



Engenharia de Produção:

NOVAS PESQUISAS e TENDÊNCIAS

2

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.ª Dr.ª Claudia Flores Rodrigues

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Pauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Tânia do Carmo

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

E576 Engenharia da produção: novas pesquisas e tendências [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 258 p. – ISBN 978-65-88580-85-1

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.51

1. Engenharia de produção. 2. Logística. 3. Sustentabilidade. 4. Comportamento organizacional. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 658.5

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de
Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

Interoperabilidade logística como fator e impulso da indústria 4.0: estudo de caso de um fabricante de motocicletas

Miriam Maristela Moraes

(UFAM)

Alberto Antônio Tuma Neto

(UFAM)

Flavio de Barros e Azevedo Ramos

(UFAM)

Armando Araújo de Souza Junior

(UFAM)

Sandro Breval Santiago

(UFAM)

DOI: 10.47573/aya.88580.2.51.3

Resumo

O Polo Industrial de Manaus (PIM) é um mecanismo de desenvolvimento regional, viabilizador da preservação da Floresta Amazônica, através da concessão de incentivos fiscais. Com o advento da Indústria 4.0 (I4.0) trazendo novas abordagens tecnológicas, modelos de gestão e de negócios e, principalmente, de inserção nas cadeias produtivas globais, faz-se necessário verificar a maturidade e prontidão das empresas do PIM quanto a esta nova onda. Este trabalho tem por objetivo a verificação da interoperabilidade logística como uma ferramenta habilitadora da I4.0, por meio de pesquisa aplicada e exploratória, a partir do estudo de caso de um fabricante de motocicletas, com uso de um modelo de medição de interoperabilidade logística baseado em equações estruturais. Como resultado foi encontrado um valor global de coeficiente de avaliação de 4,65 para um máximo de 5,00, sendo discutidos os pontos de melhoria.

Palavras-chave: interoperabilidade. logística. indústria 4.0. polo industrial de Manaus.

INTRODUÇÃO

Situada na Amazônia Brasileira, a Zona Franca de Manaus é uma área de incentivos fiscais especiais de 10.000 quilômetros quadrados, criada pelo Decreto-Lei 288/67, englobando os municípios de Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva (BRASIL, 1967). Sua finalidade é criar condições para o desenvolvimento econômico regional em função da distância em relação aos grandes centros consumidores do País, sendo administrada pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), autarquia vinculada ao Ministério da Economia.

O setor industrial é considerado a base de sustentação da ZFM, constituindo o Polo Industrial de Manaus (PIM), com aproximadamente 500 indústrias e 500 mil empregos diretos e indiretos. Em 2020, o PIM apresentou faturamento global de R\$ 119,68 bilhões, correspondente a US\$ 22.819 bilhões, registrando ao final daquele ano a marca de 96.934 empregos diretos (SUFRAMA, 2021).

Holland *et al.* (2019), utilizando técnicas econométricas, demonstraram sua relevância abrangendo externalidades como evolução da renda per capita, desempenho da educação, acesso a serviços como água e saneamento e índices de desigualdade de renda. Através da metodologia de controle sintético, apontou a importância do PIM na geração de empregos formais, investimento em capital humano, melhoria da infraestrutura e condições de moradia da população.

No contexto ambiental, Rivas *et al.* (2019) afirmam que o PIM é responsável pela conservação da floresta amazônica e razão do Amazonas manter 97% da sua cobertura vegetal original. Entendem que produz um efeito decisivo no equilíbrio climático global. A partir de uma análise da dinâmica do PIM, validam esta hipótese a partir de estudos econométricos, discutindo efeitos de sua extinção.

Um dos subsetores que mais se desenvolveu no PIM foi o denominado “Duas Rodas”, responsável por 12,37% do seu faturamento total em 2020 (SUFRAMA, 2021). No caso das motocicletas, a totalidade da produção nacional é realizada em Manaus e correspondeu a 961.986 unidades em 2020 (ABRACICLO, 2021).

Por outro lado, a Indústria 4.0 (I4.0) avança rapidamente, trazendo novas abordagens tecnológicas, modelos de gestão e de negócios e, principalmente, de inserção nas cadeias produtivas globais, fazendo com que os países mais avançados desenvolvam programas específicos para sua implementação. Importante aspecto é sua capacidade de analisar em tempo real os dados de produção de múltiplas fontes, tais como máquinas, sistemas e processos produtivos (XU *et al.*, 2018). Entretanto, devido ao grande número de diferentes fabricantes e a ausência de uma padronização disponível, o desafio é o estabelecimento da interoperabilidade entre os diferentes dispositivos (ALIOTO, 2017).

Segundo relatório do Fórum Econômico Mundial (2018), as barreiras de interoperabilidade devem ser superadas para a implementação da I4.0. Para Di Martino *et al.* (2017) a grande variedade de plataformas, arquiteturas e frameworks, além dos novos dispositivos continuamente lançados por diferentes fabricantes constituem um desafio no estabelecimento da interoperabilidade.

Neste contexto, é fundamental verificar a maturidade e prontidão das empresas do PIM

em relação a I4.0, de maneira a promover sua manutenção como centro econômico e viabilizador de serviços ambientais. Dentre os principais fatores de impulso da I4.0 destaca-se a interoperabilidade das cadeias logísticas, de maneira a atender seus requisitos de eficiência, flexibilidade, customização e time do Market.

Este trabalho está dividido em cinco seções. A primeira constitui a Introdução indicando a relevância do tema, a segunda trata do Referencial Teórico de embasamento, seguida da Metodologia utilizada no estudo de caso; a quarta seção apresenta os Resultados encontrados, e por último são apresentadas as Conclusões com sugestão de novas pesquisas para avanço da fronteira do conhecimento.

REFERENCIAL TEÓRICO

Gestão da Cadeia de Suprimentos

A globalização trouxe muitos benefícios, mas também grandes desafios. Companhias que atendiam o mercado local passaram a ter clientes de todos os lugares, enquanto suas fontes de fornecimento e bases de fabricação se estenderam pelo mundo. É a flexibilização do esquema de compras, produção e distribuição, implementada por exigência do mercado (MANGAN *et al.*, 2016).

Segundo Schönsleben (2016), Supply Chain Management (SCM) é o gerenciamento da cadeia de suprimentos, correspondendo ao projeto, planejamento, execução e controle das atividades, com o objetivo de criar valor, construindo uma infraestrutura competitiva, alavancando uma logística mundial, sincronizando o fornecimento com a demanda e medindo o desempenho globalmente.

No SCM o acompanhamento das operações ocorre real time e os sistemas computadorizados precisam operar de forma integrada. A utilização crescente de sistemas integrados de gestão Enterprise Resource Planning (ERP) tem facilitado essa integração e favorece modernas técnicas logísticas nas grandes empresas. Nas demais, integrações de sistemas do tipo data warehouse possibilitam modernizar as operações logísticas (NOVAES, 2016).

Para Mangan *et al.* (2016) a tarefa de gerenciar e administrar essa rede física e o fluxo de informações tornou-se prioridade dos negócios. Conseqüentemente, a necessidade de aumentar o nível da capacidade da gestão da cadeia de suprimentos é mais importante do que nunca, exigindo uma gestão de logística integral.

Segundo Douglas (2016) a Logística Inbound é a logística de entrada, que corresponde ao conjunto de operações relativas ao fluxo de materiais e informações desde a fonte das matérias-primas até a fábrica. Conforme Dobos *et al.* (2016), engloba o manuseio de materiais responsável por: recebimento, identificação e classificação, conferência, endereçamento para o estoque, estocagem, remoção do estoque, acumulação de itens, embalagem, expedição e registro das operações.

Quanto à Logística Outbound, pode-se definir como a logística externa, a gestão dos processos ligados à saída dos produtos para que eles sejam disponibilizados no mercado e cheguem até o cliente final. Segundo Novaes (2016), para especialistas em logística, Outbound é a

distribuição física, são processos operacionais e de controle que permitem transferir os produtos desde o ponto de fabricação até o consumidor.

De acordo com Wu *et al.* (2016) a SCM propicia o produto certo, no volume e hora exatos, no local e preço corretos, em perfeitas condições para o cliente certo. Para Abdel-Basset *et al.* (2018) as cadeias de suprimentos tradicionais estão se tornando mais onerosas, complexas e vulneráveis, e para superar esses desafios é preciso torná-las mais inteligentes.

Ainda segundo esse autor, a Cadeia de Suprimentos Inteligente pode ser definida como um sistema moderno e interconectado que se expande de operações separadas, regionais e de uma única empresa, para operações mais integradas, transparentes e baseadas no uso de ferramentas tecnológicas.

Interoperabilidade Logística (IOL)

No sentido de construir o conceito de Interoperabilidade Logística (IOL), Santiago *et al.* (2013) analisaram um portfólio de 68 artigos selecionados a partir de pesquisa bibliométrica, onde o associam com a capacidade de interação de ativos, informações, processos e aplicações de organismos independentes mantendo suas características originais, destacando sua contribuição para maior efetividade, eficiência e responsividade. Conclui que a interoperabilidade contribui para a resolução de anomalias e proporciona ganhos na cadeia logística, podendo ser considerado vetor para o alinhamento estratégico.

A importância da logística na I4.0 como habilitadora das etapas de produção e fator crucial para tempo de transporte, custo de armazenagem, gestão da cadeia de suprimentos e, principalmente, entrega ao cliente no prazo é enfatizada por Forkel (2018). Para construir um ecossistema logístico inteligente e interoperável apresenta um conceito sistêmico em três níveis: organizacional, de sistemas e físico, suportados por uma infraestrutura de tecnologia da informação. Conclui que a interoperabilidade de sistemas é requisito básico para avanços futuros, especialmente no setor logístico altamente automatizado.

Segundo Pan (2021), de forma geral, a interoperabilidade deve ser considerada nos níveis físico, organizacional, de negócios e digital. Entende que, essencialmente, a vulnerabilidade observada nas cadeias logísticas globais demonstrada pela pandemia tem a ver com a interoperabilidade.

Destaca o conceito de Physical Internet (PI), metáfora da internet digital visando alcançar uma interconexão global perfeita de redes de logística, afirmando ser este o novo paradigma mundial na direção da eficiência e, portanto, da sustentabilidade.

A partir de uma análise bibliométrica de publicações entre os anos de 2010 e 2020, identificou 208 documentos dos quais estabeleceu quatro desafios para interoperabilidade digital na PI: formato de compartilhamento de dados, comunicação efetiva, privacidade e segurança, e dados orientados ao produto/pedido.

Modelos para mensurar a interoperabilidade

Para Pedersen (2012), representantes da indústria e comunidade acadêmica perceberam a necessidade de uma iniciativa conjunta para mudança no paradigma de interoperabilidade, para aumento da eficiência da logística e atingir o objetivo político de reduzir o impacto ambiental do transporte. Neste sentido, entende como principais direcionamentos manter a troca de informação de forma não ambígua e no nível mínimo necessário de complexidade, além de utilizar plataformas abertas ou de uso comum.

O mesmo autor, a partir da análise de oito projetos da União Europeia sobre o tema e da iniciativa empresarial GS1 Logistics Forum, que afirma ser a interoperabilidade um dos maiores problemas da logística global, propõe um modelo denominado Common Framework correlacionando quatro domínios: Sistemas Cooperativos, Demandas de Logística, Serviços de Logística e Segurança e Compliance da Cadeia de Suprimentos. Na intenção de torná-lo uma referência global, foi submetido para análise da OASIS/UBL, organização global de padronização na área logística.

Chalmeta e Pazos (2014) esclarecem que o objetivo da interoperabilidade é importante não apenas pelo ponto de vista da empresa individualmente, mas também pelas novas estruturas de negócios que estão surgindo. Relaciona como maiores desafios no momento o desenvolvimento de frameworks com a necessária visão holística e a escassez de exemplos práticos que poderiam servir como direcionadores.

A partir da análise de nove frameworks existentes apresenta o Interoperability IRIS Framework, composto de seis partes, do qual destaca a metodologia como eixo central para guiar a empresa passo a passo em seu projeto para aumento da interoperabilidade.

Apresenta como diferencial deste modelo o fato de considerar o alinhamento entre o negócio e a tecnologia, a visão dos recursos humanos e as restrições econômicas. Acompanha também um modelo de maturidade próprio para avaliar os progressos, indicando as ferramentas a utilizar em cada fase.

Westerheim e Hauge (2015) afirmam que alguns dos maiores problemas em cadeias logísticas globais ainda são relacionados a informações limitadas referentes às próprias mercadorias bem como de seus status na cadeia. Aponta que um pré-requisito para um perfeito fluxo de informações através da cadeia logística e entre seus stakeholders é a interoperabilidade.

A partir dos aspectos de interoperabilidade técnica e de negócios, analisou quatro frameworks: o IRIS, acima apresentado, o Athena, baseado na integração conceitual, de aplicações e técnica, SCOR, um modelo de processos de referência para a cadeia logística, e o Common Framework, conforme apresentado por Pedersen (2012). Observa que em todos esses modelos ainda faltam ligações entre a interoperabilidade técnica e a de negócios, concluindo que um mapeamento entre os processos de todos os níveis do modelo SCOR com as funções do Common Framework poderia ser solução interessante. Finaliza retomando o conceito de PI, indicando que a importância dos hubs bem como da padronização deverá crescer, daí a importância de estudar os frameworks para suportar este novo conceito.

METODOLOGIA

Classificação da pesquisa

De acordo com Silva (2001), esta pesquisa está classificada, quanto à natureza, como pesquisa aplicada, uma vez que é dirigida a gerar conhecimento para solução de um problema específico. Sendo, com relação à abordagem, quantitativo-qualitativa, porque as informações são classificadas com base em critérios numéricos, porém, são analisadas quanto à aderência ao tema proposto numa abordagem qualitativa. Quanto aos objetivos, é caracterizada como exploratória (GIL, 1991).

Segundo Creswell (2018) a pesquisa de métodos mistos é uma investigação integrando as duas formas de informações e usando projetos distintos que podem envolver suposições filosóficas e referenciais teóricos. O pressuposto fundamental dessa forma de investigação é que a integração de dados qualitativos e quantitativos produz uma visão adicional, além das informações fornecidas apenas pelos dados quantitativos ou qualitativos isoladamente.

Quanto à técnica de pesquisa, trata-se de um estudo de caso, conforme Yin (2015) composto de três fases: exploratória, sistematização de coleta de dados e delimitação do estudo e análise e interpretação das descobertas.

Modelo de medição da interoperabilidade logística

No desenvolvimento desse estudo foi selecionado o Modelo de Medição de Interoperabilidade Logística (MMIOL) desenvolvido por Santiago *et al.* (2017), devido a sua aderência ao objetivo deste Artigo e facilidade de aplicação, bem como ao fato de ter sido validado junto a profissionais de logística de empresas do PIM.

Conceitualmente, este Modelo é composto de:

- a) Módulo Estrutural formado por 4 construtos (Variáveis Latentes) que representam os elementos do modelo estudado;
- b) Módulo de Mensuração formado por 13 indicadores e 76 variáveis, destinadas à mensuração dos construtos (Variáveis Observáveis);

O Quadro 1 mostra a estrutura do MMIOL. Os construtos reflexivos descrevem variáveis latentes, que não são diretamente observáveis no ambiente de estudo, mas são manifestadas por meio das variáveis observáveis (indicadores).

Quadro 1 – Estrutura Conceitual do MMIOL

Variável Latente	Indicadores	Variáveis
Logística Inbound	ABS – Abastecimento	8
	NO – Nível de uso	3
	TR – Transporte interno	6
Logística Interna	SI - Sistemas	5
	SM – Simulação	4
	AZ – Armazenamento	6
	PR – Produção	7
Logística Outbound	DT – Distribuição	7
	OPL – Operador Logístico	5
	USO – Tipo de uso	4
Estratégia	ESC – Estratégia com cliente	7
	ESF – Estratégia com fornecedores	5
	ESCM – Estratégia com a cadeia de suprimentos	8

Fonte: Santiago, 2017

O citado Modelo foi desenvolvido a partir de técnicas de Modelagem de Equações Estruturais (MEE), abordagem estatística para testar hipóteses envolvendo relações. As variáveis observáveis são resultantes do estudo bibliométrico combinado com a legitimação por especialistas da área. O modelo utilizou o Algoritmo PLS, gerado pelo software SmartPLS® 3.0 para estabelecer o modelo estrutural abaixo representado, validado através de testes estatísticos.

Figura 1 – Modelo Estrutural do MMIOL



Fonte: Santiago, 2017

Sua aplicação na empresa ocorreu a partir de respostas a um Questionário estruturado, respondidas em conjunto por representantes do Operador Logístico contratado, sendo um de nível gerencial e outro de supervisão, em 25 de março de 2021. Em seguida foi realizada uma visita a parte das linhas de produção e locais de armazenagem, objetivando dirimir dúvidas e ratificar as respostas apresentadas.

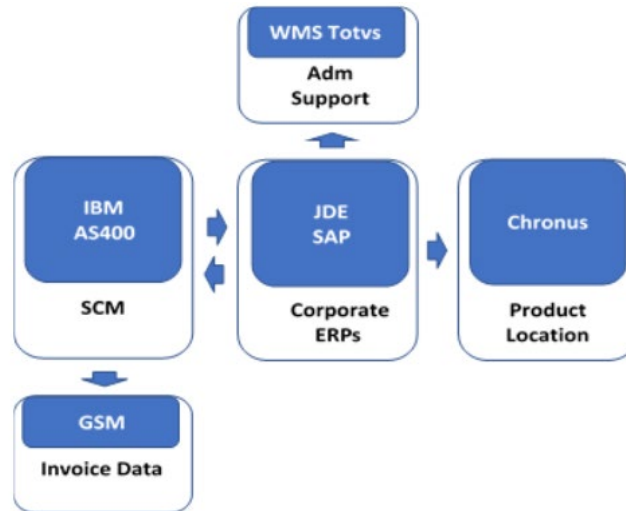
RESULTADOS

Descrição da Empresa

Trata-se de empresa multinacional estabelecida na ZFM produtora de motocicletas, quadriciclos e motores estacionários. Toda a operação de compra e movimentação de materiais é realizada através de Operador Logístico associado, responsável tanto pela logística inbound como outbound. Este Operador Logístico, com base no Plano de Produção da contratante, faz todo o planejamento e execução da coleta de peças nos fornecedores nacionais, locais e internos, através de coleta direta ou milk-run, realiza transporte ponto a ponto, embalagem e distribuição, administra os armazéns e almoxarifados, posicionando partes e peças precisamente na linha de produção e entregando o produto final em concessionárias ou em Postos Avançados de Distribuição (PDAs).

Em termos de sistemas, para o SCM utiliza-se o IBM AS400 integrado aos ERPs Corporativos JDE (gerador do Plano de Produção) e SAP, ao Sistema Chronus desenvolvido para rastreamento dos produtos e da frota, e ao WMS TOTVS para suporte administrativo. O acompanhamento e controle dos invoices internacionais é feito por sistema denominado GSM, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Integração de Sistemas para SCM



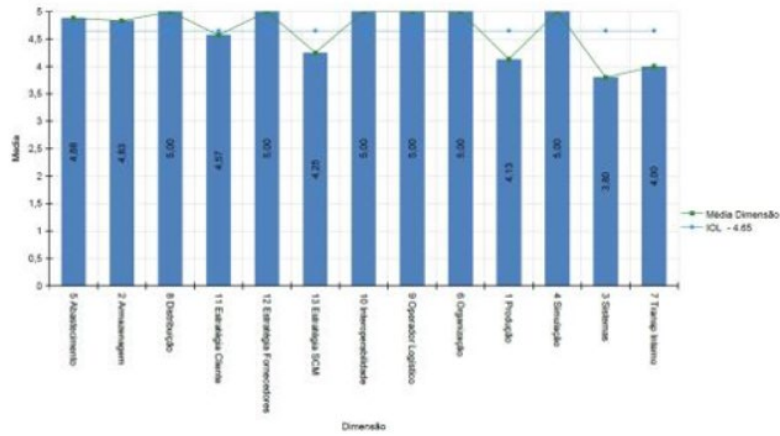
Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O Plano de Produção tem visões diárias para 42 fornecedores locais, para os quais utiliza Sistema Kanban, mensal para 170 fornecedores nacionais e anual para os itens importados. Utiliza equipamentos de transporte próprios rastreados em tempo real, além de terceirizados, atendendo a 1.100 concessionárias e 17 PDAs.

Aplicação do Modelo de Medição de Interoperabilidade Logística (MMIOL)

A aplicação do MMIOL escolhido gerou um gráfico Geral, conforme Figura 3, onde figuram os Indicadores com suas respectivas medições, e 13 específicos para cada Indicador onde aparecem as medições de cada uma das 76 variáveis.

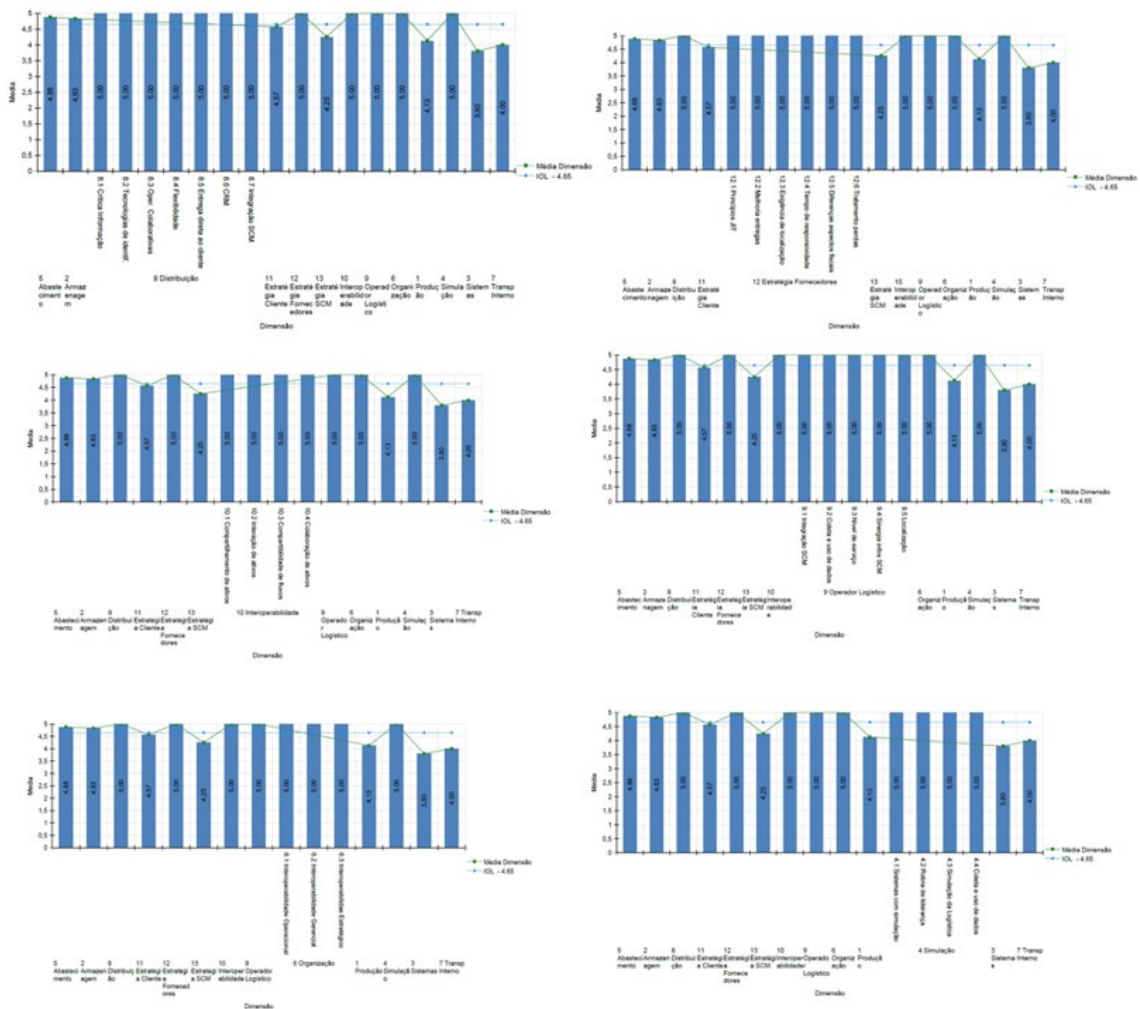
Figura 3 – Gráfico Avaliação Geral



Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

A Avaliação Geral atingiu 4,65 no máximo de 5,00, indicando alta interoperabilidade deste Operador Logístico. Dos treze Indicadores que compõem o MMIOL, houve classificação máxima em seis, sendo eles Distribuição, Estratégia de Fornecedores, Interoperabilidade, Operador Logístico, Organização e Simulação. Esses indicadores estão detalhados na Figura 4.

Figura 4 – Indicadores com Avaliação Máxima



Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

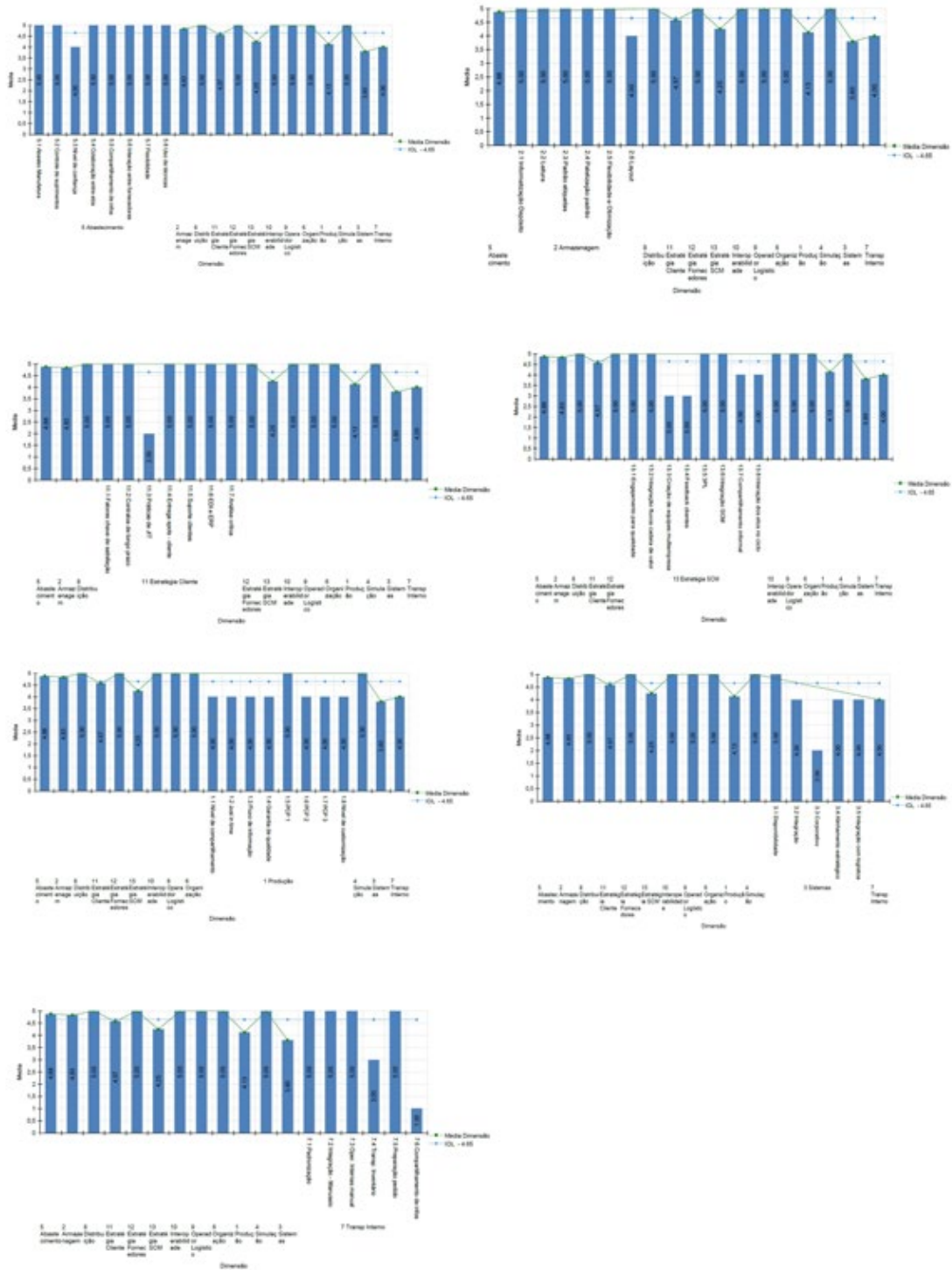
Os sete indicadores restantes apresentam achados onde há espaço para melhorias, conforme indicado no Quadro 2 e detalhados no conjunto de gráficos da Figura 5.

Quadro 2 – Indicadores para Melhorias

Indicador	Avaliação	Achados
Sistemas	3,80	Impactado severamente pela variável 3.3. Corporativo (valor 2,00).
Transporte interno	4,00	Com duas variáveis de maior impacto negativo: 7.4 Transporte Inventário (valor 3,00) e Compartilhamento de Informações (valor 1,00).
Produção	4,13	As variáveis se mostram alinhadas no valor 4,00; exceto uma que recebeu valor 5,0, não indicando ponto específico de melhoria.
Estratégia SCM	4,25	Duas variáveis apresentaram valor 3,00 indicando pontos de melhoria: 13.3 Criação de equipes multiempresa e 13.4 Feedback de clientes.
Estratégia de clientes	4,57	Indicador impactado pela variável 11.3 Práticas de Just in Time (valor 2,00).
Armazenagem	4,83	A única variável que não obteve pontuação máxima foi a 2.6 Layout (valor 4,00).
Abastecimento	4,88	Analogamente ao indicador anterior, uma única variável não obteve pontuação máxima: 5.3 Nível de confiança (valor 4,00).

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Figura 5 – Gráficos dos Indicadores Sujeitos a Melhoria



Fonte: Dados da Pesquisa (2021)

A partir de resultados anteriores da aplicação deste mesmo MMIOL, obteve-se os valores de referência do Quadro 3. O valor encontrado está próximo da referência para o Segmento 3PL, indicado como 4,48, também denotando forte IOL.

Quadro 3 - Valores de Referência para Avaliação Global de IOL.

Segmento	Avaliação
Eletroeletrônico	3,10
Plástico	2,48
Metal Mecânico	3,25
Químico	4,10
Óleo e Gás	3,90
3PL (3rd Part Logistics)	4,48
Varejo	2,05
Duas Rodas	4,15
Aeroportuário	3,75

Fonte: IOL Platform©.

Analisando os Indicadores com possibilidades de melhorias do Quadro 02, pode-se inferir que:

- a) Quanto aos sistemas, a empresa possui sistema ERP, porém não está sendo utilizado em sua plenitude, pois depende de outros sistemas adicionais para sua operação logística;
- b) Em relação ao transporte interno, deve-se melhorar os fluxos informacionais, ponto importante da IOL, buscando maior automatização do transporte interno (handling). Esta ação resulta em acuracidade no inventário, melhor gestão das posições de estoque e redução do tempo do produto acabado no armazém (aging);
- c) A respeito da estratégia de clientes, observa-se certo viés na resposta uma vez que o Operador Logístico está entre uma produção “empurrada” pelo fabricante, seu contratante, e concessionários que “puxam” os pedidos, não sendo possível identificar possíveis recomendações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral a verificação da IOL como uma ferramenta habilitadora da I4.0 a partir do estudo de caso de uma empresa fabricante de motocicletas na ZFM. Optou-se por usar o MMIOL desenvolvido por Santiago (2017), devido sua aderência ao tema proposto e por já ter sido validado por profissionais de logística do PIM.

Os resultados do estudo indicam forte interoperabilidade entre o Operador Logístico da empresa e a rede de fornecimento (inbound) e de distribuição (outbound), sendo identificados

aspectos potenciais para melhoria, dos quais destacaram-se a utilização mais abrangente do sistema ERP e o incremento dos fluxos informacionais internos.

No cenário de migração para a I4.0, apresentou-se a importância das cadeias inteligentes no âmbito do SCM, sendo o conceito de IOL destacado como fundamental para o atingimento de seus requisitos de eficiência, flexibilidade, customização e time do Market.

O MMIOL escolhido demonstrou-se objetivo e de fácil aplicabilidade, sugerindo-se para futuras pesquisas, como medida de avaliação da maturidade do PIM em relação ao aspecto da IOL, sua aplicação junto a outras empresas dos demais subsetores. A correta aplicação do Modelo é capaz de identificar fraquezas e oportunidades de melhoria nos fluxos logísticos, auxiliando na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

ABDEL-BASSET, M.; MANOGARAN, G.; MOHAMED, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. *Future Generation Computer Systems*, 86, 2018.

ABRACICLO. Resumo Motocicletas. Disponível em < <https://www.abraciclo.com.br/site/wp-content/uploads/2021/01/2020-12-Resumo-MOTOCICLETAS.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

ALIOTO, M. *Enabling the Internet of Things: From Integrated Circuits to Integrated Systems*. Springer International Publishing, 2017.

BRASIL, Decreto-Lei 288, de 28 de fevereiro de 1967. Altera as disposições da Lei número 3.173 de 6 de junho de 1957 e regula a Zona Franca de Manaus. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0288.htm>. Acesso em: 05 abr. 2021.

BRASIL, Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991. Dá nova redação ao § 1º do art. 3º aos arts. 7º e 9º do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, ao caput do art. 37 do Decreto-Lei nº 1.455, de 7 de abril de 1976 e ao art. 10 da Lei nº 2.145, de 29 de dezembro de 1953, e dá outras providências. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8387.htm>. Acesso em: 05 abr. 2021.

CHALMETA, Ricardo; PAZOS, Verónica. A step-by-step methodology for enterprise interoperability projects. *Enterprise Information Systems*, v. 9, n. 4, p. 436-464, 2015.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE, 2018. ISBN 978-1-5063-8670-6.

DI MARTINO, B. ; LI, K. C. ; YANG, L. T. ; ESPOSITO, A. *Internet of Everything: Algorithms, Methodologies, Technologies and Perspectives*. Springer Singapore, 2017.

DOBOS, P.; TAMÁS, P.; ILLÉS, B. Decision method for optimal selection of warehouse material handling strategies by production 204 companies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, IOP Publishing. p.012100.

DOUGLAS, M. They might be giants: e-commerce and logistics technology help small and midsize businesses compete like the big guys. *Inbound Logistics*, 2016. ISSN 0888-8493.

FORKEL, Eric *et al.* Smart Interoperable Logistics and Additive Manufacturing-Modern Technologies for Digital Transformation and Industry 4.0. SAE Technical Paper, 2018.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL, Readiness for the Future of Production Report 2018. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf.

GIL, Antonio C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1991.

HOLLAND, Márcio. (Coordenador) *et al.*, ZONA FRANCA DE MANAUS: IMPACTOS, EFETIVIDADE E OPORTUNIDADES, FGV/EESP, 2019.

IOL Platform©. Version 2.1. Manaus: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: < <https://www.pimm40.com/iol/Pages/Paginas/StartPage.aspx?url=RXJyb3JQYWdlLmFzcHg==>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

MANGAN, J.; LALWANI, C.; LALWANI, C. L. Global logistics and supply chain management. John Wiley & Sons, 2016. ISBN 1119117828.

NOVAES, A. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Elsevier Brasil, 2016. ISBN 8535279830.

PAN, Shenle *et al.* Digital interoperability in logistics and supply chain management: state-of-the-art and research avenues towards Physical Internet. Computers in Industry, v. 128, p. 103435, 2021.

PEDERSEN, Jan Tore. One common framework for information and communication systems in transport and logistics: Facilitating interoperability. In: Sustainable transport. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. p. 165-196.

RIVAS, Alexandre; MOTA, José Aroudo. Instrumentos econômicos para a proteção da Amazônia: a experiência do Polo Industrial de Manaus. Editora CRV, 2009.

SANTIAGO, Sandro Breval *et al.* Interoperabilidade Logística (IOL), ENEGEP, 2013.

SANTIAGO, Sandro Breval *et al.* Medição da interoperabilidade logística com uso do modelo de equações estruturais. 2017.

SCHÖNSLEBEN, P. Integral logistics management: operations and supply chain management within and across companies. CRC Press, 2016. ISBN 1498750540.

SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 2001

SUFRAMA. Histórico. Disponível em <<https://www.gov.br/suframa/pt-br/zfm/o-que-e-o-projeto-zfm>> Acesso em: 05 abr. 2021.

SUFRAMA. Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus 2015-2020. Disponível em < https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/indicadores/caderno_indicadores_janeiro_dezembro_2020__gerado_em_26-02-2021_.pdf> Acesso em: 05 abr. 2021.

WESTERHEIM, Hans; BAALSRUD HAUGE, Jannicke. Interoperability in supply chain and logistics: What can the Common Framework offer? – A scientific evaluation. International Journal of Advanced Logistics, v. 4, n. 1, p. 9-16, 2015.

XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. J. I. J. O. P. R. Industry 4.0: state of the art and future trends. International Journal of Production Research, v. 56, 2018.

WU, Lifang; YUE, Xiaohang; JIN, Alan; YEN, David C. Smart supply chain management: a review and implications for future research. The International Journal of Logistics Management, 2016.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e métodos. Bookman editora, 2015.

