os impactos percebidos em termos de eficiência operacional, qualidade do serviço, competitividade e sustentabilidade.

Ao entendermos mais profundamente as transformações e obstáculos que as empresas de tecnologia pneumática enfrentam no que diz respeito à logística inbound na era da Indústria 4.0, conseguimos reconhecer possibilidades de aprimoramento e táticas para impulsionar a eficácia e competitividade desse ramo em contínua progressão.

A cerca do tema já existe muitos referenciais acadêmicos e estudos de caso consolidados, os quais, para os fins deste trabalho terão utilidade na fundamentação teórica e na análise empírica do estudo de caso a ser apresentado, que terá elementos de uma “pesquisa de campo”, visando maior especificação no desenvolvimento do tema trazendo dados empíricos utilizando, o conhecimento tácito a ser estudado e analisado para transformá-lo num referencial de um futuro que já se apresenta para nós.

Pois, segundo Tiago Resende e João Gilberto (2019) “A Logística 4.0 é algo inevitável, cabem aos modelos de negócios se adequarem para sobreviverem, com o seu foco no cliente, porém de forma mais abrangente também, onde o cliente está inserido em uma dinâmica, em se valoriza a sustentabilidade que prevê a ações de evolução positivas em três grandes áreas, a Econômica, a Social e a Ambiental.”

1 CAPÍTULO 1. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE PNEUS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO

Dentre as principais áreas de uma empresa que precisam se adaptar perante novas tecnologias, com certeza os que mais se destacam são os setores diretamente impactados a cada mudança que ocorre no mercado. Áreas de TI, Engenharia e P&D provavelmente são aquelas com maior variação, devido sua relação intrínseca com a demanda por tecnologias mais novas do mercado, saber estruturar um projeto na versão mais atualizada do Autocad, ou desenvolver um novo sistema com a linguagem de programação mais eficiente para o GRAFANA ou o METABASE, estão entre as demandas constantes de conhecimento para um profissional destas áreas. No entanto, outros departamentos, como aqueles mais responsáveis pelo abastecimento geral das fábricas com materiais, programação de recebimento e tratamento de “Follow Ups” com fornecedores, cadenciamento de produção; tais como as áreas de logística, suprimentos, compras e produção, apesar de sua inconstante evolução, também estão tomando como prioridade, adequar-se a novas tecnologias e metas eficiência. Principalmente, quando enquadramos o tema para uma visão de UPSTREAM e INBOUND, no que se refere ao cadenciamento da produção fabril de uma indústria, onde o “Upstream” refere-se às etapas iniciais do processo de produção e à cadeia de fornecimento que envolve a obtenção e o fornecimento de matérias-primas e componentes necessários para a fabricação de produtos finais. E o “Inbound” que trata do movimento de materiais e produtos recebidos na empresa, especificamente os insumos que chegam às instalações de produção. Envolve todas as atividades relacionadas ao recebimento, armazenamento e gerenciamento de matérias-primas, componentes e produtos adquiridos para a produção.

Mas antes de abordar especificamente o tema para o qual dedicarei este trabalho e suas implicações, primeiramente apresentarei a organização a ser utilizada como exemplo e estudo de caso, e os processos receiptuários da criação de pneus.

1.1 Introdução à Prometeon

A Prometeon Tyre Group é uma das principais empresas globais especializadas na produção de pneus industriais, com um foco particular em pneus para caminhões, ônibus, agroindústria e equipamentos de mineração. A empresa, que nasceu de uma joint venture

entre a Pirelli e o China National Chemical Corporation, é reconhecida mundialmente pela sua inovação tecnológica, qualidade de produtos e compromisso com a sustentabilidade.

Com fábricas e centros de pesquisa e desenvolvimento distribuídos em diversas partes do mundo, a Prometeon se destaca por sua capacidade de integrar tecnologias avançadas da Indústria 4.0 em seus processos de produção e logística. Estas tecnologias incluem a Internet das Coisas (IoT), Big Data, Inteligência Artificial (IA), automação e robótica e todas aplicadas para otimizar a eficiência operacional e melhorar a gestão da cadeia de suprimentos.

No contexto deste trabalho, a Prometeon será utilizada como exemplo prático para ilustrar como a Indústria 4.0 tem revolucionado o inbound logístico no setor pneumático. Os exemplos e dados apresentados ao longo deste estudo serão baseados nas práticas e inovações efetuadas pela Prometeon juntamente de outras empresas do setor, oferecendo uma visão detalhada de como essas tecnologias são aplicadas no mundo real e os benefícios decorrentes dessas transformações.

Tomando por base de análise uma indústria pneumática, primeiro estabelecemos todos os maquinários necessários para fabricação de um pneu, começando por todas as matérias primas necessárias para fabricação.

Começando com uma separação por famílias temos os ingredientes químicos, que dentre de alguns dos compostos utilizados estão: Resinato de cobalto, Hexametilmemina, sílica, sabão de zinco, óxido de zinco, Hidrosilicato de alumínio, borracha regenerada, ARANTES (polietileno e polipropileno), resina de petróleo, cera Microcristalina, Não obstante também temos as borrachas, divididas entre borrachas naturais e sintéticas. Temos os Reforçantes metálicos, como diversos tipos de fios de aço e cordas metálicas utilizadas para dar ligamento na banda de rodagem. Também utilizam-se certos tipos de tecido, e juntamente dos materiais mais utilizados estão as borrachas naturais, borrachas sintéticas e o carbono negro ou “negro de fumo”, contando também com mais uma centena de materiais auxiliares, esses materiais são unidos nas cadeias de produção e se misturam na formação das massas pré-vulcanização.

Antes de demonstrar a sequência de processos para criação de um pneu, primeiramente trataremos do ordenamento de processos para obtenção destes materiais, explicitando desde a criação de contrato até a gestão de estoques de produtos acabados. Em uma ordem cronológica daria-se da seguinte forma:

1.2 Obtenção de materiais

1.2.1 Elaboração de contratos

- **Negociação com Fornecedores:** Definir termos e condições com os fornecedores de matérias-primas, incluindo preços, prazos de entrega, quantidade e qualidade dos materiais.
- **Redação do Contrato:** Documentar todos os termos negociados e garantir que o contrato cubra todas as expectativas e requisitos legais.
- **Aprovação e Assinatura:** Revisão do contrato por ambas as partes e assinatura formal.

1.2.2 Fazendo pedidos

- **Planejamento de Necessidades:** Avaliar a demanda de produção para determinar as quantidades de matérias-primas necessárias.
- **Emissão de Pedidos de Compra:** Criar e enviar pedidos de compra (POs) aos fornecedores aprovados com base nos contratos estabelecidos.
- **Confirmação do Pedido:** Receber confirmações dos fornecedores e ajustar os detalhes, se necessário.

1.2.3 Logística e transporte

- **Planejamento Logístico:** Coordenar com fornecedores e transportadoras sobre a logística do transporte das matérias-primas.
- **Rastreamento de Remessas:** Monitorar o status das remessas para garantir que os materiais cheguem dentro do prazo acordado.
- **Recebimento e Descarregamento:** Preparar as instalações para o recebimento e descarregamento das matérias-primas.

1.2.4 Recebimento de materiais

- **Inspecção de Recebimento:** Verificar a conformidade dos materiais recebidos com os pedidos de compra em termos de quantidade, qualidade e especificações.
- **Registro de Recebimento:** Registrar a entrada dos materiais no sistema de gestão de estoque.
- **Armazenagem:** Armazenar os materiais recebidos em locais apropriados, conforme as normas de armazenamento.

1.2.5 Controle de qualidade no recebimento

- **Amostragem de Materiais:** Coletar amostras representativas das matérias-primas recebidas para testes laboratoriais.
- **Testes Laboratoriais:** Realizar testes laboratoriais para verificar as propriedades físico-químicas das matérias-primas, como pureza, composição e resistência.
- **Revalidação:** Comparar os resultados dos testes com as especificações contratuais e revalidar a conformidade dos materiais.
- **Aprovação ou Rejeição:** Aprovar os materiais que atendem aos requisitos de qualidade e rejeitar aqueles que não estão em conformidade, comunicando os resultados aos fornecedores se necessário.
- **Documentação de Qualidade:** Registrar os resultados dos testes e a decisão de aprovação ou rejeição no sistema de gestão de qualidade.

1.2.6 Preparação de materiais

- **Mistura e Preparação de Compostos:** Misturar as matérias-primas conforme as fórmulas e especificações de produção para preparar os compostos de borracha.
- **Teste de Qualidade dos Compostos:** Realizar testes de qualidade nos compostos preparados para garantir que eles atendam às especificações técnicas exigidas.

1.2.7 Produção de pneus

- **Construção do Pneu:** Confeccionar os pneus, incluindo a montagem dos componentes (carcaça, cintas, banda de rodagem, etc.).
- **Vulcanização:** Submeter os pneus a um processo de calor e pressão para vulcanizar e dar forma definitiva aos pneus.
- **Inspeção Final:** Realizar uma inspeção final dos pneus para garantir a qualidade e a conformidade com as especificações.

1.2.8 Controle de Qualidade na Produção

- **Testes de Desempenho:** Testar os pneus para verificar desempenho, durabilidade e segurança.

- **Certificação:** Certificar que os pneus atendam às normas regulatórias e aos padrões internos de qualidade.

1.2.9 Distribuição

- **Embalagem e Rotulagem:** Embalar e rotular os pneus prontos para distribuição.
- **Logística de Distribuição:** Planejar e executar a logística para entregar os pneus aos clientes ou centros de distribuição.

1.2.10 Gestão de Estoques

- **Controle de Estoques:** Monitorar os níveis de estoque de matérias-primas e produtos acabados para evitar rupturas ou excesso de inventário.
- **Reposição:** Planejar e executar a reposição de matérias-primas conforme necessário.

As etapas que contemplam os meios utilizados para transformação das matérias primas e das massas pré-vulcanização podem se interligar a ordem dos maquinários utilizados para criação e junções das partes dos pneus, seriam estes:

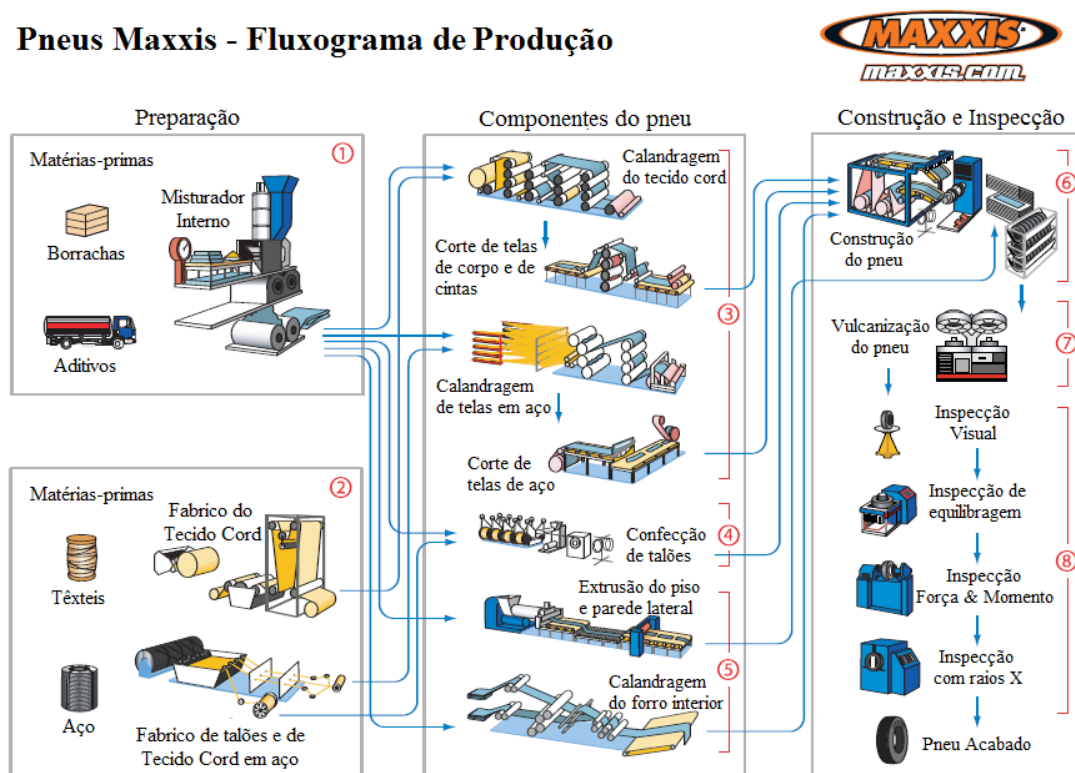
1.3 Processos de produção

- **Misturador de compostos de borracha:** Esta máquina é usada para misturar vários compostos de borracha, agentes de reforço, óleos e produtos químicos para formar a borracha composta que será usada na fabricação do pneu.
- **Máquina de Extrusão:** Após a mistura dos compostos de borracha, o material é alimentado em uma máquina de extrusão, onde é moldado em tiras ou fitas de borracha que formarão a estrutura do pneu, como os cintos e os talões.
- **Calandra:** A calandra é utilizada para laminar as tiras de borracha em camadas que compõem a carcaça do pneu. Ela também é usada para moldar a banda de rodagem e os sulcos do pneu.
- **Máquina de Vulcanização:** Após a formação dos componentes do pneu, eles são montados em um molde e colocados em uma máquina de vulcanização. Esta máquina aplica calor e pressão aos componentes do pneu para curá-los e fundi-los juntos.

- **Máquina de Inspeção e Teste:** Após a vulcanização, os pneus passam por máquinas de inspeção e teste para garantir que atendam aos padrões de qualidade e segurança. Isso pode incluir testes de pressão, testes de resistência, inspeção visual e outros testes específicos.
- **Máquina de Acabamento:** Após os testes e inspeções, os pneus podem passar por máquinas de acabamento para remover quaisquer imperfeições, rebarbas ou excessos de material.

Na Figura 1 é possível compreender através de um fluxograma como se dá a descrição destes processos.

FIGURA I: FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE PNEUS



FONTE: Maxxis Internacional, Taipei, Taiwan. <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/pneus/o-fabrico-de-pneus/introducao/>

2 CAPÍTULO 2. TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO INBOUND LOGÍSTICO.

Para além da introdução, na importância de analisar o tema, destaca-se ao relacionarmos as mudanças que a logística vem sofrendo nas últimas décadas. Começando com a principal tratativa a ser abordada que é a forma como novas metodologias para análise de diretrizes que formam a política para gestão de estoques são desenvolvidas e utilizadas, de acordo com Djalma Alves “A Logística 4.0 é, por conseguinte, uma abordagem avançada e tecnologicamente integrada para a gestão de cadeias de suprimentos e Operações Logísticas. Ela combina o poder da automação, digitalização, conectividade e análise de dados para criar sistemas logísticos altamente eficientes, ágeis e inteligentes.” (ALVES, 2023, p. 1810)

Dentro da Prometeon, observamos uma extrema característica de controle de estoques de entrada. Tornou-se premissa de uma boa gestão de supply-chain, manter o stock on hands (SOH), em níveis controlados usando como referência o número de dias restantes que determinado estoque é capaz de atender ou a quantidade de produto semi-pronto a ser produzido com determinada capacidade de estoque.

Sabemos obviamente que uma rígida gestão de estoque se trata de uma das políticas de austeridade mais importantes que uma empresa pode adotar, pois a compreensão de que a gestão de estoque afeta diretamente o resultado financeiro da empresa, impactando, pois tratam-se de volumes na casa das milhares de toneladas de materiais que naturalmente, caso não tratados com eficiência reduzem a capacidade produtiva da empresa, sua reserva capital, fluxo de caixa e a prospecção da marca, portanto a tratativa de sua fundamentação, ou seja, a forma como se molda essa política de gestão está entre os pilares da evolução na logística 4.0, Esta que representa a quarta revolução industrial aplicada à logística, integrando tecnologias digitais para otimizar a cadeia de suprimentos. No setor de fabricação pneumática, essa transformação significa um redesenho completo dos processos logísticos, onde sistemas automatizados e conectados coletam, analisam e compartilham dados em tempo real. Esse nível de integração permite uma coordenação precisa entre fornecedores, fabricantes e distribuidores, reduzindo significativamente os tempos de resposta e os custos operacionais. Dentre algumas das tecnologias que podem ser utilizadas

estão; Big Data, Internet das Coisas (IoT), e sistemas Ciber-Físicos (CPS), para os quais detalharei alguns exemplos de como suas características auxiliam nessa evolução.

2.1 Big Data na Logística 4.0

Big Data é uma das tecnologias que viabilizam uma previsão de demanda mais precisa e um planejamento de estoque eficaz. O Big Data é uma atividade que permite coletar, processar e analisar grandes volumes de informações. A análise de dados históricos e padrões de mercado ajudam as empresas a ajustarem suas necessidades de matérias-primas e componentes para evitar o excesso de suprimentos e a escassez simultânea. Além disso, o Big Data facilita a otimização das rotas de transporte, pois permite combinar informações sobre congestionamentos, condições climáticas e desempenho das transportadoras para reduzir custos e encurtar os prazos.

2.2 Previsão de Demanda e Planejamento de Estoque

A análise de grandes volumes de dados históricos e tendências de mercado permitem previsões mais precisas da demanda por matérias-primas e componentes. Isso possibilita um planejamento de estoque mais eficiente, reduzindo excessos que aumentam os custos de armazenamento e evitando faltas que podem causar interrupções na produção, dessa forma, as empresas podem ajustar suas estratégias de compra e estocagem de acordo com essas previsões, melhorando a eficiência e a sustentabilidade dos seus processos logísticos.

2.3 Otimização de Rotas de Transporte

O Big Data permite a otimização das rotas de transporte das matérias-primas, utilizando informações em tempo real sobre tráfego, condições meteorológicas e desempenho das transportadoras. Com essas informações, as empresas podem selecionar as rotas mais eficientes, reduzindo custos operacionais e tempos de entrega. Isso também contribui para a diminuição das emissões de carbono, alinhando as práticas logísticas com os objetivos de sustentabilidade.

2.4 Gestão de Fornecedores

O Big Data facilita a monitorização do desempenho dos fornecedores com base em critérios como tempos de entrega, qualidade dos materiais e conformidade contratual. As empresas podem utilizar essas informações para tomar decisões mais informadas sobre quais fornecedores manter, melhorar ou substituir. Além disso, a análise de dados permite a

identificação de tendências e padrões que podem antecipar problemas potenciais, melhorando a resiliência da cadeia de suprimentos.

2.5 Análise de Riscos

Com o Big Data, torna-se possível proporcionar uma análise mais robusta dos riscos na cadeia de suprimentos. A identificação de potenciais problemas, como atrasos ou falhas nos fornecedores, permite que as empresas criem planos de contingência eficazes. A análise preditiva pode também sugerir ajustes proativos nas operações logísticas para mitigar os riscos antes que eles se materializem.

Na indústria pneumática, o uso de Big Data pode ser potencializado por diversos softwares e programas que ajudam a coletar, processar, analisar e visualizar grandes volumes de dados. Esses softwares fornecem insights valiosos que podem melhorar a eficiência do inbound logístico e outros processos empresariais, alguns dos softwares utilizados na Prometeon são o POWER BI e o SAP HANA cujas utilidades constituem uma integração e visualização de dados de diferentes fontes logísticas, fornecendo insights sobre desempenho de fornecedores, níveis de estoque e eficiência de transporte, bem como, análise de dados em tempo real de toda a cadeia de suprimentos, desde a aquisição de matérias-primas até a entrega de produtos acabados.

2.6 Internet das Coisas (IoT) no Inbound Logístico

A Internet das Coisas traz grande impacto ao inbound logístico do setor pneumático por meio da conexão entre dispositivos físicos, que contêm sensores e conectividade. Sensores IoT em veículos de transporte e nas matérias-primas em si tornam possível a rastreabilidade e a visibilidade em tempo real, e, portanto, é possível obter um maior controle sobre o processo logístico. Os mesmos sensores monitoram as condições ambientais, como variações de temperaturas e umidades, enquanto nelas as matérias-primas são transportadas e armazenadas. Dessa forma, a qualidade e surpresa dos produtos são mantidas com base em dados em tempo real.

A IoT facilita a automação de diversos processos logísticos, como a gestão de inventário, onde os dispositivos podem alertar automaticamente quando os níveis de estoque atingem pontos críticos e acionar pedidos de reabastecimento. Equipamentos de transporte e armazenamento equipados com sensores IoT fornecem dados sobre seu estado de funcionamento, permitindo a realização de manutenção preditiva e reduzindo o risco de falhas inesperadas.

A integração dos dados coletados por dispositivos IoT com sistemas de gestão como ERP (Enterprise Resource Planning) e WMS (Warehouse Management System) proporciona uma visão holística e em tempo real de toda a cadeia logística. Essa integração maximiza os benefícios combinados do Big Data e da IoT, promovendo decisões baseadas em dados precisos e atualizados, aumentando a eficiência operacional, melhorando os tempos de resposta e elevando a satisfação dos clientes. Além disso, a rastreabilidade aprimorada e o monitoramento contínuo garantem que as matérias-primas atendam aos padrões de qualidade e conformidade regulatória.

Muitos desses sistemas operam em conluio através dos Sistemas Ciber-Físicos (CPS) que são uma das principais inovações da Indústria 4.0 e têm um impacto significativo no inbound logístico. O CPS integra componentes físicos e computacionais em uma rede que permite a comunicação contínua e em tempo real, facilitando uma gestão mais eficiente e automatizada dos processos logísticos. Para análise de um exemplo prático, a Prometeon contrata uma empresa terceirizada para instauração de CPS integrando sensores IoT em seus veículos de transporte e armazéns. Esses sensores rastreiam a localização e a condição das matérias-primas em tempo real. Os dados coletados são enviados para um sistema central que utiliza algoritmos de Big Data para analisar e otimizar as rotas de transporte, prever necessidades de estoque e ajustar operações de reabastecimento automaticamente.

O Big Data e a IoT estão revolucionando o inbound logístico na indústria pneumática, oferecendo uma gestão mais inteligente, eficiente e proativa da cadeia de suprimentos. Essas tecnologias são essenciais para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades apresentadas pela Indústria 4.0, promovendo uma transformação que se reflete em melhores práticas operacionais e maior competitividade no mercado.

3 CAPÍTULO 3. AUTOMATIZAÇÃO E ROBÓTICA NA LOGÍSTICA INTERNA

A robótica pode desempenhar um papel crucial na otimização do inbound logístico da indústria pneumática, trazendo avanços significativos em termos de eficiência, precisão, segurança e controle de qualidade, ao observarmos a atual realidade do setor, e como tem se dado algumas dessas mudanças em áreas correlatas, podemos identificar alguns pontos em comum que podem ser utilizados para finalidades a serem atingidos, os mesmos podem ser:

3.1 Automação do Recebimento e Inspeção de Materiais:

Primeiramente, a automação do recebimento e inspeção de materiais é um benefício direto, com robôs equipados com câmeras e sensores capazes de realizar inspeções detalhadas das matérias-primas, como borracha e fios de aço, ao serem recebidas. Esses robôs garantem que cada lote atenda aos padrões de qualidade antes de entrar na linha de produção, detectando defeitos ou contaminantes que poderiam comprometer a qualidade dos pneus, permitindo ações corretivas imediatas.

3.2 Transporte Automatizado de Materiais:

O transporte automatizado de materiais dentro da fábrica é uma área onde os Veículos Guiados Automatizados (AGVs) podem ser extremamente eficazes. Eles podem transportar matérias-primas e componentes desde a área de recebimento até os locais de armazenamento ou diretamente para as linhas de produção, reduzindo o tempo de movimentação e os custos de mão-de-obra. Os AGVs seguem rotas otimizadas, evitando congestionamentos e melhorando a eficiência geral do inbound logístico.

3.3 Armazenagem e Recuperação Automatizada:

A armazenagem e recuperação automatizada é outra vantagem importante, onde sistemas de Armazenagem e Recuperação Automatizados (AS/RS) podem otimizar o uso do espaço disponível no armazém e facilitar a recuperação rápida dos materiais conforme necessário. Esses sistemas garantem que os materiais sejam armazenados e recuperados com alta precisão e velocidade, minimizando erros e atrasos.

3.4 Manuseio Automatizado de Materiais:

Robôs de manuseio especializados também desempenham um papel vital ao realizar tarefas de carregamento e descarregamento de materiais dos caminhões de entrega, agilizando o processo de recebimento e reduzindo o tempo de espera. Eles manipulam materiais pesados ou perigosos de maneira segura, melhorando as condições de segurança na fábrica.

3.5 Integração com Sistemas Digitais:

A integração com sistemas digitais, como os Sistemas Ciber-Físicos (CPS), permite o monitoramento e controle em tempo real dos processos logísticos. Sensores em robôs fornecem dados contínuos sobre o status e localização dos materiais, permitindo uma gestão mais eficiente. A análise de Big Data integrada a esses sistemas possibilita a previsão de tendências de demanda e ajusta a produção de pneus em tempo real, otimizando a utilização das impressoras 3D e a gestão do inventário.

3.6 Redução de Custos e Melhor Utilização de Recursos:

A robótica também contribui para a redução de custos e melhor utilização de recursos. Ao automatizar processos repetitivos e fisicamente exigentes, a dependência de mão-de-obra manual é reduzida, permitindo a alocação de recursos humanos para tarefas de maior valor agregado. Robôs operam continuamente sem necessidade de pausas, acelerando processos logísticos e melhorando a eficiência geral.

3.7 Flexibilidade e Escalabilidade:

A flexibilidade e escalabilidade são vantagens adicionais proporcionadas pela robótica. Sistemas robóticos podem ser rapidamente reconfigurados para lidar com diferentes tipos de materiais ou mudanças na demanda, oferecendo flexibilidade que é difícil de alcançar com processos manuais. A escalabilidade é facilitada pela possibilidade de adicionar mais robôs à medida que a demanda aumenta, sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura adicional.

Por exemplo, robôs de inspeção podem ser colocados na área de recebimento para verificar cada lote de borracha e componentes químicos, garantindo a conformidade com os padrões de qualidade. AGVs podem transportar bobinas de borracha e fios de aço

diretamente do ponto de recebimento para as linhas de produção, navegando autonomamente pela planta e ajustando suas rotas conforme necessário. Robôs AS/RS podem organizar e recuperar automaticamente os materiais armazenados em prateleiras altas e estreitas, maximizando o uso do espaço de armazenamento. Robôs de manuseio podem descarregar materiais pesados de caminhões, minimizando o risco de lesões para os trabalhadores humanos.

A robótica transforma o inbound logístico, proporcionando eficiência, precisão, segurança e flexibilidade. Desde o recebimento e inspeção de materiais até o transporte automatizado e a armazenagem inteligente, os robôs desempenham um papel vital na otimização dos processos logísticos. Ao integrar a robótica com sistemas digitais e CPS, a indústria pneumática pode alcançar um nível elevado de automação e eficiência, posicionando-se de maneira competitiva no cenário da Indústria 4.0.

4 CAPÍTULO 4. MANUFATURA ADITIVA E IMPRESSÃO 3D DE COMPONENTES

Percebe-se também que outra das tecnologias popularizadas na Indústria 4.0, a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, está transformando a maneira como produtos são projetados, fabricados e distribuídos. Essa tecnologia, quando integrada com os conceitos de logística 4.0, tem o potencial de revolucionar a indústria pneumática, proporcionando benefícios significativos em termos de eficiência, personalização e sustentabilidade.

4.1 Manufatura Aditiva na Indústria Pneumática

4.1.1 Prototipagem Rápida

A manufatura aditiva permite a criação rápida de protótipos funcionais de componentes pneumáticos. Isso acelera o processo de desenvolvimento de produtos, permitindo que engenheiros e designers testem e iterem designs de maneira mais ágil. A capacidade de produzir protótipos internamente reduz a dependência de fornecedores externos e diminui o tempo de lançamento de novos produtos no mercado.

4.1.2 Produção de Peças Sob Demanda

Com a impressão 3D, é possível produzir peças sob demanda, eliminando a necessidade de grandes estoques de componentes pneumáticos. Isso é particularmente vantajoso para peças de reposição ou componentes personalizados, que podem ser fabricados conforme a necessidade, reduzindo custos de armazenamento e riscos de obsolescência,

4.1.3 Personalização e Complexidade

A manufatura aditiva permite a criação de geometrias complexas e personalizadas que seriam difíceis ou impossíveis de fabricar com métodos tradicionais, além de possuírem um custo exorbitante. Na área de engenharia onde seu uso se destaca, isso possibilita a produção de componentes otimizados para desempenho específico, atendendo às necessidades particulares de diferentes áreas da produção, torna-se muito mais fácil a produção de certos moldes para pneus, estes que atualmente são fabricados por métodos convencionais, podem ser produzidos com impressão 3D.

Isso reduz o tempo e o custo de fabricação dos moldes, além de permitir a criação de designs mais complexos e personalizados. Moldes impressos em 3D também podem ser modificados rapidamente para produzir diferentes padrões de banda de rodagem.

4.1.4 Materiais, Propriedades Mecânicas e Designs Inovadores.

Atualmente, já existem exemplos de como produtos que utilizam a tecnologia de impressão 3D facilitam a criação de designs inovadores de pneus que seriam difíceis ou impossíveis de produzir com métodos tradicionais. Por exemplo, Michelin e outras empresas estão explorando a produção de pneus sem ar (airless tires) com estruturas internas complexas que proporcionam alta durabilidade e conforto.

4.2 Exemplos Práticos na Indústria

Michelin Visionary Concept

A Michelin apresentou o "Visionary Concept", um pneu feito inteiramente de materiais recicláveis, produzido através de impressão 3D. Esse pneu é projetado para ser sustentável e durável, eliminando a necessidade de manutenção como a calibração de pressão e reduzindo o impacto ambiental (Michelin, 2017).

FIGURA II: MICHELIN VISIONARY CONCEPT



FONTE: <https://www.michelin.com/en/group/activities/tires/vision-concept>

Goodyear e Oxygene Tire

A Goodyear desenvolveu o conceito “Oxygene Tire”, um pneu que integra musgo vivo em sua estrutura para melhorar a qualidade do ar. A impressão 3D permite a criação da estrutura complexa desse pneu, que também incorpora recursos de conectividade e geração de energia para sensores internos (Goodyear, 2018).

FIGURA III: OXYGEN TYRE GOODYEAR



FONTE: <https://news.goodyear.eu/goodyear-unveils-oxygene-a-concept-tire-designed-to-support-cleaner-and-more-convenient-urban-mobility/>

Os exemplos acima citados demonstram o interesse das empresas do setor de estabelecer novos métodos no processo de criação de pneus alterando não somente os materiais a serem utilizados, mas também os mecanismos de fabricação, e sabemos que a substituição de componentes de pneus por materiais produzidos via impressão 3D é um campo emergente, promissor e que está em constante evolução na indústria automotiva. No entanto, a fabricação de pneus é um processo complexo que envolve uma combinação de diversos materiais com propriedades específicas para garantir desempenho, durabilidade e segurança. Um dos principais polímeros utilizados na fabricação de pneus é a borracha vulcanizada, que oferece resistência ao desgaste, tração e flexibilidade.

De acordo com Henrique Luiz Corrêa: “antigamente a I3D estava limitada ao uso de material plástico, mas hoje é possível se fazer I3D em metal, cerâmica, concreto, materiais

biológicos e muitos outros. Algumas versões de impressoras 3D existem desde os anos 1970, mas não haviam sido comercializadas ou amplamente difundidas até recentemente. Melhorias na tecnologia levaram ao desenvolvimento de impressoras 3D que têm sido amplamente utilizadas para prototipagem rápida ou em fabricação secundária” (CORRÊA, 2019, p. 362).

Ao passo, que já existem materiais em testes que podem ser substituir polímeros vulcanizados na constituição de novos tipos de pneus, a impressão 3D ainda enfrenta desafios em replicar as propriedades mecânicas exatas dos materiais tradicionais utilizados em pneus que conhecemos atualmente, especialmente a borracha vulcanizada, cuja aderência, resistência ao desgaste e a elasticidade são elementos valorativos cruciais para o desempenho dos pneus, todavia não existem justificativas razoáveis para a desconsideração total de tais materiais de um possível enquadramento na lista de compostos a serem utilizados futuramente para pneus, dentre os materiais que podem à vir ser substituídos estão:

Poliuretanos (PU): Poliuretanos são conhecidos por sua durabilidade, flexibilidade e resistência à abrasão. Eles são usados em algumas partes do pneu, como a camada de proteção contra perfurações. Impressoras 3D avançadas podem trabalhar com resinas de poliuretano, como a Resina Fotopolimerizável de Poliuretano para substituir o Poliuretano tradicional, permitindo a criação de componentes personalizados e de alta resistência. juntamente da Borracha vulcanizada, que pode vir a ser substituída por Poliuretano Termoplástico (TPU), conhecido por sua elasticidade, durabilidade e resistência ao desgaste, sendo adequado para componentes de pneus que requerem flexibilidade e resistência.

Elastômero Tradicional: Podem ser substituídos por Elastômeros Termoplásticos (TPEs) que combinam as propriedades do plástico com a elasticidade da borracha. Eles são usados em componentes que requerem flexibilidade e resistência ao desgaste. A impressão 3D com TPEs combina a elasticidade da borracha com a processabilidade do plástico, é viável e pode ser usada para produzir partes do pneu que não estejam sujeitas a forças extremas.

Nylon (Poliamida): Nylon é utilizado em algumas partes estruturais dos pneus devido à sua resistência e durabilidade. A impressão 3D de nylon é bem estabelecida, e pode vir a utilizar o PA 12 (Nylon 12) que é uma versão de Poliamida para Sinterização Seletiva a Laser (SLS), possibilitando a fabricação de componentes estruturais internos que requerem alta resistência mecânica.

Compósitos de Borracha com Fibras: Embora a borracha vulcanizada tradicional seja difícil de imprimir diretamente, compósitos de borracha com fibras, como fibras de carbono ou de vidro podem ser explorados. Esses compósitos podem ser utilizados em componentes específicos do pneu que necessitam de reforço adicional e podem ser adaptados via impressão 3D, sendo seus substitutos, Compósitos de Nylon com fibra de carbono. Este material combina nylon com fibras de carbono, oferecendo alta resistência e rigidez, ideal para componentes reforçados dos pneus.

A substituição de materiais tradicionais de pneus por compostos produzidos via impressão 3D, como TPU, TPE, PA 12 e compósitos de nylon com fibras de carbono, representa uma área promissora. Cada material substituto oferece vantagens específicas em termos de flexibilidade, durabilidade e resistência, possibilitando a adaptação e inovação contínua na fabricação de pneus.

4.3 Possíveis empecilhos para adoção da impressão 3D

Naturalmente, existem certas limitações, além dos elevados custos que certos polímeros e materiais compostos podem possuir e por mais excelente que a impressão 3D possa ser para prototipagem rápida e produção de pequenos lotes, a velocidade de produção atual pode ser um impedimento para a fabricação em larga escala. Produzir grandes quantidades de pneus utilizando impressão 3D pode ser mais lento visto que as impressoras 3D geralmente têm uma taxa de produção mais lenta em comparação com os métodos tradicionais de fabricação, como a moldagem por injeção e a vulcanização. Cada pneu ou componente de pneu produzido por impressão 3D pode levar várias horas ou até dias para ser completado, dependendo da complexidade do design e das especificações do material. Em um ambiente de produção em massa, essa taxa de produção não é suficiente para atender à demanda de grandes mercados, onde milhares de unidades precisam ser

fabricadas diariamente. Por conseguinte, podemos tratar não somente de uma análise quantitativa, mas também estabelecer uma análise qualitativa, esta para o qual, estabelecer uma meta de qualidade mínima e manter a qualidade e a consistência dos pneus produzidos por impressão 3D é também um ponto crucial a se debater, pois sabemos que a fabricação de pneus envolve requisitos rigorosos de segurança e desempenho, e garantir que cada pneu atenda a esses padrões de maneira consistente pode ser um desafio com a impressão 3D, especialmente quando se trata de produção em larga escala.

No que se refere possivelmente aos maiores desafios a serem identificados, temos:

4.3.1 Integração com Processos de Fabricação Existentes

Onde, estabelecer um processo de integração da impressão 3D como parte permanente do processo de fabricação existente pode exigir mudanças significativas na infraestrutura e nos fluxos de trabalho. Empresas que já têm linhas de produção otimizadas para métodos tradicionais de fabricação de pneus podem enfrentar desafios na adaptação ou substituição desses processos por tecnologias de impressão 3D, este que é o caso da maioria das grandes fabricantes de pneus atualmente, mesmo a Prometeon que herdou o processo de fabricação da Pirell está tendo um grande desafio com processo de instalação contínuo dessa tecnologia, ao passo que atualmente apenas são feitas pesquisas com materiais similares apesar de que os produtos a serem desenvolvidos por estas linhas ainda estarem em testes experimentais.

4.3.2 Escalabilidade

Apesar de termos por preceito que a impressão 3D seja altamente flexível para personalização e produção de pequenas séries, a escalabilidade para produção em massa é um desafio. A capacidade de aumentar a produção para atender à demanda de grandes mercados pode ser limitada pela capacidade das impressoras 3D e pela necessidade de investimentos em equipamentos adicionais, pois a maioria das impressoras 3D comerciais possui um volume de construção limitado, o que significa que apenas um ou alguns componentes podem ser produzidos por vez. Na fabricação de pneus, que são produtos relativamente grandes e complexos, essa limitação impõe restrições significativas à capacidade de produção. Além do fato de que estes investimentos incluem não apenas o custo inicial das máquinas, mas também os custos operacionais contínuos, como manutenção, energia e materiais. Além disso, o espaço físico para acomodar todas essas

impressoras e o pessoal necessário para operá-las e supervisioná-las seria substancial. Também podem complementar o quadro de riscos de produção, sua capacidade de precisão e repetibilidade tal que, embora a impressão 3D seja conhecida por sua precisão, à consistência entre unidades pode variar dependendo da calibração da impressora, do desgaste dos componentes e de outras variáveis operacionais. Na produção em massa de pneus, a consistência é crucial para garantir que cada pneu atenda aos padrões de segurança e desempenho. Variabilidades na produção podem resultar em falhas de qualidade e, conseqüentemente, em recalls de produtos, o que seria desastroso tanto financeiramente quanto para a reputação da marca.

4.4 Sustentabilidade

Embora a impressão 3D possa reduzir o desperdício de materiais, a produção em larga escala de pneus impressos em 3D ainda precisa ser avaliada em termos de impacto ambiental. A origem dos materiais, o consumo de energia durante a impressão e a reciclabilidade dos pneus produzidos são fatores que precisam ser considerados.

A impressão 3D tem um potencial significativo para revolucionar a produção de pneus, mas a adoção em larga escala enfrenta diversos desafios. Para superar esses empecilhos, é necessário um investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento, além de colaboração entre fabricantes, fornecedores de materiais, desenvolvedores de tecnologias de impressão 3D e órgãos reguladores. Com o tempo, à medida que essas barreiras forem superadas, a impressão 3D poderá se tornar uma parte integral e eficiente da fabricação de pneus.

4.5 Impacto no Inbound Logístico

O inbound logístico, que envolve a gestão de materiais e componentes necessários para a produção, também se beneficia da implementação da manufatura aditiva de várias maneiras:

4.5.1 Redução de Estoques de Segurança:

- **Produção Just-in-Time:** Com a capacidade de produzir pneus sob demanda, a necessidade de manter grandes estoques de segurança é reduzida, resultando em menores custos de armazenamento e menor capital empatado em inventário.

- **Menos Armazenamento de Matérias-Primas:** A precisão da manufatura aditiva permite uma melhor gestão dos materiais, reduzindo a necessidade de armazenar grandes quantidades de matérias-primas.

4.5.2 Simplificação da Cadeia de Suprimentos:

- **Menos Componentes Necessários:** A impressão 3D pode integrar múltiplos componentes em uma única peça, simplificando a cadeia de suprimentos e reduzindo a complexidade do gerenciamento de múltiplos fornecedores.
- **Fonte Única de Matérias-Primas:** Em vez de diversos tipos de matérias-primas para diferentes processos de produção, a manufatura aditiva pode utilizar um conjunto mais restrito de materiais, simplificando a logística de suprimentos.

4.5.3 Eficiência no Transporte:

- **Logística Inbound Mais Ágil:** A menor quantidade de materiais e componentes necessários para a impressão 3D pode resultar em cargas mais leves e menos frequentes, otimizando os custos e tempos de transporte.
- **Distribuição de Produção:** A produção descentralizada permitida pela impressão 3D significa que a fabricação pode ser realizada mais próxima dos pontos de venda ou utilização final, reduzindo os custos e tempos de transporte inbound.

A implementação da manufatura aditiva na indústria pneumática oferece diversas vantagens que se alinham com os princípios da Logística 4.0 e aperfeiçoam o inbound logístico. A flexibilidade e personalização proporcionadas pela impressão 3D, aliadas à capacidade de integrar processos automatizados e monitorar dados em tempo real, melhoram a eficiência, reduzem custos e permitem uma gestão mais ágil e precisa de toda a cadeia de suprimentos. Ao adotar essas tecnologias, a indústria pneumática pode não apenas atender de maneira mais eficaz à demanda dos mercados contemporâneos, mas também posicionar-se de forma competitiva para os desafios futuros da Indústria 4.0.

Novamente, Conforme Tiago Resende e João Gilberto (2019) “Uma produção sob demanda reduz o custo de armazenamento, o transporte inteligente reduz custos de tempo de espera do transportador, logo reduz a pegada de carbono além de prestar um serviço com maior transparência e qualidade com o foco no cliente proporcionando o aumento do

valor percebido para o produto ou serviço. O resultado é a redução dos custos no âmbito econômico, redução da emissão de poluentes no âmbito ambiental e otimização da distribuição e acesso aos medicamentos no âmbito social”.

5 CAPÍTULO 5. LOGÍSTICA REVERSA E SUSTENTABILIDADE

Logística reversa refere-se ao processo de planejar, implantar e controlar o fluxo de materiais de volta ao ponto de origem para fins de reutilização, reciclagem ou descarte adequado. Este conceito abrange a coleta de produtos usados, sua desmontagem, reciclagem e a reintegração de materiais recuperados na cadeia de produção.

Sustentabilidade, por outro lado, envolve práticas que atendem às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades, enfatizando a redução de impactos ambientais e o uso eficiente de recursos.

5.1 Recuperação de Materiais e Redução de Resíduos

Na indústria pneumática, a logística reversa permite o retorno de pneus usados para as fábricas, onde podem ser reciclados ou reprocessados. Esse processo reduz a necessidade de novas matérias-primas, aliviando a pressão sobre o inbound logístico de materiais virgens. A recuperação de materiais e a redução de resíduos alinham-se diretamente com práticas sustentáveis, diminuindo o impacto ambiental da produção de pneus ao reduzir o volume de resíduos enviados a aterros sanitários.

5.2 Melhor Utilização de Recursos

Processar logística reversa na indústria pneumática envolve a coleta, triagem e processamento de pneus usados e outros materiais recicláveis, que são depois reintegrados na cadeia de produção. Essa abordagem promove a sustentabilidade ao reduzir a demanda por matérias-primas novas. A reintegração de materiais reciclados na produção de pneus não só ajuda a conservar recursos naturais, mas também pode diminuir os custos de aquisição de novas matérias-primas, melhorando a rentabilidade da operação.

5.3 Redução de Custos Operacionais

A logística reversa pode resultar em uma redução significativa nos custos operacionais relacionados ao manejo de resíduos e à aquisição de novos materiais. Ao reciclar e reutilizar materiais, a indústria pneumática pode diminuir os gastos com descarte de resíduos e a compra de matérias-primas. A eficiência no gerenciamento de materiais reciclados através de um sistema de inbound logístico bem estruturado pode levar a uma economia considerável, aumentando a competitividade da empresa.

5.4 Cumprimento de Regulamentações Ambientais

Governos ao redor do mundo estão implementando regulamentações rigorosas para a gestão de resíduos e a sustentabilidade ambiental. A logística reversa permite que a indústria pneumática cumpra essas regulamentações ao garantir que os pneus usados sejam corretamente coletados, reciclados ou descartados. O cumprimento dessas regulamentações evita penalidades legais e melhora a imagem da empresa perante consumidores e stakeholders, destacando seu compromisso com a responsabilidade ambiental.

5.5 Implementação de Tecnologias Avançadas

Para gerenciar eficientemente a logística reversa e melhorar a sustentabilidade, a indústria pneumática pode adotar tecnologias avançadas como o Internet das Coisas (IoT) e sistemas de Big Data. Essas tecnologias permitem o rastreamento e monitoramento em tempo real dos materiais retornados, otimizando a cadeia de suprimentos e melhorando a eficiência do inbound logístico. Sensores inteligentes e sistemas de gerenciamento de dados podem prever quando e onde os materiais recicláveis estarão disponíveis, facilitando sua integração no processo de produção.

5.6 Inovação em Processos de Produção

A sustentabilidade e a logística reversa podem impulsionar a inovação nos processos de produção. A indústria pneumática pode desenvolver novos compostos de borracha que incluam uma maior porcentagem de materiais reciclados sem comprometer a qualidade e a performance dos pneus. Isso melhora a sustentabilidade dos produtos finais e requer uma abordagem estratégica no inbound logístico para garantir a disponibilidade e a qualidade desses materiais reciclados, promovendo um ciclo de produção mais ecológico e eficiente.

5.7 Parcerias e Colaborações

Estabelecer uma logística reversa eficaz muitas vezes requer colaboração com outras empresas e organizações, como fornecedores de matérias-primas recicladas e empresas de gestão de resíduos. Essas parcerias podem melhorar a eficiência e a eficácia do inbound logístico, garantindo um fluxo contínuo de materiais recicláveis de alta qualidade para a produção de pneus. A colaboração com parceiros logísticos especializados em sustentabilidade também pode trazer inovações e melhores práticas para a cadeia de suprimentos, fortalecendo a capacidade da indústria pneumática de operar de maneira sustentável.

A integração de práticas de logística reversa e sustentabilidade no inbound logístico da indústria pneumática oferecem diversas vantagens, incluindo a redução de custos operacionais, melhor utilização de recursos, cumprimento de regulamentações ambientais e impulso à inovação. A adoção de tecnologias avançadas para gerenciar esses processos pode otimizar a cadeia de suprimentos e melhorar a eficiência geral da operação. Em última análise, essas práticas não só beneficiam o meio ambiente, mas também fortalecem a competitividade e a sustentabilidade da indústria pneumática no longo prazo.

6 CAPÍTULO 6. EFEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA FORÇA DE TRABALHO DO INBOUND LOGÍSTICO

A Indústria 4.0, caracterizada pela automação avançada, a integração de sistemas ciber-físicos, o uso intensivo de dados e a conectividade global, está transformando profundamente a maneira como as operações logísticas são realizadas. No contexto do inbound logístico, que envolve a gestão da entrada de materiais e componentes necessários para a produção, a Indústria 4.0 está redefinindo os papéis, habilidades e a estrutura da força de trabalho. Esta transformação traz tanto oportunidades quanto desafios, afetando desde a demanda por novas competências até as dinâmicas do ambiente de trabalho.

6.1 Automação e Redefinição de Tarefas

Uma das mudanças mais evidentes trazidas pela Indústria 4.0 é a automação de tarefas repetitivas e fisicamente exigentes. Robôs e sistemas automatizados estão cada vez mais sendo utilizados para realizar tarefas como o recebimento de materiais, inspeção de qualidade, transporte interno de componentes e armazenamento. Veículos Guiados Automatizados (AGVs) e sistemas de Armazenagem e Recuperação Automatizados (AS/RS) são exemplos de tecnologias que substituem o trabalho manual.

Essa automação leva a uma redução significativa na necessidade de trabalhadores para tarefas manuais básicas. Em vez disso, há uma crescente demanda por operadores qualificados para supervisionar, programar e manter esses sistemas automatizados. Isso implica uma mudança de tarefas físicas para funções mais técnicas e gerenciais, exigindo que os trabalhadores adquiram novas habilidades em áreas como programação de robôs, manutenção de equipamentos automatizados e gerenciamento de sistemas integrados.

6.2 Demandas por Novas Competências

Com a implementação de tecnologias da Indústria 4.0, a força de trabalho no inbound logístico precisa desenvolver competências em áreas como a análise de dados, a Internet das Coisas (IoT), a ciber-segurança e a inteligência artificial. A análise de dados, em particular, tornou-se crucial, pois a capacidade de interpretar e utilizar grandes volumes de dados para otimizar operações logísticas é uma competência valiosa. Os trabalhadores

precisam ser capazes de usar ferramentas de análise de dados para monitorar e melhorar o desempenho de sistemas automatizados, prever demandas de materiais e detectar ineficiências no processo logístico.

A IoT, que envolve a conectividade de dispositivos e sistemas para coleta e troca de dados em tempo real, exige que os trabalhadores entendam como configurar e gerenciar redes de sensores e dispositivos conectados. A ciber-segurança, por sua vez, torna-se fundamental à medida que a conectividade digital aumenta, exigindo que os trabalhadores saibam como proteger sistemas logísticos contra ameaças cibernéticas.

6.3 Mudanças na Estrutura da Força de Trabalho

A Indústria 4.0 não apenas altera as competências necessárias, mas também a estrutura da força de trabalho. Com a automação de tarefas básicas, a demanda por trabalhadores não qualificados diminui, enquanto a necessidade de especialistas em tecnologia e engenheiros aumenta. Isso pode levar a uma reconfiguração do quadro de funcionários, com mais posições sendo criadas para analistas de dados, engenheiros de automação e especialistas em ciber-segurança, ao mesmo tempo em que o número de operários tradicionais diminui.

Além disso, a Indústria 4.0 favorece uma abordagem mais colaborativa e interdisciplinar. Equipes compostas por profissionais de diversas áreas – engenharia, tecnologia da informação, logística e gestão – precisam trabalhar juntas para implementar e manter sistemas complexos. A comunicação e a colaboração eficaz entre essas disciplinas são essenciais para o sucesso na nova era digital.

Desta forma, o deslocamento de empregos torna-se quase inevitável, onde algumas funções tradicionais como operadores de empilhadeiras, apontadores de qualidade e gerenciamento de armazéns podem se tornar obsoletas e/ou simplesmente deixarem de existir.

6.4 Impacto na Qualidade de Vida e Segurança no Trabalho

A automação de tarefas repetitivas e perigosas pode melhorar significativamente a qualidade de vida dos trabalhadores, reduzindo a incidência de lesões e doenças ocupacionais. A substituição de trabalhos fisicamente extenuantes por tarefas de supervisão e controle pode levar a um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. No

entanto, a transição para a supervisão de sistemas automatizados pode trazer novos tipos de estresse, relacionados à responsabilidade de manter operações complexas em funcionamento e à necessidade de estar constantemente atualizado com as novas tecnologias.

6.5 Formação e Desenvolvimento de Competências

A adaptação da força de trabalho às exigências da Indústria 4.0 requer um forte investimento em formação e desenvolvimento de competências. Programas de treinamento específicos para as novas tecnologias, como cursos de programação de robôs, análise de Big Data, IoT e ciber-segurança, são essenciais. Além disso, a educação contínua se torna uma parte vital da vida profissional, já que a rápida evolução tecnológica exige que os trabalhadores estejam constantemente atualizados.

Empresas podem estabelecer parcerias com instituições educacionais para desenvolver currículos que atendam às necessidades emergentes da indústria. Além disso, programas de aprendizado no trabalho, como estágios e rotatividade de tarefas, podem ajudar os funcionários a adquirir experiência prática e a se adaptar mais rapidamente às mudanças tecnológicas.

6.6 Desafios de Adaptação

A transição para a Indústria 4.0 pode ser desafiadora, especialmente para trabalhadores que têm dificuldades em adquirir novas competências tecnológicas. Há o risco de desigualdade no acesso a oportunidades de desenvolvimento profissional, o que pode levar a uma divisão digital no ambiente de trabalho. Empresas precisam considerar essas disparidades e oferecer suporte adequado, como programas de mentorias, treinamentos personalizados e políticas de inclusão para garantir que todos os trabalhadores tenham a chance de se adaptar e prosperar na nova era.

A Indústria 4.0 está transformando profundamente o inbound na indústria pneumática, com impactos significativos na força de trabalho. A automação, a análise de dados e a conectividade digital estão redefinindo tarefas, exigindo novas competências e reconfigurando a estrutura da força de trabalho. Embora essa transformação traga desafios, também oferece oportunidades para melhorar a eficiência operacional, a segurança no trabalho e a qualidade de vida dos trabalhadores. Investimentos em formação e

desenvolvimento de competências são cruciais para garantir uma transição bem-sucedida e para aproveitar plenamente os benefícios da Indústria 4.0.

CONCLUSÃO

A integração de tecnologias avançadas, como automação, robótica, Big Data, Internet das Coisas (IoT) e sistemas ciber-físicos, transformou profundamente os processos logísticos, resultando em melhorias notáveis na eficiência operacional, precisão, controle de qualidade e flexibilidade.

Os sistemas automatizados e os robôs desempenham um papel crucial na modernização das operações logísticas. Desde a automação do recebimento e inspeção de materiais até o transporte interno e a armazenagem inteligente, a robótica eliminou muitas das tarefas repetitivas e fisicamente exigentes, reduzindo erros e aumentando a segurança dos trabalhadores. A introdução de AGVs e sistemas AS/RS, por exemplo, otimizou o fluxo de materiais e o uso do espaço de armazenamento, demonstrando claramente os benefícios da automação no inbound logístico.

A utilização de Big Data e IoT permitiu uma visibilidade e rastreabilidade em tempo real em toda a cadeia de suprimentos. Sensores conectados e sistemas de monitoramento avançados fornecem dados contínuos sobre a localização e o status dos materiais, possibilitando uma gestão mais eficiente e a previsão de demandas. Isso não só melhorou a eficiência dos processos logísticos, mas também permitiu uma resposta mais rápida a problemas e flutuações na demanda, otimizando a produção e reduzindo desperdícios.

Outro aspecto importante abordado foi o impacto da Indústria 4.0 na força de trabalho. A automação e a digitalização mudaram as habilidades necessárias, criando uma demanda por profissionais mais qualificados em áreas técnicas e analíticas. Embora essa transição represente um desafio, também oferece oportunidades para o desenvolvimento de novas competências e o aumento da qualificação profissional, contribuindo para uma força de trabalho mais capacitada e adaptável.

Adicionalmente, a adoção de práticas de sustentabilidade e logística reversa foi facilitada pela Indústria 4.0, promovendo um uso mais eficiente dos recursos e a redução de resíduos. Essas práticas não só atendem às exigências ambientais e regulatórias, mas também agregam valor à empresa e melhoram sua imagem perante os consumidores e a sociedade.

Em resumo, a Indústria 4.0 trouxe uma evolução significativa ao inbound logístico, transformando os processos e as operações no setor pneumático. As tecnologias avançadas proporcionaram ganhos em eficiência, precisão, flexibilidade e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que redefiniram as competências e o papel da força de trabalho. Esses avanços demonstram o potencial da Indústria 4.0 para revolucionar a logística e abrir caminho para inovações contínuas e melhorias no futuro. Com a adoção dessas tecnologias, as empresas no setor pneumático estão mais bem preparadas para enfrentar os desafios do mercado global e se posicionar competitivamente na era digital.

REFERÊNCIAS

COOPER, R.; SHINDLER, S. Métodos de pesquisa em administração. 12ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

GIMENEZ, D. M e SANTOS, A. L. Indústria 4.0, manufatura avançada e seus impactos sobre o trabalho. Unicamp, Instituto de Economia, Textos para discussão no. 371, 2019.

CORRÊA, H. L. **Administração de Cadeias de Suprimentos e Logística - Integração na Era da Indústria 4.0**. São Paulo: Grupo GEN, 2019.

SACOMANO, J. B. et al. Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

MORAES, R. S. **Indústria 4.0: impactos sociais e profissionais**. São Paulo: Editora Blucher, 2020.

AMORIM, F. B; TOMAÉL, M. Gestão da informação e gestão do conhecimento na prática organizacional: análise de estudos de casos. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v. 8, n. 2, p. 1-22, jan./jun. 2011.

PAOLESCHI, B. LOGÍSTICA INDUSTRIAL INTEGRADA: DO PLANEJAMENTO, PRODUÇÃO, CUSTO E QUALIDADE À SATISFAÇÃO DO CLIENTE. 3º. ED. REV. E ATUAL. [S. L.]: EDITORA ÉRICA, 2009.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo, Editora Atlas, 2001.

PACHECO, Tiago R; REIS, J. LOGÍSTICA 4.0: Uma Breve Revisão da Bibliográfica.
[s.l.], v. 605, p. VII–VIII, 2018.