

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG
CURSO DE GESTÃO EM OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SANTIAGO NAZARENO PEREZ

A logística 4.0 na gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros
Navais

PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*

RIO DE JANEIRO, RJ
2024

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO

SANTIAGO NAZARENO PEREZ

A logística 4.0 na gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais

Autorizo que o presente artigo científico apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* da FURG, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística, e aprovado pelos professores responsáveis pela orientação e sua aprovação, seja utilizado para pesquisas acadêmicas de outros participantes deste ou de outros cursos, a fim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

TÍTULO: A logística 4.0 na gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais

AUTOR: SANTIAGO NAZARENO PEREZ
ORIENTADOR: Dr. JORGE TELLO-GAMARRA

RESUMO

A pesquisa aborda a integração da Logística 4.0 e da Internet das Coisas (IoT) na gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais, explorando os benefícios e desafios dessa implementação. O objetivo é demonstrar como essas tecnologias podem otimizar a eficiência operacional, sustentabilidade e capacidade de resposta das operações logísticas militares. A metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica, com análise de artigos científicos e estudos de caso sobre Logística 4.0 e IoT. Os resultados indicam que a aplicação dessas tecnologias permitem obter redução de custo operacional, além de automação e eficiência, tudo isso como resultado da inter-relação de conectividade e comunicação, segurança e privacidade de dados, análise e previsão de dados, rastreabilidade e transparência, manutenção preditiva e sustentabilidade e redução de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Logística 4.0, Internet das Coisas, IoT, gestão de frotas, Fuzileiros Navais.

A LOGÍSTICA 4.0 NA GESTÃO DE FROTAS DE VEÍCULOS DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

E-mail: perezsantiagonazareno@gmail.com

Declaro que sou autor(a)¹ deste Trabalho de Conclusão de Curso. Declaro também que o mesmo foi por mim elaborado e integralmente redigido, não tendo sido copiado ou extraído, seja parcial ou integralmente, de forma ilícita de nenhuma fonte além daquelas públicas consultadas e corretamente referenciadas ao longo do trabalho ou daqueles cujos dados resultaram de investigações empíricas por mim realizadas para fins de produção deste trabalho.

Assim, declaro, demonstrando minha plena consciência dos seus efeitos civis, penais e administrativos, e assumindo total responsabilidade caso se configure o crime de plágio ou violação aos direitos autorais. (Consulte a 3ª Cláusula, § 4º, do Contrato de Prestação de Serviços).

1. INTRODUÇÃO

A Logística 4.0 representa a evolução dos sistemas logísticos tradicionais, impulsionada pela digitalização e pela implementação de sistemas ciber-físicos (CPS). Segundo Quadrini *et al.*, (2020), essa transformação permite maior flexibilidade, velocidade e qualidade nas operações logísticas. A digitalização facilita a interconexão de diferentes componentes do sistema, melhorando a tomada de decisões em tempo real (SILVA *et al.*, 2018).

O IoT, componente essencial da Logística 4.0, possibilita a coleta e análise de dados em tempo real por meio de sensores conectados e dispositivos inteligentes. Martin-Tricot *et al.*, (2021) destacam que o IoT melhora o controle e a supervisão dos processos industriais, crucial na gestão de frotas de veículos. Sensores IoT podem monitorar parâmetros como localização do veículo, estado do motor e consumo de combustível, fornecendo informações valiosas para otimizar rotas e manutenção (PEREIRA *et al.*, 2022).

No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios, como a segurança dos dados e a interoperabilidade entre diferentes sistemas e tecnologias. Além disso, a crescente conectividade dos dispositivos IoT aumenta o risco de ciberataques, comprometendo a integridade dos dados e a operação dos sistemas logísticos (Martin-Tricot *et al.*, 2021). Portanto, é crucial implementar protocolos de segurança robustos. Além disso, a interoperabilidade requer uma plataforma que consiga integrar e coordenar diversos tipos de veículos e equipamentos (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Estudos demonstram a eficácia da Logística 4.0 e do IoT na gestão de frotas. Quadrini *et al.*, (2020) mostraram que a interconexão de veículos guiados automatizados (Automated Guided Vehicles - AGV) facilita a integração de diferentes equipamentos e melhora a eficiência operacional. De maneira semelhante, a aplicação de IoT na gestão de cadeias de suprimentos e logística reversa mostrou melhorias significativas na visibilidade e controle dos processos logísticos (SANTOS *et al.*, 2020).

No contexto militar, a adoção dessas tecnologias pode proporcionar uma vantagem estratégica, permitindo maior capacidade de resposta e adaptabilidade no campo. Operações logísticas eficientes são fundamentais para o sucesso das missões, e a capacidade de gerir uma frota de veículos de maneira eficaz é um componente-chave dessas operações (FERREIRA *et al.*, 2021).

Nas frotas de veículos do corpo de fuzileiros navais, por exemplo, existem vários desafios do ponto de vista logístico. Um deles é a baixa eficiência de todas as tarefas envolvidas nas operações logísticas, tais como, manutenção redundante ou errática dos veículos, seleção de rotas ineficientes, desconhecimento do estado geral dos veículos em termos mecânicos, falta de precisão na lista de materiais que se encontram nos armazéns, desconhecimento das posições dos diferentes atores, entre outros. Dado esses desafios, este estudo tem por objetivo explorar como a Logística 4.0 e o IoT podem otimizar a gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil, destacando os benefícios operacionais e estratégicos dessa integração. Para alcançar tal objetivo o método deste estudo foi a revisão bibliográfica.

A Logística 4.0 e o IoT representam uma evolução significativa na gestão de frotas de veículos, oferecendo benefícios em termos de eficiência operacional, sustentabilidade e capacidade de resposta. A implementação dessas tecnologias no Corpo de Fuzileiros Navais pode melhorar significativamente a eficiência e a efetividade de suas operações logísticas. No entanto, é essencial abordar os desafios de segurança e interoperabilidade para garantir o sucesso dessas implementações. Com planejamento e execução adequados, a Logística 4.0 e o IoT podem transformar a gestão de frotas, proporcionando uma vantagem estratégica nas operações militares.

Além da introdução, este trabalho tem mais 6 Seções. Na Seção 2 e 3 é apresentado o referencial teórico referido à logística 4.0 e Internet das Coisas (IoT), respectivamente. Na Seção 4 é apresentado o método. Na Seção 5 é apresentada a revisão bibliográfica que integra a logística 4.0 e Internet das Coisas (IoT), a qual será a base teórica deste trabalho. Na Seção 6 é discutida a aplicação prática da logística 4.0 e IoT na gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais. O trabalho termina com a Seção 7, considerações finais.

2. A LOGÍSTICA 4.0

Quando se fala em “logística”, muitas vezes é usada a expressão “Cadeia de Suprimentos” ou “Supply Chain” em inglês, mas logística e cadeia de suprimentos são a mesma coisa? Certamente, não. Enquanto a cadeia de suprimentos abrange todo o processo de produção, a logística pertence apenas a um elo dela (SANDBERG, 2007). A cadeia de suprimentos abrange todas as etapas envolvidas na produção e entrega de um produto, desde a aquisição de matérias-primas para produzi-lo até a entrega

do produto ao consumidor. Inclui uma série de processos e atividades que conectam fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas (STANK *et al.*, 2001). A logística é uma parte da cadeia de suprimentos que se concentra no planejamento, implementação e controle eficiente do fluxo e armazenamento de bens e serviços, desde o ponto de origem até o ponto de consumo final. Ou seja, a logística se ocupa especificamente de: transporte, armazenamento, gestão de inventários e pedidos (CHRISTOPHER 2016); agora, com a crescente complexidade das operações logísticas atuais, é ainda mais necessário e até um requisito básico aumentar os níveis de visibilidade e coordenação de processos e atores. Então, são as novas tecnologias digitais que podem atender a essas necessidades ao gerar incrementos sem precedentes na visibilidade, coordenação e desempenho de um processo logístico (CALATAYUD *et al.*, 2019).

Para entender o que é logística 4.0, deve-se levar em conta que esse número “4.0” está relacionado à “era logística” atual. As eras logísticas acompanharam as necessidades logísticas que as eras industriais demarcadas por suas respectivas revoluções requeriam ser satisfeitas (BLOME *et al.*, 2013). Por conseguinte, à medida que surgia uma nova revolução industrial, esta era acompanhada por uma revolução logística. Então, a Primeira Revolução Industrial foi no final do século XVIII com o aparecimento do motor a vapor, dando lugar à Logística 1.0 (L1.0), que evoluiu em torno da mecanização do transporte, tendo como objetivo melhorar a eficiência do transporte (HOFMANN *et al.*, 2019). A Segunda Revolução Industrial foi no início do século XX com o aparecimento da eletricidade e da produção em massa, e quanto à evolução logística (L2.0), absorveu a automação no sistema de transporte para cuidar da eficiência operacional e reduzir os erros manuais (HOFMANN *et al.*, 2019). A Terceira Revolução Industrial foi no início da década de 1970 e é atribuída à utilização da eletrônica, uso das tecnologias da informação e automação; então, a evolução da logística L3.0 ocorreu rapidamente na utilização de um sistema de gestão logística (Logistics Management System - LMS). O LMS ajudou a perceber a eficácia da logística como sistema holístico (LIAO *et al.* 2017).

Agora, a Quarta Revolução Industrial deu lugar à “Indústria 4.0” (I4.0), que é produto do uso de várias tecnologias disruptivas, como ser a Inteligência Artificial (IA), a massificação da robótica industrial em todos os níveis, blockchain, sistemas ciber-físicos (cyber-physical system - CPS), impressão 3D, Internet das Coisas (IoT), digital twins, realidade virtual aumentada etc. (HOFMANN *et al.*, 2019). As tecnologias

disruptivas são utilizadas para fazer com que o sistema seja mais transparente, eficaz e robusto, utilizando para isso a imensa quantidade de dados que se obtêm das diferentes operações (KARISHMA *et al.*, 2024). As “novas tecnologias” estão imersas em todos os processos e influenciam na produção e gestão de serviços, fazendo com que os resultados das operações sejam cada vez mais personalizados (YAQIONG *et al.*, 2018). As tecnologias que impulsionaram esta última revolução começaram a ser utilizadas para a gestão das operações logísticas, introduzindo novas características como flexibilidade, agilidade, colaboração, solidez, transparência, intercâmbio de informação etc., o que ajuda na resiliência das operações logísticas (MARINAGI *et al.*, 2023), entre outras coisas.

Devido ao mercado logístico e ao comportamento do consumidor terem se tornado altamente dinâmicos, incertos e complexos, as redes logísticas requerem novos métodos, produtos e serviços, o que acarreta novos desafios e oportunidades logísticas. Esta situação só pode ser enfrentada com sistemas altamente flexíveis, adaptáveis, com alta proatividade e autogestão, tudo isso integrado graças às novas tecnologias (WANG 2016). Por conseguinte, as velhas operações logísticas tradicionais já deixaram de responder aos requisitos do cliente, o que acarreta uma baixa eficiência neste tipo de operações (LEE *et al.*, 2018) e, se não se consegue adequar os sistemas aos requisitos atuais, estão destinados a prescrever (CHEN *et al.*, 2022).

A Logística 4.0 é um termo coletivo para tecnologias e conceitos de organização da cadeia de valor. Dentro da logística, os CPS (sistemas ciberfísicos) monitoram processos físicos, criam uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas. Através do IoT, os CPS se comunicam e cooperam entre si e com os humanos em tempo real. A Mineração de Dados (data mining - DM) descobre conhecimentos para apoiar o processo de tomada de decisões. Através do Internet of Services (IoS), serviços internos e Inter organizacionais são oferecidos e utilizados pelos participantes da cadeia de valor (WANG 2016).

Atualmente, é possível realizar a análise de Big Data em tempo real de veículos, robôs e veículos autônomos sob demanda, troca de informação em tempo real entre diferentes atores e produtos inteligentes, e uma rede apoiada na nuvem que descreve o ambiente da Logística 4.0 (STRANDHAGEN *et al.*, 2017).

A “Logística Inteligente” tem uma dependência temporal e é impulsionada pela tecnologia e em constante mudança, confiando e utilizando as seguintes aplicações

tecnológicas para alcançar a tão desejada individualização do produto ou serviço e, dessa forma, aproximar as empresas do cliente utilizando: Planejamento de Recursos, Sistemas de Gestão de Armazéns (warehouses management system -WMS), Sistemas de Gestão de Transporte (transportation management systems - TMS), Sistemas Inteligentes de Transporte (Intelligent Transportation Systems - ITS) e Segurança da Informação (BARRETO *et al.*, 2017).

A Logística 4.0 tem seis componentes técnicos próprios, são eles: (1) Identificação (sistemas de Identificação por Radiofrequência (Radio Frequency Identification - RFID)); (2) localização (sistemas de localização em tempo real (real time location systems - RTLS)), combina as funções de identificação de objetos e localização de objetos em tempo real; (3) sensoriamento (Sistema Ciberfísico CPS) que permite a conexão de operações da realidade física com estruturas de computação e comunicação, os sistemas ciberfísicos (CPS) conectam as operações físicas com estruturas de computação, proporcionando maior visibilidade e controle sobre os processos logísticos (LEE *et al.*, 2018); (4) redes (IoT), Supervisiona cada produto em tempo real e gerencia a arquitetura logística (BARRETO *et al.*, 2017); (5) coleta e análise de dados (Big Data e Mineração de Dados), coleta e analisa grandes volumes de dados, como imagens ou vídeos, em tempo real, o uso de Big Data e a mineração de dados permite analisar grandes volumes de informação em tempo real, o que é crucial para a tomada de decisões informadas na logística moderna (BARRETO *et al.*, 2017) e (6) serviço empresarial (IoS Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) Faturamento e Marketing), “IoS é o termo usado para nomear o conceito de oferecer serviços através da Internet para que possam ser combinados em serviços de valor agregado por vários fornecedores” (DOMINGO GALINDO 2016).

O IoT, componente essencial da Logística 4.0, possibilita a coleta e análise de dados em tempo real por meio de sensores conectados e dispositivos inteligentes. Sensores IoT podem monitorar parâmetros como localização do veículo, estado do motor e consumo de combustível, fornecendo informações valiosas para otimizar rotas e manutenção (PEREIRA *et al.*, 2022), é por isso que o tema será mais explorado na seção 3.

3. INTERNET DAS COISAS (IOT)

A internet é uma das invenções mais significativas e importantes da história da humanidade, demonstrando ter um vasto leque de oportunidades para explorar essa

tecnologia. Ela modificou de forma direta nossa maneira de pensar, ver, agir e viver. A internet evoluiu em diferentes etapas até se tornar a Internet das Coisas (IoT) atual (ATZORI *et al.*, 2010). Quando se pensa em conectividade entre seres humanos e coisas ligadas a sensores, atuadores e tecnologias de comunicação que trocam informações em tempo real, pensa-se imediatamente na Internet das Coisas (FAGUA-FAGUA *et al.*, 2020).

A internet passou por várias evoluções desde sua aparição até chegar ao IoT. A Figura 1 mostra as fases de transformação da internet desde seus primórdios até a internet atual, chamada Internet das Coisas (IoT). O IoT é um ecossistema de objetos físicos (as “coisas”) que se conectam à internet e a outros objetos. Esses objetos físicos podem ser qualquer dispositivo que contenha ou se ligue a sensores (por exemplo, smartphones, eletrodomésticos inteligentes, equipamentos de escritório inteligentes, automóveis etc.) (TAI-HOON *et al.*, 2017). A grande quantidade de dados gerados pelos dispositivos é compartilhada (através de uma rede cabeada ou sem fio) com servidores localizados na nuvem ou nas próprias instalações, onde são processados para obter informações que ajudem na tomada de decisões (TORTORELLA *et al.*, 2020). O ecossistema de IoT pode ser estabelecido não apenas em áreas pequenas, como um escritório, mas também em áreas maiores, como cidades. Como mencionado anteriormente, o IoT está redefinindo a forma como interagimos, nos comunicamos e realizamos nosso trabalho diário. Desde as residências até a manutenção e as cidades, o ecossistema de IoT está tornando nosso mundo mais inteligente e eficiente (PAOLONE *et al.*, 2022).

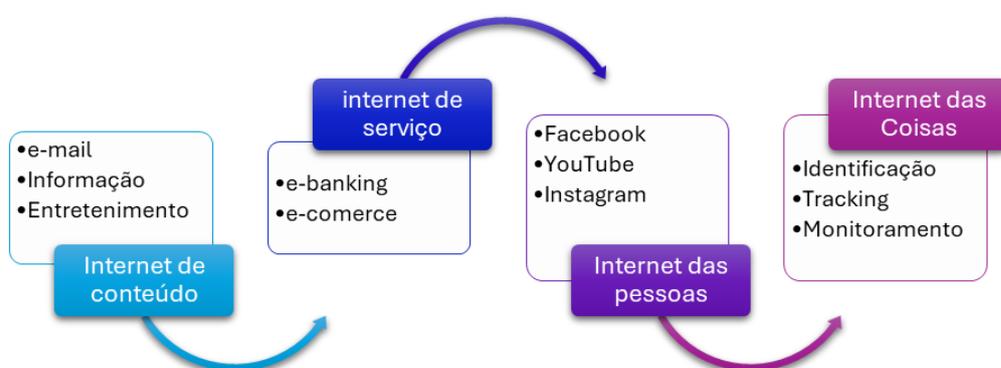


Figura 1: Evolução da Internet

A Internet das Coisas (IoT) é uma infraestrutura global projetada para a sociedade atual, ou seja, a que está intimamente ligada às tecnologias da informação; um mundo todo conectado permanentemente a dispositivos inteligentes. Como menciona Cama Pinto *et al.*, (2012), cada pessoa, assim como se tratasse de objetos, pode se conectar e desconectar a qualquer momento e lugar à rede para acessar serviços avançados através da interconexão de coisas (físicas e virtuais) baseadas na interoperabilidade das tecnologias e comunicações existentes e futuras, e trocar informações representadas como dados lógicos (GUBBI *et al.*, 2013). A integração de sensores e dispositivos inteligentes dispostos em objetos cotidianos desempenha um papel importante na evolução do IoT, pois se comunicam entre si com um mínimo consumo de energia e entregam uma grande quantidade de dados (PERERA *et al.*, 2014). O IoT muda tudo; é uma tecnologia que revoluciona e revolucionará a indústria, os serviços, as cidades, a agricultura (QUIROGA-MONTOYA *et al.*, 2017) e as pessoas como sociedades. Seu potencial reside na capacidade de combinar dados, processos e objetos a partir de sensores, telecomunicações avançadas, análise de redes e processos baseados em Big Data (WOLFERT *et al.*, 2017) e geridos por equipamentos informáticos em benefício do ser humano (SPECHT *et al.*, 2013).

Qualquer objeto pode ser conectado, identificado e rastreado na rede, tornando-se fontes inesgotáveis de informação. Estamos na era dos dados, o que gera a necessidade do ser humano de sentir que pode controlar todos e cada um dos movimentos de todas as coisas na rede, estabelecendo verdadeiros desafios como cidades inteligentes, edifícios que controlam sua temperatura, roupas que informam sobre o estado de seus usuários, bem-estar em saúde com o controle de doenças monitoradas e uma infinidade de elementos que oferecerão informações através da internet (SANMARTÍN *et al.*, 2017). Um claro exemplo logístico disso é a constante necessidade das pessoas de saber onde se encontra a encomenda de uma compra realizada pela internet (LEE; LEE, 2015). A Internet das Coisas é importante porque permite a digitalização do mundo físico, o crescimento econômico, as cidades inteligentes, o uso racional e eficiente dos recursos, o desenvolvimento do Big Data, a inteligência artificial, uma nova ordem econômica, a rastreabilidade e controle, o desenvolvimento de novas empresas, requisitos de novos avanços em informática, novos conceitos de eficiência e gestão, um mercado de bilhões de dólares; todo um mundo para conectar, explorar e conhecer (YIN *et al.*, 2016).

4. MÉTODO

O método desta pesquisa foi a revisão da bibliografia. O trabalho foi dividido em diferentes etapas, sendo estas: busca de informações, seleção de artigos, resumo da bibliografia selecionada, identificação de elementos-chave, estabelecimento de relações e separação de níveis e resultados.

Como mencionado no parágrafo anterior, a primeira etapa foi a de busca de informações, na qual foi utilizada a plataforma de busca de informações científicas "Scopus". No buscador, foram inseridas as palavras "Logística 4.0", "Internet das Coisas", "IoT", "cadeia de suprimentos inteligente" e, por último, a seguinte frase: Logística 4.0 e IoT, colocando de forma aberta, ou seja, sem as aspas, para que buscasse tudo relacionado a cada uma das palavras da frase.

Uma vez encontrados centenas de artigos, capítulos de livros, conferências, entre outras coisas, comecei a filtrar primeiramente pelo tipo de publicação, dando prioridade a artigos científicos em detrimento de outros tipos de informações encontradas. Da mesma forma, busquei artigos que não ultrapassassem dez anos de publicação e que tivessem sido citados várias vezes previamente. Da mesma forma, foram incluídos artigos mais antigos devido ao seu grau de relevância e contribuição para esta pesquisa, mas foram em menor número.

Uma vez selecionada a bibliografia, começou-se a leitura dos artigos pelo resumo e a realização de uma rápida classificação dentro do tema da pesquisa, se era de logística ou de IoT. Uma vez classificados, realizava-se uma leitura detalhada da bibliografia e extraíam-se as ideias principais da mesma, colocando todas em um mesmo arquivo para poder lê-las juntas.

Uma vez obtidas as ideias principais, buscaram-se os pontos em comum dos diferentes artigos, esses temas em que vários deles concordavam, identificando assim os elementos-chave da pesquisa, ou seja, da relação entre a Logística 4.0 e o IoT.

Após identificar esses elementos-chave da relação, começou-se a estudar como eles se relacionavam entre si e como era a sua forma de interação. Primeiro, verificava-se se estavam relacionados entre si e, em seguida, como era a interação, se esta era unidirecional ou não e se havia uma hierarquia entre eles. Nessa etapa, já se podia observar a separação em diferentes níveis dos elementos-chave e como era a sua relação com outros elementos próprios do sistema e com elementos externos ao mesmo.

Na etapa final, como resultado, chegou-se à realização de um gráfico onde se sintetizava tudo o que foi encontrado nesta revisão da bibliografia, com a identificação dos diferentes elementos-chave, organizados em diferentes níveis, suas interações dentro e fora do sistema e qual era o resultado dessas interações.

Esta revisão da bibliografia foi de grande importância para este trabalho, permitindo obter resultados e conclusões muito bons em pouco tempo, utilizando fontes científicas abertas de informação.

5. INTERAÇÃO ENTRE LOGÍSTICA 4.0 E INTERNET DAS COISAS (IOT)

Como visto nos capítulos anteriores, a relação entre Logística 4.0 e Internet das Coisas (IoT) está revolucionando a forma como as operações logísticas são realizadas, fruto da integração de tecnologias avançadas com a conectividade. Essa relação permite obter maior visibilidade, eficiência e capacidade de resposta nas operações logísticas, conforme indicado no artigo de Jazdi (2014). Na Logística 4.0, incorpora-se inteligência artificial (IA), robótica e análise de dados, enquanto o IoT facilita a coleta e troca de dados em tempo real, otimizando assim a eficiência e sustentabilidade da cadeia de suprimentos (Ben-Daya *et al.*, 2019).

Nesta pesquisa foi realizada uma revisão da bibliografia disponível, analisando diferentes artigos publicados na base de dados Scopus, utilizando palavras-chave como "Logística 4.0", "Internet das Coisas", "IoT" e "cadeia de suprimentos inteligente" e para isso foram selecionados artigos publicados nos últimos dez anos que discutissem a interação entre Logística 4.0 e IoT. No total, foram incluídos 24 artigos para uma análise detalhada.

Na revisão da bibliografia, foram encontrados diversos elementos resultantes da inter-relação previamente mencionada. Em geral, foram identificados três elementos, sendo estes: macro, micro e a resultante.

A primeira fase centrou-se na procura e definição de quais dos elementos se encontravam em níveis diferentes e quais pelas suas características e funcionalidades partilhavam o mesmo nível. Após a análise, concluiu-se que existiam três níveis que poderiam ser chamados pelas suas características da seguinte forma: Nível Macro, Nível Micro e Nível Resultante. No Nível Macro observou-se que os elementos estão em um nível superior em relação a todos os elementos em um nível inferior

denominado Nível Micro. São também elementos internos e externos ao sistema, pois constituem a relação entre o próprio sistema e o exterior. Estes elementos do Nível Macro relacionam-se primeiro entre si e depois intervêm de uma forma relacionada com cada um dos elementos do nível inferior. Sem esta relação vertical o sistema não poderia funcionar. Esses elementos do nível macro são: “Conectividade e comunicação na cadeia de abastecimento” e “Segurança e privacidade de dados”.

O nível inferior ao já mencionado é denominado Micro Nível. Este é composto por elementos que, pelas suas características e funções, dependem da relação com os elementos do Nível Macro e os elementos deste nível interagem e influenciam-se entre si. Os elementos que constituem este Micro Nível são “Análise e Previsão de Dados”, “Rastreabilidade e Transparência”, “Manutenção Preditiva” e “Sustentabilidade e Redução de Resíduos”. Esta dada relação entre os elementos do Nível Micro tem como resultado do processo um elemento resultante denominado “Automação e eficiência operacional”.

5.1 Conectividade e Comunicação na Cadeia de Suprimentos

Com o IoT integrado à Logística 4.0, há acesso à visibilidade e rastreabilidade de diversos produtos e processos, facilitando o monitoramento em tempo real e melhorando a tomada de decisões mais informadas. Por exemplo, Sundmaeker *et al.*, (2010) mencionam que a conectividade proporcionada pelo IoT melhora significativamente a visibilidade na cadeia de suprimentos. Além disso, Xu *et al.*, (2016) enfatizam que, graças à implementação do IoT nas operações logísticas, é possível reduzir os tempos de entrega, aumentando conseqüentemente a satisfação do cliente.

Não se pode obter uma boa coordenação entre atores e processos sem uma comunicação eficiente entre eles. Bag *et al.*, (2018) destacam que o IoT melhora a coordenação entre os diferentes atores da cadeia, resultando em maior eficiência operacional. Alaoui *et al.*, (2019) acrescentam que a visibilidade proporcionada pelo IoT permite uma resposta mais rápida às variações de demanda e às interrupções do fornecimento de um processo, por exemplo.

5.2 Segurança e Privacidade dos Dados

Embora seja fácil obter dados e sua utilização seja muito importante, a segurança deles torna-se um desafio crítico na adoção do IoT na logística. Wang *et*

al., (2021) discutem que a cibersegurança e a privacidade dos dados são preocupações fundamentais que devem ser abordadas para garantir uma adoção ampla e segura do IoT na Logística 4.0. Problemas de interoperabilidade e segurança entre os diferentes sistemas IoT utilizados na cadeia de suprimentos devem estar sempre presentes na mente dos administradores e executivos (Benitez *et al.*, 2020).

Ivanov e Dolgui (2021) enfatizam a necessidade de desenvolver protocolos de segurança robustos para proteger os dados gerados pelos dispositivos IoT; portanto, as medidas de cibersegurança são essenciais para proteger as operações logísticas de possíveis ameaças e garantir a integridade dos dados (Frank *et al.*, 2019).

A próxima etapa concentrei-me nos elementos que constituem o nível micro e são os do sistema, ou seja, internos. São aqueles que, sob a influência dos elementos do nível macro e da interação entre os elementos do mesmo nível, ou seja, o nível micro, darão um resultado como um sistema inteiro. Eles são:

5.3 Análise de Dados e Previsão

Os diferentes dispositivos IoT podem gerar grandes volumes de dados que, quando analisados corretamente, fornecem informações extremamente valiosas para, por exemplo, a previsão de demanda e a otimização de rotas logísticas. A análise preditiva baseada em dados de IoT permite às empresas antecipar problemas e ajustar suas operações logísticas de maneira proativa (Sharma *et al.*, 2020).

As decisões corretas são baseadas em informações corretas e, quanto mais informação de qualidade se possui, melhores decisões podem ser tomadas. Choi *et al.*, (2018) acrescentam que a integração de big data com o IoT melhora significativamente a tomada de decisões em operações logísticas. Além disso, se somarmos IA ao mencionado anteriormente, essas decisões melhoram exponencialmente. O uso de técnicas de machine learning junto com o IoT na Logística 4.0 permite melhorar a precisão das previsões de demanda e otimizar o planejamento de recursos (Além dos Santos *et al.*, 2021).

5.4 Rastreabilidade e Transparência

A capacidade do IoT para proporcionar rastreabilidade, ou seja, acompanhamento e transparência, é fundamental na gestão moderna da Logística 4.0 e de toda a cadeia de suprimentos. Segundo Büyüközkan e Göçer (2018), o uso do IoT permite um acompanhamento detalhado de produtos e processos em todas as

etapas da cadeia de suprimentos, aumentando a transparência e a confiança entre os parceiros comerciais, bem como entre produtores/comerciantes e clientes. Wang *et al.*, (2021) destacam que a rastreabilidade habilitada pelo IoT não só melhora a gestão da cadeia de suprimentos, mas também ajuda as empresas a cumprir regulamentações de segurança alimentar e farmacêutica.

5.5 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é outra aplicação chave do IoT na Logística 4.0, sendo um dos elementos mais valiosos e aproveitados dessa relação. Tao *et al.*, (2018) expõem que sensores utilizados no IoT podem monitorar o estado dos equipamentos em tempo real, facilitando a detecção precoce de possíveis problemas e o planejamento proativo da manutenção, permitindo realizar manutenção preditiva em vez de corretiva, como antigamente, reduzindo o tempo de inatividade de máquinas e os custos associados a reparos não planejados.

A manutenção preditiva não só diminui o tempo de inatividade e os custos de manutenção, mas também evita o desgaste prematuro dos equipamentos. A manutenção preditiva baseada no IoT não só melhora a eficiência operacional, mas também prolonga a vida útil dos ativos logísticos (Wang *et al.*, 2015). Além disso, Benitez *et al.*, (2020) destacam que a integração de IoT e análise de dados permite uma otimização contínua das operações de manutenção, melhorando a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

5.6. Sustentabilidade e Redução de Resíduos

Foi mencionado anteriormente que, com o uso da conectividade facilitada pelo IoT junto à Logística 4.0, obtém-se melhor eficiência nas operações logísticas, o que tem um impacto significativo no uso sustentável dos meios e processos. A sustentabilidade é um aspecto crucial da Logística 4.0 e do IoT, pois o monitoramento em tempo real contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos, minimizando o impacto ambiental das operações logísticas, como a redução de resíduos (Li *et al.*, 2017). Queiroz *et al.*, (2018) também destacam que as tecnologias IoT podem ajudar as empresas a cumprir regulamentações ambientais e melhorar sua responsabilidade social corporativa.

Com o emprego de melhores processos logísticos, como rotas logísticas mais eficientes, não apenas se faz um uso mais eficiente dos meios, mas também um uso

mais ecológico deles, como economia de combustível, redução da emissão de gases poluentes e menor descarte de peças automotivas, entre outros. Queiroz *et al.*, (2019) enfatizam que a implementação do IoT na logística pode reduzir a pegada de carbono, contribuindo para a sustentabilidade global, e Kache e Seuring (2017) discutem como a otimização de rotas e o uso eficiente de recursos através do IoT podem reduzir significativamente os resíduos gerados pelas operações logísticas.

E finalmente chegamos a um elemento que é o resultado da interação dos elementos do nível micro e é o objetivo que queremos alcançar. Este elemento resultante é:

5.7 Automação e Eficiência Operacional

A automação e agilidade de diferentes processos logísticos realizados em toda a cadeia de suprimentos são um benefício chave dessa integração. Armazéns inteligentes equipados com sensores IoT podem otimizar a gestão de estoques, reduzindo custos operacionais e erros humanos (Zhang *et al.*, 2019). Ben-Daya *et al.*, (2019) também mencionam como a automação por meio do IoT melhora a precisão e rapidez na gestão de estoques, pontos tão importantes para os negócios do século XXI.

Kamble *et al.*, (2020) afirmam que a implementação do IoT em sistemas de gestão integrados de armazéns não apenas aumenta a eficiência, mas também reduz significativamente o tempo de processamento de pedidos, reduz erros comuns e facilita o trabalho dos operadores. Além disso, o uso de robôs autônomos, dispositivos IoT e Inteligência Artificial na logística reduz os custos trabalhistas e melhora a eficiência operacional em todos os níveis (Zhong *et al.*, 2017). Como resultado final de todos os pontos descritos acima, obtém-se grande eficiência operacional e automatização em todos os processos em que estão envolvidas operações logísticas; eficiência operacional sendo entendida como redução de tempos críticos, automatização de tarefas, eficiência na manutenção, precisão em todas as operações, redução de custos e desperdícios, eficiência no uso de meios, etc.

A literatura revisada indica uma tendência crescente para a adoção de tecnologias IoT com melhorias significativas em visibilidade, eficiência operacional e sustentabilidade. No entanto, também existem barreiras que devem ser superadas, especialmente em termos de segurança dos dados e custos de implementação. Segundo Queiroz *et al.*, (2019), a colaboração entre diferentes atores da cadeia de

suprimentos é crucial para superar esses desafios e maximizar os benefícios da integração do IoT.

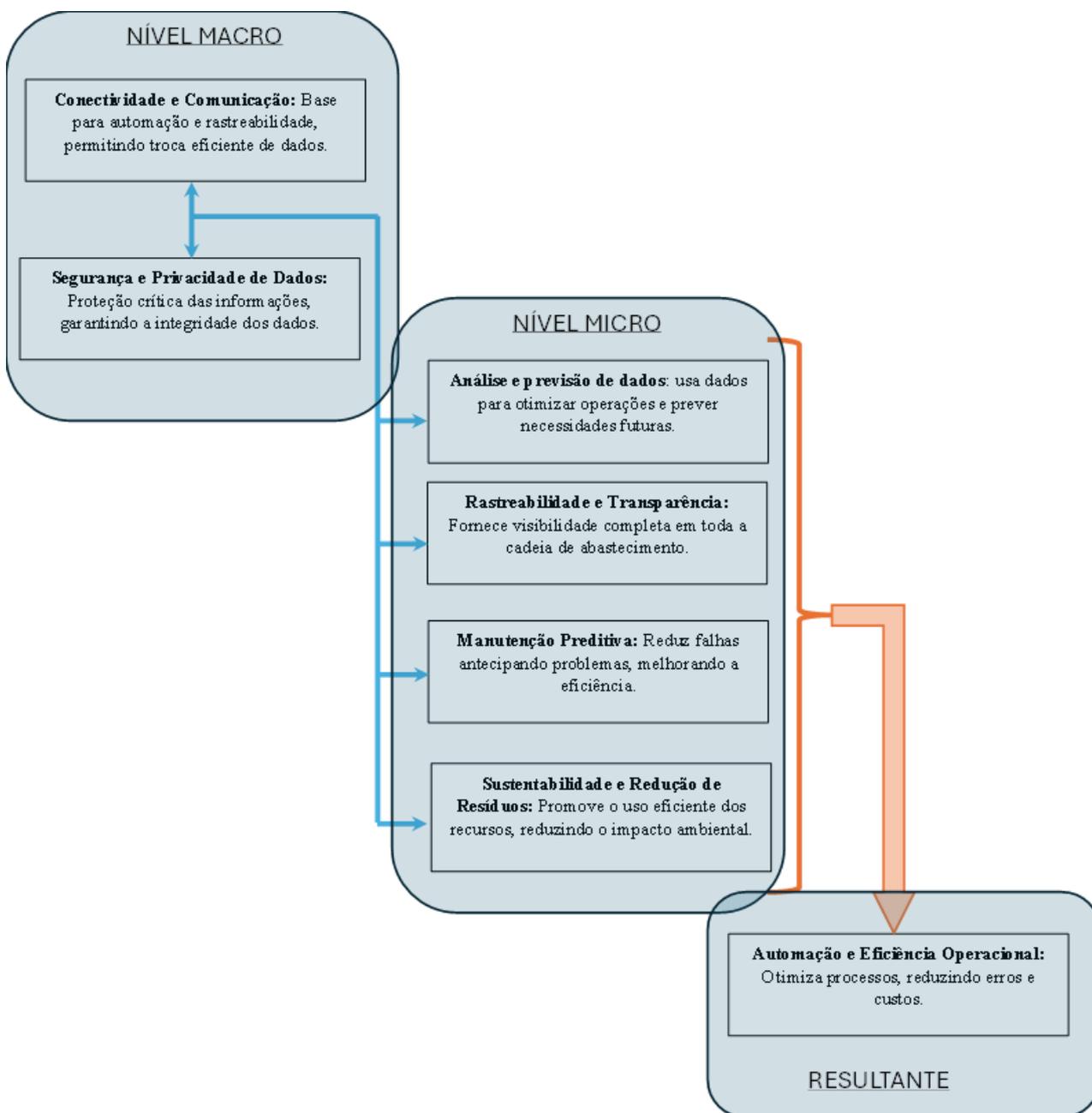


Figura 2: Elementos-chave e suas relações

6 APLICAÇÃO PRÁTICA DA LOGÍSTICA 4.0 E IOT NA GESTÃO DE FROTAS DE VEÍCULOS DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

Com base em uma das especialidades do subscritor e na experiência no Batalhão de Veículos Anfíbios sobre Lagarta e nos Batalhões onde se encontram as diferentes frotas dos meios terrestres do Corpo de Fuzileiros Navais, escolheu-se esses batalhões para realizar uma investigação voltada à aplicação dos conceitos da Logística 4.0 e IoT na gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais, conforme descrito neste artigo.

Do capítulo anterior surgiram uma série de elementos que se encontravam em diferentes níveis e que interagem de diversas formas para alcançar um Elemento Resultante de todo o sistema. Então, é neste capítulo que se menciona como cada um desses elementos se observa na prática, ou seja, dentro de um Batalhão cuja função principal é a gestão e operação de veículos, sendo fundamental para a mobilidade e logística em diversas operações. Este batalhão se especializa na administração, manutenção e implantação de uma frota veicular, o que o torna um componente crucial para o sucesso das missões atribuídas.

É importante esclarecer que todas as operações militares podem ser consideradas como “Operações Logísticas”. Um exemplo disso pode ser observado em uma Operação Anfíbia, que consiste em colocar uma certa quantidade de pessoal e material em um momento determinado e em condições ótimas para o combate, cumprindo com altos graus de exigência do ponto de vista de planejamento, exatidão e coordenação com outros agentes.

A seguir, será apresentada uma breve base teórica sobre cada elemento e como cada um deles pode ser aplicado dentro de um batalhão de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais:

6.1 Conectividade e Comunicação na Cadeia de Suprimentos

A conectividade e a comunicação eficaz são fundamentais para o funcionamento da cadeia de suprimentos na Logística 4.0. A tecnologia IoT permite a interconexão de dispositivos e sistemas, facilitando o intercâmbio de informações em tempo real. Estudos demonstraram que a conectividade baseada em IoT melhora significativamente a eficiência operacional e a visibilidade na cadeia de suprimentos (ATZORI *et al.*, 2010). Segundo Wang *et al.*, (2016), a implementação de tecnologias

IoT na cadeia de suprimentos permite a monitorização contínua das operações logísticas, reduzindo os tempos de resposta e melhorando a tomada de decisões (WANG *et al.*, 2016).

Fica claro, então, que é necessária uma boa conectividade e comunicação entre os diferentes atores que intervêm nas Operações Logísticas. Esses atores são os meios (Caminhões e Veículos Anfíbios etc.), diferentes locais de armazenamento de material, hangares de peças e manutenção, centros de computação logística, bases de dados etc. Todos esses atores estão conectados em tempo real e interagindo graças ao Internet das Coisas (IoT), que permite essa interação de forma contínua. Do ponto de vista dos veículos, estes já são providos, desde sua fabricação, com uma série de sensores para o monitoramento de sua planta motriz. Esses sensores podem ser conectados a um computador, assim como outros sensores podem ser adicionados para medir e indicar diferentes estados de sua planta motriz, alertas de mau funcionamento de diferentes componentes, pressão dos pneus, níveis de combustível, aberturas de diferentes portas e compartimentos, quantidade e tipo de munições disponíveis, velocidade, direção e posição GPS, entre outros.

Do ponto de vista dos armazéns de material, podem ser colocados sensores RFID (identificação por radiofrequência) nas entradas e saídas, e etiquetas com a mesma tecnologia em diferentes materiais e veículos. Desta forma, seria possível saber em tempo real e com exatidão, graças ao IoT, que material está se movendo dentro do armazém, que material está entrando ou saindo dos diferentes locais e em que veículo está sendo transportado. Como mencionado anteriormente, isso é feito de forma constante e deixando um registro de todos os movimentos em uma base de dados.

Anteriormente, foi dito que o pessoal de gestão de manutenção e de operações pode estar monitorando de forma contínua todos os dados enviados pelos diferentes atores, e tudo isso é possível graças à tecnologia IoT, que permite a interação de diferentes atores através da internet. Mas, como estão conectados os diferentes atores entre si e à rede? Para isso, podem ser utilizados diferentes meios de comunicação. Nas instalações fixas, é mais fácil fornecer acesso à internet, podendo-se utilizar internet ou intranet, dependendo do grau de segurança desejado. Para os atores que estão em movimento, pode-se utilizar comunicação via satélite através das redes nacionais de satélites que Brasil tem; internet móvel através das antenas de telefonia celular; redes do tipo Wi-Fi (Wi-Fi Mesh, Long Range Wi-Fi, WiMAX, etc.) e,

por último, os sistemas militares de comunicações portáteis modernos VHF – HF, que além de transmitir voz, podem transmitir qualquer tipo de mensagem de um equipamento emissor para ser recebido e decodificado por outro equipamento de comunicações conectado a um computador, e este último também conectado a uma base de dados via intranet, por exemplo. Desta forma, constituir-se-ia uma rede sem fio de internet através de sistemas de comunicações militares.

6.2 Segurança e Privacidade dos Dados

A segurança e privacidade dos dados são aspectos críticos na implementação de tecnologias IoT na logística. O manejo de grandes volumes de dados sensíveis requer a adoção de medidas de segurança robustas para proteger a integridade e confidencialidade da informação. Segundo Roman *et al.*, (2013), as redes IoT são particularmente vulneráveis a ataques cibernéticos, o que torna imperativo o uso de protocolos de segurança avançados e sistemas de criptografia. A implementação de medidas como autenticação multifatorial, criptografia de ponta a ponta e monitorização constante da rede são essenciais para assegurar a privacidade e segurança dos dados em sistemas IoT (SICARI *et al.*, 2015).

Como toda a informação compartilhada pelos diferentes atores é extremamente crítica e de grande utilidade para o inimigo, é de grande importância contar com um sistema de segurança informática dentro da rede IoT. Para isso, a Marinha do Brasil tem centros especializados em Cibersegurança, e a aprovação final da segurança da rede deve ser dada por esse ente especializado. A seguir, mencionaremos alguns dos sistemas de segurança informática que podem ser utilizados: restrição de uso com sistema de autenticação e autorização de usuário e senha; toda informação transmitida deve ser cifrada e criptografada; utilização de redes seguras como a intranet de cada força e as Redes Privadas Virtuais (VPN); segurança do protocolo de comunicação etc.

6.3 Análise e Previsão de Dados

A análise e previsão de dados são componentes chave na Logística 4.0. A capacidade de analisar grandes volumes de dados em tempo real permite às organizações tomar decisões informadas e melhorar a eficiência operacional. Segundo Waller e Fawcett (2013), o uso de Big Data e análise preditiva na logística proporciona vantagens significativas, como a otimização de rotas e a gestão proativa

de inventários. Além disso, a integração de inteligência artificial na análise de dados melhora a precisão e rapidez na identificação de padrões e tendências (HOFMANN *et al.*, 2019).

Como é sabido, as decisões corretas baseiam-se em informações corretas e quanto maior a quantidade de informação correta no momento oportuno, mais acertadas serão as decisões. Nesse sentido, todos os sensores e atores conectados à rede IoT geram grande quantidade de dados de forma constante; é questão de armazenar esses dados de forma segura em uma base de dados para posterior processamento. Dessa forma, pode-se detectar uma anomalia no funcionamento de uma planta motriz de um dos veículos que está operando, por exemplo. Outro exemplo seria prever o consumo de combustível e diferentes fluidos conforme a operação que está sendo realizada, influenciada pelo tipo de terreno e condições meteorológicas. Dependendo do terminal ou gestor que vai utilizar a informação, diferentes dados podem ser visualizados, estes serão o produto final de diferentes análises. Por exemplo, ao chefe de operações preocupam diferentes tópicos em relação ao que pode interessar ao chefe de manutenção dos veículos. Se, além dessas análises, for aplicado o grande potencial da inteligência artificial, a informação resultante será de qualidade superior, obtida de forma mais eficiente e com maior desempenho.

6.4 Rastreabilidade e Transparência

A rastreabilidade e transparência na cadeia de suprimentos são aspectos críticos que melhoram a eficiência e a confiança nas operações logísticas. O uso de tecnologias IoT permite um acompanhamento em tempo real de produtos e materiais, facilitando uma gestão mais precisa e eficiente. Segundo Kamble *et al.*, (2018), a implementação de sistemas de rastreabilidade baseados em IoT pode reduzir significativamente os erros e melhorar a visibilidade na cadeia de suprimentos. Isso permite às empresas responder de maneira mais rápida e eficaz às demandas do mercado e aos desafios logísticos (MONOSTORI *et al.*, 2016).

A rastreabilidade e transparência é um dos pontos mais importantes desta tecnologia, pois constantemente os atores estão transmitindo automaticamente sua posição exata e informações adicionais. Desta forma, pode-se saber com precisão e de forma contínua a posição e estado dos veículos anfíbios implantados no terreno ou navegando no mar; pode-se saber a posição exata e hora estimada de chegada (ETA) de um veículo que transporta elementos importantes para uma base ou para a linha

de frente de combate; bem como a quantidade, posição e estado de diferentes peças de reposição dentro de uma instalação de manutenção.

6.5 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é uma das aplicações mais valiosas da tecnologia IoT na logística. Permite antecipar falhas e realizar a manutenção necessária antes que ocorram problemas graves, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de reparo. Segundo Lee *et al.*, (2014), o uso de sensores e análise de dados em tempo real permite às empresas implementar estratégias de manutenção preditiva que melhoram a eficiência e a longevidade dos equipamentos. Essa estratégia não só reduz os custos operacionais, mas também melhora a segurança e a confiabilidade das operações logísticas (JARDINE; LIN; BANJER, 2006).

Um dos elementos mais importantes e valiosos dentro do sistema é a manutenção preditiva, que se alcança monitorando o estado dos atores através dos sensores colocados neles e realizando análises dos dados transmitidos por eles. Por exemplo, em um veículo anfíbio sobre rodas, pode-se ter um acompanhamento minucioso dos quilômetros percorridos em terra, o sensor de pressão de ar em uma das rodas pode obter as flutuações de pressão nelas e o sensor de vibrações pode denotar vibrações anormais na ponta do eixo de uma roda. Todos esses dados podem ser analisados e deduzir que é necessário, em um futuro próximo, a substituição de uma das coberturas. O chefe de manutenção, com essa informação, pode verificar através do sistema de gestão se os leitores de etiquetas RFID detectam a existência de coberturas para reposição dentro do hangar de peças e, se a resposta não for afirmativa, proceder rapidamente à solicitação de compra. Com este claro exemplo, pode-se observar que não é necessário esperar que a cobertura de um veículo se rompa para realizar sua troca. Evita-se realizar manutenção corretiva e, com isso, também se evitam as demoras e gastos que esta demanda.

6.6 Sustentabilidade e Redução de Resíduos

A sustentabilidade e a redução de resíduos são objetivos chave na logística moderna. A implementação de tecnologias IoT permite uma melhor gestão dos recursos e uma redução significativa dos resíduos gerados durante as operações logísticas. Segundo de Souza *et al.*, (2019), o uso de IoT na logística contribui para uma maior eficiência energética e para a otimização de rotas, o que reduz o consumo

de combustível e as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a capacidade de monitorar em tempo real os níveis de inventário e o estado dos equipamentos permite um planejamento mais eficiente, reduzindo o desperdício de materiais e melhorando a sustentabilidade geral das operações (LACY; RUTQVIST, 2016).

Graças à tecnologia da Logística 4.0 e IoT, podem-se calcular e estabelecer rotas mais eficientes para os diferentes tipos de meios. Além disso, tendo um constante relatório da posição, velocidade e outros atributos, é possível estimar com maior precisão as chegadas ao destino. Isso faz com que o uso dos veículos e todas as operações em que estejam envolvidos sejam mais eficientes, sem necessidade de redundância de veículos em movimento para garantir a chegada de material no momento planejado. Por sua vez, com os relatórios dos diferentes sensores nos veículos, pode-se conhecer o estado destes com precisão, ajustando sua manutenção preventiva ao momento justo em que o precisam, sem a necessidade de realizá-la antecipadamente para assegurar seu bom funcionamento. Com o relatório de material em tempo real dos armazéns de peças e a análise dos diferentes atores, sabe-se com exatidão o momento preciso em que se deve realizar uma nova aquisição de material. Todos esses argumentos mencionados anteriormente colaboram para realizar as operações de forma muito mais sustentável e com menos resíduos do que se fossem realizadas sem a implementação das novas tecnologias.

6.7 Automatização e Eficiência Operacional

A automatização é um componente fundamental da Logística 4.0, pois permite melhorar significativamente a eficiência operacional e reduzir os custos. A adoção de tecnologias avançadas como a robótica, inteligência artificial e sistemas automatizados de armazenamento e recuperação transformou as operações logísticas. Segundo Ivanov *et al.*, (2016), a automatização na logística melhora a precisão e a velocidade das operações, reduzindo os erros humanos e otimizando o uso dos recursos. A integração de sistemas automatizados com tecnologias IoT permite uma gestão mais eficiente e em tempo real das operações logísticas (ZHU; SARKIS; LAI, 2018).

Pode-se apreciar que, através da descrição dos pontos anteriores, se chega a um uso eficiente dos armazéns de material; diminuição em tempos críticos (movimentos de meios); diminuição do tempo de esperas desnecessárias; diminuição de consumo de combustível e peças de reposição; manutenção mais eficiente

(diminuição em gastos de manutenção e diminuição do tempo parado por manutenção dos meios); tendo um constante relatório da posição, velocidade e outros atributos, é possível estimar com maior precisão as chegadas ao destino. Isso faz com que o uso dos veículos e todas as operações em que estejam envolvidos sejam mais eficientes. Tendo uma base de dados onde se guardam de forma segura todos os dados providos pelos diferentes sensores, pode-se ter um histórico dos registros para eventuais análises e investigações, caso necessário; redução de custos de consumo e geração de resíduos. Estes são alguns dos pontos em que se veem beneficiadas as operações logísticas com o uso da tecnologia.

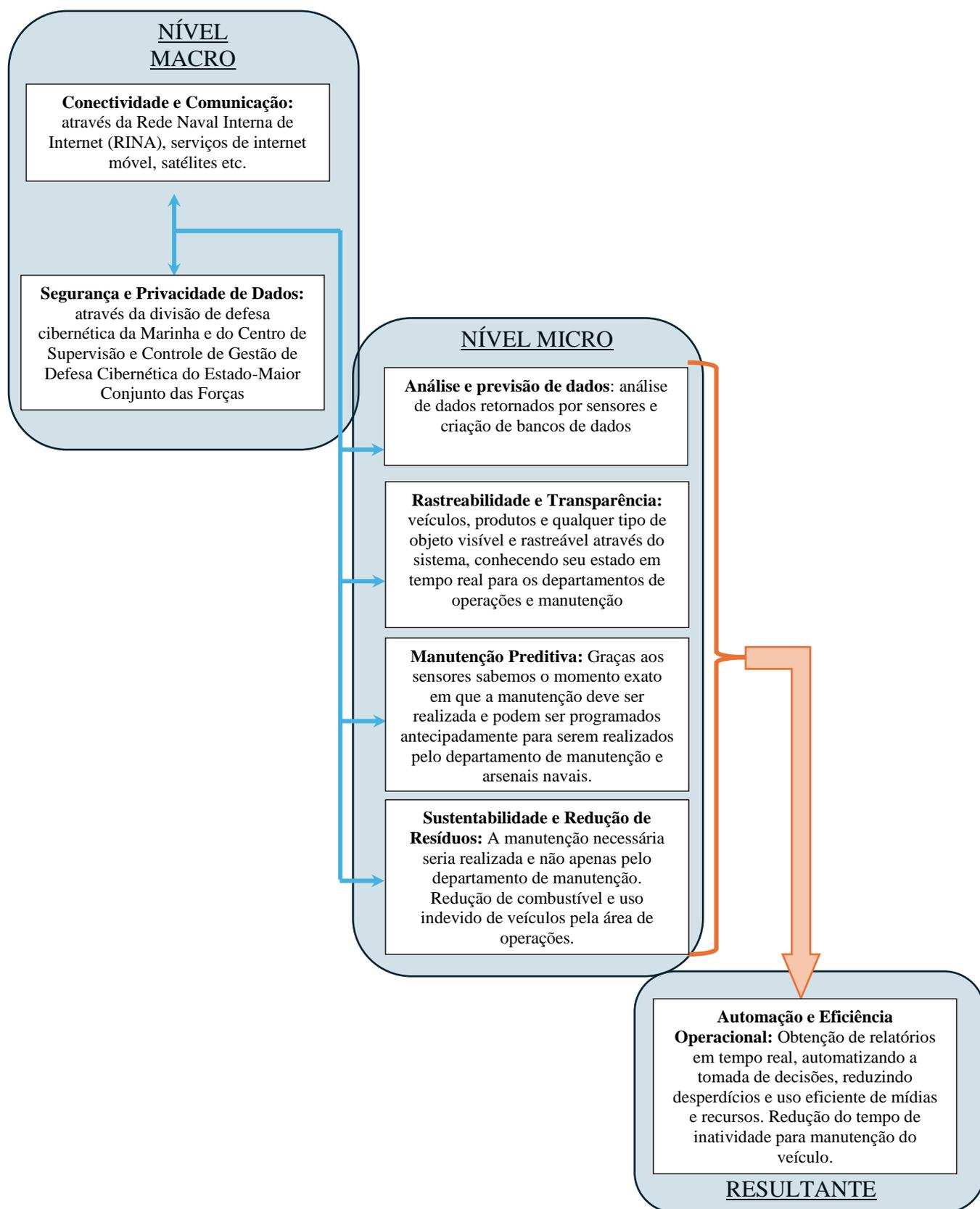


Figura 3: Elementos-chave e suas relações aplicado à gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme especificado anteriormente, o objetivo deste estudo foi explorar como a Logística 4.0 e o IoT podem otimizar a gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil. Para alcançar tal objetivo, o método usado foi a revisão bibliográfica aplicada ao Corpo de Fuzileiros Navais. As contribuições destes estudos são três.

A primeira contribuição foi a realização de um Framework, onde se mostram diferentes elementos, organizados em dois níveis diferentes segundo sua incumbência no sistema e outros elementos, além das relações entre estes necessárias para chegar ao elemento resultante que é a automatização e eficiência nas operações.

A segunda contribuição foi a de aplicar esse Framework à gestão de frotas de veículos do Corpo de Fuzileiros Navais e identificar cada elemento deste framework dentro da instituição e, assim, operacionalizar na realidade dos batalhões esse framework.

E como terceira contribuição, chegou-se a uma série de itens a serem considerados na hora de querer operacionalizar este estudo nas respectivas frotas de veículos, explicando a seguir alguns dos mais importantes:

Como ficou claro, para alcançar a automação e a eficiência operacional é necessário concentrar o esforço nos seis elementos-chave do sistema, sendo esses os pilares fundamentais e, por meio de sua interação, se alcançará o objetivo do sistema. Deve-se esclarecer que a Marinha do Brasil tem a infraestrutura e tecnologia para trabalhar esses elementos-chave, e que é necessário apenas um pequeno investimento em tempo e dinheiro para implementar essa solução tecnológica, que no final oferece uma grande redução de custos de manutenção e uma melhor utilização dos veículos, além da grande vantagem operacional que isso traz.

8. REFERÊNCIAS

ALAOUI, A. E. *et al.*, Improving supply chain visibility with IoT. *Journal of Manufacturing Systems*, 52, 231-247, 2019.

ALMEIDA, P. *et al.*, Soluções de Interoperabilidade na Indústria 4.0. *Journal of Industrial Automation*, 2021.

ATZORI, L. *et al.*, The Internet of Things: A survey, *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.

BAG, S. *et al.*, Industry 4.0 and supply chain sustainability: Framework and future research directions. *Sustainability*, 13(11), 6212, 2018.

BAKE, J. S. *et al.*, Service Chain Logistics Management for Increasing Equipment Uptime. *Procedia CIRP*, 2018.

BARRETO, L. *et al.*, Industry 4.0 implications in logistics: an overview, *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, pages 1245 – 1252, 2017.

BEN-DAYA *et al.*, Internet of things and supply chain management: A literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719-4742, 2019.

BENITEZ, G. B. *et al.*, Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics*, 228, 107735, 2020.

BIAN, Jiang *et al.*, Machine Learning in Real-Time Internet of Things (IoT) Systems: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal* Volume 9, Issue 11, Pages 8364 – 8386, 2022.

BLOME *et al.*, Supply chain collaboration and sustainability: A profile deviation analysis, *International Journal of Operations & Production Management*, v. 34, n. 5, p. 639-663, 2013.

BÜYÜKÖZKAN, G. *et al.*, Digital supply chain: literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157-177, 2018.

CALATAYUD *et al.*, CADENA DE SUMINISTRO 4.0: Mejores Prácticas Internacionales y Hoja de Ruta para América Latina, Monografía del Banco Interamericano de Desarrollo, 744, Páginas 11-50, 2019.

CAMA PINTO A., *et al.*, Las redes de sensores inalámbricos y el internet de las cosas, Inge Cuc, vol. 8, no. 1, pages 163-172, 2012.

CHEN, Y. *et al.*, Applications of Blockchain in Industry 4.0: a Review. Inf Syst Front, 2022.

CHOI, T. M. *et al.*, Big data analytics in operations management. Production and Operations Management, 27(10), 1868-1881, 2018.

CHRISTOPHER, M., Logistics and Supply Chain Management, 5th ed. Harlow: Pearson Education, 2016.

DOMINGO GALINDO, L., The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology, Master's thesis in Mechanical Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2016.

EVANS *et al.*, Sustainable urban governance networks, data-driven internet of things systems, and wireless sensor-based applications in smart city logistics. Geopolitics, History and International Relations, v. 13, n. 2, p. 65-78, 2021.

FAGUA-FAGUA A. L. *et al.*, Internet of things, reality of a connected world, Visión Electrónica, más que un estado sólido, 2020.

FERREIRA, J. *et al.*, Tecnologias Avançadas na Logística Militar. Journal of Defense Studies, 2021.

FRANK, A. G. *et al.*, Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. International Journal of Production Economics, 210, 15-26, 2019.

GOMES, R. *et al.*, Realidade Aumentada e Análise de Dados na Logística Militar. Military Operations Research, 2019.

GUBBI, J. *et al.*, Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions, *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013.

HOFMANN *et al.*, Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, v. 89, p. 23-34, 2019.

IVANOV, D., & Dolgui, A., A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 58(23), 7297-7319, 2021.

IVANOV, Dmitry *et al.*, A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, v. 54, n. 2, p. 386-402, 2016.

JARDINE, Andrew K. S.; LIN, Daming; BANJER, Dragan. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 20, n. 7, p. 1483-1510, 2006.

JAZDI, N. Cyber-physical systems in the context of Industry 4.0. *IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, p. 1-4, 2014.

KACHE, F., & Seuring, S., Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10-36, 2017.

KAMBLE, S. *et al.*, Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118011, 2020.

KAMBLE, Sachin S.; GUNASEKARAN, Angappa; DHONE, Nitin C. Industry 4.0 and the supply chain: A systematic review of the literature. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 8, p. 2984-3006, 2018.

KARISHMA M. *et al.*, Investigating industry 4.0 technologies in logistics 4.0 usage towards sustainable manufacturing supply chain, *Heliyon*, volume 10, issue 10, E30661, 2024.

LACY, Peter; RUTQVIST, Jakob. *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Springer, 2016.

LEE, C. K. M. *et al.*, Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics, *International Journal of Production Research*, Vol. 56, No. 8, pages 2753 – 2768, 2018.

LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises, *Business Horizons*, v. 58, n. 4, p. 431-440, 2015.

LEE, Jay *et al.*, Prognostics and health management design for rotary machinery systems—Reviews, methodology and applications. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 42, n. 1-2, p. 314-334, 2014.

LI, S. *et al.*, The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 243-259, 2017.

LIAO, Y. *et al.*, Past, present and future of Industry 4.0, a systematic literature review and research agenda proposal, *International Journal of Production Research*, Vol. 55, No. 12, pages 3609-3629, 2017.

LIMA, F. *et al.*, Sustentabilidade na Gestão de Frotas Militares. *Journal of Sustainable Operations*, 2020.

MARINAGI, Catherine *at al.*, The Impact of Industry 4.0 Technologies on Key Performance Indicators for a Resilient Supply Chain 4.0, *Sustainability*, 15(6), 5185, 2023.

MARTIN-TRICOT, F.; EICHLER, C.; BERTHOMÉ, P. Secure key distribution in heterogeneous interoperable industrial Internet of Things. International Workshop on Selected Topics in Mobile and Wireless Computing, 2021.

MONOSTORI, László *et al.*, Cyber-physical systems in manufacturing. CIRP Annals, v. 65, n. 2, p. 621-641, 2016.

OLIVEIRA, M. *et al.*, Interoperabilidade em Sistemas de Logística 4.0. Journal of Systems Integration, 2021.

PAOLONE, G. *et al.*, A Holistic Overview of the Internet of Things Ecosystem, IoT, 3, 398–434, 2022.

PEREIRA, A. *et al.*, Aplicações de IoT na gestão de frotas. Journal of Transport Management, 2022.

PERERA, C *et al.*, Context-aware computing for the Internet of Things: A survey, IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 16, n. 1, p. 414-454, 2014.

QUADRINI, W. *et al.*, Open Interfaces for Connecting Automated Guided Vehicles to a Fleet Management System. Procedia Manufacturing, 2020.

QUEIROZ, M. M. *et al.*, Industry 4.0 and digital supply chain capabilities: A framework for understanding digitalisation challenges and opportunities. Journal of Manufacturing Technology Management, 30(1), 34-51, 2019.

QUEIROZ, M.M. and Telles, R., Big data analytics in supply chain and logistics: an empirical approach, The International Journal of Logistics Management, Vol. 29 No. 2, p. 767-783., 2018.

QUIROGA-MONTOYA *et al.*, Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión soportada en IoT, RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, no. 24, pp. 39-56, 2017.

ROMAN, Rodrigo *et al.*, On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things. *Computer Networks*, v. 57, n. 10, p. 2266-2279, 2013.

SANDBERG, E., Logistics collaboration in supply chains: Practice vs. Theory, *The International Journal of Logistics Management*. Volume 18, Issue 2, Pages 274 – 293, 2007.

SANMARTÍN P. *et al.*, Internet de las cosas y la Salud centrada en el Hogar, *Revista Científica Salud Uninorte*, vol. 32, no. 2, 2016.

SANTOS, D. *et al.*, Gestão de Cadeias de Suprimentos e Logística Reversa com IoT. *Journal of Supply Chain Management*, 2020.

SHARMA, M. *et al.*, Developing a framework for enhancing survivability of sustainable supply chains during and post-COVID-19 pandemic. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(1), p. 20-41, 2020.

SICARI, Sabrina *et al.*, Security, privacy and trust in Internet of Things: The road ahead. *Computer Networks*, v. 76, p. 146-164, 2015.

SILVA, J. *et al.*, Internet das Coisas (IoT) na Logística 4.0. *Journal of Logistics*, 2018.

SPECHT *et al.*, Tendencias del aprendizaje ubicuo en el Internet de las cosas, *Campus Virtuales*, vol. 2, no. 2, pagina. 30-44, 2013.

STANK, T. *et al.*, Benefits of interfirm coordination in food industry supply chains. *Journal of Business Logistics*, v. 22, n. 2, p. 21-41, 2001.

STRANDHAGEN, J. O. *et al.*, Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, Vol. 5, No. 4, p. 359-369, 2017.

SUNDMAEKER, H. *et al.*, Vision and challenges for realising the Internet of Things. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things*. Pag 70, 2010.

TAI-HOON Kim *et al.*, Smart City and IoT, Future Generation Computer Systems, Volume 76, Pages 159-162, 2017.

TAO, F. *et al.*, Data-driven smart manufacturing. Journal of Manufacturing Systems, 58, p. 358-369, 2018.

TORTORELLA, G. *et al.*, Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. Technological Forecasting and Social Change, v. 156, p. 120092, 2020.

WALLER, Matthew A.; FAWCETT, Stanley E. Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. Journal of Business Logistics, v. 34, n. 2, p. 77-84, 2013.

WANG, K. S., Logistics 4.0 Solution: New Challenges and Opportunities, 6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation, Manchester, United Kingdom, 10-11 November 2016.

WANG, L. *et al.*, Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. Journal of Manufacturing Systems, 56, p. 277-287, 2015.

WANG, Shouyang *et al.*, Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. International Journal of Production Economics, v. 176, p. 98-110, 2016.

WANG, Y. *et al.*, Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction. Automation in Construction, 124, 103558, 2021.

WOLFERT, S. *et al.*, Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural Systems, v. 153, p. 69-80, 2017.

XU, L. D. *et al.*, Internet of Things in industries: A survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 10(4), 2233-2243, 2016.

YAQIONG L.V. *et al.*, IoT based Omni-Channel Logistics Service in Industry 4.0, IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), 31 July 2018 - 02 August 2018, Singapore, 2018.

YIN, Y *et al.*, The internet of things in healthcare: An overview. *Journal of Industrial Information Integration*, v. 1, p. 3-13, 2016.

ZHANG, Y. *et al.*, A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production*, 142, 626-641, 2019.

ZHONG *et al.*, Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 50-63, 2017.

ZHU, Qinghua; SARKIS, Joseph; LAI, Kee-hung. Integrating the concept of sustainable supply chain management with the Internet of Things: A literature review. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 1-2, p. 569-582, 2018.