



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



LOGISTICS INTERNET OF THINGS – LIoT: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

VITÓRIO DONATO - vitorio.donato2@gmail.com
CENTRO UNIVERSITARIO SENAI CIMATEC - SALVADOR-BA

DOUGLAS GOMES DE MAGALHÃES – douglas.magalhaes@fieb.org.br
CENTRO UNIVERSITARIO SENAI CIMATEC - SALVADOR-BA

MICHEL DE JESUS PINTO – michel.pinto@fieb.org.br
CENTRO UNIVERSITARIO SENAI CIMATEC - SALVADOR-BA

MAÍRA SILVA ANDRADE - maira.andrade@fieb.org.br
CENTRO UNIVERSITARIO SENAI CIMATEC - SALVADOR-BA

MATHEUS DANTAS SAMPAIO – matheus.sampaio@fieb.org.br
CENTRO UNIVERSITARIO SENAI CIMATEC - SALVADOR-BA

ÁREA: 2. LOGÍSTICA

SUBÁREA: 2.3 – PROJETO E ANÁLISE DE SISTEMAS LOGÍSTICOS

RESUMO: A INTERNET DAS COISAS (IOT) EMERGIU DOS AVANÇOS DE VÁRIAS ÁREAS COMO SISTEMAS EMBARCADOS, MICROELETRÔNICA, COMUNICAÇÃO E SENSORIAMENTO. O PROPÓSITO INICIAL DE ADOTAR A IOT EM PROJETOS LOGÍSTICOS VEM DA NECESSIDADE DE AUTOMATIZAR PROCESSOS E BAIXAR CUSTOS, PORÉM ISTO VEM ACONTECENDO MUITAS VEZES DE FORMA ISOLADA E AD HOC. O AUMENTO EM ESCALA DAS CONEXÕES DAS OPERAÇÕES LOGÍSTICAS, ESTÁ EXIGINDO NOVAS ABORDAGENS PARA A CONSTRUÇÃO DAS REDES DE SUPRIMENTO, PORÉM É IMPORTANTE TER UM PADRÃO MAIS VOLTADO PARA A ATIVIDADE FIM. DESTA FORMA, ESTE TRABALHO SE PROPÕE EM DEFINIR OS CONCEITOS QUE NORTEARÃO A INTERNET DAS COISAS PARA A ÁREA DA LOGÍSTICA. O MÉTODO UTILIZADO FOI A PESQUISA EXPLORATÓRIA QUALITATIVA, BEM COMO A APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS DE CASO. O PRINCIPAL RESULTADO ALCANÇADO FOI A ELABORAÇÃO DE UM PROTOCOLO PARA SER UTILIZADO COMO GUIA NA IMPLANTAÇÃO DA INTERNET LOGÍSTICA DAS COISAS, A LIOT.

PALAVRAS-CHAVES: INTERNET DAS COISAS; SMART LOGISTIC; LOGÍSTICA CONECTADA.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Cisco *Internet Business Solutions Group* (IBSG), a criação da internet das coisas é o momento exato em que foram conectados à internet, mais “coisas ou objetos” do que pessoas. O IBSG já previa que haveria cerca de 50 bilhões de dispositivos conectados à internet em 2020 (EVANS, 2011).

A Internet das Coisas (IoT) descreve uma rede de objetos físicos incorporados à rede por meio de sensores, atuadores, controladores, software e outras tecnologias, com o objetivo de conectar e trocar dados com dispositivos comuns através do uso da internet. Esses dispositivos variam de objetos domésticos comuns, a dispositivos sofisticados como máquinas industriais.

Como exemplo, podem ser citados os chips de baixa potência, chamados etiquetas RFID, que foram usadas pela primeira vez para rastrear equipamentos. À medida que os dispositivos de computação diminuíram de tamanho, dando origem a variados itens (dentre eles os microchips), os sistemas tornaram-se visíveis, já que as conexões ficaram mais rápidas, baratas e mais eficientes.

Com o barateamento dos chips e o desenvolvimento das telecomunicações de banda larga, o acesso de bilhões de dispositivos à internet ficou mais fácil. Isso significou que dispositivos do dia a dia, como TVs, aspiradores, carros e máquinas, passarão a usar sensores para coletar dados e receber inputs dos usuários. A Oracle (2024), em um levantamento feito, diz que em 2015 havia mais de 7 bilhões de dispositivos IoT conectados, 10 bilhões em 2020 e os especialistas esperam que esse número cresça para 22 bilhões até 2025.

O custo de integrar a capacidade computacional a objetos comuns diminuiu consideravelmente ao longo do tempo. Por exemplo, hoje se pode adicionar conectividade com recursos de serviços de voz, Alexa, a MCUs com menos de 1 MB de RAM incorporada, esta ação pode acionar interruptores de energia (AMAZON, s.d.).

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um método para organizar a internet logística das coisas contribuindo com a disseminação da necessidade de uma maior conexão entre os dispositivos comuns que atuam nas cadeias de suprimento. Para validação do método, foi realizado o acompanhamento de quatro aplicações em linhas de produção em diferentes segmentos produtivos, todos inseridos em ambientes de manufatura enxuta.

2. REVISÃO TEÓRICA

Para fundamentar a teoria desenvolvida, foi feita uma revisão teórica abordando alguns temas norteadores, sendo estes temas: a Internet das Coisas (IoT), a Internet Industrial das Coisas (IIoT), o *Overall Logistics Efficiency* (OLE) e Resistência aos Fluxos Logísticos.

2.1 A Internet das Coisas - IoT

A expressão '*Internet of Things*' (IoT) surgiu em 1999, com Kevin Ashton que estabeleceu a base para o que seria a Internet das Coisas (IoT) em um laboratório de AutoID no MIT. Dez anos depois ele escreveu o artigo “A Coisa da Internet das Coisas” para o *RFID Journal*, sendo que em janeiro de 2005, o *Walmart* e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos exigiram que os fornecedores utilizassem etiquetas *RFID* nos paletes de seus produtos para o controle de estoque. A Internet das Coisas, nada mais é que uma extensão da internet atual (GOMES & CAMEIRA, 2018).

A IoT se refere à interconexão digital de objetos do cotidiano com a internet. É uma tecnologia que possibilita que objetos do dia a dia (quaisquer que sejam) se conectem à Internet (EVANS, 2011). Quando se fala em IoT logo se pensa em tecnologia, e quando se pensa em tecnologia o que vem a memória é o uso intensivo de computadores. A conexão com a rede mundial de computadores viabilizará, primeiro, controlar remotamente os objetos e, segundo permitir que os próprios sejam acessados como provedores de serviços (SANTOS *et al.* 2015).

Quando os projetos de IoT utilizavam baixa conectividade, os dispositivos, em sua maioria, não tinham uma boa conexão com a internet. Isto mudou a partir da ação de programadores, desenvolvedores e pessoas da área de tecnologia, que fizeram com que os equipamentos ganhassem a habilidade de fazer algumas novas ações sem que fosse necessário interagir neles fisicamente.

Desta forma, um computador ou um smartphone, por exemplo, não estão dentro do conceito IoT, já que são projetados para utilização *on-line*, diferente de empilhadeiras, rebocadores, esteiras, paletes entre outras dezenas de objetos que não são produzidos com esta configuração.

Nos últimos anos, a IoT se tornou uma das tecnologias mais importantes do século XXI. Agora que se pode conectar objetos do cotidiano (eletrodomésticos, carros, termostatos, babás eletrônicas) à *internet*, por meio de dispositivos incorporados, é possível uma comunicação perfeita entre pessoas, processos e outras coisas. Todo um setor surgiu com foco em equipar as casas, empresas e escritórios com dispositivos IoT.

2.1.1 SENSORES, CONTROLADORES E ATUADORES

Sensores são dispositivos eletrônicos, mecânicos ou ópticos projetados para detectar e medir informações específicas do ambiente ao seu redor. Eles convertem sinais físicos, como temperatura, pressão, luz, movimento, umidade ou outras grandezas, em sinais elétricos ou digitais que podem ser facilmente processados, transmitidos ou utilizados para controle em sistemas eletrônicos (WEG, 2024).

Controladores, podem ser do tipo PLC (controladores lógico programáveis), microcomputadores, microcontroladores. Os dispositivos controladores recebem dados de sensores, processa-os e transmite via rede de comunicação para sistemas computacionais de interação com usuários ou banco de dados. Essa informação também pode ser tratada matematicamente para inferir uma variável secundária, ou definir qual a resposta equivalente será dada pelo atuador (THERBA, s.d.).

Atuadores são dispositivos ou componentes que convertem um sinal de controle, geralmente elétrico, hidráulico ou pneumático, em uma ação física ou movimento mecânico. Eles são utilizados em uma variedade de aplicações para controlar ou alterar o estado físico de um sistema, como abrir ou fechar uma válvula, mover um braço robótico, girar uma roda, ou realizar outras ações mecânicas (UNIVAL, 2020).

2.2 A Internet Industrial das Coisas - IIoT

A IIoT - *Industrial Internet of Things*, pode ser vista como uma extensão da IoT ao contexto industrial, em que diversos dispositivos industriais (máquinas e computadores) se encontram ligados à internet. É também importante realçar que IoT e IIoT apresentam diferenças entre si, especialmente em termos de segurança. Se faz necessário uma sistematização dessas diferenças em diversos conjuntos, sendo eles: foco, prioridade, implicações de segurança, reação a ameaças, atualizações, ciclo de vida dos dispositivos e condições de utilização (FERNANDES, 2024).

A Internet Industrial das Coisas permite que as indústrias repensem os atuais modelos de gestão da produção. A geração de informações e conhecimento acionáveis a partir de dispositivos IIoT, por exemplo, permite a criação de um ecossistema de compartilhamento de dados, em tempo real, com novos fluxos e desenvolvimento de tecnologias.

Dados agregados e sensores ativos em tempo real são fontes de informação que podem ser "consultadas" por meio de recursos integrados, e tarefas podem ser executadas em campo

através de sistemas que atuam diretamente nos processos, como; máquinas, robôs, esteiras, entre outros.

O objetivo da IIoT é gerar resultados, tais como: redução de custos; aumento de produtividade e ganhos em escala; além de melhoria dos produtos, a partir da aplicação de uma rede de computadores inteligentes, dispositivos e objetos que coletam, através de sensores, e compartilham grandes quantidades de dados (CONTE & ARAUJO, 2020).

2.3 Overall Logistics Efficiency - OLE

O aumento da eficiência da produção se dá a partir da minimização dos desperdícios. Segundo Santos *et al.* (2020), o OLE tem a finalidade de monitorar os parâmetros de desempenho e qualidade dos recursos logísticos disponíveis (máquinas, mão-de-obra e materiais) a partir de três fatores:

- a) Utilidade: porcentagem de tempo que a força de trabalho gasta fazendo contribuições eficazes, sendo o tempo que o colaborador está disponível no trabalho;
- b) Performance: quantidade de produto entregue, medido pelo tempo que o colaborador trabalhou;
- c) Qualidade: a porcentagem de produto perfeito ou vendável foi produzido.

Esta ferramenta é capaz de reduzir os custos e identificar possibilidades de melhorias a serem implementadas para o aumento da produtividade

Deste modo, o OLE é calculado de acordo com a Equação 1.

$$OLE = \frac{TO}{TE} \quad (1)$$

Na Equação 1 o *TO* é o tempo operacional e o *TE* é o tempo de estagnação no processo logístico. Com esta análise, é possível identificar a eficiência global da atividade logística no processo, utilizando os parâmetros do Quadro 1.

QUADRO 1 - Classificação do indicador OLE

OLE (%)	Considerações
$\leq 40\%$	Processo com perdas consideráveis, requer ação imediata nos pontos críticos.
$40\% > OLE \leq 50\%$	Processo apresentando perdas significativas, porém requer ação nos pontos com baixo desempenho.
$50\% > OLE \leq 65\%$	Considera-se um processo aceitável com pontos de melhoria a serem considerados.
$65\% > OLE \leq 75\%$	Processo apresentando um bom desempenho com margem a melhorias.
$75\% > OLE \leq 85\%$	Processo com elevado desempenho.
$> 85\%$	Equivalente à empresa classe mundial.

Fonte: Santos *et al.*, 2020.

2.4 Resistência aos Fluxos Logísticos

A definição de fluxo é a ação e o ato de fluir ou ainda o ato de escoar ou movimento de algo que segue um curso. Quando este fluxo se movimenta de modo ininterrupto, pode-se definir que é um fluxo contínuo. Contudo, o fluxo logístico em um processo de produção que sofre a ação de diversos fatores como variabilidades, inflexibilidades, desperdícios e outras resistências que impactam no movimento/deslocamento ou fluxo contínuo, seja em máquinas ou operadores (DONATO & PASSOS, 2014).

FIGURA 1 - Principais fatores de Resistência

Variabilidade	Inflexibilidade	Desperdícios	Resistência aos Fluxos
• Pessoas • Ambiente • Processo • Materiais • Informação	• Layout • Hábitos e práticas • Setup • Configuração • Limitação	• Movimento desnecessário • Transporte em excesso • Superprodução • Estoque em processo • Espera • Processamento excessivo • Retrabalho de qualquer natureza • Intelecto	• Grau de satisfação do empregado • Legislação • Reuniões • O sistema não possui processo puxador • JIT não implantado • A TRF não é adequada • Takt desajustado • Processos não padronizados

Fonte: Donato & Passos, 2014.

Deste modo, com base nos fatores de resistência apresentados na Figura 1, é possível verificar a resistência imposta pelo processo logístico fazendo uso da “Matriz de Resistência aos Fluxos” (Quadro 2), na qual observa-se quanto as dimensões: segurança, logística reversa, recebimento/descarregamento, eficiência operacional e operações de abastecimento. O Quadro 2 apresenta um exemplo da dimensão “segurança”, aplicada na Matriz de Resistência aos Fluxos.

QUADRO 2 - Exemplo de Matriz de Resistência aos Fluxos: fator segurança

CONDIÇÃO S=Sim; N=Não; P=Parcial; NA=Nenhuma das alternativas				FATORES DE RESISTENCIA AOS FLUXOS LOGÍSTICOS NO ABASTECIMENTO DO GERAL	Body	PRODUTO		
S	P	N	NA			ÍNDICE RESISTÊNCIA	PONDERAR? 1 (Sim) / 0 (Não)	PONTUAÇÃO
SEGURANÇA						7	8	17,50
				SE1 – Segurança industrial		3	4	
	x			O sistema de presença dos equipamentos de movimentação é eficiente?	Positivo	0,5	1	
		x		As vias de acesso à produção são exclusivas para materiais?	Positivo	1	1	
	x			A frota de abastecimento do Body é adequada as vias?	Positivo	0,5	1	
		x		Os limites de velocidade dentro do Body estão definidos?	Positivo	1	1	
				SE2 – Segurança Operacional		4	4	
		x		As vias nunca são obstruídas com racks?	Positivo	1	1	
		x		Os procedimentos de abastecimento são padronizados?	Positivo	1	1	
		x		Não ocorre congestionamento dos equipamentos de movimentação?	Positivo	1	1	
		x		No Body são mapeadas as OLPP operações logísticas potencialmente perigosas?	Positivo	1	1	

Fonte: Donato & Passos, 2014.

Todas as dimensões aplicadas convergem para um cálculo que mediante à pontuação obtida escalona os dados em um nível de resistência. Quanto maior o valor obtido, maior a resistência aos fluxos logísticos.

3. O MÉTODO

De forma teórica, serão discutidos e verificados por meio de cases, a influência da LIoT para a atividade logística, bem como trazer os conceitos e definições, no formato de uma pesquisa descritiva.

Quanto à abordagem do problema, qualifica-se como uma pesquisa exploratória qualitativa, uma vez que visa abordar análises profundas em relação ao objeto de estudo, não aplicando instrumentos estatísticos como base para análise do fenômeno, e sim, análises características, que não seriam observadas através do uso da estatística. O artigo desenvolvido é também um estudo de múltiplos casos, mais precisamente sobre inovação de processos em duas empresas do ramo automotivo, uma processadora de polímeros e uma de autopeças.

Para alcançar os objetivos da pesquisa, a metodologia é composta de dois blocos de ações, a saber: (i) propor o conceito, termos e definição de um protocolo e (ii) apresentar quatro casos reais onde foi aplicado o método proposto. Ambas as ações serão descritas, nas seções a seguir.

3.1 O conceito desenvolvido

Os princípios-chave da automação incluem a utilização de sensores para coletar dados em tempo real, para que a tomada de decisões seja baseada em dados por meio de algoritmos, e a ação ser executada por atuadores. Esses princípios permitem que os sistemas automatizados monitorem, controlem e ajustem processos de forma eficiente sem a necessidade da interferência humana.

Como a IoT permite a conexão de diversos dispositivos comuns à internet, que torna possível a coleta, o armazenamento e a análise de dados em tempo real, isso significa que este conceito pode ser levado para as atividades logísticas, e, desta forma, pode ser aprimorada em muitos aspectos, melhorando a gestão, a segurança e a eficiência, e desta forma criar a LIoT.

A *Logistics Internet of Things* - LIoT, descreve uma rede de equipamentos e veículos onde sensores podem ser incorporados, conectados a software e outras tecnologias com o objetivo de se conectarem e trocar dados entre os dispositivos e sistemas, utilizando a internet. Esses dispositivos variam de objetos comuns da atividade logística (esteiras, paletes, transelevadores, rebocadores, empilhadeiras e outros tipos de embalagens), a equipamentos sofisticados como desktop, celulares etc. A Figura 2 apresenta a complexidade da arquitetura de uma rede LIoT.

FIGURA 2 – Arquitetura da LIoT.



Fonte: De autoria própria, 2024.

Com as aplicações LIIoT baseadas na nuvem, empresas podem aprimorar rapidamente os processos existentes nas cadeias de suprimentos como atendimento ao cliente, recursos

humanos e serviços financeiros. Não havendo necessidade de recriar processos de negócios inteiros. As principais vantagens são:

- **Automação de tarefas com tecnologias aplicadas com LIIoT** - A capacidade da LIIoT de fornecer informações oriundo de sensores e ativar a comunicação entre dispositivos;
- **Melhoria da eficiência por meio do monitoramento das máquinas** - As máquinas podem ser monitoradas e analisadas continuamente para garantir o desempenho dentro das tolerâncias exigidas. Um exemplo disso é o uso de dispositivos para ativos conectados à rede LIIoT, para monitorar a saúde de veículos e acionar chamadas de serviço para manutenção preventiva;
- **Melhoria no rastreamento e a restrição de ativos físicos** - O rastreamento permite que as empresas determinem rapidamente a localização dos ativos, por meio da rede LIIoT;
- **Uso de dispositivos vestíveis** - Os dispositivos vestíveis é uma das opções do LIIoT por permitir que os operadores entendam melhor a situação da operação logística. Essa tecnologia também permite que as empresas os rastreiem;
- **Visibilidade aprimorada da cadeia de suprimentos:** A LIIoT fornece uma visão holística da cadeia de suprimentos, desde o fornecedor até o cliente final. Isso facilita a identificação de gargalos, otimização de rotas e tomada de decisões mais assertivas.

Com sensores conectados aos elementos comuns da atividade logística, supervisionados por softwares, consegue-se acompanhar as informações transmitidas e conferir, com aplicativos específicos, qual é o melhor roteiro para prosseguir, e, dessa forma, evitar atrasos gerados por congestionamentos, acidentes etc. Como também pode-se utilizar no reabastecimento das linhas de produção, fazendo com que a atividade se desenvolva de forma autônoma.

3.2 O Protocolo

Para ter sucesso na implantação do LIIoT é necessário seguir um protocolo que inicia com a identificação do nível de prontidão do processo que será transformado. Em seguida deve ser realizada a análise da eficiência do processo logístico (OLE) e finalmente a análise das resistências aos fluxos logísticos.

3.2.1 IDENTIFICAÇÃO DO NÍVEL DE PRONTIDÃO

Nesta etapa foi desenvolvido um modelo de diagnóstico (Figura 3) com o objetivo de

identificar o “estado de prontidão” do processo estudado e desta forma verificar o nível de dificuldade para a transição do estado presente para o nível digital.

FIGURA 3 – Modelo de avaliação da prontidão para implantação do LIIoT

CONDIÇÃO S=Sim/ N= Não/ P= Parcial/ NA= Nenhuma das alternativas				AVALIAÇÃO DA PRONTIDÃO PARA IMPLANTAÇÃO DO LIIoT	SENTIDO DA RESPOSTA	PRODUTO		
						ÍNDICE DE PRONTIDÃO	PONDERAR? 1 (Sim)/ 0 (Não)	PONTUAÇÃO
OPERAÇÕES LOGÍSTICAS						7	12	11,67
S	P	N	NA	OL1 - Operações padronizadas		2	4	
	x			1. Práticas alinhadas com as especificações?	Positivo	0,5	1	
	x			2. Instruções de trabalho implantadas?	Positivo	0,5	1	
	x			3. Execução de acordo com o padrão?	Positivo	0,5	1	
	x			4. Práticas de acordo com as melhores práticas?	Positivo	0,5	1	
S	P	N	NA	OL2 - Processos Lean		3,5	4	
		x		1. A empresa adota procedimentos segundo a metodologia lean?	Positivo	1	1	
	x			2. A empresa busca eliminar os oito desperdícios?	Positivo	0,5	1	
		x		3. A empresa realiza análise de valor agregado?	Positivo	1	1	
		x		4. A empresa utiliza o lean logistic?	Positivo	1	1	
S	P	N	NA	OL3 - Fator Ambiental		1,5	4	
		x		1. A empresa emprega critérios de logística verde?	Positivo	1	1	
x				2. A empresa tem sistema de coleta de resíduos implantado?	Positivo	0	1	
x				3. O manuseio da coleta de resíduos é adequado?	Positivo	0	1	
	x			4. A manipulação dos materiais é realizada de forma efetiva?	Positivo	0,5	1	
GESTÃO OPERACIONAL						5	9	11,11
S	P	N	NA	GEO1 - Fator de disponibilidade e utilização de equipamentos		2	4	
x				1. As paradas são planejadas?	Positivo	0	1	
	x			2. As operações são padronizadas?	Positivo	0,5	1	
	x			3. A manutenção é programada?	Positivo	0,5	1	
		x		4. Os horários de intervalo pré-estabelecidos são respeitados?		1	1	
S	P	N	NA	GEO2 - Infraestrutura e qualidade		2	3	
	x			1. Os materiais disponíveis são de fácil acesso?	Positivo	0,5	1	
		x		2. Existe sistema de abastecimento autônomo?	Positivo	1	1	
	x			3. Os materiais transitam sem obstáculos nas vias?	Positivo	0,5	1	
	x			4. O layout da área produtiva é adequado?				
S	P	N	NA	GEO3 - Fator de automação		1	2	
x				1. Índice de automação é baixo?	Positivo	0	1	
		x		2. As operações são realizadas de acordo com os padrões?				
x				3. O índice de mecanização é baixo?				
		x		4. É utilizado algum indicador, por exemplo de OTIFEF (on time - in full - error free)?	Positivo	1	1	
COMPORTAMENTAL						9	12	15,00
S	P	N	NA	COM1 - Capacitação		3,5	4	
		x		1. Existe plano formal de capacitação?	Positivo	1	1	
		x		2. O nível de escolaridade da equipe é adequado?	Positivo	1	1	
		x		3. O nível técnico é adequado?	Positivo	1	1	
	x			4. A empresa estimula a capacitação?	Positivo	0,5	1	
S	P	N	NA	COM2 - Suporte técnico		3,5	4	
	x			1. O planejamento e controle das manutenções é eficiente?	Positivo	0,5	1	
		x		2. Érealizada análise de eficiência do processo?	Positivo	1	1	
		x		3. Existe sistema de compensação para aumento da eficiência?	Positivo	1	1	
		x		4. Utiliza-se sistema para controle de chamados?	Positivo	1	1	
S	P	N	NA	COM3 - Atuação pessoal		2	4	
		x		1. A empresa adota sistema de reconhecimento de desempenho?	Positivo	1	1	
	x			2. A empresa monitora atos inseguros?	Positivo	0,5	1	
		x		3. A empresa prioriza o desenvolvimento técnico pessoal?	Positivo	0	1	
	x			4. A empresa estimula ideais de inovação?	Positivo	0,5	1	

Fonte: De autoria própria, 2024.

4. ESTUDO DE CASO

Os nomes das empresas foram preservados por tratar-se de processos reais de PDI – Programa de Desenvolvimento Industrial, e, para os quais, foram firmados acordos de sigilo. Foram acompanhados quatro casos de implantação de tecnologias consideradas como LIIoT em empresas de diversos ramos de atividades.

O Quadro 3 apresenta um panorama de todas as empresas estudadas e esta avaliação foi realizada antes e depois das tecnologias implantadas, e demonstra que em todos os casos, apresentou evolução. No item eficiência do processo logístico houve evolução nos casos acompanhados.

Já quanto as resistências aos fluxos logísticos, estes tiveram uma queda acentuada nos quatro casos avaliados, quanto menor as resistências, melhor.

Finalmente quanto ao nível de prontidão, o operador logístico apresentou o melhor ambiente para realizar a transformação para um ambiente digital, ou uma logística 4.0, conforme observado no Quadro 3.

QUADRO 3 – Indicadores das empresas estudadas

Empresa	Eficiência do processo logístico (antes)*	Eficiência do processo logístico (depois)*	Resistência aos fluxos logísticos (antes)**	Resistência aos fluxos logísticos (depois)**	Nível de prontidão para LIoT
Autopeças	24%	50%	50,5%	25%	20%
Montadora I	19%	47%	58,5	15%	17%
Montadora II	22,8%	67%	47,5	17%	35%
Processadora de polímeros	23%	55%	50%	22%	25%

Fonte: De autoria própria, 2024

*Aplicado indicador OLE. (SANTOS *et al*, 2020)

** para índice de resistência > que 46, os fluxos logísticos são classificados como de alta resistência. (DONATO e PASSOS, 2024).

A seguir serão detalhadas as tecnologias LIoT aplicadas, e avaliadas a efetividade por meio de estudos de caso.

4.1 Indústria de Autopeças

A empresa em estudo é composta de 12 galpões, onde cada galpão prepara produtos que serão utilizados nos demais processos da empresa. A característica logística nesta empresa é o uso de rebocadores e empilhadeiras para fazer a movimentação interna (com percursos de até 1 km de extensão). O problema era a falta de comunicação em tempo real entre o sistema de movimentação e as áreas operacionais, acarretando esperas e viagens improdutivas. O Quadro 4 apresenta as tecnologias de LIoT implantadas para melhorar a eficiência do processo.

QUADRO 4 – Nível de tecnologias LIoT da indústria de autopeças

Tecnologias LIoT	Antes		Depois	
	Não aplicava	Uso moderado	Uso regular	Uso intensivo
Sensoriamento dos equipamentos de	X			X

movimentação				
Sistema de roteamento	X			X
Código de barra		X		X
Sensores	X			X

Fonte: De autoria própria, 2024.

4.2 Montadora I

O problema nesta empresa era o excesso de peças no *line side* devido uso do sistema de abastecimento empurrado. A montadora 1 possui 4 áreas de produção composta de galpões com uma distância, entre eles, de até 2km. Duas áreas são utilizadas para preparar peças que serão utilizadas no *trim shop*. Em outro galpão foi instalado o supermercado de peças. A característica da logística de abastecimento é o uso de rebocadores para fazer a coleta de peças e as reposições na linha de produção. No Quadro 5 são apresentadas as tecnologias de LIIoT aplicadas para melhorar a eficiência do processo.

QUADRO 5 – Nível de tecnologias LIIoT da montadora I

Tecnologias LIIoT	Antes		Depois	
	Não aplicava	Uso moderado	Uso regular	Uso intensivo
Sistema de roteamento		X		X
Uso de código de barra		X		X
Uso de sensores		X		X
Sistema de supermercado com pick by light	X			X

Fonte: De autoria própria, 2024

4.3 Montadora II

Nesta empresa estava implantado estoque para no máximo 4hs, sendo que o pulmão era reabastecido por meio do sistema *just in time*, porém devido o tempo de portaria para liberação (cerca de 45min/veículo), provocava fila e atraso no abastecimento do pulmão. Estes problemas geraram o aumento automático do volume de peças, chegando a 24hs de pulmão. O Quadro 6 mostra o nível de tecnologias LIIoT da empresa.

QUADRO 6 – Nível de tecnologias LIIoT da montadora II

Tecnologias LIIoT	Antes		Depois	
	Não aplicava	Uso moderado	Uso regular	Uso intensivo
Sistema de monitoramento		X		X
Uso de código de barra		X		X
Uso de sensores		X	X	

Fonte: De autoria própria, 2024

4.4 Processadora de Polímeros

A empresa apresentava o processo de abastecimento da linha de produção totalmente manual, onde o abastecimento das células de produção utilizava tração humana (*rack* empurrados). Porém ocorreu o crescimento do mercado consumidor e para atender a demanda foi planejada a mecanização e automação da atividade logística de abastecimento das células de produção. O Quadro 7 mostra o nível de tecnologias da empresa em questão.

QUADRO 7 – Nível de tecnologias LIoT da processadora de polímeros

Tecnologias LIoT	Antes		Depois	
	Não aplicava	Uso moderado	Uso regular	Uso intensivo
Sistema de abastecimento mecanizado		X		X
Uso de rack com código de barra	X			X
Uso de sensores de presença em esteiras	X			X
Uso de transelevador	X			X

Fonte: De autoria própria, 2024

5. RESULTADOS

O uso do LIoT permite o uso de dados (capturados por meio de sensores LIoT), e armazenados na nuvem que serão utilizados para analisar o processo. Usando painéis e alertas a LIoT, em tempo real, pode obter visibilidade e alimentar os principais indicadores de desempenho, realizar estatísticas do tempo médio entre falhas e outras informações. Os algoritmos baseados em *machine learning* puderam identificar anomalias no processo e enviar alertas aos usuários e até mesmo acionar correções automatizadas ou medidas proativas.

5.1 Benefícios observados

As organizações estudadas que utilizaram dispositivos e sensores nos processos logísticos, tiveram ganhos nos seguintes setores:

- **Frotas** - o monitoramento dos equipamentos permitiu a manutenção proativa quando os sensores detectam uma falha iminente. Os sensores podem medir quando o equipamento está comprometido. Isso permitiu que as transportadoras reduzissem os custos operacionais, melhorando o tempo de atividade e o gerenciamento do desempenho dos ativos;
- **Processo Produtivo** - Além dos benefícios da aplicação da LIoT nas linhas de produção, os sensores puderam detectar falhas iminentes de reposição de estoque, alertar reposições e realizar recomendações. Graças às informações coletadas pelas aplicações baseadas na LIoT, as empresas puderam entender mais sobre como manter os estoques em movimento;

- **Cadeias de Suprimento** - Frotas transportando ativos podem ser redirecionadas com base na disponibilidade graças aos dados de sensores de LIIoT. Os estoques em si também puderam ser equipados com sensores para monitoramento e rastreamento;
- **Estoques** - As aplicações de LIIoT permitiu que as empresas gerenciem os estoques, otimizando a cadeia de suprimentos e reduzindo os custos operacionais. Por exemplo, embalagens equipadas com sensores puderam coletar informações e enviar os dados para a plataforma LIIoT no intuito de monitorar automaticamente o estoque e acionar alertas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A LIIoT está reinventando a atividade logística, permitindo a conexão de dispositivos, que não foram projetados com esta finalidade, com a rede de computadores. Com a aplicação da LIIoT, as empresas podem controlar seus equipamentos remotamente, por exemplo, acessando remotamente dados de produção. Dada a capacidade da LIIoT de habilitar a comunicação, dispositivo a dispositivo, os operadores poderão reservar seus próprios compromissos de serviço quando necessário.

O equipamento conectado permite que empresas de logística viam os processos de cabeça para baixo. Anteriormente, as empresas mantinham procedimentos convencionais com acionamentos manuais, e a relação das empresas com a IA não passava do uso de sistema ERP e alguns coletores. Com a conexão dos equipamentos comuns, a atividade logística pode ter um relacionamento contínuo com seus ativos.

A LIIoT permite que os processos atualizem seus dados continuamente com o uso de sensores e softwares, uma diferença radical em relação ao modelo de gestão tradicional, no qual os equipamentos não interagem com os operadores e as operações dependiam de planilhas.

Porém alguns cuidados devem ser considerados na implantação de dispositivos LIIoT, são eles:

- **Qualidade dos equipamentos:** equipamentos de baixa qualidade pode levar a paralisação das operações, então certificar-se de que o sistema seja da melhor qualidade;
- **Etapas da implantação:** Uma integração gradual de sistemas automatizados também permite a distribuição de investimentos com o tempo;
- **A integração da automatização dos processos:** deve ser passo a passo, e lentamente ir aumentando a performance de processamento;

- Segurança: criar protocolos de segurança para evitar a possibilidade de invasão do sistema operacional gerando paralização.

REFERÊNCIAS

AMAZON. **O que é IoT (Internet das Coisas)**. AWS Amazon. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/iot/#:~:text=O%20custo%20de%20integrar%20>. Acessado em 10 de junho 2024.

CONTE, G. Y. C.; ARAUJO, G. J. F. de. (2020). **A internet da indústria das coisas: oportunidades e ganhos potenciais**. Ágora: Revista de divulgação científica, 25, 1–17. <https://doi.org/10.24302/agora.v25i0.2017>

DONATO, V.; PASSOS, F. U. **Proposta e aplicação de um método, baseado no contexto das linhas de transporte de menor resistência, para qualificar cadeias logísticas de distribuição como uma cadeia verde**. RECC – Revista Eletrônica Científica do CRA-PR, v. 2, n. 2, p. 47-61, Paraná, 2014.

EVANS, D. **Internet de las cosas: Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo**, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). 2011. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf. Acessado em 14 de junho 2024.

FERNANDES, P. **Internet Industrial das Coisas - Uma breve reflexão sobre os benefícios da sua utilização no âmbito do processo produtivo**. Universidade de Coimbra, 2024.

GOMES, L. L. A; CAMEIRA, R. F. **Internet Of Things: Conceitos e Aplicações Baseadas em uma Revisão Bibliográfica**. XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2018.

ORACLE. **Gerenciamento de Cadeia de Suprimentos: Internet das Coisas**. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/internet-of-things/what-is-iot/>. Acessado em: 14 de junho de 2024.

SANTOS, C. C. R.; DONATO, V.; CARVALHO, L. S. de; RUSSEL, R. de O. M.; **A Importancia do Indicador de Eficiência da Atividade Logística: Overall Logistics Efficiency – OLE**. Revista Mundo Logística. N:78, ano XIII, set/out 2020. Disponível em: <https://www.revistamundologistica.com.br>. Acesso em: 5 mar. 2024.

SANTOS, B. P. *et al.* **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG, 2015.

SOUSA, L. R. **Analytics: Fatores Críticos de Sucesso em Implementações Organizacionais**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade de São Paulo (USP), 2017.

THERBA. **Controladores para Máquinas Industriais**. Disponível em: <https://www.therba.com.br/controladores-para-maquinas-industriais>. Acessado em 15 de junho 2024.

UNIVAL. **O que é um atuador?**. Disponível em: <https://unival.com.br/valvulas-pt/o-que-e-um-atuador/>. Acessado em 15 de junho 2024.

WEG. **O que são sensores industriais e por que eles são importantes para a automação industrial**. Disponível em: <https://www.weg.net/digital/blog/o-que-sao-sensores-industriais/>. Acessado em 15 de junho 2024.

Y. Song, F. R. Yu, L. Zhou, X. Yang and Z. He. **Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey**. IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 6, pp. 4250-4274, 15 March 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3034385.