

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA OTIMIZAR O FLUXO INTERNO
DE MATERIAIS EM EMPRESAS INDUSTRIAIS**

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2015

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA OTIMIZAR O FLUXO INTERNO
DE MATERIAIS EM EMPRESAS INDUSTRIAIS**

FABIO RODRIGO FACHINI

ORIENTADOR: PROF. DR. ALEXANDRE TADEU SIMON

(Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção).

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2015

PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA OTIMIZAR O FLUXO INTERNO DE MATERIAIS EM EMPRESAS INDUSTRIAIS

FABIO RODRIGO FACHINI

Dissertação de Mestrado Defendida em 22 de Junho de 2015, avaliado e aprovado pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon (Presidente e Orientador)
(UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba)

Prof. Dr. André Luís Helleno
(UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba)

Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza
(UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho)

Dedico esta Dissertação à minha família e minha esposa, pela compreensão e apoio em mais este importante passo da minha trajetória profissional, impulsionando-me rumo ao meu sonho.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por me permitir esta oportunidade e por ter me dado saúde e forças para conduzir este trabalho.

À minha Mãe Tatinha pelo apoio e amor incondicional dado em todos os momentos da minha vida, ao meu Pai Antônio (*in memoriam*), que sempre me orientou aos estudos e de onde quer que ele esteja está muito orgulhoso por mais esta conquista. Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos que sempre me ajudaram da forma que puderam, apoiando e entendendo a dedicação deste período.

À minha esposa Vanessa, que entendeu este período de ausência e dedicação me incentivando incondicionalmente.

Ao meu amigo irmão Paulo, pela compreensão e apoio nestes dois anos em que não pude estar presente em diversas situações no dia a dia.

Ao Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon, pela orientação, seriedade, dedicação rigor para a construção deste trabalho, mas principalmente pelo aconselhamento e ajuda efetiva em me colocar no caminho para atingir os objetivos desta nova jornada.

Aos profissionais da Universidade: Prof. Msc. Piscinato pelo apoio e por ter me dado acesso aos livros que foram as pedras angulares deste trabalho. À Marta Helena, que me estendeu a mão desde antes mesmo de entrar no Programa e Mestrado, orientando com toda paciência do mundo e generosidade os passos para trilhar esta trajetória árdua. Ao Rodrigo Ferrro no apoio à Simulação e a todos os amigos da Unimep que convivi ao longo destes dois anos.

Ao Prof. Dr. Fernando Bernardi e ao Prof. Dr. André Helleno pelas valorosas contribuições e sugestões apresentadas na banca de qualificação.

À Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba.

Aos profissionais que me apoiaram neste estudo: Bruna, Paulo, Osélia, Deva, Amarildo, Miguel, Samara, Álvaro, Silvio, Dorival e tantos outros que participaram da aplicação de ilustração.

“O conhecimento serve para encantar as pessoas, não para humilhá-las.”

Mario Sergio Cortella

FACHINI, Fabio. **PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA OTIMIZAR O FLUXO INTERNO DE MATERIAIS EM EMPRESAS INDUSTRIAIS**. 2015. 131 p
Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção – Faculdade de Engenharia
Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara
d'Oeste.

RESUMO

Com o aumento da competitividade global, as empresas industriais que sempre tiveram como critérios de competitividade o custo, a flexibilidade, a qualidade e o tempo de resposta ao cliente estão necessitando reinventar seus negócios e otimizar ao máximo os recursos internos, principalmente os relacionados às atividades de apoio. Neste cenário, a racionalização na logística interna torna-se uma grande oportunidade, pois podem representar até 60% do tempo de ciclo operacional e representar entre 20% e 50% dos custos operacionais. Por outro lado, quando estas atividades são executadas de maneira eficiente, pode-se obter uma redução de até 30% nos custos operacionais. O objetivo desta dissertação é propor um método para otimizar o fluxo interno de materiais nas empresas industriais, baseada em um referencial teórico conceitual e em um estudo de campo para verificar sua aplicabilidade. É esperado que este método contribua para que as empresas industriais alcancem melhores níveis de produtividade nas atividades relacionadas à logística interna, pois trata-se de um método sistematizado de diagnóstico e melhoria dos processos relacionados ao fluxo interno de materiais.

PALAVRAS-CHAVE: Logística Interna, Abastecimento de estações de trabalho, Movimentação e Transporte de Materiais, Logística *Lean*.

FACHINI, Fabio. **METHOD PROPOSAL TO OPTIMIZE THE MATERIALS HANDLING PROCESS IN INDUSTRIAL ENTERPRISES**. 2015. 131 p
Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção – Faculdade de Engenharia
Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara
d'Oeste.

ABSTRACT

With the global competitive growth, the manufacturing companies that have cost, flexibility, quality and response time with competitive criteria need reinvent their business and optimize operational costs, mainly related of operational activities and focused in their core business. Based on this scenario, the material handling process rationalization is a great opportunity. These activities may represent between 20% and 50% of costs and 60% of cycle time. On the other hand performed efficiently may represent up to 30% of operational cost reduction. Due this, the significance of material handling, the objective research of this is propose a method to optimize the materials handling process in industrial companies. The research method is theoretical and conceptual foundation and contains a field research to check a method feasibility In doing so, the expectation is to contribute with the companies to improve the operational material handling activities efficiency.

KEYWORDS: Internal Logistics, Manufacturing and Assembly Workstation Replenishment, Material Handling, Lean Logistics.

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE QUADROS	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO.....	3
1.2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	4
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1. LOGÍSTICA.....	6
2.2. LOGÍSTICA INTERNA	8
2.3. PERDAS RELACIONADAS À LOGÍSTICA INTERNA	15
2.3.1. DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO	16
2.3.2. DESPERDÍCIO DE ESPERA	17
2.3.3. DESPERDÍCIO DE TRANSPORTE	17
2.3.4. EXCESSO DE ESTOQUE.....	17
2.3.5. DESPERDÍCIO DE MOVIMENTO	18
2.4. FLUXOS DE MATERIAIS E INFORMAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA	19
2.4.1. FLUXO DE INFORMAÇÃO E CONTROLE NA LOGÍSTICA INTERNA.....	23
2.4.2. FERRAMENTAS DE MAPEAMENTO DOS FLUXOS DE MATERIAIS E INFORMAÇÕES	25
2.5. SOLUÇÕES DE OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA INTERNA	28
2.5.1. TERCEIRIZAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA	29
2.5.2. MECANIZAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA	31
2.5.3. AUTOMAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA	38
2.5.4. ALTERAÇÕES DE <i>LAYOUT</i>	40
2.5.5. TÉCNICAS ENXUTAS DE OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA INTERNA.....	42
2.6. APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA LOGÍSTICA	
INTERNA	49
2.6.1. CONCEITOS.....	50
2.6.2. MODELAGEM	53
2.6.3. APLICAÇÕES.....	54
3. ABORDAGEM METODOLÓGICA	56
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	56
3.2. ETAPAS DA ABORDAGEM METODOLÓGICA	57
3.2.1. ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE MELHORIA	59
3.2.2. ETAPA 2 - ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO.....	61
3.2.3. ETAPA 3 - IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA.....	64
3.2.4. ETAPA 4 - IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO PARA OTIMIZAR O FLUXO DE MATERIAIS	
.....	65
3.2.5. ETAPA 5 - MODELAMENTO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	67
3.2.6. ETAPA 6 - SIMULAÇÃO DO FLUXO	68
3.2.7. ETAPA 7 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	69
4. APLICAÇÃO DO MÉTODO – APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO	70

4.1.	ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DO SEGMENTO E DA EMPRESA A SER PESQUISADA	70
4.2.	ETAPA 2 – PLANEJAMENTO DA APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO.....	72
4.3.	ETAPA 3 - COLETA DOS DADOS E APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	73
4.3.1.	DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE MELHORIA.....	76
4.3.2.	DIAGNÓSTICO DO FLUXO DE MATERIAIS.....	78
4.3.3.	IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA	84
4.3.4.	IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO PARA OTIMIZAR O FLUXO DE MATERIAIS.....	86
4.3.5.	CONSTRUÇÃO DO MODELO DO FLUXO INTERNO DE MATERIAIS	88
4.3.6.	SIMULAÇÃO DO FLUXO	93
4.3.7.	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	96
4.4.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	97
5.	CONCLUSÕES.....	99
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
7.	APÊNDICES	116

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ATIVIDADES DA LOGÍSTICA EMPRESARIAL:	7
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA SISTÊMICO DOS MATERIAIS NA LOGÍSTICA INTERNA,	22
FIGURA 3 - SÍMBOLOS UTILIZADOS NO DIAGRAMA DO FLUXO DO PROCESSO.....	27
FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DA ANÁLISE DO FLUXO DAS ROTAS DE MATERIAIS NA MANUFATURA.....	28
FIGURA 5 – PONTOS FUNDAMENTAIS PARA RECOMENDAÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE DE MATERIAIS	34
FIGURA 6 – INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E AUTOMAÇÃO NO MATERIAIS	40
FIGURA 7 - TIPOS DE CONFIGURAÇÕES DE LAYOUT EM LINHA.....	41
FIGURA 8 - DEMONSTRAÇÃO ABASTECIMENTO UTILIZANDO-SE O MILK RUN.....	45
FIGURA 9 - COMBOIO LOGÍSTICO - MILK RUN LOGÍSTICA INTERNA	46
FIGURA 10 - ARANHA D'AGUA - ANALOGIA MIZUSUMASHI	46
FIGURA 11 - MIZUSUMASHI.	47
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES EM UM PROJETO DE SIMULAÇÃO.	52
FIGURA 13 - MÉTODO PARA OTIMIZAR O FLUXO INTERNO DE MATERIAIS EM EMPRESAS INDUSTRIAIS	59
FIGURA 14 - MODELO DE REPRESENTAÇÃO DO INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO DO FLUXO DE MATERIAIS.....	62
FIGURA 15 - ILUSTRAÇÃO DA TOTALIZAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS.....	65
FIGURA 16 - ETAPAS DA APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO.....	70
FIGURA 17 – DESEMPENHO DA INDÚSTRIA DE HPPC – HIGIENE PESSOAL PERFUMARIA E COSMÉTICOS, COMPARADA A INDÚSTRIA GERAL	71
FIGURA 18 - DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO INTERNA DE MATERIAIS NA EMPRESA A	74
FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DE PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO E MATERIAIS DA EMPRESA A	75
FIGURA 20 - LAYOUT GERAL CIRCUITOS DE MOVIMENTAÇÃO DA EMPRESA A	78
FIGURA 21 - DETALHE DO CIRCUITO DE ENTRADA	79
FIGURA 22 - DETALHE DO CIRCUITO DE PROCESSAMENTO	81
FIGURA 23 - DETALHE DAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO LINHA ANALISADA	82
FIGURA 24 - DETALHE DO CIRCUITO DE SAÍDA	83
FIGURA 25 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO DE SIMULAÇÃO - ESTADO FUTURO.....	92
FIGURA 26 - MODELO DIGITAL DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS – ESTADO ATUAL.....	94
FIGURA 27 - MODELO DIGITAL DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS ESTADO FUTURO	95

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE PROCESSO DE MANUFATURA E OS TIPOS BÁSICOS DE ARRANJO FÍSICO	19
QUADRO 2 - TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA MOVIMENTAÇÃO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS	33
QUADRO 3 - DETALHAMENTO OPERACIONAL PARA RECOMENDAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS	36
QUADRO 4 - -PROPOSTAS DE APOIO À SELEÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS	37
QUADRO 5 - RESUMO DA LITERATURA PESQUISADA, QUE UTILIZOU A SIMULAÇÃO PARA TESTAR A VIABILIDADE DE PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO NO FLUXO DE MATERIAIS.....	54
QUADRO 6 - QUADRO DE ÁREAS E CONTRIBUIÇÕES DA EQUIPE DE MELHORIA.....	60
QUADRO 7 - RELAÇÃO ENTRE DIMENSÕES DA MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS E SOLUÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO DO FLUXO INTERNO DE MATERIAIS	66
QUADRO 8 - RELAÇÃO ENTRE SOLUÇÃO E VALOR DE INVESTIMENTO E TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	67
QUADRO 9 - EQUIPE DE MELHORIA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)	76
QUADRO 10 - RESULTADOS OBTIDOS NO DIAGNÓSTICO DOS FLUXOS INTERNOS DA EMPRESA A.....	85
QUADRO 11 - DETALHE DAS RESPOSTAS OBTIDAS NO DIAGNÓSTICO DO CIRCUITO DE ENTRADA	85
QUADRO 12 - DETALHE DOS PRINCÍPIOS COM MENOR ADERÊNCIA NO CIRCUITO DE ENTRADA DA EMPRESA A	86
QUADRO 13 - POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA OTIMIZAR O CIRCUITO DE ENTRADA DA EMPRESA A.....	87
QUADRO 14 - RESUMO DOS DADOS PASSADOS PARA A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE EVENTOS DISCRETOS - ESTADO ATUAL	90
QUADRO 15 - DADOS REFERENTE A ROTA DE ABASTECIMENTO DE MATERIAIS NO ESTADO FUTURO.....	92
QUADRO 16 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA SIMULAÇÃO ANTES E DEPOIS DA OTIMIZAÇÃO	96
QUADRO 17 - QUADRO RESUMO COM RESULTADOS OBTIDOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO	98

1. INTRODUÇÃO

Com a queda das barreiras comerciais, o ambiente competitivo passou a ser global e tornou-se mais complexo. Este fato trouxe às empresas a necessidade de atingir padrões de desempenho de classe mundial, forçando-as a buscar continuamente vantagens competitivas em custo, flexibilidade, qualidade, confiabilidade e tempo de resposta. Estas vantagens competitivas são efêmeras e podem ser influenciadas por problemas originados tanto no ambiente interno como no externo às empresas (WHEELWRIGHT; HAYES, 1985; VOSS, 1995; HARRISON, 1998; SLACK *et al.*, 2009).

No ambiente externo, principalmente nos países em desenvolvimento, os problemas podem ocorrer por falhas nas políticas de desenvolvimento tecnológico, econômico e cambial, e no sistema educacional, que é responsável por qualificar os profissionais que serão empregados na indústria. No ambiente interno, os problemas podem ocorrer em todos os níveis de decisão da empresa, bem como em qualquer uma das etapas do ciclo de um pedido: na venda, no planejamento, no suprimento, na produção, na entrega, ou no pós venda (HARRISON, 1992; SIMON, 2001; VOSS, 2005; CNI, 2013; MACKINSEY, 2012).

Com relação aos problemas que ocorrem na produção, observa-se que estes podem ter origem já na fase de concepção do produto ou nas etapas de seu processamento. Geralmente, ocorrem por erros de projeto, erros nos processos de fabricação, falhas na preparação e operação das máquinas, gestão ineficiente dos fluxos, entre outros, e são as causas da maioria das ineficiências operacionais (SLACK *et al.*, 2009; CHAVEZ *et al.*, 2013; HAYES; PISANO, 1996).

Uma das ineficiências mais significativas está relacionada com as atividades de movimentação e transporte de materiais, que podem representar até 60% do tempo de ciclo total de produção e estão relacionadas às atividades

da logística interna da empresa (BERGENWALL, 2012; CHAVEZ *et al.*, 2013; HAYES; PISANO, 1996).

Além da representatividade no tempo de ciclo, a ineficiência na movimentação e transporte de materiais, pode gerar interrupções na produção devido a atrasos, desabastecimento ou abastecimento errado dos postos de trabalho, refletindo diretamente no nível de serviço ao cliente. Adicionalmente, as atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais podem representar entre 20% e 50% do custo operacional total e empregar até 25% do número total de pessoas em uma empresa (ANTUNES, 2012; VIEIRA *et al.*, 2011; DAI; LEE, 2012; TOMPKINS *et al.*, 2010)

Portanto, entende-se que as ineficiências que ocorrem na movimentação e transporte de materiais podem ocasionar perdas significativas no processo de produção, comprometendo a competitividade das empresas.

Existem diversas soluções que podem melhorar a eficiência da movimentação e transporte de materiais nas empresas e que podem gerar uma redução de até 30% nos custos operacionais (TOMPKINS *et al.*, 2010; KULAK, 2005; KARANANDE; CHAKRABORTY, 2013). A maioria delas está relacionada com a otimização da quantidade movimentada ou estocada, otimização dos movimentos, otimização dos espaços entre os postos de trabalho, otimização do controle de materiais e otimização do tempo de realização das atividades de movimentação e transporte (STEPHENS; MEYERS, 2013).

Estas soluções abrangem a unitização dos materiais, mecanização ou automação dos processos de movimentação e transporte dos materiais, alteração nos *layouts* de produção e fábrica, melhoria na programação e controle do fluxo de materiais à produção, entre outras (TOMPKINS *et al.*, 2010; TAKEDA, 2006).

Desta forma, uma possível solução para otimizar a quantidade movimentada, o movimento e os tempos para realização das atividades de movimentação e transporte de materiais é unitizando os materiais e

mecanizando, ou automatizando a movimentação e o transporte dos materiais (DAI; LEE, 2012; KLOTZ *et al.*, 2013).

Já para otimizar os espaços entre os postos de trabalho e o movimento entre eles, uma solução pode ser a alteração do *layout* de produção, agrupando os recursos transformadores para o processamento parcial ou total dos produtos, ou ainda interligando os postos de trabalho por meio de esteiras transportadoras. Desta forma, é possível reduzir movimento manual dos materiais entre os postos de trabalho e os estoques entre as estações de trabalho (BURBIDGE, 1991; IRANI; 1999). Estudos mostram que é possível reduzir até 70% o tempo de espera com a redução de movimentos e transporte de materiais entre os postos de trabalho (HAMERI; 2011; ARBOS; SANTOS; SANCHEZ, 2011).

No que tange o fluxo de abastecimento da produção para otimizar as quantidades dos materiais a serem movimentadas, o movimento e o tempo na realização das atividades de movimentação e transporte de materiais, uma solução pode ser por meio da otimização das rotas de transporte interno e das quantidades de materiais para serem transportados (TAKEDA, 2006; ANTUNES, 2012).

No entanto, a literatura não apresenta com clareza um método estruturado para a identificação e otimização das ineficiências específicas do fluxo interno de materiais em empresas industriais, o que motivou o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

1.1. OBJETIVO

Em função dessas considerações, apresenta-se como objetivo deste trabalho a proposta de um método para otimizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais.

Espera-se obter um método para diagnosticar as principais oportunidades de melhoria, e por meio deste diagnóstico propor soluções que

otimizem o fluxo interno de materiais, tendo como base os conceitos que fundamentam o projeto, o planejamento de fábrica e os sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.

1.2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para se atingir o objetivo deste trabalho de pesquisa, a metodologia utilizada está embasada na revisão da bibliografia sobre os temas relacionados à logística interna, fluxo de abastecimento de materiais para a produção, suas ineficiências e os sistemas e técnicas existentes para otimizar estes processos.

Foi desenvolvido um método com sete etapas partindo do envolvimento da equipe para realização de um diagnóstico do fluxo interno de materiais para diagnosticar os fluxos de materiais e identificar as principais oportunidades de melhoria para que se possa propor soluções que atendam a disponibilidade de investimento e de tempo para implantação das empresas.

Para testar a aplicabilidade do método é realizada uma aplicação de ilustração, por meio de um estudo de campo em uma empresa industrial brasileira.

O foco do trabalho está no estudo das atividades da logística interna, principalmente as relacionadas aos fluxos de materiais, entre as áreas de estocagem e os postos de trabalho. Não são objeto de estudo, as atividades logísticas relacionadas ao suprimento físico e à distribuição física.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos e a partir desta etapa introdutória são desenvolvidos os próximos capítulos:

O capítulo 1 apresenta a contextualização, a apresentação do método e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 é constituído de um referencial teórico a partir da revisão bibliográfica de livros, artigos de periódicos e de seminários, trabalhos acadêmicos, entre outros, com o objetivo de embasar conceitualmente a proposta deste trabalho de pesquisa. As referências estão relacionadas diretamente e indiretamente com os processos de movimentação interna de materiais e ao processo de abastecimento da produção, portanto foram escolhidas palavras-chave relacionadas à movimentação e transporte interna de materiais e relacionadas ao abastecimento dos postos de trabalho.

O capítulo 3 apresenta as etapas da abordagem metodológica utilizada no trabalho e a classificação da pesquisa. Neste capítulo também é apresentado o desenvolvimento do método, detalhando os procedimentos utilizados para desenvolver cada passo do processo, do instrumento de diagnóstico, do instrumento de apoio à escolha da solução para otimizar o fluxo de materiais e, por fim, do instrumento de mapeamento e modelamento do fluxo de materiais.

O capítulo 4 apresenta uma aplicação de ilustração realizada em uma empresa de referência do setor e tem como objetivo testar a aplicabilidade do método proposto, utilizando como apoio o ambiente de simulação computacional de eventos discretos.

O capítulo 5 traz uma breve discussão a propósito dos resultados obtidos no capítulo quatro. Somando-se às contribuições do autor, é apresentada a conclusão do trabalho, avaliando a viabilidade de aplicação do método em empresas industriais e as possibilidades de desenvolvimento de trabalhos futuros por meio deste trabalho de pesquisa.

O capítulo 6 apresenta as referências bibliográficas utilizadas pelo autor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No primeiro capítulo foi abordada a importância da logística interna, principalmente das atividades relacionadas ao fluxo interno de materiais em empresas industriais, identificando-o como um fator crítico para a competitividade das organizações.

Observou-se também que existem formas de otimizar o fluxo interno de materiais, mas existe a necessidade de se identificar e otimizar de maneira sistemática as atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.

Neste segundo capítulo, é realizada uma revisão da literatura sobre os conceitos de logística; sobre a logística interna e as perdas relacionadas a ela; conceitos sobre os fluxos de materiais e informações e, por fim, as soluções utilizadas para otimizar o fluxo interno de materiais na indústria.

Ao final, serão abordados conceitos de simulação computacional de eventos discretos, pois é uma técnica utilizada na análise de problemas complexos, para analisar os impactos de intervenções em um sistema de produção em um ambiente virtual reproduzido com base no modelo real, antes que seja realizada qualquer modificação no ambiente real.

2.1. LOGÍSTICA

Segundo Ballou (2006) o conceito de logística é:

Gerenciamento Logístico é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e eficaz de matérias primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo a propósito de atender as exigências dos clientes (Ballou, 2006).

Ballou (2006) apresenta a logística dividida em dois grupos de atividades, identificados como: **(a) Suprimento Físico**, que compreende também as atividades denominadas de administração de materiais e **(b) Distribuição Física**. Dentro de cada um destes grupos são listadas todas as atividades realizadas pela logística, conforme ilustra a Figura 1:

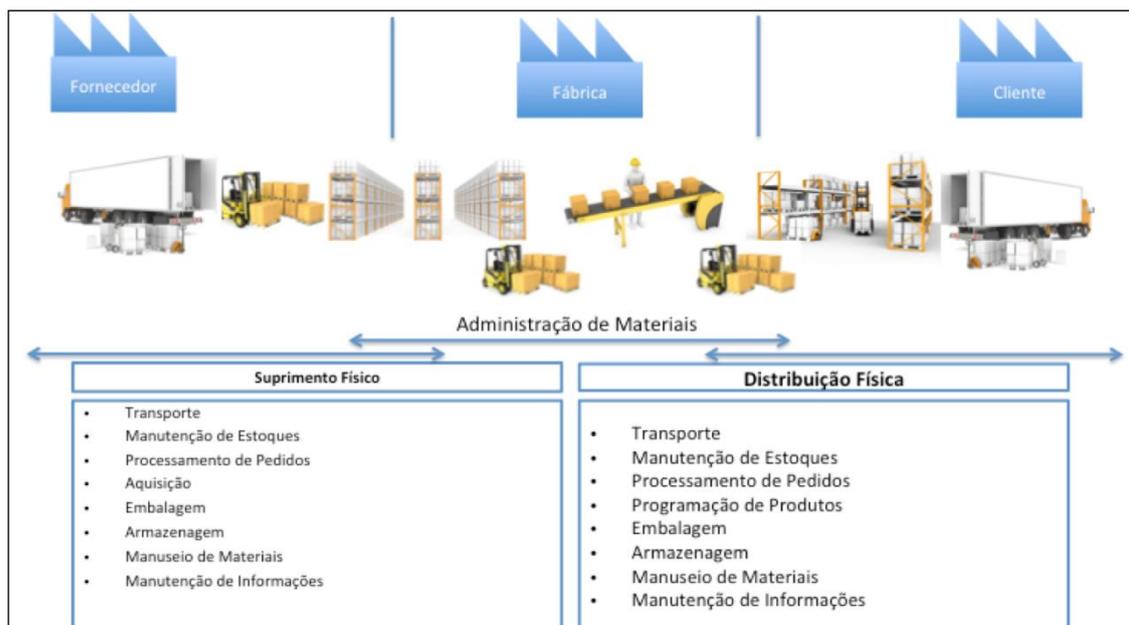


FIGURA 1 – ATIVIDADES DA LOGÍSTICA EMPRESARIAL (FONTE: BALLOU, 2006):

Para Ballou (2006), as atividades logísticas são divididas em atividades chave e atividades de apoio.

- Atividades Chave: i) Transportes, ii) Manutenção de Estoques, iii) Fluxo de informações e processamento de pedidos;
- Atividades de suporte: i) Armazenagem, ii) Manuseio de materiais, iii) Aquisição, iv) Embalagem protetora, v) Manutenção de informação;

O conjunto das atividades da logística contribui para o nível de serviço ao cliente. Entretanto, o nível de serviço pode ser comprometido quando ocorrem ineficiências ao longo do processo produtivo, impactando o tempo de ciclo de um pedido. Para Ballou (2006), tempo de ciclo de um pedido é o tempo

entre o momento que é efetivado o pedido do cliente, até o momento em que ele recebe o produto.

Uma etapa significativa do tempo de ciclo de um pedido é o tempo de ciclo operacional, que compreende o tempo de processamento do produto, o tempo de troca entre um produto e outro e o tempo de movimentação, transporte, espera e armazenagem de materiais, que normalmente são realizados pela logística interna da empresa (BARNES, 1977; TAKEDA, 2006; BALLOU, 2006; BLACK, 2013).

2.2. LOGÍSTICA INTERNA

A logística interna pode ser definida como um conjunto de atividades que se utiliza do método correto para prover a quantidade correta, do material correto, no local correto, no tempo correto, na sequência certa, na posição correta e no custo certo (TOMPKINS *et al.*, 2010; KARANANDE; CHAKRABORTY, 2013).

Na literatura internacional, este processo denomina-se material *handling* e *routing* e são definidos como a capacidade de movimentar efetivamente diferentes tipos de partes e peças (insumos e produtos) entre vários centros de armazenagem, abastecimento e processamento, utilizando-se diferentes rotas, de maneira eficaz (ZHANG; VONDEREMBSE; LIM, 2003; HUTCHINSON, 1991).

O MHI – *Material Handling Institute*, entidade norte-americana que congrega as principais indústrias fornecedoras da logística interna, define *Material Handling* como a movimentação, proteção, armazenamento e controle de materiais e produtos, ao longo da produção, armazenagem e distribuição, considerando o consumo e disposição (MHI, 2014).

Segundo Stephens e Meyers (2013), a Associação Americana de Engenharia Mecânica, define *Material Handling* como ciência que envolve a movimentação, embalagem e armazenagem de substâncias em qualquer forma

física; e o processo de movimentação, transporte e armazenagem de materiais. E estas atividades estão baseadas em cinco dimensões, movimento, quantidade, tempo, espaço e controle, em que:

- **Movimento** → É a atividade de transportar, ou transferir um material entre dois pontos, a base desta dimensão é a eficiência e a segurança na execução;
- **Quantidade** → Esta dimensão define que a quantidade movimentada determina o tipo de equipamento a ser utilizado no processo de movimentação, transporte e armazenagem de materiais e influencia direta no custo por unidade movimentada de movimento;
- **Tempo** → O tempo está relacionado à agilidade que um material pode ser movido ao longo do sistema de produção. Os níveis de estoque em processo, os excessos de inventário, a quantidade de movimentos e o tempo de ciclo operacional podem ser diretamente impactados por este fator;
- **Espaço** → Esta dimensão está relacionada ao espaço necessário para estocar os materiais ao espaço necessário para instalação e utilização dos equipamentos de movimentação e transporte de materiais;
- **Controle** → O controle abrange a correta identificação, localização e utilização dos materiais, o controle dos níveis de inventário e a precisão no gerenciamento das informações no gerenciamento da operação.

Estas dimensões são tratadas também por Ballou (2006), porém como três dimensões, sendo: **movimentação**, **estocagem** e **controle** de materiais e apresentam cinco níveis de evolução que são:

- Manuseio de materiais com atividade preponderantemente humana;
- Manuseio de materiais apoiado pela mecanização do movimento e do transporte, bem como o apoio de mobiliário para estocagem dos materiais;
- Movimentação e transporte dos materiais realizados automaticamente, por meio de veículos guiados automaticamente e manipuladores

automáticos para guarda e recuperação dos materiais nas áreas de estocagem e de consumo dos materiais;

- Ilhas de automação, que integram as atividades de movimentação e de transporte de materiais;
- Movimentação e transporte inteligente de materiais comandados por sistemas de informação integrados à programação e controle da operação;

Estas dimensões são orientadas por princípios que são sugeridos como determinantes para o sucesso na implantação dos sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, que podem ser vistos a seguir (HERAGU, 2008 TOMPKINS *et al.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013; MHI, 2014):

- I. **Princípio do planejamento** – Determina quais serão os materiais a serem movimentados, quais serão os movimentos, a frequência em que eles ocorrerão e quais os métodos a serem utilizados, porém mantendo a flexibilidade em atender casos contingenciais, que podem ocorrer sem planejamento.

Recomenda-se a montagem de uma equipe, para definir e avaliar o sistema de movimentação, transporte e armazenagem, a ser adotado.

É recomendado que o sistema de movimentação, transporte e armazenagem de materiais tenha seus objetivos de desempenho determinados e alinhados com a estratégia da organização.

- II. **Princípio da padronização** – Os sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, incluindo equipamentos, controles e softwares devem ser padronizados, para que atinjam os objetivos de desempenho e assegurando a flexibilidade, modularidade e a produtividade do sistema.

Isto significa que o desempenho, determinado no princípio de planejamento, deve ser atingido, mas deve atender também possíveis

variações nas condições de operação ou, ainda, antecipar-se a futuras mudanças que podem ocorrer no sistema, reduzindo customizações no sistema e maior flexibilidade para atender diferentes formas e tamanho das cargas e embalagens.

- III. **Princípio do trabalho** – O trabalho de movimentação, transporte e armazenagem de materiais deve ser minimizado, porém sem perder o foco na produtividade e no nível de serviços requerido pela operação.

É por meio do princípio do trabalho que ocorre a medida de desempenho da movimentação e tem como base a taxa de fluxo que considera a variável quantidade, a variável tempo e a variável distância. Quando não for possível reduzir a distância, deve-se transportar uma quantidade otimizada de material, de acordo com a necessidade de consumo, percorrendo a distância necessária no menor tempo possível.

Devem ser vistos como movimentos: as atividades de retirada e de colocação de materiais no armazém, abastecimento e retirada de materiais e produtos dos postos de trabalho.

A redução, combinação ou eliminação de movimentos desnecessários reduz o trabalho. Esta otimização pode ser feita utilizando um *layout* apropriado, alocando os equipamentos e recursos transformadores em um arranjo físico que corresponda ao fluxo necessário para realização do abastecimento da operação e que minimize as distâncias percorridas pelos materiais durante o processo.

Toda forma de movimento que reduza distância e utilize energias como a gravidade, sem comprometer a segurança do produto, deve ser considerada, pois reduz trabalho.

- IV. **Princípio da ergonomia** – Determina a adaptação da atividade à capacidade do trabalhador. A ergonomia considera a adaptação da necessidade física e mental para se realizar a atividade à capacidade e limitação do trabalhador.

Os métodos empregados nas atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais devem ser projetados para facilitar o dia a dia do trabalhador, primando pela segurança da pessoa e do produto.

- V. **Princípio de carga única** – É unidade de carga padrão para armazenamento ou movimentação, seja ela unitária, ou agrupada (container, palete, caixa, saco, etc.). A carga deve ser unitizada e configurada de maneira apropriada para alcançar os objetivos da movimentação, transporte e controle dos materiais de acordo com cada etapa do fluxo.

O objetivo do princípio de carga única é reduzir o número de movimentos realizados a cada intervalo de tempo, para suprir as áreas de transformação. Esta deve ser realizada de maneira unitizada, atendendo as necessidades para processamento do produto ao longo de todo sistema de produção, desde a área de estocagem.

A carga única deve assegurar a flexibilidade e continuidade das etapas de processamento, mantendo o estoque em processo e o número de movimentos reduzidos, para isso deve ser considerada a movimentação de carga, unitizando diferentes materiais necessários para o processamento de um produto.

- VI. **Princípio de utilização do espaço** – O princípio do espaço significa otimizar considerando o espaço cúbico, ou seja, altura, largura e comprimento do espaço a ser utilizado para a movimentação, transporte ou armazenagem dos materiais. O princípio considera a eliminação de áreas não identificadas, ou corredores de estocagem de materiais nas áreas de processamento.

Nas áreas de armazenagem, deve-se utilizar todo o espaço disponível, preservando a acessibilidade aos materiais. Nas as áreas de movimentação deve haver espaços reservados aos equipamentos de movimentação e

transporte de materiais, executando as tarefas do fluxo de materiais sem restrições, ou barreiras.

VII. **Princípio de sistema** – Sistema é uma série dependente, ou independente, entre si de equipamentos, métodos, materiais, pessoas, etc., que formam o todo da movimentação, transporte e armazenagem de materiais e deve ocorrer de maneira integrada com todas as etapas da operação.

Clientes e fornecedores devem interagir de maneira sistematizada, por meio das embalagens de transferência, por intermédio de sistemas de informação, ou, ainda, por métodos empregados nas atividades de movimentação, transporte e armazenagem dos materiais.

O sistema deve permitir a redução de estoques em todas as etapas do fluxo, desde as áreas de estocagem de materiais, estoques em processo nas áreas de manufatura ou nas áreas de estocagem de produtos acabados, mantendo a flexibilidade exigida para atender o nível de serviço ao cliente.

O controle físico e de informação deve ocorrer de maneira concomitante e integrada, garantindo o acesso e a acuracidade das informações, em todo o processo.

O sistema deve prover métodos para simplificar e agilizar a identificação e seleção de informações referente ao status, quantidade e localização dos materiais ao longo do processo, levando em conta as especificações do cliente e do produto.

VIII. **Princípio da automação** – Tecnologia eletromecânica baseada em sistemas computacionais, aplicadas em equipamentos e dispositivos que realizam automaticamente a programação e controle das operações.

O princípio da automação tem como premissa, assegurar que as atividades de movimentação e transporte de materiais sejam realizadas de maneira automática, eliminando custos e movimentos desnecessários,

assegurando a produtividade e, ainda, a segurança de materiais e pessoas envolvidas no processo.

Deve haver a mecanização, ou utilização de dispositivos simples que substituam a movimentação manual, antes de intensificar a automação nos processos.

Sistemas de informação são considerados fundamentais nos processos de automação, para garantir o gerenciamento do fluxo de materiais e informações de maneira ágil, precisa e integrada.

Este princípio prevê a automação completa dos fluxos dos materiais, entre todas as suas interfaces, ou seja, entre os equipamentos, no carregamento e descarregamento dos equipamentos, entre equipamento e operador, controlando e integrando as informações.

- IX. **Princípio do meio ambiente** – É a capacidade de conscientização de se realizar as atividades, prevendo e eliminando as possibilidades de efeitos negativos, que podem ser causados ao meio ambiente e reduzir a energia consumida nas atividades de movimentação, transporte e armazenagem dos materiais, realizando estas atividades de maneira racional.

Este princípio prevê que todos os insumos (paletes, embalagens, contêineres, etc.) devem possuir características menos nocivas à natureza, desde sua produção até sua destinação.

- X. **Princípio do Custo do Ciclo de Vida** – O custo do ciclo de vida inclui o fluxo de caixa necessário para aquisição e manutenção dos equipamentos e recursos, desde o seu planejamento até sua reposição, ao final de sua vida útil, prevê inclusive todos os custos relacionados à manutenção ao longo de sua utilização.

Este princípio norteia a avaliação do custo de movimentação e transporte de material, visando sempre o melhor custo benefício, de acordo com o segmento, estratégia e natureza de cada empresa,

Os autores ressaltam que estes princípios servem como referência para apoiar na solução de problemas e ineficiências dos sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais no dia a dia da operação. A utilização sistemática destes princípios pode promover melhoria às atividades da logística interna.

Segundo Womack e Jones (1998), todas as atividades, que não agregam valor ao produto, como as atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, devem ser reduzidas, ou eliminadas.

Segundo White (1988), as boas práticas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais envolvem a busca constante em racionalizar movimentos, transportes, estoques e controle dos materiais, reduzindo o custo operacional, otimizando a flexibilidade e o tempo de resposta.

Diante do exposto, pode-se observar diferentes definições sobre logística interna, mas fica claro que o grande objetivo é reduzir ao máximo os estoques, e os movimentos de materiais na operação.

Outro ponto importante é o fato de que as atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, possuem cinco dimensões (movimento, espaço, tempo, quantidade e controle) e são norteadas por dez princípios que contribuem para aumentar a eficiência e a reduzir as perdas relacionadas à logística interna.

2.3. PERDAS RELACIONADAS À LOGÍSTICA INTERNA

As atividades da logística interna são classificadas como atividade de apoio e não participam diretamente do processamento do produto, porém possuem grande relevância, pois podem representar entre 20% e 50% dos custos operacionais e podem impactar diretamente o nível de serviço ao

cliente, já que podem alcançar 60% do tempo de ciclo operacional (WOMACK; JONES, 1988; BEACH *et al.*, 2000; ANTUNES, 2012; DAI; LEE, 2012).

Todas as ineficiências que ocorrem nas etapas de processamento são consideradas desperdícios, geram custos e comprometem a competitividade da indústria. Estes desperdícios são classificados pela Manufatura Enxuta em sete tipos diferentes e que podem estar relacionadas à diversas causas, que são superprodução, espera, transporte, estoque, movimento, processamento, e defeitos (WOMACK; JONES, 1988).

A seguir são apresentados aqueles que estão relacionados à logística interna, os desperdícios de processamento e defeitos não serão tratados, pois em sua maioria possuem relação com o processamento do produto, ou processo e não às atividades de apoio de movimentação, transporte e armazenagem de materiais (CHOWDARY; GEORGE, 2011; RAHANI; ASHRAF, 2012; ELMOSELHY, 2013):

2.3.1. DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO

De todas as sete perdas listadas por Ohno (1997), a superprodução é considerada a mais danosa, pois oculta os outros tipos de perdas além de ser a mais difícil de ser eliminada. Esta perda pode ser gerada, por exemplo, pela antecipação de produção, que é decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, e ficam aguardando a hora de ser processada nas etapas posteriores.

Um estudo de caso realizado por Zhang (2013) em uma empresa que trabalha com duas estratégias de manufatura diferentes para duas unidades produtivas diferentes, pode-se observar os dois primeiros desperdícios, pois uma unidade produz para estoque e outra produz de acordo com a demanda observou-se uma grande dificuldade na gestão de dois tipos de desperdício:

Na unidade que produz para estoque, o estudo apontou excesso de perda por obsolescência dos estoques, que significa que o produto fica

ultrapassado, ou perde sua validade e foram devido à superprodução e ao excesso de inventário, causados por falhas na estimativa de demanda.

2.3.2. DESPERDÍCIO DE ESPERA

Ocorre quando um lote espera a liberação de recurso, para ser processado, ou quando as peças já trabalhadas de um lote esperam pelo processamento das outras para avançarem para a etapa seguinte, ou ainda, quando os operadores ficam parados aguardando outra etapa à frente ou anterior à sua finalizarem ou aguardam o abastecimento de seus postos de trabalho.

No mesmo estudo de caso apresentado por Zhang (2013) a unidade que produz de acordo com a demanda, observou-se perda de tempo por parte dos operadores das etapas finais do processo de transformação, pois estes ficam aguardando o processamento das etapas iniciais do processo e a transferência dos materiais até seus postos de trabalho, gerando o desperdício de espera.

2.3.3. DESPERDÍCIO DE TRANSPORTE

Toda movimentação e transporte de materiais e produtos dentro das instalações industriais são vistos como perda e devem ser reduzidos ao máximo ou até eliminados.

Os desperdícios relacionados à movimentação e transporte de materiais, são relevantes, e podem gerar interrupções na produção, seja pelo não abastecimento dos postos de trabalho, seja por erros no abastecimento. Estas perdas podem representar até 70% das causas de interrupções na produção, segundo estudo apresentado em uma empresa montadora de automóveis (ANTUNES, 2012).

2.3.4. EXCESSO DE ESTOQUE

É causado pelo excesso de estoque de produtos acabados ou de materiais e é considerado como um desperdício, pois os custos de materiais e de transformação estão aplicados no estoque, mas sem a contrapartida do

faturamento. Além disso, oculta outros problemas de produtividade, já que em determinados casos o estoque mantém o atendimento ao cliente.

Quando o sistema de movimentação e transporte de materiais não responde à flexibilidade exigida pela manufatura, devido a ineficiência dos equipamentos de movimentação e transporte, em virtude da programação de materiais para abastecimento da manufatura ou ainda geradas pela ineficiência das pessoas que executam as atividades de abastecimento e desabastecimento dos postos de trabalho, podem ocorrer atrasos comprometendo o tempo de ciclo operacional, havendo a necessidade de geração de estoques de produto acabado, para manter o atendimento ao cliente (HUTCHINSON, 1991; OH, 2010).

Schomberger (2011) realizou um estudo sobre gerenciamento de inventário em determinadas empresas ao longo de 29 anos e constatou que, só se mantiveram competitivas ao longo do tempo, as empresas que tiveram foco no gerenciamento dos níveis de inventários e reduziram o tempo de resposta ao cliente.

2.3.5. DESPERDÍCIO DE MOVIMENTO

É causado pelos movimentos dos operadores sem que esteja agregando valor ao produto, ou ainda devido ao excesso de movimento com os materiais, isto pode ocorrer devido à incompatibilidade do tipo de produto com o tipo de arranjo físico e fluxo adotado, para reduzir as perdas com movimento de materiais e operadores é necessário gerenciar o desempenho da logística interna monitorando os possíveis gargalos no fluxo de materiais (ICHIKAWA, 2009; JONES; HINES; RICH, 1997).

Diante do exposto, para manter a flexibilidade, o custo e o nível de serviço é necessário reduzir movimentos, tempos de espera, níveis de inventário e integrar as atividades de movimentação e transporte de materiais à manufatura, garantindo a continuidade do abastecimento dos postos de trabalho. Uma das maneiras é por meio de otimização dos fluxos de materiais e

processos, Hameri (2011) recomenda o uso de ferramentas de análise dos fluxos de produção para otimizá-los.

2.4. FLUXOS DE MATERIAIS E INFORMAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA

Para Tompkins *et al.* (2010), as atividades da logística interna, principalmente as relacionadas ao fluxo de materiais, podem ser impactadas pelo tipo de processo de manufatura a ser implementado, pois este influencia qual será o arranjo físico e fluxo de materiais necessário para a empresa.

Os tipos de processos de manufatura básicos encontrados na literatura são: (a) Processo por projeto; (b) Processo tipo *jobbing*; (c) Processo por batelada; (d) Processo em massa; (e) Processo contínuo. (SLACK *et al.*, 2010; ARBOS; SANTOS; SANCHEZ, 2011; GURUMURTHY; KODALI, 2011).

Segundo Slack *et al.* (2010), apesar de não ser determinística, existe uma relação entre os tipos de processo de manufatura e os tipos básicos de arranjo físico, conforme demonstra o Quadro 1:

Tipos de processo de manufatura	Tipos básicos de arranjo físico
Processo por projeto	Arranjo físico posicional
Processo tipo <i>jobbing</i>	Arranjo físico por processo
Processo por batelada	Arranjo físico celular
Processo em massa	Arranjo físico por produto
Processo contínuo	

QUADRO 1 - RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE PROCESSO DE MANUFATURA E OS TIPOS BÁSICOS DE ARRANJO FÍSICO (FONTE: SLACK *ET AL.*, 2010):

Arranjo físico é a maneira de organizar os recursos transformadores na planta e determinam o fluxo dos materiais e destacam-se quatro tipos básicos:

- **Arranjo físico posicional** – Também conhecido como arranjo físico de posição fixa, diferentemente dos outros arranjos físicos. Neste, os recursos transformadores se movem em torno do que está sendo processado, de acordo a etapa de transformação ou necessidade do processo. Normalmente, a opção por este arranjo se dá pela dimensão do produto ou pelo fato deste não poder ser movimentado, pode-se citar como exemplo: um estaleiro (SLACK *et al.*, 2009).
- **Arranjo físico por processo** – Este arranjo agrupa processos e equipamentos que executam o mesmo tipo de atividade, um exemplo deste tipo de arranjo são as indústrias de peças metal-mecânicas que demandam mais de um tipo de processo, como por exemplo: usinagem, tratamento térmico, pintura, entre outros (TOMPKINS *et al.*, 2010);
- **Arranjo físico celular** – Sua principal característica é o fato de agrupar em um espaço, toda, ou grande parte das necessidades de recursos transformadores para processamento de um produto. O arranjo físico celular otimiza espaço e movimentação, exemplo disso são as empresas de montagem eletrônica, (IRANI, 1999);
- **Arranjo físico por produto** – Este arranjo dispõe os recursos transformadores instalados e posicionados, para receber os recursos a serem transformados de forma a atender sequencialmente as especificações e controles do roteiro de produção. Um exemplo típico é uma linha de montagem de automóveis (SLACK *et al.*, 2009).

A disposição e a distância entre os recursos transformadores na área de manufatura e a distância entre a manufatura e as áreas de estocagem podem impactar o tempo de movimentação e transporte de materiais, ferramentais e pessoas, recomenda-se, portanto que a escolha do arranjo físico leve em consideração o tempo e flexibilidade necessários para a realização das atividades relacionadas ao fluxo interno de materiais (IRANI, 1999; HERAGU, 2008).

Para Tompkins *et al.* (2010), a logística interna deve estar preparada para gerenciar as necessidades dos clientes, garantindo a continuidade e

flexibilidade das operações, independentemente do arranjo físico, ou fluxo adotado pela empresa.

Existem dois fluxos que devem ser levados em conta para realizar de maneira eficiente a movimentação, transporte e armazenagem de materiais dentro de um sistema de produção (IRANI, 1999; JOHNSON, 2003, TOMPKINS *et al.*, 2010):

- **Fluxo físico** → Refere-se ao fluxo dos materiais e inclui o produto, as características da operação, a tecnologia e o tipo dos equipamentos de movimentação e transporte de materiais, as distâncias a serem percorridas pelos materiais entre as áreas de estocagem e os vários postos de trabalho na manufatura, entre outros aspectos físicos e estruturas que podem influenciar o fluxo dos materiais.
- **Fluxo de informação** → Refere-se às informações e sistemas para identificar o controle e rastreamento dos materiais no sistema de produção e ainda é responsável pelo gerenciamento das informações e registros ao longo do processo de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.

A Figura 2 ilustra de forma sistêmica o fluxo dos materiais e informações que ocorre na logística interna em uma indústria:

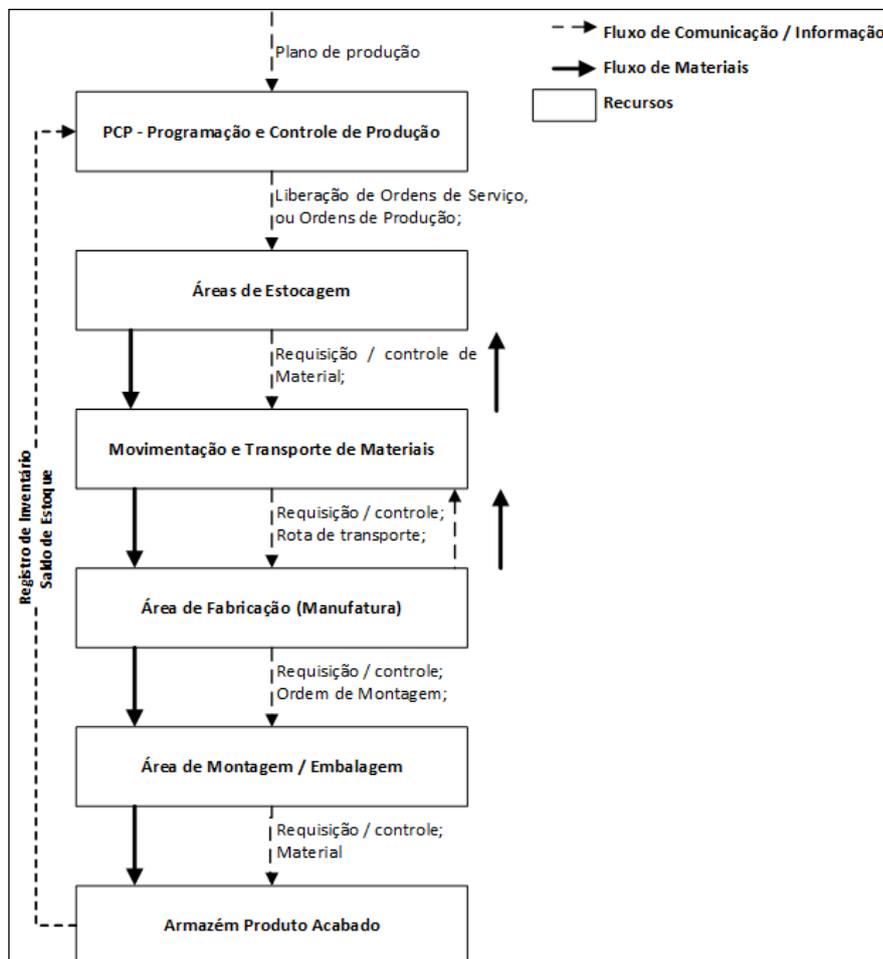


FIGURA 2 - FLUXOGRAMA SISTÊMICO DOS MATERIAIS NA LOGÍSTICA INTERNA, (ADAPTADO DE: HERAGU, 2008; TOMPKINS *ET AL.*, 2010).

Os autores consideram que a análise de fluxo na manufatura deve ocorrer sob a ótica do fluxo dos materiais, partes, peças e suprimentos, pois estes possuem interação direta com as áreas da empresa que são fundamentais para pleno funcionamento do sistema, de produção. Entre elas, destaca-se (HERAGU, 2008; STEPHENS; MEYERS, 2013):

- Áreas de programação e controle de produção;
- Áreas de fabricação, montagem, embalagem e suas áreas de estocagem;

- As áreas responsáveis pela movimentação e transporte de materiais, partes peças e produtos;
- As áreas de armazenagem de materiais e de produtos acabados.

Concomitante ao fluxo de materiais ao longo de todo o sistema de produção ocorre o fluxo de informação e comunicação entre as atividades e áreas de operações, e inclui determinadas informações e controles, destacando-se (TOMPKINS *et al.*, 2010):

- A programação de produção;
- As ordens de serviço para produção, ou montagem e as requisições de materiais que devem estar alinhadas à programação de produção;
- Os controles internos de movimentação e transporte de materiais;
- A identificação dos materiais, partes e peças;
- O controle dos saldos e níveis de inventário.

A seguir, serão detalhados os fluxos de informação e controles utilizados pelas atividades relacionadas à logística interna de uma empresa que foram identificadas na literatura.

2.4.1. FLUXO DE INFORMAÇÃO E CONTROLE NA LOGÍSTICA INTERNA

O fluxo de informação na logística interna, geralmente, utiliza equipamentos e sistemas de identificação e controle para registrar e controlar os movimentos, as quantidades, o status e a posição dos materiais no processo.

Os sistemas de identificação e comunicação que são utilizados nas atividades da logística interna de uma empresa são etiquetas, leitores de código de barras, sistemas de identificação visuais, identificações por rádio frequência, equipamentos de voz sem fio, cartões inteligentes, sistemas de sinalização, informação para controle operacional, requisições, controles e identificações de papel manuscritas e digitadas.

A identificação e controle dos materiais são necessários para manter a acuracidade das informações para serem utilizadas no controle dos níveis de inventário, giro dos estoques, tempos de execução das atividades de movimentação e transporte, entre outras relacionadas ao fluxo dos materiais no processo (BALLOU, 2006; STEPHENS; MEYERS, 2013).

A primeira atividade do fluxo de informação é a identificação do material ou produto, após a identificação, as atividades relacionadas ao fluxo de materiais são iniciadas (HANEYAH *et al.*, 2013):

- Planejamento – que consiste em se avaliar as capacidades do sistema de movimentação, transporte e armazenagem de materiais e interagir com o ambiente externo (clientes e fornecedores), realizando a programação das atividades de acordo com as necessidades;
- Programação – que tem a responsabilidade de direcionar as atividades, seus prazos e qual a sequência que devem ser realizadas, para atender a necessidade de planejamento;
- Controle – que tem como objetivo registrar, analisar e melhorar o desempenho das atividades de movimentação e controle dos materiais, analisando os tempos, distância e quantidades de movimento executadas. O objetivo do controle é a busca constante por redução de custos, redução nos tempos de execução das atividades e aumento de flexibilidade.

Quando ocorrem falhas na identificação ou controle dos materiais, pode haver impacto significativo na qualidade das informações. Em um estudo realizado em uma rede de varejo norte-americana, as falhas nos processos de identificação e controle no fluxo de materiais ocasionaram níveis críticos de acuracidade do inventário e diferenças na ordem de 30% entre o saldo de estoque registrado na contabilidade e o que havia fisicamente (DEHORATIUS; RAMAN, 2008).

As perdas relacionadas às diferenças de inventário podem representar até 10% da receita de uma empresa. Frente a este problema, foram

identificadas algumas soluções baseadas em automação para melhorar a identificação e o controle dos materiais, entre elas estão, as etiquetas de código de barras, os leitores óticos, as impressoras térmicas (para impressão das etiquetas) e os sistemas assistidos por computador para realizar o controle em tempo real ao movimento físico (BENSOUSSAN; ÇAKANYILDIRIM; SETHI, 2007; QU *et al.*, 2012).

Diante das considerações, verifica-se a importância do gerenciamento de materiais e informações que ocorrem no sistema de produção, observa-se que o gerenciamento pode ocorrer manualmente ou por meio de sistemas de informação integrados aos sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais e que há a necessidade de manter este controle em todas as etapas da operação.

2.4.2. FERRAMENTAS DE MAPEAMENTO DOS FLUXOS DE MATERIAIS E INFORMAÇÕES

O maior propósito do mapeamento do fluxo de materiais e informações é analisar e racionalizar os movimentos, as distâncias entre as áreas e o intervalo de tempo entre a requisição dos materiais, até o momento em que o produto é entregue às áreas de estocagem de produto acabado, este tempo é denominado de tempo de atravessamento (JOHNSON, 2003).

Um dos primeiros métodos sistemáticos de análise de fluxo operacional, o *PFA – Production Flow Analysis*, sugeriu analisar o fluxo dos materiais da estocagem até o ponto de consumo, o fluxo dos materiais entre os vários postos de trabalho, o fluxo dos operadores na realização de suas tarefas em seus postos de trabalho e o fluxo das ferramentas e dispositivos na realização das trocas entre produtos na manufatura (BURBIDGE, 1991, IRANI, 1999).

Os principais métodos utilizados para mapear o fluxo de materiais e informações são:

- **Mapeamento do Fluxo de Valor:**

O Mapeamento de Fluxo de Valor, ou *VSM – Value Stream Mapping*, é empregado para diagnosticar os possíveis desperdícios no sistema de produção, utilizando-se determinados indicadores, que geralmente são os tempos de processamento, os níveis de inventário, os tempos de troca, o número de operadores. Este método é indicado para mapear o fluxo dos materiais e informações, desde a matéria-prima até a entrega ao cliente (JONES; HINES; RICH, 1997).

Após realizado o mapeamento do estado atual, deve-se realizar uma análise para identificar os desperdícios do processo. A partir desta análise deve ser elaborado um novo mapa, denominado de mapa futuro, com propostas para otimizar os desperdícios identificados no mapa atual (ROTHER; SHOOK, 1999; SINGH; SINGH, 2013).

Em estudo realizado por Singh *et al.* (2010), a utilização do mapeamento de fluxo de valor, em uma indústria indiana do setor metalmeccânico, mostrou que é possível atingir resultados expressivos ao otimizar o fluxo de valor, por meio da redução dos desperdícios identificados no mapeamento, conforme pode ser observado a seguir:

- Redução do *lead time* em 83,14%;
- Redução do tempo de processamento em 12,62%;
- Redução do estoque em processo em 89,47%;
- Racionalizar a produtividade do operador em 42,86%.

O mapeamento de fluxo de valor é utilizado para identificar desperdícios ao longo do processo, mas existem outras ferramentas de mapeamento do processo que são utilizadas para mapear o fluxo de materiais e de informações.

- **Diagrama de Fluxo do Processo**

O Diagrama de Fluxo do Processo, as atividades de Operação, Inspeção, Transporte, Espera e Armazenamento utilizam símbolos, conforme ilustra a Figura 3 (STEPHEN; MEYERS, 2013). O uso de símbolos facilita a identificação das atividades em cada uma das fases do processo, principalmente as relacionadas à espera e transporte.

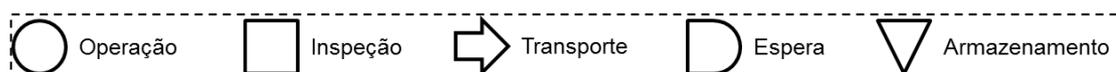


FIGURA 3 - SÍMBOLOS UTILIZADOS NO DIAGRAMA DO FLUXO DO PROCESSO (FONTE: BARNES, 1977)

Hameri (2011) realizou um estudo com empresas de segmento e portes distintos e utilizou o diagrama de fluxo do processo como base para propor melhorias. Os resultados encontrados, depois de implantadas as melhorias, foram o progresso no desempenho dos colaboradores, melhora na integração com fornecedores e clientes, melhor posicionamento de mercado e redução em custos e tempos, melhorando o nível de serviço ao cliente.

- **Mapofluxograma**

Um método utilizado para mapear as atividades de movimentação e transporte de materiais é o Mapofluxograma, que analisa o fluxo dos materiais entre os vários postos de trabalho e as áreas de estocagem. Este método normalmente utiliza a planta, ou *layout* da área, para identificar os pontos de coleta e entrega e as distâncias percorridas no fluxo interno de materiais (BARNES, 1977; BURBIDGE, 1991; HAILEMARIAM, 2010).

Este método permite analisar o roteamento determinado para os veículos de transporte de materiais e produtos com o objetivo de reduzir a distância entre os vários postos de trabalho e a área de estocagem, além de possibilitar a identificação do número de pontos de coleta e entrega de materiais e os possíveis desvios do roteamento determinado. A Figura 4 ilustra um exemplo de mapofluxograma que analisa as rotas que são executadas

entre postos de trabalho e as áreas de estocagem (BOYSE; BOCK, 2011; EMDE; BOYSE, 2012).

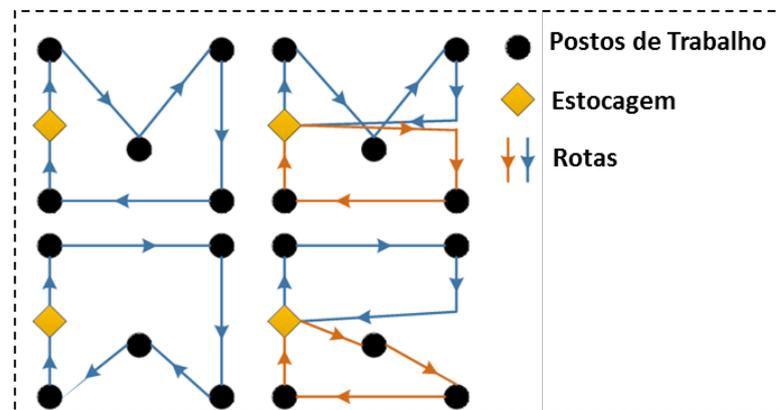


FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DA ANÁLISE DO FLUXO DAS ROTAS DE MATERIAIS NA MANUFATURA (GYULAI *ET AL.*, 2013).

As ferramentas de análise de fluxo são instrumentos importantes para aumentar a competitividade das indústrias, pois permitem identificar ineficiências que podem gerar esperas, movimentos desnecessários, interrupções na produção entre outros desperdícios que podem gerar aumento nos custos operacionais (MENDES, 2010; BERENGUEL, 2011). Verificou-se na literatura a utilização das ferramentas de análise de fluxo, com o objetivo de identificar as ineficiências para então aplicar diferentes tipos de soluções para otimizar o fluxo de materiais (BALLOU, 2006; FLEURY, 2000; NOVAES, 2001).

2.5. SOLUÇÕES DE OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA INTERNA

Existem diversas soluções que podem melhorar a eficiência da movimentação e transporte de materiais nas empresas, gerando uma redução de até 30% nos custos operacionais (TOMPKINS *et al.*, 2010; KULAK, 2005; KARANANDE; CHAKRABORTY, 2013). A maioria delas está relacionada com a otimização da quantidade movimentada ou estocada, otimização dos movimentos, otimização dos espaços entre os postos de trabalho, otimização do controle de materiais e otimização do tempo de realização das atividades de movimentação e transporte (STEPHENS; MEYERS, 2013).

Neste sentido, recomenda-se a definição de uma equipe com o objetivo de avaliar e implementar todos os projetos e melhorias pertinentes às atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais e, ainda, espera-se que a equipe seja composta por profissionais das áreas de engenharia industrial, operações e controle de produção (HARRIS; HARRIS; WILSON, 2004; TOMPKINS *et al.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013).

Segundo White (1988), os sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais possuem diferentes estágios de evolução. Estes estágios iniciam com o uso intensivo de mão de obra para realização das atividades, passam por estágios, em que as atividades são mecanizadas ou automatizadas, até alcançarem a integração completa entre os sistemas de movimentação e os sistemas de informação.

Neste sentido, Heragu (2008), Tompkins *et al.* (2010) e Stephen e Meyers (2013), autores especialistas em planejamento e projeto de *layout* e fluxo de fábrica recomendam a mecanização, automação, adequação do arranjo físico e as técnicas de manufatura enxuta para fluxo de materiais como base para se obter melhores resultados e a racionalização do movimento e do transporte de materiais nas áreas da manufatura.

Identificou-se também que determinadas empresas utilizam-se da contratação de empresas especializadas para realizarem as atividades da logística. Este tipo de contratação é denominado pela literatura internacional de *outsourcing*, que significa terceirização (REEVES; CALISKAN; OZCAN, 2010).

2.5.1. TERCEIRIZAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA

A terceirização da logística tornou-se uma ferramenta de competitividade, pois desta forma é possível que a indústria passe a focar sua atividade fim, ao invés de executar atividades tidas como indiretas de apoio, como são consideradas as atividades relacionadas à logística interna da empresa (HO *et al.*, 2012).

Estudos apresentam que os principais fatores que levam à terceirização são focar esforços na atividade fim, dar maior agilidade aos processos, melhorar a flexibilidade às mudanças impostas pelos clientes, falta de tecnologia, capacidade ou experiência para realizar determinadas tarefas e redução nos custos (CANEZ; PLATTS; PROBERT, 2000). Dentre estes fatores, os principais em ordem de importância são a redução no custo total, focar esforços na atividade fim e reduzir o tempo de resposta ao cliente (CANEZ; PLATTS; PROBERT, 2000; FREDRIKSSON; 2011; MULAMA, 2012).

Após esta abordagem, verificou-se que as indústrias buscam em seus parceiros determinados requisitos que são considerados chave para a seleção e manutenção dos contratos de prestação dos serviços (REEVES; CALISKAN; OZCAN, 2010; HO *et al.*, 2012; GUPTA; BHARDWAJ, 2012):

- **Custos menores ao longo da parceria** → por meio da contratação de uma empresa prestadora de serviço logístico, espera-se que os custos com logística sejam reduzidos, devido à especialização da empresa contratada;
- **Redução do tempo de ciclo** → com a terceirização, espera-se maior agilidade das empresas em realizarem os serviços, pois são empresas que detém tecnologias e métodos de trabalho, focados nas atividades relacionadas à movimentação, transporte e armazenagem dos materiais;
- **Aumento da satisfação dos clientes** → haja maior satisfação dos clientes internos e externos, devido à maior acuracidade das informações, qualidade nas atividades e principalmente velocidade no atendimento às necessidades dos clientes;
- **Protagonismo tecnológico (equipamentos e sistemas)** → pelo fato de serem especialistas é esperado o que há de melhor em tecnologia e equipamentos de movimentação, transporte e armazenagem dos materiais, assegurando a qualidade na movimentação, acuracidade de informação e redução de perdas no processo.

Fredriksson (2012) sugere que devem ser observados três estágios ao se optar pela estratégia de terceirização, sendo o primeiro estágio antes de efetivar a contratação, um segundo estágio no planejamento da terceirização e um terceiro estágio que consiste na avaliação contínua do serviço que é executado durante o tempo de parceria.

- No primeiro estágio, são consideradas as atividades de avaliação das competências que o fornecedor possui e a aderência destas competências à necessidade da empresa contratante. Após a verificação, há uma atividade de aprovação e qualificação do fornecedor, para aí iniciar a negociação de valores e indicadores de nível de serviço;
- No segundo estágio, são detalhados o projeto de transferência das atividades e o cronograma de implantação;
- No terceiro estágio, é trabalhado o processo de avaliação contínua da empresa contratada e as condições de manutenção do contrato.

As empresas que não utilizam a terceirização também precisam manter esforços em reduzir custos e tempo de resposta ao cliente. Para isso, existem determinadas soluções para melhorar a capacidade de movimentação, transporte ou armazenagem de materiais, uma delas é mecanizar atividades manuais, pois reduzem tempo e aumentam a segurança na execução (AZEVEDO *et al.*, 2014).

2.5.2. MECANIZAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA

A mecanização das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais consiste na implantação de equipamentos e dispositivos mecânicos que ampliam a capacidade da operação, melhorando a agilidade e segurança nas atividades da logística interna (RAMAN *et al.*, 2009). O uso de equipamentos na movimentação e transporte de materiais contribui para maior produtividade do operador, dando-lhe condições de movimentar maiores quantidades de materiais, ou ainda movimentar em uma única vez todos os componentes para o processamento dos produtos, durante uma quantidade de tempo (LIMÉRE; LANDEGHEM; GOETSCHALCKX, 2015).

Foram verificados na literatura, os equipamentos que são geralmente utilizados na movimentação, transporte e armazenagem de materiais. Estes equipamentos têm como objetivo aumentar a segurança e capacidade na execução das atividades realizadas no fluxo de materiais e podem ser observados no Quadro 2 (HERAGU, 2008; TOMPKINS *et al.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013):

Classe	Equipamento
Unitizadores	Contêineres, paletes, caixas, sacos, big bags.
Sistemas de armazenamento	Com armazenamento e recuperação automáticos, com operação humana, em estantes, racks porta paletes, blocagem de materiais no chão, blocagem de materiais em <i>racks, drive in, drive thru, push-back</i> ,
Transportadores de Materiais	Com movimento de corrente, de correia, de rolete, formato de calha metálica, calha de madeira, em parafuso, de rolamento, de rodas, de recipientes, de carrinhos guiados, pneumáticos, monovias aéreas, telescópicos, magnéticos, de cabos, selecionadores.
Gruas	Empilhadoras, de coluna, de cavalete móvel, com guindaste.
Veículos industriais	Manuais: Veículos manuais, prateleiras móveis, empilhadeiras manuais, tombadores de tambores móveis, paleteiras manuais; Tripulados: veículos motorizados, empilhadeiras motorizadas, empilhadeiras contrabalanceadas, plataformas motorizadas, rebocadores.

QUADRO 2 - TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA MOVIMENTAÇÃO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS (FONTE: TOMPKINS *ET AL.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013):

Diante da variedade de equipamentos que podem ser adotados nos sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, foram verificadas na literatura formas de apoiar o processo decisório, orientando qual sistema é recomendado para cada situação, uma delas pode ser verificada na Figura 5 (HERAGU, 2008; TOMPKINS *et al.*, 2010):

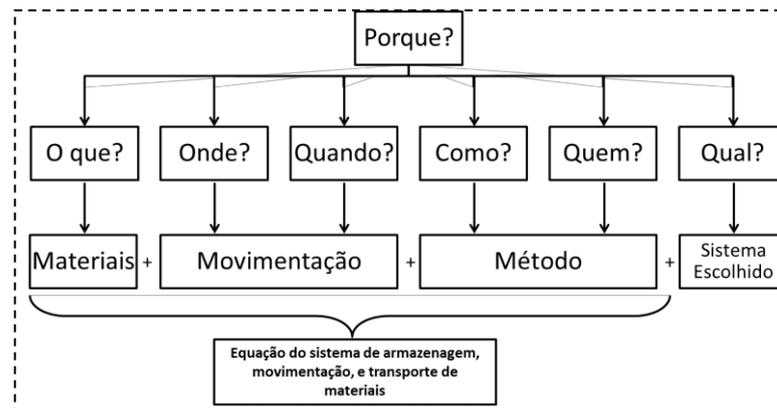


FIGURA 5 – PONTOS FUNDAMENTAIS PARA RECOMENDAÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE DE MATERIAIS (FONTE: TOMPKINS *ET AL.*, 2010)

Segundo Tompkins *et al.* (2010), estes pontos devem ser detalhados com os dados da operação para a melhor recomendação do sistema e devem ser detalhados a partir das questões:

“**O Que**”, para identificar todos os aspectos referentes ao tipo de material a ser movimentado, a quantidade de material a ser movimentada e as principais características deste material;

“**Onde**” e “**Quando**”, para identificar os aspectos referentes à movimentação e armazenagem dos materiais, detalhando:

- Origem e destino do material, reais e idealizadas?
- Onde o material será estocado e onde seria o ideal ser estocado?
- Em quais locais ocorrem movimentação, transporte, ou armazenagem do material e que poderia ser eliminado, simplificado, consolidado, ou automatizado?
- Quando este material será necessário e quando deverá ser movimentado?

- Se for possível automação, para quando esta está prevista?
- Quando se realiza medidas de desempenho do sistema de movimentação, transporte e armazenagem de materiais?

“**Como**” e “**Quem**”, são referentes ao método, ou técnica utilizada na movimentação, transporte e armazenagem dos materiais, detalhando:

- Como o material é movimentado e armazenado e como deveria ser movimentado, ou armazenado e se há alternativa para estes processos?
- Como este material será controlado, ou rastreado?
- Como deve se proceder com os problemas que eventualmente possam vir a acontecer no processo de movimentação e armazenagem?
- Quem deve fazer a movimentação, há a necessidade de treinamento específico sobre o material?
- Quem fará a movimentação, foi envolvido no projeto do sistema de movimentação, transporte e armazenagem do material?

Por fim, a pergunta “**Qual**” identifica qual sistema deve ser escolhido:

- Quais operações de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, são realmente necessárias?
- Quais alternativas de sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, estão sendo consideradas?
- Qual sistema possui melhor custo benefício para a realização das atividades?

Kulak (2005) propõe um sistema de apoio à decisão, que relaciona os vários atributos da atividade de movimentação, transporte e armazenagem de materiais às características dos equipamentos. Baseado em 142 regras pré-estabelecidas sugere outros fatores que devem ser observados, conforme ilustra o Quadro 3:

Detalhamento	Característica
Detalhe do material a ser movimentado	<p>Apresentação: individualizado, unitizado, embalado, granel, barra, etc.</p> <p>Peso: leve, médio, ou pesado;</p> <p>Dimensão do material: pequeno, médio, ou grande;</p> <p>Superfície: plana, ou não plana;</p> <p>Demanda anual: valor maior, menor ou igual a um valor de referencia, pré-determinado;</p>
Limitações de área	<p>Espaço livre: valor maior, menor ou igual a uma referencia;</p> <p>Largura de corredor: valor maior, menor ou igual a uma referencia;</p> <p>Altura do pé direito: valor maior, menor ou igual a um valor de referencia;</p>
Detalhes da operação	<p>Função: movimentação, ou armazenamento e retirada;</p> <p>Controle da operação: controlado, ou não controlado;</p> <p>Automação: necessária, ou não;</p> <p>Tipo de transporte: transportadores, ou rebocadores;</p> <p>Tipo de controle de retirada do estoque: PEPS (primeiro que entra, primeiro que sai), UEPS (último que entra, primeiro que sai).</p>
Movimento	<p>Tipo de movimento: transporte, transmissão, armazenagem e retirada, carregamento e descarregamento;</p> <p>Direção do movimento: declive, aclone, horizontal, vertical;</p> <p>Nível do movimento: mesmo nível, acima, ou abaixo do nível;</p> <p>Área e rota: fixa, ou variável;</p> <p>Distância: valor maior, menor ou igual a uma referencia;</p> <p>Altura: valor maior, menor ou igual a um valor de referencia;</p>

QUADRO 3 - DETALHAMENTO OPERACIONAL PARA RECOMENDAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS (FONTE: KULAK, 2005):

Além da equação e do nível de detalhamento apresentados nesta seção, foram identificadas outras propostas para apoiar a seleção do melhor sistema de movimentação, transporte e armazenagem de materiais. Estas propostas utilizam abordagens mais complexas como sistemas computacionais e algoritmos e podem ser observadas no Quadro 4.

Autor	Proposta	Abordagem
Beamon (1998)	Método de avaliação de desempenho do sistema de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, baseado em atributos e confiabilidade dos equipamentos.	Por meio de estudos de caso e da revisão bibliográfica, apresenta métodos para se avaliar quantitativamente e qualitativamente os sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.
Karanande & Chakraborty (2013)	Apresenta um sistema multicritério para a tomada de decisões de escolha do sistema de movimentação de materiais, por meio de um algoritmo matemático. WUTA - weighted utility additive	A metodologia é baseada na literatura e na criação de um algoritmo que realiza um ranking entre as possíveis escolhas de sistema, baseado em atributos relacionados à operação e ao tipo de equipamento a ser escolhido.

QUADRO 4 - -PROPOSTAS DE APOIO À SELEÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Diante destas considerações, observa-se que a escolha do melhor sistema é fundamental, mas é necessário que este sistema opere com a máxima eficiência (HERAGU, 2008; TOMPKINS *et al.*, 2010). Neste sentido, os sistemas de movimentação, transporte, armazenagem e controle podem ser otimizados com a automação, utilizando equipamentos capazes de executar as atividades, por meio de comandos eletromecânicos, ou eletrônicos independentemente da operação humana (SEIDEL; DONATH; HAUFÉ, 2012).

A automação pode trazer resultados significativos à eficiência e ao custo da logística interna, pois em determinadas situações, o número de pessoas empregadas nestas atividades pode alcançar 25% do total de funcionários de uma organização (TOMPKINS, *et al.*, 2010; KLOTZ *et al.*, 2013).

2.5.3. AUTOMAÇÃO NA LOGÍSTICA INTERNA

Os sistemas automáticos de movimentação e transporte de materiais mais utilizados, de acordo com a literatura é o AGV (Automated Guided Vehicle), e os robôs manipuladores para acondicionamento e paletização. Estes equipamentos possuem diferentes tipos (TOMPKINS *et al.*, 2010; DAI; LEE, 2012; STEPHENS; MEYERS, 2013):

- **AGV's – Automated guided vehicles (Veículos guiados automaticamente):** podem possuir carregamento automático ou manual, podem possuir elevação, podem conter reboque, podem transitar sobre rolos, podem possuir plataforma estacionária ou plataforma de elevação.
- **Robôs de movimentação:** Podem ser de acionamento pneumático, elétrico, hidráulico, ou como manipulador mecanizado.

Os sistemas que controlam as informações no fluxo de materiais automatizado são baseados em *hardwares* e *softwares* que registram e garantem a rastreabilidade das informações, reproduzindo em tempo real nos sistemas informatizados de gestão o que ocorre fisicamente, por meio de registros coletados automaticamente ou manualmente (ZHANG *et al.*, 2015).

A automação integrada dos fluxos de informação e de materiais é caracterizada por (TOMPKINS *et al.*, 2010; KLOTZ *et al.*, 2013; SMOCZEK; SZPYTKO, 2014):

- Total controle da operação, por meio de sistemas assistidos por computador, garantindo sua segurança e precisão e trabalham integrados com os sistemas de programação de produção;

- Possuem projetos que consideram todas as variáveis operacionais para garantir a ergonomia e produtividade do trabalhador;
- São sistemas complexos, no que diz respeito sua operação, manutenção e instalação, além de ocuparem grande espaço da instalação fabril;
- Demandam altos investimentos, devido o alto custo da tecnologia embarcada;

Estudos mostram que estes sistemas, de informação e de movimentação de materiais, podem atingir diferentes níveis de automação. Nos casos mais complexos são integrados à softwares de simulação computacional de engenharia e de programação e controle de materiais para realizar previamente o comissionamento do fluxo de materiais, avaliando o nível de desempenho que poderá ser atingido, como ocorrerá o controle dos materiais no processo e ainda comparar o desempenho obtido na simulação com os objetivos esperados (SEIDEL; DONATH; HAUFE, 2012).

Este nível de integração dos sistemas de informação e automação no fluxo de materiais responde por uma parte do Sistema de Informação Corporativo. Esta integração permite o controle dos processos em tempo real e pode ser observada na Figura 6 (QU; YANG, HUANG, 2012; CHENG; PRABHU, 2013).

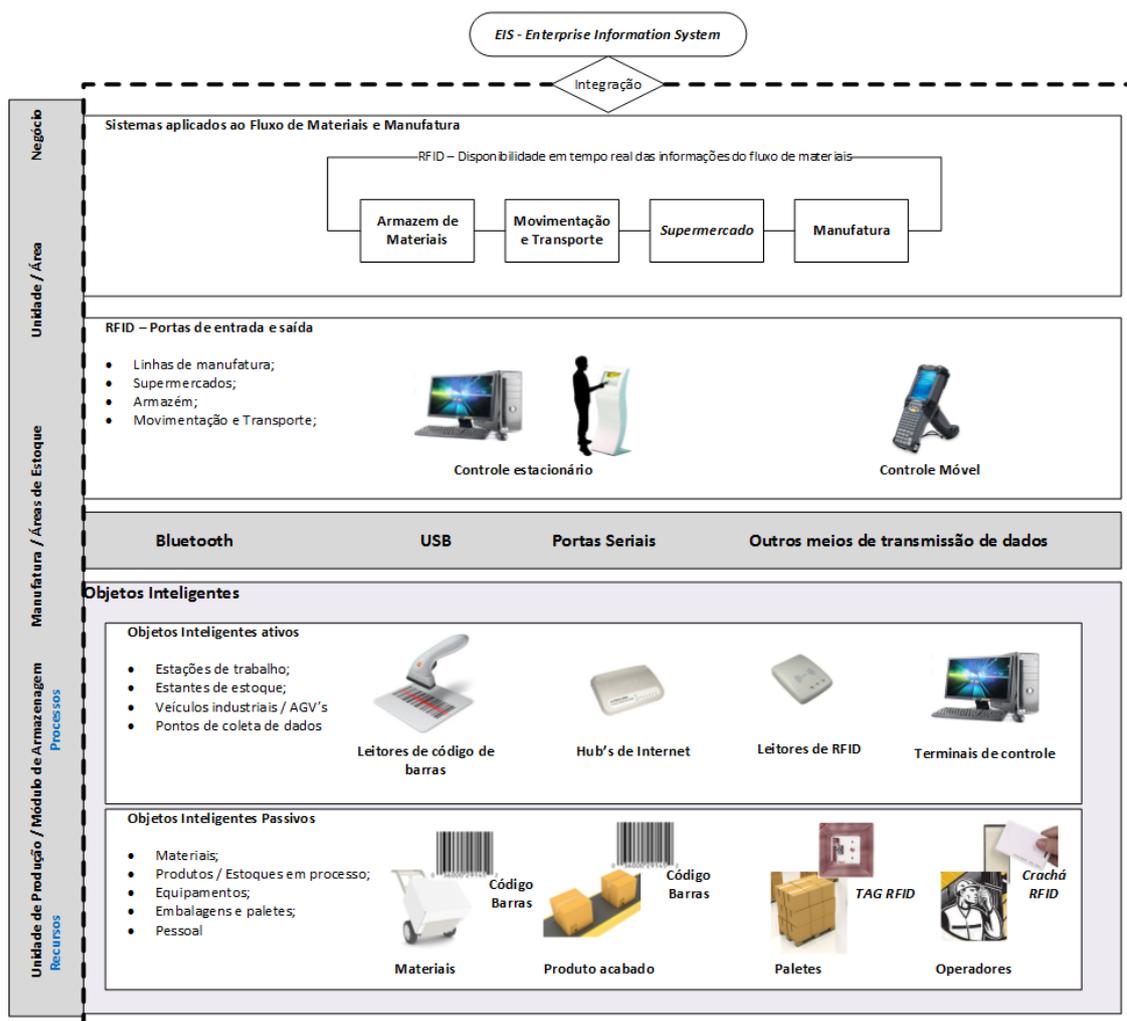


FIGURA 6 – INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E AUTOMAÇÃO NO MATERIAIS (FONTE: QU; YANG, HUANG, 2012)

Apesar da automação nos sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, é necessária disponibilidade financeira para realizar investimentos em equipamentos de *softwares* utilizados neste tipo de solução e que se tenha espaço físico para adaptação dos equipamentos ao *layout* da operação (MARTINHO, 2008).

2.5.4. ALTERAÇÕES DE LAYOUT

Nesta seção, são apresentadas técnicas relacionadas ao espaço e movimento entre os postos de trabalho na manufatura. Uma das maneiras de otimizar a logística interna é por meio do *layout* celular, que encurta as distâncias entre os recursos transformadores, reduzindo assim movimento dos

operadores e dos materiais, visto que esse método consiste no agrupamento dos recursos transformadores responsáveis pelo processamento parcial, ou total um produto (PATTANIK; SHARMA, 2009).

O *layout* celular teve sua origem no conceito de Tecnologia de Grupo, difundido por Burbidge (1975), com o objetivo de reduzir a distância entre os recursos transformadores, aumentar a eficiência operacional e reduzir os tempos de troca entre produtos. Isto é possível desde que produtos possam ser agrupados em família, ou seja, que possuam similaridade (IRANI, 1999; DANESE *et al.*, 2012).

A manufatura celular tem como requisito alterar o arranjo físico, agrupando os equipamentos para processamento completo ou parcial de um produto, porém dependendo do número de etapas ou da dimensão dos equipamentos pode haver a impossibilidade de arranjar os equipamentos em uma única célula. Neste caso, ocorre a necessidade de sequenciamento de células, incorrendo em movimentação e transporte de partes e peças, como nos outros tipos de arranjo físico (MOHAMMADI; FORGHANI, 2014). Uma maneira de otimizar o sequenciamento de células é o *layout* em linha, que pode assumir diferentes configurações, conforme ilustra a Figura 7:

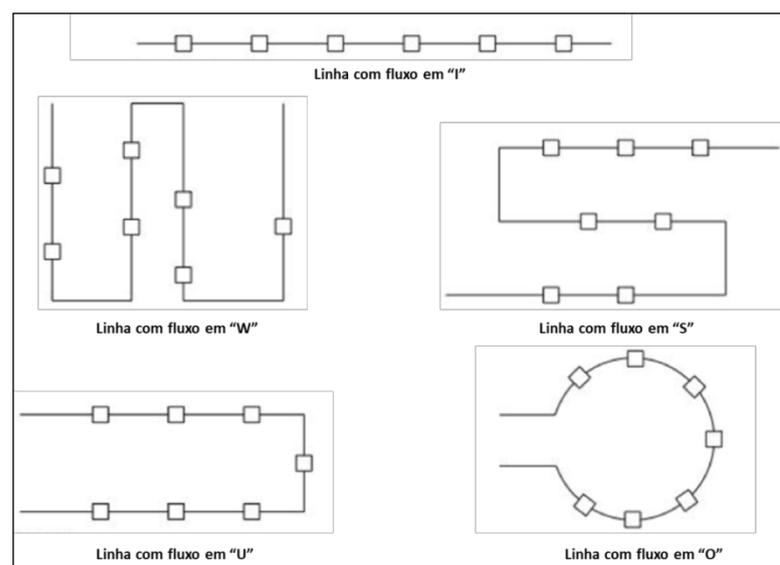


FIGURA 7 - TIPOS DE CONFIGURAÇÕES DE LAYOUT EM LINHA (FONTE: HERAGU, 2008; TOMPKINS *ET AL.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013).

Neste tipo de *layout*, a transferência de materiais, partes e peças entre as várias etapas de processamento ocorre por meio de esteiras transportadoras, ou outros tipos de transportadores mecanizados, eliminando a movimentação e transporte dos materiais por parte dos operadores, ou pela logística interna, mas não impede a necessidade do fluxo de materiais compreendido entre as áreas de estocagem e as células (LASHKARI; BOPARAI; PAULO, 2004).

Nas configurações de *layout* em linha, há um ponto relevante que é a redução, ou até eliminação dos estoques intermediários. Mas em casos onde ocorrem flutuações de demanda e a necessidade de alterações no sequenciamento da linha, este *layout* pode trazer limitações (TOMPKINS *et al.*, 2010). Assim, é necessário adotar técnicas que otimize o abastecimento de materiais, conforme o ritmo de produção (BERGENWALL; CHEN; WHITE, 2012).

2.5.5. TÉCNICAS ENXUTAS DE OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA INTERNA

Foi observado na literatura técnicas que foram desenvolvidas, ou adaptadas de outras áreas da logística e tem como objetivo otimizar o fluxo interno de materiais (NOMURA; TAKAKUWA; 2006; HO *et al.*, 2012; ALNAHHAL; NOCHE, 2013). Para otimizar as atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais é necessário atuar na quantidade movimentada, no controle da movimentação dos materiais e no número de movimento e transporte realizado para realizar o abastecimento da produção (KERBER; DRECKSHAGE, 2011; SAKIKAWA, 2012).

Baseando-se nas técnicas enxutas de movimentação de materiais obtidas na literatura, conforme Harris e Harris (2003), foram verificadas as técnicas detalhadas a seguir.

2.5.5.1. TÉCNICAS PARA CONTROLE DE MATERIAIS

As técnicas apresentadas nesta seção estão diretamente relacionadas ao controle da quantidade de materiais a ser movimentado. Uma das principais

técnicas de controle de materiais é o sistema *Kanban*, palavra japonesa que significa sinal por cartão. Trata-se de um sistema de controle e reposição de materiais que utiliza cartões e seu principal objetivo é tornar o abastecimento das áreas de manufatura puxado, ou seja, de acordo com o ritmo de processamento, proporcionando a redução dos níveis de estoque em processo (KILIK; DURMUSOGLU, 2015).

O *Kanban* visa o abastecimento contínuo dos materiais e a quantidade de cada material é calculada de acordo com a confiabilidade de entrega do fornecedor, tamanho de lote de reposição e ritmo da manufatura, essa quantidade é convertida em número de cartões e cada cartão equivale a uma embalagem, ou a uma unidade de carga (WOMACK; JONES, 1998; TAKEDA, 2006).

Neste sistema, uma das premissas é a gestão visual, por cores ou com as próprias embalagens dos materiais que são utilizadas como sinalizadores de necessidade de ressuprimento à produção, quando estão vazias. Esta dinâmica tem como objetivo a redução do nível de estoque e do tamanho dos lotes, tornando o ritmo de abastecimento da produção mais dinâmico (AGHAJANI; KERAMATI; JAVADI, 2012).

Neves (2009) apresenta um estudo de caso realizado em uma planta da Toyota em Portugal, utilizando esta técnica de programação para de abastecimento de partes e peças em uma linha de montagem automotiva e ressalta sua efetividade em reduzir estoque em processo, a facilidade de ser implantado entre os operadores da produção e da logística, além do baixo custo de implantação. O estudo utilizou o *Kanban* para disparar o transporte e abastecimento dos postos de trabalho das linhas de montagem automotiva.

Outra técnica para controle da quantidade de materiais a ser movimentada é uma técnica denominada de *Kit*, que possui como conceito unificar em uma área fora das linhas de montagem final, seja pré-montando ou agrupando, todos os componentes necessários para o processamento de uma quantidade de produto sem que haja a necessidade de transportar, ou

movimentar item a item para a linha de montagem final, proporcionando a redução do movimento e transporte de materiais (CAPUTO; SALINI 2015).

Além do *Kit*, a literatura apresenta o uso de *Supermercados* como forma de otimizar as atividades da logística interna especificamente o abastecimento dos postos de trabalho, pois reduz a distância entre as áreas de estocagem e o ponto de consumo, propiciando um maior controle no nível de inventário de materiais em processo, visto que a quantidade de materiais disponível permite atender curtos períodos de produção (EMDE; BOYSEN, 2012).

Caputo e Pelagagge (2011) realizaram um estudo em uma empresa que produz máquinas de bebidas geladas (*Vending Machines*) e utilizou o *Kanban* em conjunto com as técnicas de *Supermercado* e de *Kit*. Neste estudo, o *Kanban* foi utilizado para disparar para a área de estocagem de materiais a necessidade de reposição ao *supermercado* que, por sua vez era utilizado para abastecer de componentes a montagem dos *Kits* com o objetivo de transportar de maneira otimizada uma determinada quantidade de todos os materiais necessários para processar uma quantidade de produtos, sem desperdícios de movimentação e quantidade.

Emde e Boysen (2012) concretizaram um estudo de caso duplo, sendo uma empresa de montagem de microcomputadores e outra do setor automotivo, em ambas foram utilizados o *Supermercado* e o *Kanban* para otimizar os níveis de estoque em processo, tornando o fluxo de reabastecimento puxado. Para dimensionar e posicionar o *supermercado* de maneira otimizada, em relação à manufatura, utilizaram os recursos da simulação, permitindo a redução das áreas destinadas à estocagem alocando-a mais próximo da manufatura.

2.5.5.2. MILK RUN E MIZUSUMASHI

A necessidade de reduzir os estoques, os tempos de espera e a necessidade de reduzir movimento dos operadores de produção, focando-os nas atividades de processamento, obrigaram as indústrias e a logística interna

desenvolverem métodos para otimizar o fluxo de materiais (BLACK, 2008; SAKIKAWA, 2012). Neste sentido, pode-se citar o *Milk Run* e o *Mizusumashi*, pois contribuem para reduzir o tempo de movimentação e transporte de materiais, proporcionam a redução nos estoques em processo, e melhoram o aproveitamento dos operadores nas atividades diretas de produção (QUETA, 2013; FERNANDES, 2011).

O *Milk Run* é tradicionalmente utilizado no processo de suprimentos de materiais, entre fornecedor e indústria, que traduzindo para o português significa “caminho/rota do leite”. Na prática, é o processo de coleta ou entrega de insumos, parte de peças ou produtos semiacabados em diversos fornecedores / clientes, em um caminhão e que compreende uma rota e um tempo específico, calculado e pré-determinado com o objetivo de suprir uma fábrica, linha ou determinados postos de trabalho, sem que haja a necessidade de aumento de inventário de insumos (BRAR e SAINI, 2011).

O conceito de *Milk Run*, adaptado para a logística interna, consiste em realizar coletas e entregas de vários materiais e produtos entre as áreas de estocagem e os vários postos de trabalho, utilizando uma rota fixa e pontos pré-determinados de parada com o objetivo de reduzir os estoques em processo, garantindo a continuidade da produção. (KILIK; DURMUSOGLU; BASKAK, 2012). Este conceito está ilustrado na Figura 8:

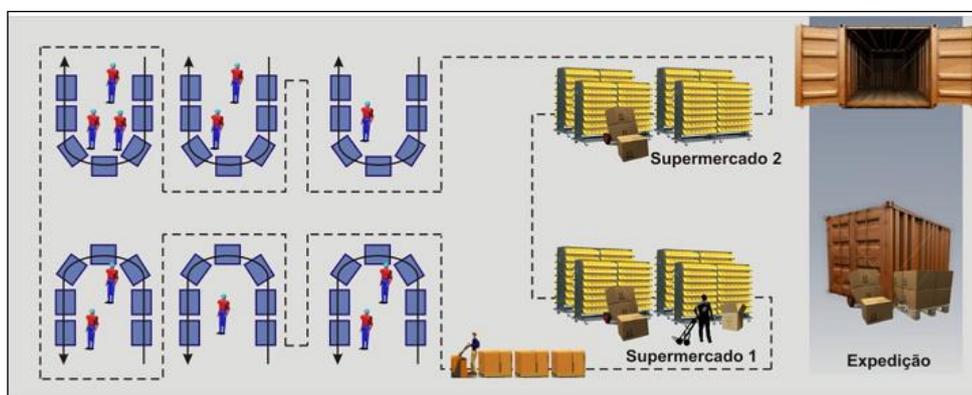


FIGURA 8 - DEMONSTRAÇÃO ABASTECIMENTO UTILIZANDO-SE O MILK RUN (FONTE: FREIRE, 2008).

O equipamento utilizado é um veículo industrial tripulado, motorizado, do tipo rebocador, que vem seguido de vagões, adaptados de acordo com o tipo material a ser transportado e a necessidade de movimento que o rebocador fará em seu trajeto, conforme ilustra a Figura 9 (GYULAI, 2013):

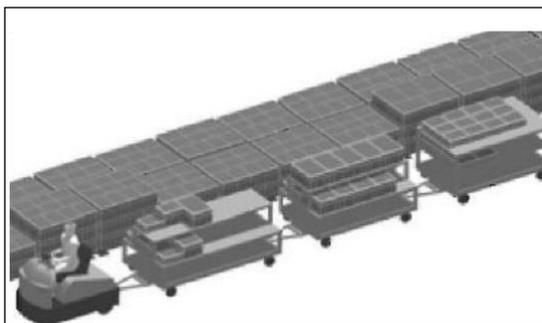


FIGURA 9 - COMBOIO LOGÍSTICO - MILK RUN LOGÍSTICA INTERNA (FONTE: GYULAI, 2013)

O estudo apresentado por Kilik *et al.* (2012), utilizando o *Milk Run*, mostrou que é possível gerar redução nos custos relacionados aos estoques em processo e transporte interno de materiais na ordem de 66%, pois esta técnica permite transportar materiais diferentes para o processamento total do produto em uma mesma viagem.

Quanto ao conceito de *Mizusumashi* que significa em Japonês, “aranha de água”, ilustrada na Figura 10. Consiste em abastecer os postos de trabalho de materiais e informações sem que haja interrupções na produção, movendo-se rapidamente em várias direções. Por este motivo, esta analogia é aplicada ao nome da função, visto que se trata de uma atividade que demanda agilidade para realizar as tarefas (HARRIMAN, 2005; TAKEDA, 2006).



FIGURA 10 - ARANHA D'AGUA - ANALOGIA MIZUSUMASHI (FONTE: FABRIZIO, 2014)

Observou-se na literatura um determinado conflito quanto aos conceitos de *Milk Run* e *Mizusumashi*. Foram verificadas duas abordagens diferentes para o conceito de *Mizusumashi*.

A primeira abordagem conceitua *Mizusumashi* como uma atividade responsável por coletar os materiais nas áreas de estocagem e abastecer os postos de trabalho, por meio de um comboio logístico, conforme a Figura 8, obedecendo a estrutura de materiais de cada produto, com roteiro e postos de trabalho pré-determinados. É responsável ainda pelo fluxo inverso, coletando produtos acabados e embalagens de componentes vazias, levando-os para as áreas de estocagem (VASCONCELOS, 2008; ICHIKAWA, 2009; RODRIGUES, 2011).

Outra abordagem é que o *Mizusumashi* consiste em uma pessoa de maior competência, experiência e conhecimento em sua área de atuação. Nesta abordagem, a função é vista como pré-requisito para um posto de liderança, possui a responsabilidade de centralizar o fluxo de informação e garantir o ritmo da manufatura, pois sua experiência permite suprir ou antecipar qualquer tipo de demanda, referente ao fluxo de materiais, que porventura possa ocorrer, esta definição pode ser observada na Figura 11 (TAKEDA, 2006; KERBER; DRECKSHAGE, 2011). Ao longo deste trabalho de pesquisa, este é o conceito de *Mizusumashi* utilizado.

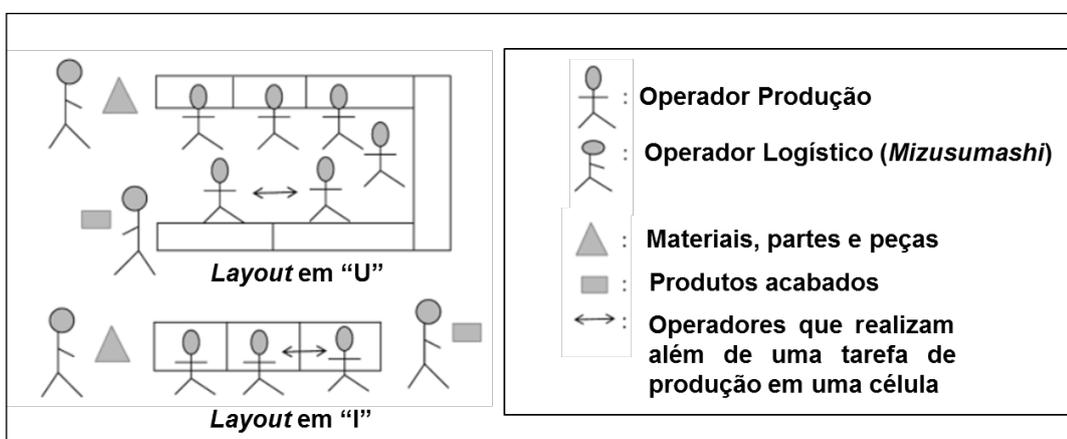


FIGURA 11 - MIZUSUMASHI (FONTE: SAKIKAWA, 2012).

Portanto, verifica-se que a primeira definição apresentada para o *Mizusumashi* é semelhante ao conceito de *Milk Run* e a segunda definição possui outro sentido e abordagem, quanto à responsabilidade e execução das tarefas.

Mesmo havendo conflito nos conceitos, há uma convergência entre ambos, que é o objetivo de suprir as necessidades dos postos de trabalho, garantindo a continuidade da produção ao longo de todas as etapas do processamento do produto, de acordo com o ritmo da produção (TAKEDA, 2006; SAKIKAWA, 2012; ANTUNES, 2013). As duas soluções passaram a ser utilizadas pela indústria, com o objetivo de melhorar o fluxo interno de materiais e reduzir as perdas com movimentação. A automação das atividades de movimentação e transporte de materiais é considerado como uma alternativa, pois demandam menos investimentos, menor alteração no *layout* e sua implementação é mais rápida (HASSAN, 2010; BRANCO, 2011).

Aplicações do *Mizusumashi*, e do *Milk Run*, encontradas na literatura, foram observadas, principalmente, em segmentos industriais que possuem linhas de montagem com múltiplos componentes na montagem do produto. Silva (2008) considera o *Mizusumashi* e o *Milk Run* como sendo o mesmo conceito e apresenta um estudo de caso realizado na Bosch Termotecnologia, cujo objetivo foi otimizar o sistema de abastecimento, que já utiliza o *Mizusumashi*. A proposta foi aumentar o número de vagões do comboio logístico, de quatro para seis, proporcionando maior produtividade nas rotas de coleta e entrega, aumentando assim a flexibilidade de abastecimento e redução dos custos de transporte interno de materiais.

Em outros estudos apresentado por Boyse e Bock (2011) e Emde e Boyse (2012), há uma sequência de soluções alternativas à melhora do fluxo de materiais, baseadas no uso do *Milk Run* ou *Mizusumashi*, porém consideram o uso de *supermercados* e de algoritmos para otimizar a rota entre as áreas de estocagem e os postos de trabalho na manufatura.

Apesar de ser uma técnica que traz ganhos significativos, é comum as indústrias utilizarem empilhadeiras para realizar as atividades de movimentação e transporte. Isto implica em movimentar-se sempre somente quando há uma necessidade, porém de maneira reativa, realizando a atividade somente após solicitado e ao término da atividade retornam com a empilhadeira vazia ao ponto de origem (TAKEDA, 2006; VASCONCELOS, 2008).

Após estas considerações, pode-se dizer que a indústria que deseja evoluir de seu estágio atual para um estágio com menores desperdícios necessita de esforço na implementação das técnicas apresentadas anteriormente, já que demandam alterações no dia a dia da operação. Uma maneira de reduzir estes esforços, por meio da análise prévia do resultado, é atingir com otimização a logística interna, utilizando a simulação computacional de eventos discretos. Esta tecnologia vem sendo utilizada no planejamento e implementação de projetos de operações e serviços, principalmente para simular o fluxo interno dos materiais (CHEN; LEE; SELIKSON, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

2.6. APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA LOGÍSTICA INTERNA

O avanço, ou evolução de qualquer sistema exige a necessidade de desenvolver experimentos que podem ser realizados diretamente no ambiente real, ou utilizando-se modelos (LAW e KELTON, 1991). Neste sentido, a simulação é defendida pela sua capacidade de subsidiar a tomada de decisões, antes mesmo de qualquer intervenção no ambiente real (HARREL *et al.* 2002).

Segundo Stephen e Meyers (2013), o avanço tecnológico de *hardwares* e *softwares* vem impactando profundamente a gestão industrial, a utilização dos *softwares* permite a avaliação de situações projetadas em ambiente digital para se planejar e apoiar as ações e decisões antes de se realizar no ambiente real.

O uso da simulação computacional de eventos discretos vem sendo cada vez mais utilizado para os mais variados objetivos e tipos de aplicação. Pode ser aplicado para engajar clientes e fornecedores para promover melhoria conjunta, ou medir a eficiência dos processos para otimizar nível de serviço, entre outras aplicações (ROBINSON *et al.*, 2014; CHEMWENO *et al.*, 2014).

Esta seção tratará dos conceitos acerca de simulação de eventos discretos e modelagem, além de apresentar aplicações para solucionar determinados problemas relacionados ao fluxo de materiais, antes da intervenção no ambiente real.

2.6.1. CONCEITOS

Simulação é um método quantitativo baseado em modelos matemáticos que geralmente assistidos por computador que se utilizam do ambiente real, modelado em um ambiente virtual, com objetivo específico de se avaliar determinado resultado por meio de uma determinada modificação, antes de se efetivar no ambiente real otimizando custos e tempo (FREITAS, 2001; LAW; KELTON, 1991).

Harrel *et al.* (2002) definem simulação como um processo de experimentação baseado em um modelo obtido a partir de um sistema real e é utilizado para avaliar o comportamento deste sistema, quando este sofre alguma alteração.

Simulação de eventos discretos é definida como uma técnica experimental, geralmente assistida por computador e é utilizada para analisar situações e comportamentos de um ambiente real, por meio de um modelamento em um sistema operacional. Normalmente é utilizado para se analisar e resolver problemas de sistemas complexos, em sua maioria substitui o uso dos métodos de simulação baseados em pesquisa operacional, pois são mais fáceis de analisar (STEPHEN; MEYERS, 2013; ROBINSON *et al.*, 2014).

Estudos mostram as melhores práticas e pontos de atenção que profissionais com experiência superior a três anos em simulação levam em conta ao preparar uma simulação (TAKO; ROBINSON, 2010):

- Deve-se ter atenção para a verificação e validação da aderência do modelo virtual frente ao mundo real;
- O modelo deve ser interativo e permitir alterações, pois o mundo real também sofre alterações;
- Deve haver um ciclo considerado seguro superior a 500 ciclos de tempo para ser considerado um modelo de simulação seguro;

A literatura sugere alguns passos para orientar a realização de trabalhos com a simulação de eventos discretos. Contudo, observou-se que existem certas diferenças entre os autores, porém todos estão baseados em alguns passos que são comuns, estes passos podem ser observados a seguir (BANKS, 1998; LAW; KELTON, 1991; STEPHEN; MEYERS, 2013).

Como referência Law e Kelton (1991) apresenta um fluxograma com os passos que devem ser seguidos para a realização dos trabalhos com simulação de eventos discretos, conforme ilustra a Figura 12.

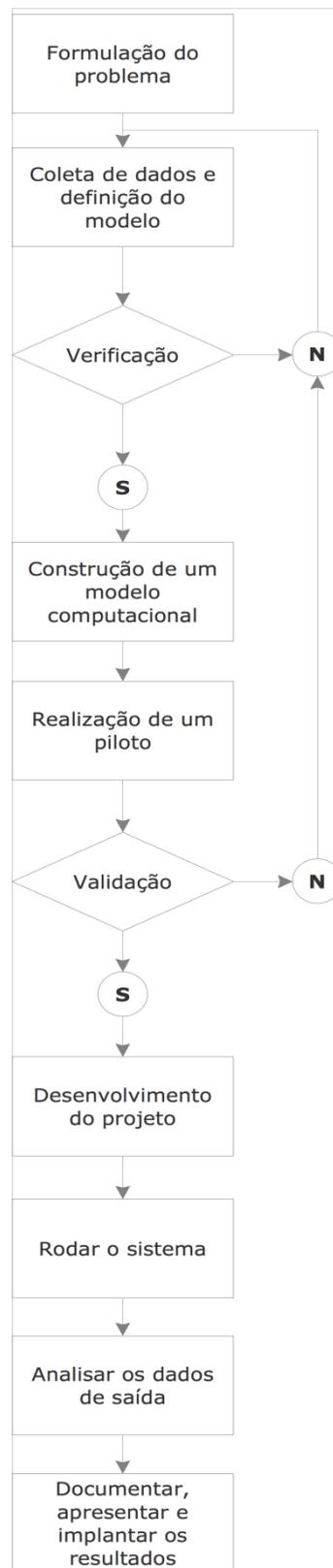


FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES EM UM PROJETO DE SIMULAÇÃO. (LAW E KELTON, 1991.)

2.6.2. MODELAGEM

O modelo de simulação deve retratar exatamente o que se deseja avaliar, ele deve ser representado de maneira determinística, de acordo com a observação da realidade e do que se deseja avaliar a partir do mundo real. Este conceito deve ser verificado para realizar a coleta dos dados de acordo com o objetivo da simulação (POLAT *et al.*, 2015).

Stephen e Meyers (2013) apresentam em sua obra, um exemplo de um software de simulação computacional de eventos discretos, especialista em analisar processos relacionados ao fluxo de materiais, neste software denominado *Layout-IQ*, é possível analisar três variáveis por meio de modelos previamente determinados, que visam:

- Avaliar quais recursos ou equipamentos são utilizados para transportar o material, partes, peças ou produtos, qual a unidade de carga definida para se transportada e qual a origem e destino pré-determinados para cada um dos itens;
- Avaliar a distância e trajeto entre a origem e destino de cada um dos materiais, analisando todos os pontos em que os materiais passam. Neste modelo é possível analisar qual ponto (origem e destino) recebe o maior número de movimentação e transporte;
- O terceiro modelo pré-estabelecido no sistema é um modelo onde os profissionais que atuam na área de movimentação podem analisar e sugerir alterações de utilização do espaço físico, considerando melhoria de tempo e distância entre os vários trajetos para proporem melhorias.

O autor afirma ainda que é comum a utilização de *softwares* que se utilizam de modelos pré-determinados, em que se altera os dados que se deseja medir, retratando apenas as variáveis de cada sistema que se deseja simular, mas há também casos de modelos que são construídos livremente em softwares de simulação de eventos discretos, de maneira exclusiva para uma aplicação específica.

Vale ressaltar que não é objeto deste trabalho de pesquisa os *softwares* aqui apresentados e que são citados meramente como referências, mas poderão ser utilizados no método qualquer *software* capaz de simular o fluxo interno de materiais nas empresas industriais.

2.6.3. APLICAÇÕES

As aplicações de simulação de eventos discretos na logística interna vêm sendo cada vez mais utilizada. O Quadro 5 apresenta alguns trabalhos identificados na literatura que utilizam a simulação em aplicações na logística interna:

Ano	Autores	Título Artigo	Software	Desperdício	Solução
2003	JOHNSON, D	A Framework for Reducing Manufacturing Throughput Time	Modelo Matemático	Espera e estoque	Técnicas de otimização
2007	SUJONO, S.; LASHKARI, R	A multi-objective model of operation allocation and material handling system selection in FMS design	LINGO	Espera, movimento e estoque	Automação
2013	GLAVAN, M. et al	Production modelling for holistic production control	HPC	Espera, movimento e estoque	Automação
2013	KLOTZ, T; SCHONHERR, J; SEBLER, N; STRAUBE, B; TUREK, K	Automated Formal Verification of Routing in Material Handling Systems	MHSVer	Espera, movimento e estoque	Automação
2015	ZHANG, Y. et al	An optimization method for shopfloor material handling based on real-time and multi-source manufacturing data	Modelo Matemático	Espera, movimento e estoque	Automação
2015	CAPUTO, A; SALINI, P	A model for kitting operations planning	Modelo Matemático	Espera, movimento e estoque	Automação
2015	LIMÉRE, V; LANDEGHEM, H; GOETSCHALCKX, M	A decision model for kitting and line stocking with variable operator walking distances	Modelo Matemático	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização
2015	CAPUTO, A; SALINI, P	Planning models for continuous supply of parts in assembly systems	Modelo Matemático	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização
2013	ZHANG, Z. et al	Dynamic pooling of make-to-stock and make-to-order operations	Modelo Matemático	Estoque	Técnicas de otimização
2006	NOMURA, J.; TAKAKUWA, S	Optimization of a number of containers for assembly lines: the fixed-course pick-up system	Arena	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização
2012	KILIK, H; DURMUSOGLU, M; BASKAK, M	Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems	Modelo Matemático	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização
2013	GYULAI, D. et al	Milkrun Vehicle Routing Approach for Shop-floor Logistics	Programação Própria	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização
2000	WANG, Y.; GERCHAK, Y	Input control in a batch production system with lead times, due dates and random yields	Modelo Matemático	Movimento estoque e	Técnicas de otimização
2014	MOHAMMADI, M; FORGHANI, K	A novel approach for considering layout problem in cellular manufacturing systems with alternative processing routings and subcontracting approach	GAMS / CPLEX	Movimento transporte e	Modificação de Layout
2013	SATOGLU, S. I.; SAHIN, I. E	Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry	GAMS	Movimento, transporte e estoque	Técnicas de otimização

QUADRO 5 - RESUMO DA LITERATURA PESQUISADA, QUE UTILIZOU A SIMULAÇÃO PARA TESTAR A VIABILIDADE DE PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO NO FLUXO DE MATERIAIS (FONTE: PRÓPRIO AUTOR).

É possível observar no Quadro 5 situações, em que a simulação foi utilizada para verificar a viabilidade de aplicação da solução para otimizar

desperdícios em uma das cinco dimensões da movimentação de materiais, destacando qual tipo de simulação foi utilizada.

O uso da simulação de eventos discretos é também aplicado, no planejamento e projeto de fábrica com o objetivo de verificar antecipadamente as possíveis restrições do fluxo de materiais além de outros fatores que influenciam diretamente o desempenho do sistema de produção e é comumente utilizada nas seguintes situações (HERAGU, 2008; TOMPKINS *et al.* 2010; STEPHEN; MEYERS 2013):

- Quando não se consegue obter facilmente cálculos de resultados por meios matemáticos;
- Apresentar o resultado do planejamento da fábrica de maneira gráfica aos gestores;
- Apresentar para o público operacional como funcionará o sistema empregado para se realizar o fluxo de materiais;
- Comissionar e testar a viabilidade do sistema empregado para se realizar o fluxo de materiais;
- Validar modelos quantitativos matemáticos utilizados no dimensionamento da fábrica;
- Prever impactos que possam ser gerados, caso seja realizado modificação no *layout* fabril;
- Avaliar detalhamentos que os modelos quantitativos matemáticos não conseguem descrever;

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este capítulo apresenta a abordagem metodológica utilizada para o desenvolvimento do método de otimização do fluxo interno de materiais em empresas industriais. Na primeira seção, é feita a classificação da pesquisa e nas demais são apresentadas as etapas da abordagem metodológica.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à natureza, este trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, visto que tem como objetivo gerar conhecimento e solucionar problemas específicos, relacionados ao fluxo interno de materiais para a produção, por meio de sua aplicação nas empresas de manufatura (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Do ponto de vista dos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória descritiva, pois o assunto que é tratado é representativo para as empresas de manufatura, embora pouco explorado. É exploratória, porque tem como finalidade investigar um determinado assunto e proporcionar mais informações, e descritiva, pelo fato de basear-se na observação dos fatos e conceitos existentes (GIL, 2008; MIGUEL *et. al*, 2012; PRODANOV; FREITAS, 2013;).

A base desta pesquisa está na exploração de conceitos relacionados à logística interna, especificamente em relação ao fluxo de abastecimento de materiais para a produção, por meio de uma investigação e seleção e uso de conceitos e referenciais teóricos existentes para, então propor um método sistemático para otimizar o fluxo interno de materiais nas indústrias de manufatura.

Para nortear a elaboração deste trabalho, utilizou-se a revisão bibliográfica como embasamento para o desenvolvimento dos instrumentos de diagnóstico e melhoria dos fluxos de materiais. Uma aplicação de ilustração será utilizada para coleta de dados e criação do modelo de simulação

computacional de eventos discretos no software *Plant Simulation*® que servirá para avaliar a aplicabilidade do método em ambiente virtual.

Quanto à forma de abordagem, ela é quantitativa e qualitativa, pois possui aspectos das duas abordagens (PRODANOV; FREITAS, 2013; MIGUEL *et. al*, 2012).

A pesquisa é quantitativa, já que considera que os dados coletados para a realização do estudo podem ser quantificados, traduzindo as informações em números, com o objetivo de analisá-las. Além disso, possui mensurabilidade e causalidade, pois procura explicar como as coisas são e por utilizar uma ferramenta de simulação computacional de eventos discretos. É também qualitativa, uma vez que considera que há uma relação entre o mundo real e o sujeito. Utiliza-se do ambiente natural como fonte direta para coleta de dados, realiza uma descrição, e o processo e seu significado são os focos principais do trabalho. Além disso, o trabalho de pesquisa baseou-se em observações reais com a participação de indivíduos para a realização da coleta de dados.

A seguir são detalhadas as etapas da abordagem metodológica:

3.2. ETAPAS DA ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para se alcançar o objetivo proposto para este trabalho, inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica (varredura horizontal, Miguel *et al.*, 2012) acerca dos temas relacionados à logística interna e ao fluxo interno de materiais em empresas industriais, utilizando-se como fonte artigos científicos, livros, estudos e trabalhos acadêmicos.

Ao término da varredura horizontal, foram realizados estudos mais aprofundados (varredura vertical, Miguel *et al.*, 2012) sobre fluxos interno de materiais para abastecimento das estações de trabalho na produção, suas principais ineficiências e quais são as soluções para otimizar os processos de abastecimento com o objetivo de identificar as teorias e modelos existentes, que respondem ao problema de pesquisa e a partir daí construir um modelo

próprio. Para realizar esta pesquisa foram escolhidas as seguintes palavras chave: ***Logística Interna, Abastecimento de estações de trabalho, Movimentação e Transporte de Materiais, Logística Lean.***

O aprofundamento da pesquisa ocorreu nos conceitos relativos ao fluxo de materiais entre as áreas de estocagem e a manufatura, o fluxo entre os postos de trabalho dentro da manufatura e o fluxo compreendido entre a manufatura e as áreas de estocagem de produto acabado. Neste processo de aprofundamento da pesquisa, foi possível observar que uma parte considerável dessas referências está relacionada, direta ou indiretamente, à Manufatura Enxuta.

A partir daí foram identificados os conceitos que embasaram o desenvolvimento de cada uma das sete etapas do método proposto. Estes conceitos, porém, estão apoiados fundamentalmente nos conceitos dos livros Tompkins *et al.*, (2010) e Stephen e Meyers (2013) e nas publicações do *MHI – Material Handling Institute*, pois durante a varredura realizada na literatura verificou-se que estes autores são constantemente citados nos artigos publicados em periódicos nos últimos cinco anos e são referenciados em mais de 10% das obras citadas neste trabalho de pesquisa.

A seguir são apresentadas as etapas do método para otimizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais. A representação gráfica do método pode ser observada na Figura 13 e é composto por oito passos.

Estes passos estão embasados literatura das melhores práticas de projeto e planejamento de fábrica para se realizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais. Portanto o autor estruturou o referencial teórico em oito passos para ser aplicado de maneira prática no dia a dia das empresas.

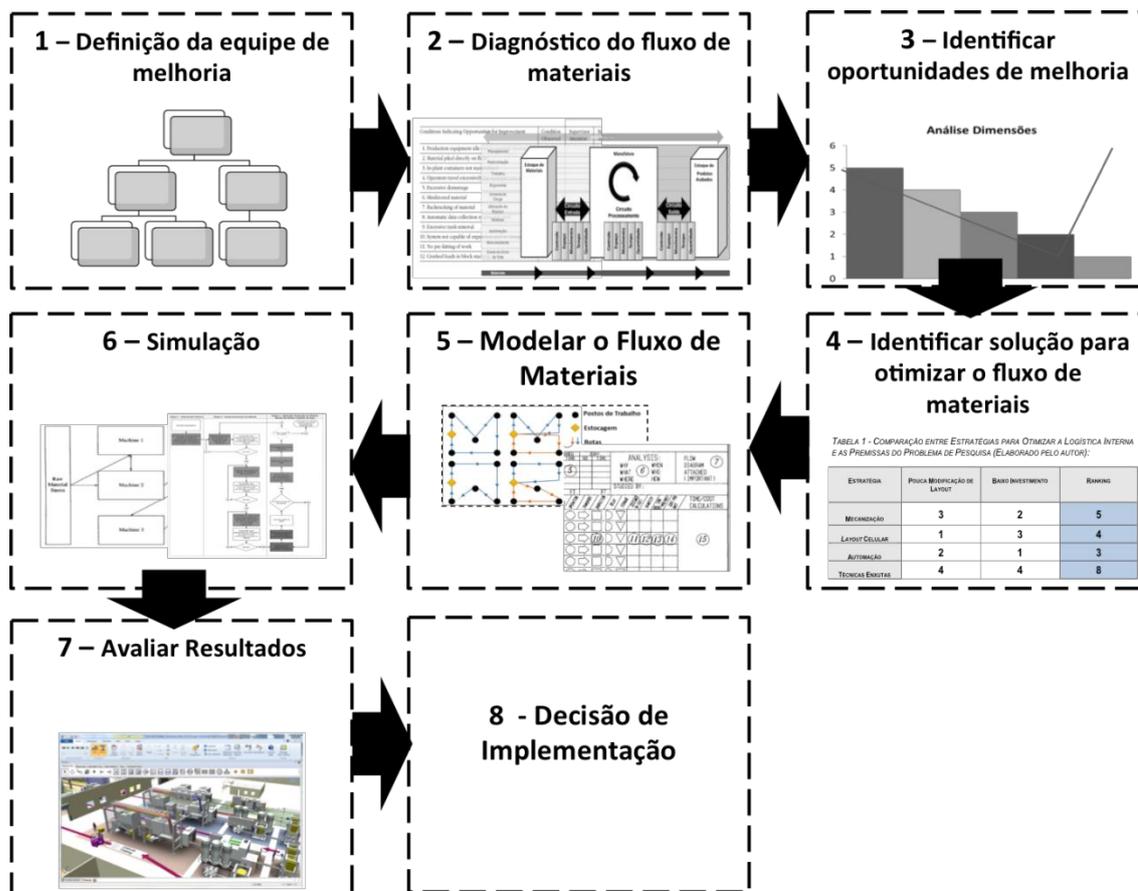


FIGURA 13 - MÉTODO PARA OTIMIZAR O FLUXO INTERNO DE MATERIAIS EM EMPRESAS INDUSTRIAIS (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

3.2.1. ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE MELHORIA

A primeira etapa é a definição de uma equipe de melhoria que será responsável pela implementação do método. De acordo com a literatura, esta equipe deve ser composta por profissionais das áreas de engenharia industrial, operações e controle de produção, este conceito está detalhado na seção 2.5 deste trabalho (HARRIS; HARRIS; WILSON, 2004; TOMPKINS *et al.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013).

A opção por profissionais destas áreas é necessária, pois na 2ª etapa será utilizado um instrumento de diagnóstico baseado na avaliação das cinco dimensões da movimentação de materiais, definidas pela Associação Americana de Engenharia Mecânica e apresentadas por Stephens e Meyers

(2013), que são: movimento, quantidade, tempo, espaço e controle, o que demanda conhecimento multidisciplinar e a atribuição das responsabilidades de cada membro da equipe será utilizado o conceito apresentado nos principais pontos sugeridos por Heragu (2008) e Tompkins *et al.* (2010), que tem como objetivo recomendar o melhor sistema de movimentação e transporte de materiais que consiste nos seguintes pontos:

Materiais: representa o que será movimentado, transportado ou estocado.

Movimentação: representa onde e quando ocorrerá o movimento ou transporte do material.

Método: representa como será movimentado, transportado ou armazenado o material e quem fará esta atividade.

Sistema: representa o conjunto de recursos e instalações físicas utilizados na realização das tarefas de movimentação, transporte e armazenagem dos materiais.

Sob esta ótica, cada profissional terá a responsabilidade de responder aos questionamentos pertinentes à sua área de atuação. É possível observar um resumo descrevendo as áreas (no cabeçalho do quadro) e os pontos a serem observados (no corpo do quadro) pertinentes a cada área:

Engenharia Industrial	Operações (produção e logística)	PCP
Avalia os equipamentos utilizados na movimentação (como) dos materiais e quais os requisitos necessários para atender as necessidades do sistema.	Avalia quem será o responsável pela realização das atividades de movimentação de materiais e onde estas movimentações ocorrerão.	Avalia o que será movimentado e quando será realizada a movimentação.

QUADRO 6 - QUADRO DE ÁREAS E CONTRIBUIÇÕES DA EQUIPE DE MELHORIA (PRÓPRIO AUTOR).

3.2.2. ETAPA 2 - ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO

A segunda etapa do desenvolvimento do método está baseada no desenvolvimento dos seguintes passos:

i. Determinar o foco do diagnóstico e identificar na literatura conceitos que sirvam de embasamento para avaliar o fluxo de materiais

O diagnóstico concentra-se na avaliação do fluxo compreendido entre as áreas de estocagem de materiais e a manufatura; o fluxo de materiais interno a manufatura e o fluxo de materiais entre a área de manufatura e as áreas de estocagem de produto acabado.

A partir da definição do foco, foram identificados na literatura conceitos que fundamentaram a construção do instrumento de diagnóstico. Primeiramente, foi identificado o conceito que define que o processo de movimentação de materiais está baseado em cinco dimensões, movimento, quantidade, tempo, espaço e controle (STEPHEN; MEYERS; 2013). Outro conceito, identificado na literatura, foram os dez princípios norteadores do sistema de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, que são sugeridos para projetar ou solucionar os problemas que ocorrem com estes sistemas no dia-a-dia da operação (HERAGU, 2008 TOMPKINS *et al.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013; MHI, 2014).

ii. Elaborar instrumento de diagnóstico

A partir do foco do estudo e dos dois conceitos acima apresentados foi possível elaborar inicialmente um modelo de representação do instrumento de diagnóstico, o qual facilita o entendimento da avaliação que será feita em cada uma das etapas do fluxo, conforme ilustra a Figura 14:

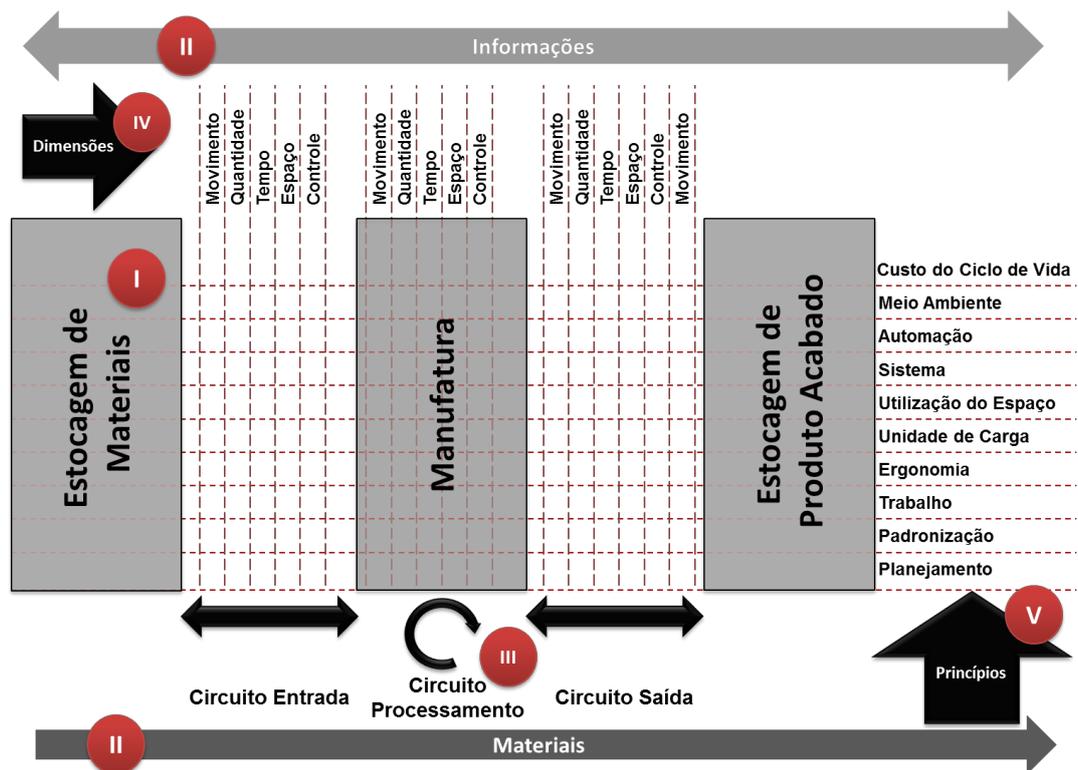


FIGURA 14 - MODELO DE REPRESENTAÇÃO DO INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO DO FLUXO DE MATERIAIS (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

- I. O primeiro elemento da figura são os blocos denominados Estocagem de Materiais, Manufatura e Estocagem de Produtos Acabados e representam as áreas que compõem o sistema de produção. É entre estes elementos que ocorrem a movimentação e o transporte de materiais.
 - No caso da manufatura, podem ocorrer movimentação e transporte entre os postos de trabalho, além de possuir também áreas de estocagem de materiais, partes, peças ou produtos, denominados de estoques em processo, que também deverão ser verificados no diagnóstico, por isso está identificada como sendo uma área de possível movimentação e transporte de materiais.
- II. O segundo elemento representa os fluxos de informação e de materiais. Servem como uma referência indicativa do sentido do fluxo dos materiais e deixa clara a necessidade das informações ocorrer nas duas

direções, aumentando assim a comunicação entre as etapas do processo e os controles visando maior eficiência no processo.

- III. O terceiro elemento representa os locais, onde ocorre movimentação e transporte de materiais, denominados de circuito e foram identificados como:
- Circuito de Entrada – Compreende o fluxo de materiais entre a área de estocagem de materiais que antecede a manufatura e a manufatura em si;
 - Circuito de Processamento – Compreende o fluxo de materiais interno à manufatura, incluindo o fluxo entre os postos de trabalho;
 - Circuito de saída – Compreende o fluxo de materiais entre a área de manufatura e a área de estocagem de produtos acabados. Neste circuito, serão avaliados todos os fluxos relativos à saída de materiais da manufatura, além da saída de produto acabado.
- IV. O quarto elemento são as cinco dimensões da movimentação de materiais, que ocorre em cada um dos circuitos, composta por movimento, quantidade, tempo, espaço e controle, já definidos na seção 2.2. Estas dimensões que serão avaliadas em cada um dos circuitos que possuem movimentação ou transporte de materiais;
- V. O quinto elemento representa os dez princípios norteadores da movimentação, transporte e armazenagem de materiais e é sob a ótica destes princípios que serão avaliados as cinco dimensões da movimentação de materiais em cada um dos circuitos.

Estes princípios são sugeridos como determinantes para o sucesso na implantação e para a execução das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais e estão detalhados na seção 2.2 – Logística Interna (HERAGU, 2008; TOMPKINS *et al.*, 2010; STEPHENS; MEYERS, 2013; MHI, 2014).

O diagnóstico avalia as cinco dimensões da movimentação de materiais sob a ótica dos dez princípios norteadores, dando origem a um questionário

composto de 55 perguntas que verificam a aderência das dimensões aos dez princípios norteadores. Adicionalmente, é possível verificar se existe a aplicabilidade das dimensões na etapa do fluxo de materiais que está sendo avaliada:

- As questões que tiverem como resposta “Sim”, significa que a dimensão avaliada tem aderência ao princípio que está sendo verificado;
- As questões que tiverem como resposta “Não”, significa que a dimensão avaliada não adere ao princípio que está sendo verificado;
- As questões com resposta N/A, são excluídas da avaliação.

O questionário de diagnóstico pode ser observado detalhadamente nos Apêndices 2 ao 4.

3.2.3. ETAPA 3 - IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA

A partir dos resultados obtidos com o diagnóstico, identifica-se o circuito e a dimensão que obtiveram o maior número de respostas assinaladas como “Não”. Esta identificação do circuito, que obteve a maior quantidade de respostas negativas, indica qual dos circuitos deve ser otimizado prioritariamente. A identificação da dimensão que teve a maior quantidade de respostas negativas serve como referência para identificar qual solução poderá ser utilizada para otimizar o processo e será identificada na etapa seguinte.

A identificação do circuito e da dimensão se dá pela totalização obtida nas respostas de cada um dos questionários, a Figura 15 ilustra de maneira resumida o questionário de diagnóstico.

Circuito avaliado: _____

Dimensão: _____

	Sim	Não	N/A
Princípios			
Total			

Dimensão com menor número de princípios atendidos: _____

(Maior oportunidade de Melhoria)

FIGURA 15 - ILUSTRAÇÃO DA TOTALIZAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

3.2.4. ETAPA 4 - IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO PARA OTIMIZAR O FLUXO DE MATERIAIS

A quarta etapa do método consiste em selecionar uma estratégia para otimizar o fluxo interno de materiais.

Esta etapa foi desenvolvida a partir dos conceitos identificados na seção 2.5 e visa primeiramente direcionar, por meio da dimensão que possui maior oportunidade de melhoria (movimento, quantidade, espaço, tempo e controle), qual a melhor solução a ser utilizada.

As soluções possíveis são listadas a seguir:

- Alterações de *Layout* → **Layout**
- Mecanização na Logística Interna → **Mecanização**
- Automação na Logística Interna → **Automação**
- Técnicas de Otimização da Logística Interna → **Técnicas**

Os conceitos e aplicações práticas das soluções para otimizar o fluxo interno de materiais, abordadas na revisão da literatura permitiu que fosse construído o Quadro 7, que relaciona as dimensões da movimentação de materiais às possíveis soluções para otimização.

O resumo da literatura que relaciona as soluções para a otimização do fluxo interno às dimensões, pode ser verificado no Apêndice 5 e teve seu embasamento inicial na literatura de projeto e planejamento de *layout* e fluxo de fábrica e nas técnicas enxutas de movimentação de materiais, já abordados na seção 2.5. Vale ressaltar ainda que a relação apresentada no Quadro 7, são apenas as relações diretas verificadas na literatura e que podem ocorrer outras relações entre as dimensões da movimentação e as soluções de otimização do fluxo de materiais.

Dimensão Solução	Movimento	Quantidade	Espaço	Tempo	Controle
	Mecanização	X	X		X
Automação	X	X		X	X
<i>Layout</i>	X		X	X	
Técnicas de Otimização da Logística Interna	Kanban		X	X	X
	Supermercado	X	X	X	
	<i>Kit</i>	X	X	X	
	<i>Milk Run</i>	X	X	X	
	<i>Mizusumashi</i>	X	X		X

QUADRO 7 - RELAÇÃO ENTRE DIMENSÕES DA MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS E SOLUÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO DO FLUXO INTERNO DE MATERIAIS (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Esta etapa do método é utilizada para apoiar a decisão da equipe, indicando qual solução é mais adequada para otimizar a dimensão identificada na etapa anterior. Para dar mais subsídio neste apoio à decisão foi elaborado um quadro com as quatro soluções detalhadas na seção 2.5, atribuindo-se uma escala hierárquica entre elas, considerando o valor a ser investido e o tempo para implementação de cada uma delas.

Este quadro traz as soluções ordenadas em uma escala que varia de 1 a 4, sendo 4 o maior valor de investimento e tempo de implementação, e 1 o

menor valor de investimento e tempo de implementação. O uso do Quadro 8 permite verificar se a solução identificada no Quadro 7, está adequada à disponibilidade de investimento e tempo que a empresa possui.

SOLUÇÃO	INVESTIMENTO E TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO
MECANIZAÇÃO	3
AUTOMAÇÃO	4
ALTERAÇÃO DE LAYOUT	2
TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO	1

QUADRO 8 - RELAÇÃO ENTRE SOLUÇÃO E VALOR DE INVESTIMENTO E TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO (FONTE: PÓPRIO AUTOR)

Vale ressaltar que as duas tabelas utilizadas em conjunto servem para dar subsídio e apoiar a decisão da equipe na escolha da melhor solução a ser implementada, porém a equipe deve avaliar as estratégias da empresa. Identificar e avaliar o nível de evolução em que se encontram as atividades de movimentação e transporte de materiais da empresa.

Uma vez identificada a estratégia, a quinta etapa do método é construir o modelo do sistema de produção avaliado.

3.2.5. ETAPA 5 - MODELAMENTO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Esta etapa tem como objetivo reproduzir os detalhes dos fluxos de materiais e informações do sistema de produção estudado para um ambiente de simulação computacional de eventos discretos.

Para elaboração desta etapa, foram utilizados os conceitos de modelagem e simulação, identificados na literatura, que estão detalhados na seção 2.6 – Aplicação da Simulação na Logística Interna, e conceitos sobre fluxo e ferramentas de mapeamento de fluxo de materiais, que estão detalhados na seção 2.4 - Fluxo de Materiais e Informações na Logística Interna.

Após estas considerações, foram construídos instrumentos para apoiar a pesquisa e complementar as informações coletadas no instrumento de diagnóstico com o objetivo de:

- Caracterizar os recursos utilizados em cada um dos circuitos (entrada, processamento e saída) identificados na etapa de diagnóstico;
- Caracterizar os recursos e *layouts* utilizados nas atividades de movimentação e transporte de materiais avaliados;
- Caracterizar o *mix* de produtos manufaturados os materiais que compõe estes produtos;
- Caracterizar como são acondicionados os produtos e os materiais;

Estes instrumentos de pesquisa estão apresentados no Apêndice 1 e servirão de base para a sexta etapa do método.

3.2.6. ETAPA 6 - SIMULAÇÃO DO FLUXO

Esta etapa foi elaborada com o objetivo de analisar em ambiente de simulação computacional de eventos discretos os fluxos de materiais que são objetos do estudo sem a necessidade de interferir no fluxo físico.

Para uma análise mais próxima possível da realidade, deverá inicialmente ser simulado o estado atual do sistema de produção e avaliada a aderência entre os resultados obtidos na simulação e os resultados coletados na etapa de construção do modelo. Quanto mais próximos estiverem os dois resultados, mais confiável é o modelo.

Após esta verificação, são implementadas as soluções de otimização no modelo e simula-se novamente, com o objetivo de se avaliar os resultados obtidos com as otimizações realizadas no fluxo.

3.2.7. ETAPA 7 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta etapa é fundamental para avaliação da estratégia de otimização selecionada e também serve para verificar o resultado que poderá ser atingido no sistema real.

As variáveis utilizadas para a simulação sugeridas são:

- Distância percorrida em vazio pelo equipamento de movimentação e transporte;
- Quantidade de estoque em processo;
- Quantidade ou distância dos movimentos executados na operação;
- Quantidade ou distancia desnecessários para a operação;

Caso o resultado obtido atenda ao objetivo estabelecido, elabora-se o planejamento para implementação da solução no ambiente real, que representa a oitava etapa do método.

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO – APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO

Para verificar a aplicabilidade do método proposto, foi realizada uma aplicação de ilustração do método em uma empresa do setor industrial brasileiro com o objetivo de realizar uma análise do fluxo interno de materiais.

O procedimento escolhido para realizar esta aplicação foi o estudo de campo, cujo objetivo é aprofundar os pontos que desejam ser pesquisados e utiliza-se da observação para entender um único grupo, ou comunidade, avaliando a interação entre seus componentes. Este procedimento exige ainda que o pesquisador realize a maior parte da pesquisa pessoalmente e que este tenha a experiência com o objeto do estudo. Além disso, para complementar o estudo, podem ser utilizados outros procedimentos, como por exemplo, uma análise de dados históricos ou documental (GIL, 2002).

Foram delineadas algumas etapas para planejamento e execução do método, conforme ilustra a Figura 16:

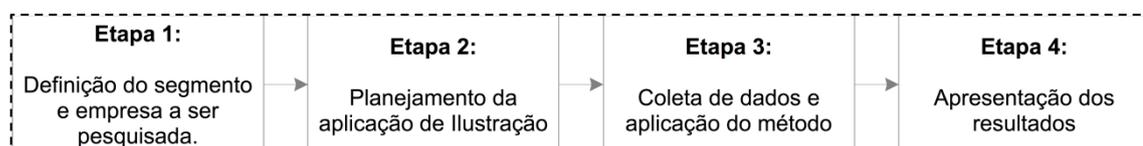


FIGURA 16 - ETAPAS DA APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

4.1. ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DO SEGMENTO E DA EMPRESA A SER PESQUISADA

A primeira etapa da aplicação é selecionar uma empresa do setor industrial brasileiro, como amostra para realizar a aplicação de ilustração do método, esta escolha se deu por uma amostragem intencional (GIL, 2008).

Considerando a abordagem da amostragem e a experiência profissional do pesquisador, o setor escolhido foi o de HPPC - Higiene Pessoal Perfumaria e Cosméticos. Para caracterizar o segmento, foi realizada uma pesquisa documental junto à ABIHPEC – Associação Brasileira das Indústrias de Higiene

Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, que é o principal órgão do segmento, durante os anos de 2013 e 2014 e observou-se que (ABIHPEC, 2014):

- O portfólio de produtos da indústria está dividido em categorias (maquiagem, produtos capilares, tratamento facial e corpo, desodorantes, perfumaria, dermocosméticos, entre outros), estas categorias possuem diferentes formatos de embalagens (sacos, latas, frascos, bisnagas, barras, entre outros) e diferentes apresentações para seus produtos (líquidos, cremes, géis, sólidos, pó e gasosos);
- Uma parcela representativa do faturamento da indústria depende de inovação, que é realizada de duas maneiras, renovação de portfólio, a partir de mudanças nas apresentações dos produtos e embalagens, ou lançamento de novos produtos, representando em torno de 18% do faturamento do setor e podem atingir entre 20% e 40% do portfólio de produtos, anualmente;
- Apresenta Taxa Composta Anual de Crescimento superior a 10%, nos últimos 10 anos. Quando comparada com a indústria em geral, também possui taxa de crescimento superior, conforme ilustra FIGURA 17:

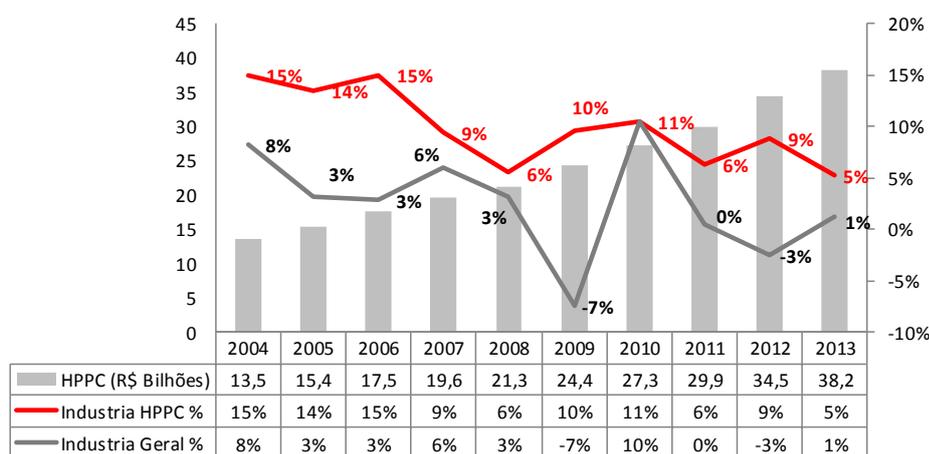


Figura 17 – Desempenho da Indústria de HPPC – Higiene Pessoal Perfumaria e Cosméticos, Comparada a Indústria Geral (ABIHPEC, 2014)

- O setor possui um número superior a 2500 empresas registradas, porém 74% do faturamento do setor concentram-se em 16 empresas, os outros

26% estão divididos entre as demais empresas (EUROMONITOR, 2013; ABIHPEC, 2014).

- O Brasil ocupa as seguintes posições no mercado mundial de Higiene Pessoal Perfumaria e Cosméticos (EUROMONITOR, 2013):
 - ✓ 1º lugar no mercado mundial em Perfumaria;
 - ✓ 2º lugar no mercado mundial de produtos capilares;
 - ✓ 3º lugar no mercado mundial do segmento como um todo;

Após esta pesquisa documental, foram realizadas visitas em 27 plantas de manufatura, das 16 empresas apresentadas pela ABIHPEC, que representam 74% do segmento brasileiro de Higiene Perfumaria e Cosméticos, com o objetivo de identificar uma empresa que atenda as características para realizar a aplicação de ilustração do método.

A empresa identificada solicitou que fosse mantido o sigilo de seus dados, evitando assim qualquer tipo de vazamento de informação confidencial, por meio dos dados coletados em sua operação. Desta forma, a empresa selecionada será identificada como “Cia”. A Empresa A está entre as cinco maiores empresas do segmento nacional de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. Seu crescimento nos últimos anos foram superiores ao setor e atua em múltiplos canais de distribuição com uma quantidade de produtos consideravelmente diversa, que torna a gestão da demanda, produção e materiais mais complexa.

4.2. ETAPA 2 – PLANEJAMENTO DA APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO

Nesta etapa, depois de selecionada a empresa, foi enviada uma carta de apresentação à Empresa A com o objetivo de apresentar o delineamento do trabalho de pesquisa e solicitar a autorização para uma visita do pesquisador às instalações.

Com a aplicação de ilustração, foi possível refinar o conhecimento assimilado, por meio das aplicações verificadas na revisão teórica e na abordagem metodológica e assim aplicar o método deste trabalho de pesquisa.

Esta visita ocorreu em Outubro de 2014, para detalhamento e coleta de dados das atividades de programação, controle, movimentação, transporte e armazenagem que ocorrem nos fluxos internos de materiais e foi dividida em três dias, sendo o primeiro dia para apresentar o escopo do trabalho de pesquisa e a instituição de ensino aos gestores de logística e de produção da Empresa A.

No segundo dia, antes de iniciar a visita à planta de manufatura, ainda na etapa de planejamento do método, foi realizada uma nova reunião com os gestores e produção e logística da Empresa A, para apresentar os instrumentos utilizados para a implementação do método. Os instrumentos apresentados são o instrumento de diagnóstico, composto pela representação gráfica e pelo questionário de diagnóstico, que podem ser observados nos Apêndices 2 ao 4 e os formulários de detalhamento e construção do modelo de simulação de eventos discretos, utilizados para caracterizar cada uma das etapas do processo de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, conforme o Apêndice 1.

Após esta apresentação e durante os outros dois dias, deu-se a visita à planta para a coleta de dados e aplicação dos oito passos do método proposto neste trabalho de pesquisa, iniciando pelo primeiro passo que é a Definição da Equipe.

4.3. ETAPA 3 - COLETA DOS DADOS E APLICAÇÃO DO MÉTODO

Após a reunião com os gestores de logística e produção da Empresa A, houve uma reunião inicial de apresentação envolvendo o pesquisador e a equipe que foi designada pelos gestores para acompanhar a aplicação do método. O objetivo desta reunião foi apresentar a operação da Empresa A ao pesquisador e para o pesquisador apresentar o método para o time de melhoria.

Durante a apresentação da operação da Empresa A foram passadas informações do fluxo que ocorre entre o recebimento e a disponibilização do

produto processado ao estoque de produtos acabados, foi elaborado um diagrama de fluxo do processo, conforme ilustra a Figura 18:

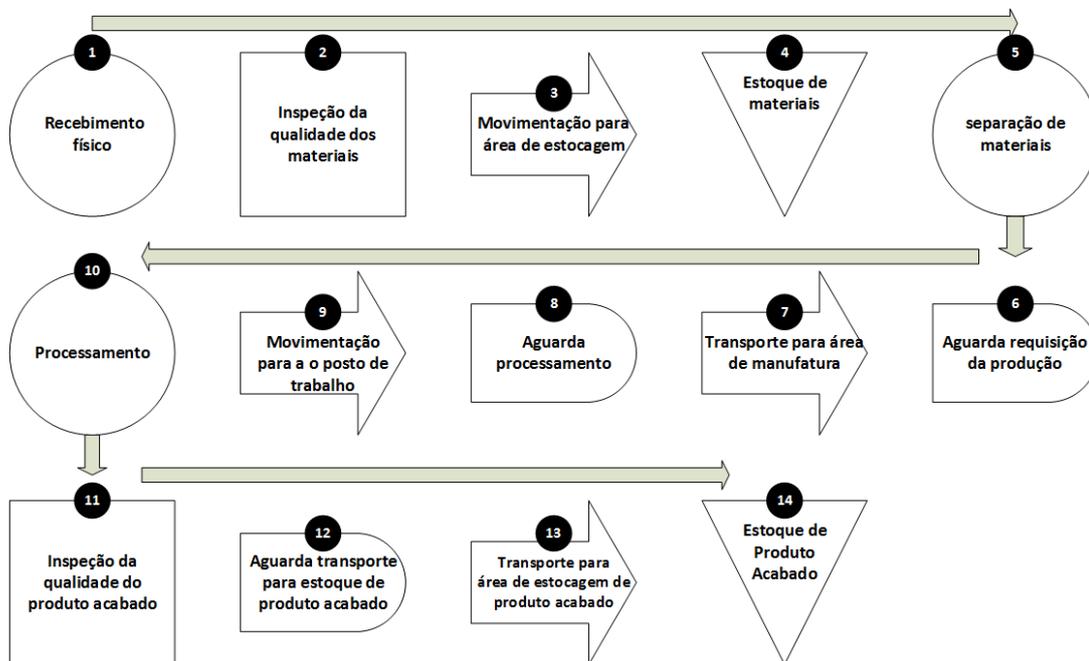


FIGURA 18 - DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO INTERNA DE MATERIAIS NA EMPRESA A (FONTE: EMPRESA A)

Além de uma visão geral do fluxo físico dos materiais, houve a explicação de como ocorre o fluxo da programação de produção e de materiais na Empresa A, que pode ser observado na Figura 19. A apresentação destes dois fluxos foi realizada pela Coordenadora de PCP, que não fez parte da equipe de melhoria selecionada pela Empresa A para realizar a visita de aplicação do método.

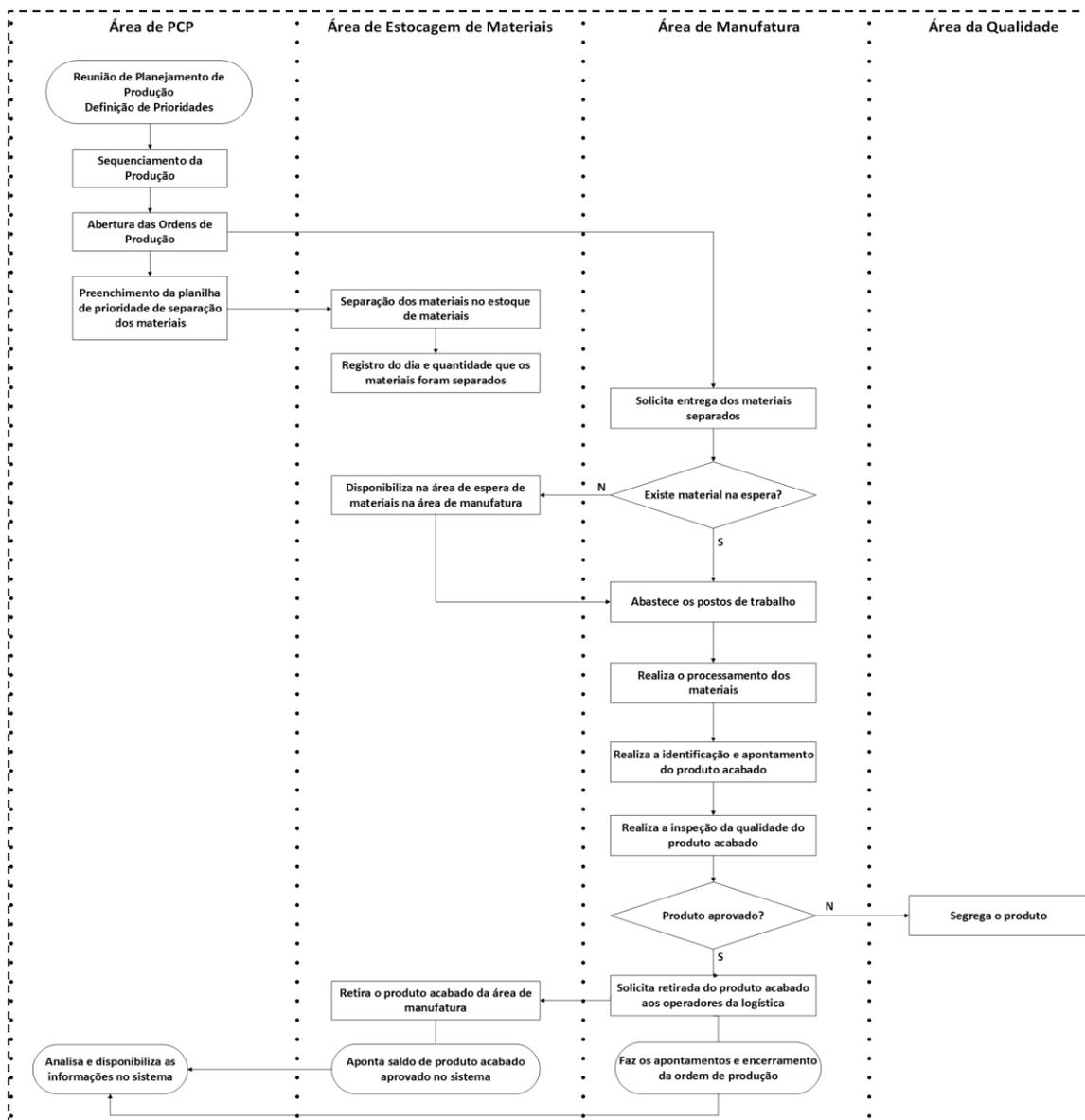


FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DE PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO E MATERIAIS DA EMPRESA A (FONTE: EMPRESA A)

Para realizar os registros da reunião inicial, foi utilizado um dos instrumentos de pesquisa que estão no Apêndice 1, devidamente preenchido com os dados observados em campo.

Ao final da reunião inicial, foram atribuídas à equipe de melhoria as responsabilidades, que é o primeiro passo para aplicação do método.

4.3.1. DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE MELHORIA

A equipe que foi designada pelos gestores de logística e de produção seguiu os requisitos detalhados na seção 3.2.1 e foi composta por quatro profissionais, conforme ilustra o Quadro 9. Contudo, houve a participação inicial da Coordenadora de PCP que na abertura da visita à planta apresentou uma visão geral do fluxo físico que os materiais percorrem no processo e uma visão geral do processo programação de produção e de materiais que é adotado pela Cia.

Membro	Área	Função	Tempo de Casa	Formação
Membro 1	Produção	Coordenadora	Acima de 5 anos	Engenheira de Produção
Membro 2	PCP	Analista	Acima de 10 anos	Administrador de Empresas
Membro 3	Engenharia	Engenheiro	Acima de 10 anos	Engenheiro Mecânico
Membro 4	Logística	Coordenador	Acima de 5 anos	Administrador de Empresas

QUADRO 9 - EQUIPE DE MELHORIA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Após a reunião inicial e a apresentação introdutória, abordando o escopo do trabalho, foram atribuídas às responsabilidades de cada membro da equipe de acordo com a área de conhecimento de cada membro. Conforme observado no Quadro 9, os nomes dos membros da equipe foram substituídos por “Membro N^o” em todos os formulários e instrumentos utilizados na aplicação do método, com o objetivo de manter o sigilo, solicitado pela Cia.

Portanto, as responsabilidades de cada um dos membros são:

- **Membro 1 - Produção** - Responsável por realizar a avaliação da movimentação e transporte de materiais dentro da área de manufatura e **quem** as realiza e **onde** estas movimentações ocorrem. Contribuiu indicando a linha que foi avaliada, detalhando os dados referentes a circuito de processamento;
- **Membro 2- PCP** - Responsável por avaliar **o que** é movimentado em cada um dos circuitos e **quanto** deve ser movimentado de cada material, ou produto, de acordo com a programação de produção e de materiais. Contribuiu fornecendo histórico de dados da produção de um

período de 90 dias, considerando as informações do que foi programado e realizado neste período;

- **Membro 3 - Engenharia** - Responsável por avaliar **como** os materiais são movimentados e **qual** o sistema utilizado, informado as especificações técnicas dos equipamentos. Contribuiu fornecendo os dados referentes à manutenção, tempo de vida, fornecedores entre outras informações dos equipamentos utilizados na movimentação e armazenagem dos materiais;
- **Membro 4 - Logística** - Responsável por realizar a avaliação de quem é responsável pela movimentação e transporte de materiais e onde estas movimentações ocorrem, porém dentro das áreas da logística interna, que são as áreas de estocagem e de retirada de produto acabado, após o produto ser processado e paletizado. Contribuiu fornecendo histórico de dados de separação, movimentação e transporte de materiais de um período de 90 dias.

Após a atribuição das responsabilidades, ocorreu a visita à planta e o 2º Passo do Método que é o diagnóstico do fluxo de materiais.

4.3.2. DIAGNÓSTICO DO FLUXO DE MATERIAIS

O diagnóstico do fluxo de materiais é o 2º Passo do método para otimizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais e, ainda, deve ser realizado no fluxo de materiais que ocorre entre as áreas de estocagem de materiais, manufatura e estocagem de produtos acabados. O processo para a realização deste passo está descrito na seção 3.2.2, e o instrumento utilizado para realizar o diagnóstico pode ser observado nos Apêndices 2 ao 4.

Foram visitadas todas as áreas para se obter uma visão geral do fluxo interno de materiais na Empresa A. Nesta visita, foi construído um *Layout* da operação, com o apoio de uma planta baixa, para identificar os circuitos de movimentação, conforme ilustra a Figura 20.

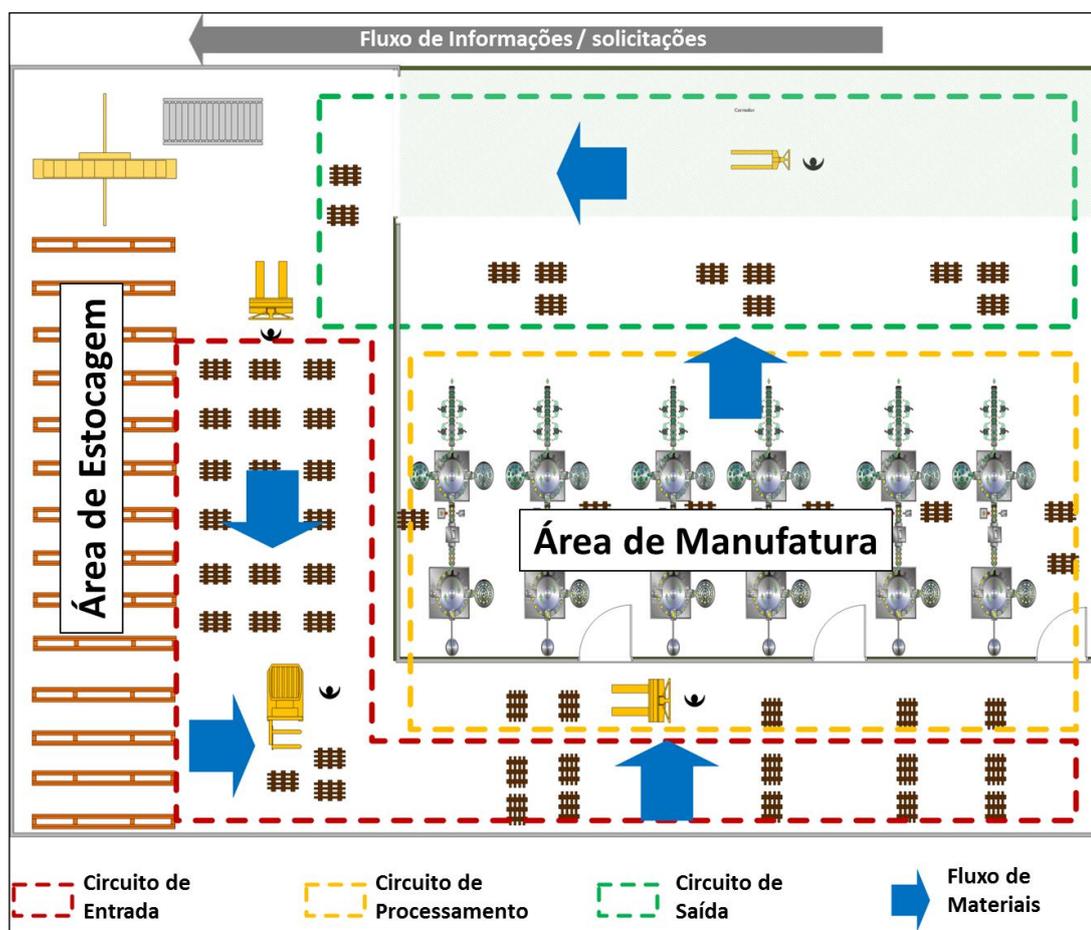


FIGURA 20 - LAYOUT GERAL CIRCUITOS DE MOVIMENTAÇÃO DA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

É possível identificar os três circuitos apresentados no instrumento de diagnóstico e a partir da identificação foi aplicado o questionário de diagnóstico em cada um deles, iniciando pelo circuito de entrada, compreendido na área demarcada em vermelho, conforme destaque na Figura 21.

4.3.2.1. CIRCUITO DE ENTRADA

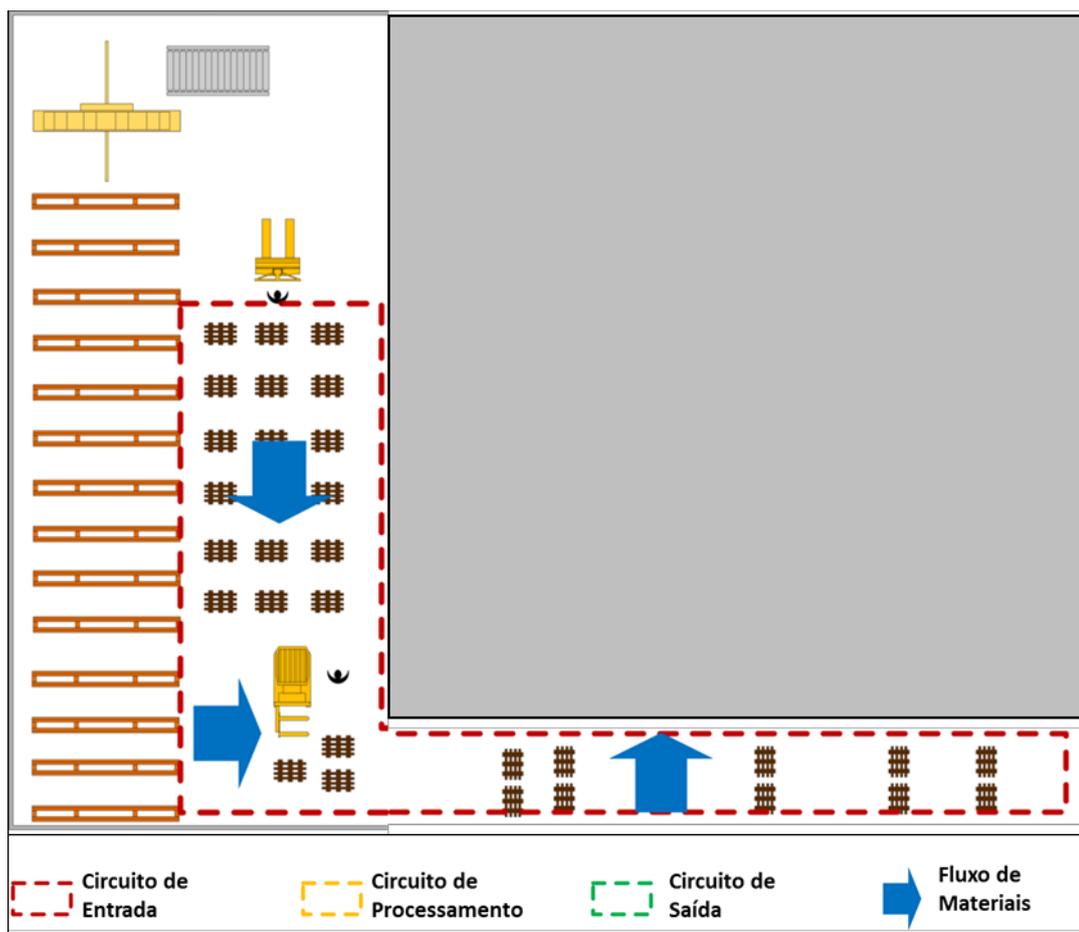


FIGURA 21 - DETALHE DO CIRCUITO DE ENTRADA (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

O objetivo do circuito de entrada é movimentar os paletes de materiais até a área de estocagem e até a área de espera de materiais, que fica localizada próxima a área de manufatura, por meio das seguintes atividades:

- Verifica o sequenciamento de ordem no sistema – Esta atividade compreende em verificar uma planilha de sequenciamento de ordens de

produção, que orienta os operadores da logística interna, qual a ordem de prioridade para as atividades de movimentação dos materiais.

- Requisita retirada do material do estoque no sistema – Por meio do uso do SAP, verifica-se o número da ordem da planilha e realiza-se uma requisição de retirada dos materiais do estoque. Esta requisição é enviada automaticamente para um transelevador de retirada e guarda de materiais, automático.
- Movimentação de retirada do material – O transelevador realiza a retirada do material da posição palete e disponibiliza em uma esteira de rolete para movimentação com paleteiras ou empilhadeiras.
- Registro com o leitor de código de barras no material – Após movimentado o material fisicamente, o operador da logística confirma a movimentação, por meio de uma leitura do código de barras do material, utilizando-se um leitor de código de barras.
- Disponibilização do material para transferência – Após esta confirmação, o material é disponibilizado para os operadores da logística que realizam o transporte o palete de material até a área de manufatura.
- Transferência do material até a área de manufatura – A transferência é realizada após a solicitação por parte do operador de produção, que ocorre com uma hora de antecedência ao início da produção.

O detalhamento de cada um dos pontos do questionário de diagnóstico pode ser observado no Apêndice 2. Verificou-se que a dimensão que possui menor aderência aos princípios norteadores da movimentação é a dimensão **Quantidade**, seguida da dimensão **Movimento**. Os resultados detalhados do diagnóstico serão tratados na seção 4.3.3.

4.3.2.2. CIRCUITO DE PROCESSAMENTO

Conforme o *Layout* geral detalhado na Figura 20, o circuito de processamento é compreendido pela área demarcada em amarelo e pode ser verificado no detalhe apresentado na Figura 22.

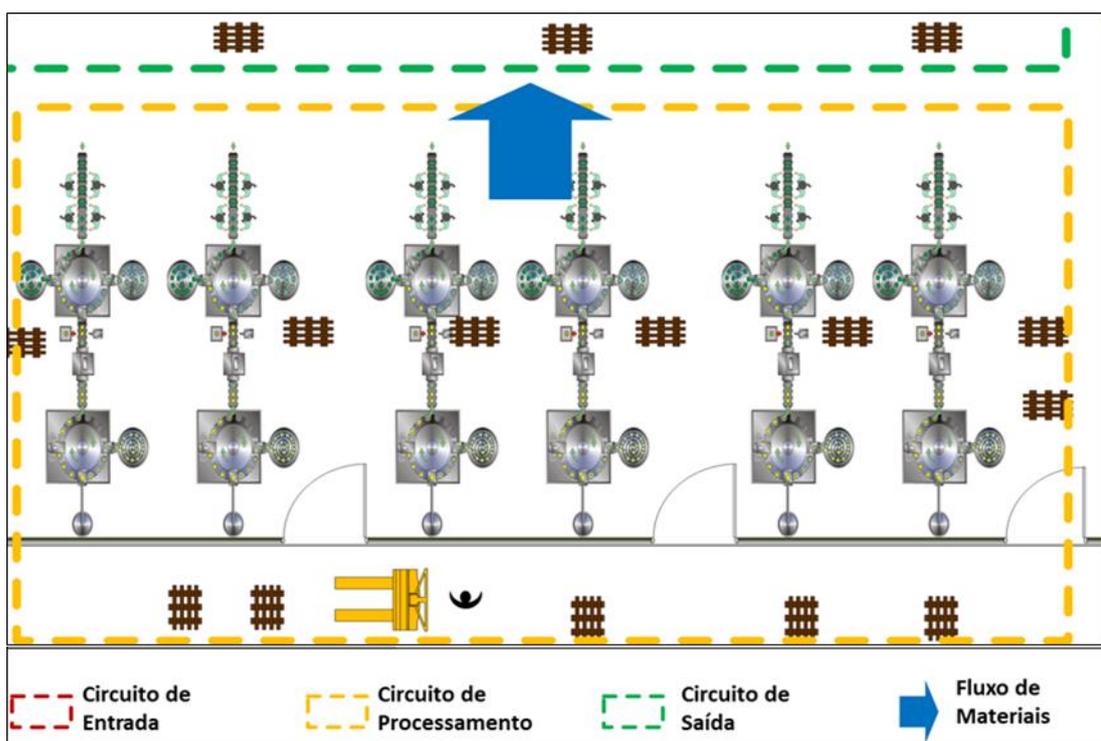


FIGURA 22 - DETALHE DO CIRCUITO DE PROCESSAMENTO (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

O objetivo do circuito de processamento é retirar os materiais dos paletes e fazê-lo fluir entre as etapas de processamento que transforma os materiais em produto acabado e disponibilizá-lo para ser transportado até a área de estocagem do produto acabado e ocorre da seguinte forma:

- Abastecimento do equipamento – Os operadores se deslocam até a área de espera de materiais, retiram uma caixa de material do patele por vez para abastecerem seus postos de trabalho. A partir do posto de trabalho abastecido, a transferência entre as etapas de processamento é realizada automaticamente, por movimento mecânico da própria máquina, ou por esteiras transportadoras;

- Transferência entre as etapas de processamento – A transferência do produto em processamento é realizada automaticamente e de maneira unitária até a embalagem do produto final e ocorre entre as atividades 2 e 10, são utilizados para o processamento e para a transferência quatro equipamentos de transformação e oito pessoas, conforme a Figura 23 que reproduz o *layout* da linha de produção analisada.
- A partir da atividade 11, o movimento deixa de ser unitário e volta a ser em caixa, como no início do processo.

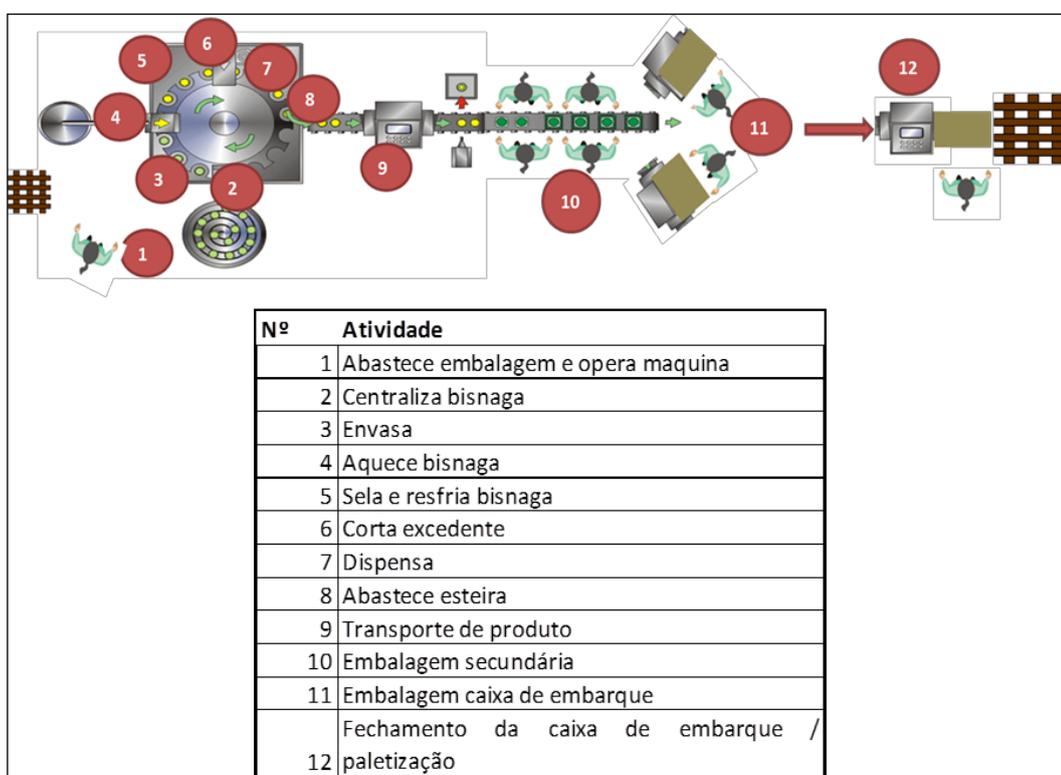


FIGURA 23 - DETALHE DAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO LINHA ANALISADA (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

O detalhamento do questionário de diagnóstico pode ser observado no Apêndice 3, e a dimensão que possui menor aderência aos princípios norteadores da movimentação é a dimensão **Movimento**, seguida da dimensão **Quantidade**. Os resultados detalhados do diagnóstico serão tratados na seção 4.3.3.

4.3.2.1. CIRCUITO DE SAÍDA

Conforme o *Layout* geral detalhado na Figura 20, o circuito de processamento é compreendido pela área demarcada em amarelo e pode ser verificado no detalhe apresentado na Figura 24:Figura 22

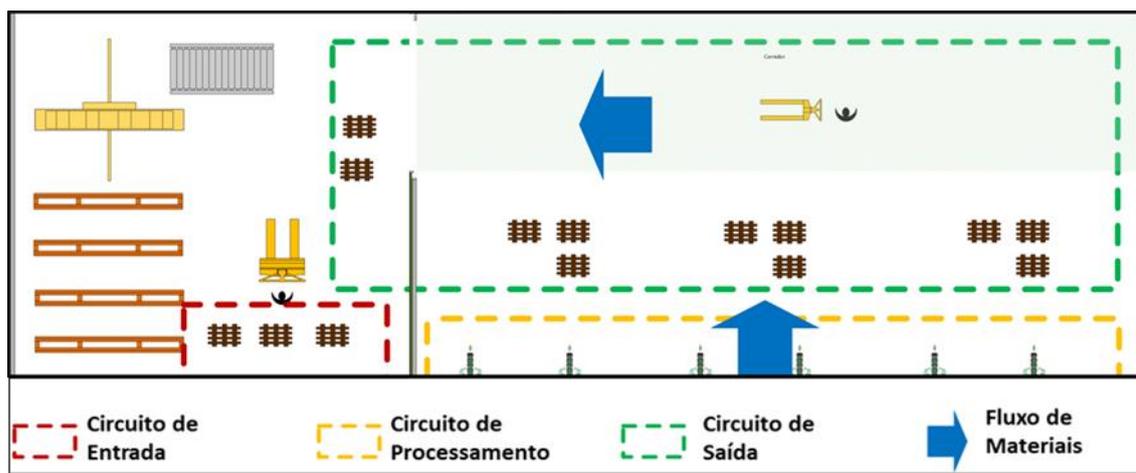


FIGURA 24 - DETALHE DO CIRCUITO DE SAÍDA (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

O objetivo do circuito de saída é movimentar os paletes de produto acabado da área de manufatura até a área de estocagem de produto acabado e são realizadas as seguintes atividades:

- Transferência do produto acabado para área espera – O operador que atua na ponta da linha retira o paleta da linha e direciona até um corredor de espera, identificado como “área reservada para produto acabado”.
- Solicitação de retirada – Após a movimentação física, o operador realiza o apontamento de quantidade de produto acabado produzido e solicita para que um operador da área de logística interna faça a movimentação.
- Movimentação do responsável (Área estocagem - Área Manufatura) – Após a solicitação, o operador de paleteira se desloca com o veículo vazio, até a área de espera de produto acabado, confere o material e realiza a transferência para a área de estocagem de produto acabado.

- Transferência do produto acabado para área de estocagem – Ocorre então o transporte e a entrega do palete de produto acabado na área de estocagem.
- Registro do palete de produto acabado no sistema – Após a transferência física concluída, realiza-se o registro da movimentação no sistema, alterando o local de permanência do material, para a área de estoque de produto acabado.
- Requisição para armazenamento do palete no sistema – Após este registro, é solicitado ao sistema de transelevador que seja realizado o armazenamento do material no estoque central de produtos acabados.
- Armazenamento do palete na estante – O transelevador cumpre a tarefa automaticamente e realiza o armazenamento e disponibiliza em sistema qual a posição o palete está armazenado na área de estocagem.

O detalhamento do questionário de diagnóstico pode ser observado no Apêndice 4 e verificou-se que a dimensão que possui menor aderência aos princípios norteadores da movimentação é a dimensão **Movimento**, as outras dimensões se demonstraram equilibradas entre si. Os resultados detalhados do diagnóstico serão tratados na seção 4.3.3.

4.3.3. IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA

O terceiro passo do método ocorre após o diagnóstico dos três circuitos, que ocorrem os fluxos de materiais entre as áreas de estocagem de materiais e a área de manufatura, os fluxos de materiais internos à manufatura e os fluxos de materiais entre as áreas de manufatura e área de estocagem de produto acabado, pode-se detectar qual dos circuitos possui maior oportunidade de melhoria, verificando qual deles possui menor aderência aos dez princípios norteadores da movimentação de materiais. Além disso, é possível detectar em cada um dos circuitos, qual a dimensão que possui menor aderência, e por meio deste circuito e dimensão que será iniciado o processo de otimização do fluxo interno de materiais.

O resultado é obtido por meio do questionário de diagnóstico, em que o circuito e dimensão que possuir maior número de questões com resposta negativa “Não” significa que não atende ao princípio norteador em questão, possuem maior oportunidade de melhoria. Estes questionários podem ser verificados detalhadamente nos Apêndices 2 ao 4, com os respectivos resultados.

O Quadro 10 apresenta de maneira resumida os resultados de quais foram os circuitos que obtiveram o maior número de respostas negativas, quanto à aderência aos princípios norteadores, ou seja, são os circuitos que possuem maior oportunidade de melhoria.

Circuito	Respostas Sim	Respostas Não
Entrada	31	24
Processamento	31	22
Saída	38	17

QUADRO 10 - RESULTADOS OBTIDOS NO DIAGNÓSTICO DOS FLUXOS INTERNOS DA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

É possível observar que o circuito de entrada possui maior oportunidade de melhoria com vinte e quatro respostas negativas, destas vinte e quatro respostas negativas, oito se referem à dimensão quantidade e sete se referem à dimensão movimento, de acordo com o detalhe do Quadro 11:

Circuito	Dimensão	Respostas Sim	Respostas Não
Entrada	Controle	9	2
	Espaço	9	2
	Movimento	4	7
	Quantidade	3	8
	Tempo	6	5

QUADRO 11 - DETALHE DAS RESPOSTAS OBTIDAS NO DIAGNÓSTICO DO CIRCUITO DE ENTRADA (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Em um detalhamento maior, observou-se que o princípio que teve menor aderência no circuito de entrada foi o princípio de trabalho, que representa o volume de trabalho empregado em cada movimento, levando-se em conta a quantidade de material transportado e distância percorrida, neste princípio,

quanto mais a execução é minimizada, ou realizada de maneira otimizada, melhor. Observou-se que os princípios de carga única, planejamento, sistema e utilização do espaço vieram na sequência com três respostas negativas, que possuem relação direta com o princípio de trabalho, estes dados podem ser observados no Quadro 12.

Circuito	Princípio	Respostas Sim	Respostas Não
Entrada	Automação	3	2
	Carga Única	2	3
	Custo do Ciclo de Vida	3	2
	Ergonomia	5	
	Meio Ambiente	3	2
	Não se aplica	5	
	Padronização	3	2
	Planejamento	2	3
	Sistema	2	3
	Trabalho	1	4
	Utilização do Espaço	2	3

QUADRO 12 - DETALHE DOS PRINCÍPIOS COM MENOR ADERÊNCIA NO CIRCUITO DE ENTRADA DA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

De acordo com a seção 3.2.3, o circuito e dimensão que possuir menor aderência aos princípios norteadores, ou seja, possuir o maior número de respostas negativas (“Não”) no questionário, possuem maior número de oportunidades e deverão ser otimizadas, de acordo com as soluções que são propostas na seção 3.2.4.

4.3.4. IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO PARA OTIMIZAR O FLUXO DE MATERIAIS

O quarto passo do método é baseado na seção 3.2.4 que apresenta o Quadro 7, que relaciona as dimensões da movimentação de materiais às possíveis soluções para otimizar o fluxo interno de materiais.

Este quadro deve ser utilizado para apoiar a tomada de decisão da equipe na seleção de uma solução que melhor se encaixe no circuito e dimensão que possui maior oportunidade de melhoria, identificada no passo anterior. A equipe de melhoria avaliou que poderiam otimizar não só a

dimensão quantidade, mas a dimensão movimento pois possui sete respostas negativas, enquanto a dimensão quantidade possui oito respostas negativas.

Analisando as possibilidades de solução a equipe selecionou as soluções grifadas em amarelo apresentadas no Quadro 13:

		Dimensão	
		Movimento	Quantidade
Técnicas de Otimização da Logística Interna	Solução		
	Mecanização	X	X
	Automação	X	X
	<i>Layout</i>	X	
	Kanban		X
	Supermercado	X	X
	<i>Kit</i>	X	X
	<i>Milk Run</i>	X	X
Mizusumashi	X	X	

QUADRO 13 - POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA OTIMIZAR O CIRCUITO DE ENTRADA DA EMPRESA A (FONTE: EQUIPE DE MELHORIA E PRÓPRIO AUTOR)

A partir desta primeira seleção, a equipe de melhoria avaliou alguns fatores internos, pertinentes ao cenário da Empresa A e algumas das soluções foram eliminadas, de acordo com as seguintes análises e justificativas:

- **Mecanização** – Não será avaliada, pois atualmente o transporte e a movimentação são realizados mecanicamente, com o auxílio de veículos industriais;
- **Automação** – A automação no processo de transferência de materiais da área de estocagem não será avaliada, existem restrições físicas no arranjo físico das áreas para se implementar um processo automatizado de transferência do material até a área de manufatura.

- **Supermercado** – A Empresa A entende que atualmente, a área de espera dos materiais é um tipo de supermercado, porém não existem posições físicas por tipo de material dada a diversificação de produtos e de variações na programação de materiais e que esta etapa do processo pode ser um causador de estoque em processos, pois os materiais após separados aguardam em dois locais, dentro do estoque e próximo à área de manufatura;

Após este processo de eliminação de soluções, ficaram, portanto, três possíveis soluções que são a utilização do *Kit*, o *Milk Run* ou o *Mizusumashi* como proposta para serem testados na simulação.

Além disso, a equipe também verificou se as três soluções se encaixavam na segunda tabela de apoio à decisão, Quadro 8 da seção 3.2.3, que avaliam a disponibilidade de investimento e tempo de implementação da solução escolhida. Após esta abordagem, a solução escolhida foi o *Milk Run*, de acordo com a sua aplicabilidade e descrição apresentada na seção 2.5.5.2.

Para verificar sua aplicabilidade, foi construído o modelo do sistema de produção, em especial do circuito de entrada, de acordo com as orientações da seção 3.2.5 e utilizou-se dos formulários apresentados no Apêndice 1.

4.3.5. CONSTRUÇÃO DO MODELO DO FLUXO INTERNO DE MATERIAIS

O objetivo da construção do modelo do fluxo interno de materiais é reproduzir em ambiente virtual para simulação de eventos discretos, os detalhes e atividades do ambiente real.

Baseando-se nos formulários de detalhamento para a construção do modelo e na observação de campo, realizada na etapa de diagnóstico, os modelos seguiram rigorosamente os formulários e foi possível se obter alguns resultados, que podem ser vistos detalhadamente no Apêndice 1.

O modelo seguiu para um especialista em simulação computacional de eventos discretos que utilizou o software *Plant Simulation*®, que é um software

utilizado para pesquisas com este intuito. Para facilitar o entendimento, foram detalhadas as atividades do fluxo de materiais, especialmente o circuito de entrada, graficamente o processo de simulação deverá se utilizar primeiramente o cenário atual que está apresentado da Figura 20 até a Figura 24.

Os dados utilizados na simulação foram obtidos junto à equipe da Empresa A e correspondem a um período de 90 dias. Um quadro resumo foi construído com estes dados para ilustrar como ocorre atualmente a operação e não será possível divulgá-los detalhadamente, por questão de confidencialidade de nome dos produtos e equipamentos.

Portanto, a representação gráfica e os dados do estado atual do fluxo de material que foram enviados para a simulação estão representados na Figura 20, repetida nesta seção e pelo Quadro 14, apresentado a seguir, para que se possa comparar os dois cenários:

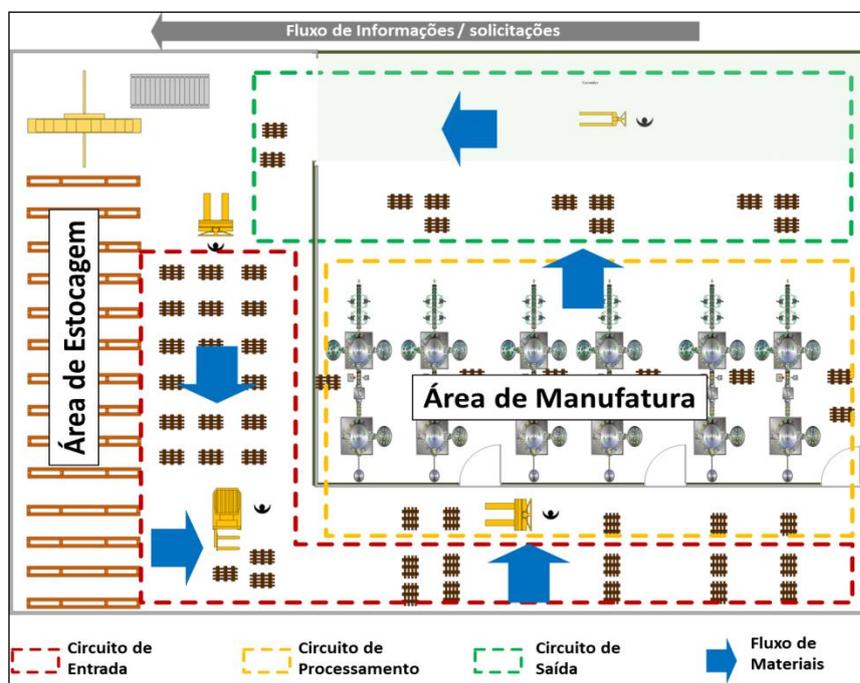


FIGURA 19 - LAYOUT GERAL CIRCUITOS DE MOVIMENTAÇÃO DA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Detalhamento	Dados
Tempo de avaliação	3
Período de avaliação	Julho - Setembro de 2014
Linhas de produção avaliadas	1
Tipo de produto	Cremses, Loções, Sabonetes Líquidos, Shampoos
Número de ordens de produção avaliadas	134
Número de produtos acabados diferentes	61
Número de matérias primas diferentes	136
Quantidade de matéria prima por produto acabado	8 a 10
Número de operadores de produção	8 / turno
Número de operadores de logística	8 / turno
Turnos da operação	2
Representatividade da análise em relação ao número total de ordens processadas na Cia no período	10%
Número de paletes movimentados analisados	956 paletes
Representatividade da análise de movimentação de paletes em relação à movimentação total do período	8,5% do número de paletes movimentados
Número de paletes de matérias primas movimentados por ordem de produção	de 1 a 30 paletes
Número médio de paletes de matérias primas movimentados por ordem de produção	8
Quantidade média de material movimentado por ordem de produção	29.315 peças
Quantidade média de produção prevista por ordem de produção	24.610 peças
Quantidade média de paletes de produto acabado movimentado por Ordem de Produção (real)	7
Total de paletes movimentados (Material + Produto Acabado)	15
Numero médio de transporte por ordem de produção (Paletes + Vazio + Retornos)	23
Excesso de movimento x número de paletes movimentados nas ordens de produção	53%

QUADRO 14 - RESUMO DOS DADOS PASSADOS PARA A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE EVENTOS DISCRETOS - ESTADO ATUAL (FONTE: EMPRESA A)

Os dados detalhados serviram de base para a construção do modelo computacional de eventos discretos e para realizar a simulação da solução proposta neste mesmo sistema, nesta mesma condição, apenas implementando o *Milk Run* para a transferência dos materiais. A alteração das atividades do circuito de entrada ficaria da seguinte forma:

- Verifica o sequenciamento de ordem no sistema – Esta atividade compreende em verificar uma planilha de sequenciamento de ordens de produção, que orienta os operadores da logística interna, qual a ordem

de prioridade para as atividades de movimentação dos materiais (igual ao processo atual).

- Requisita retirada do material do estoque no sistema – Por meio do uso do SAP, verifica-se o número da ordem da planilha e realiza-se uma requisição de retirada dos materiais do estoque. Esta requisição é enviada automaticamente para um transelevador de retirada e guarda de materiais, automático (igual ao processo atual).
- Movimentação de retirada do material – O transelevador realiza a retirada do material da posição palete e disponibiliza em uma esteira de rolete para movimentação com paleteiras ou empilhadeiras (igual ao processo atual).
- Registro com o leitor de código de barras no material – Após movimentado o material fisicamente o operador da logística confirma a movimentação, por meio de uma leitura do código de barras do material, utilizando-se um leitor de código de barras (igual ao processo atual).
- Disponibilização do material para transferência – Após esta confirmação, o material é disponibilizado para os operadores da logística com a quantidade separada, conforme a quantidade prevista na ordem de produção e requisição e os materiais são agrupados em vagões para abastecimento da linha de produção equivalente a 2 horas de produção inicialmente, que realizam o transporte o palete de material até a área de manufatura. Esta operação de transferência de todos os materiais que compõe o produto acabado é possível devido à implementação do *Milk Run*.
- Transferência do material até a área de manufatura – A transferência é realizada após a solicitação do operador de produção, que ocorre com uma hora de antecedência ao início da produção, até ao lado do posto de trabalho, poupando que os operadores se desloquem até a área de espera de materiais. Esta eliminação do movimento dos operadores da linha de produção, também é possível devido à implementação do *Milk Run* no abastecimento aos postos de trabalho diretamente pelos operadores da logística.

Estas modificações, incorporadas à representação gráfica da planta, podem ser verificadas na Figura 25 e os dados referentes ao estado futuro estão no Quadro 15.

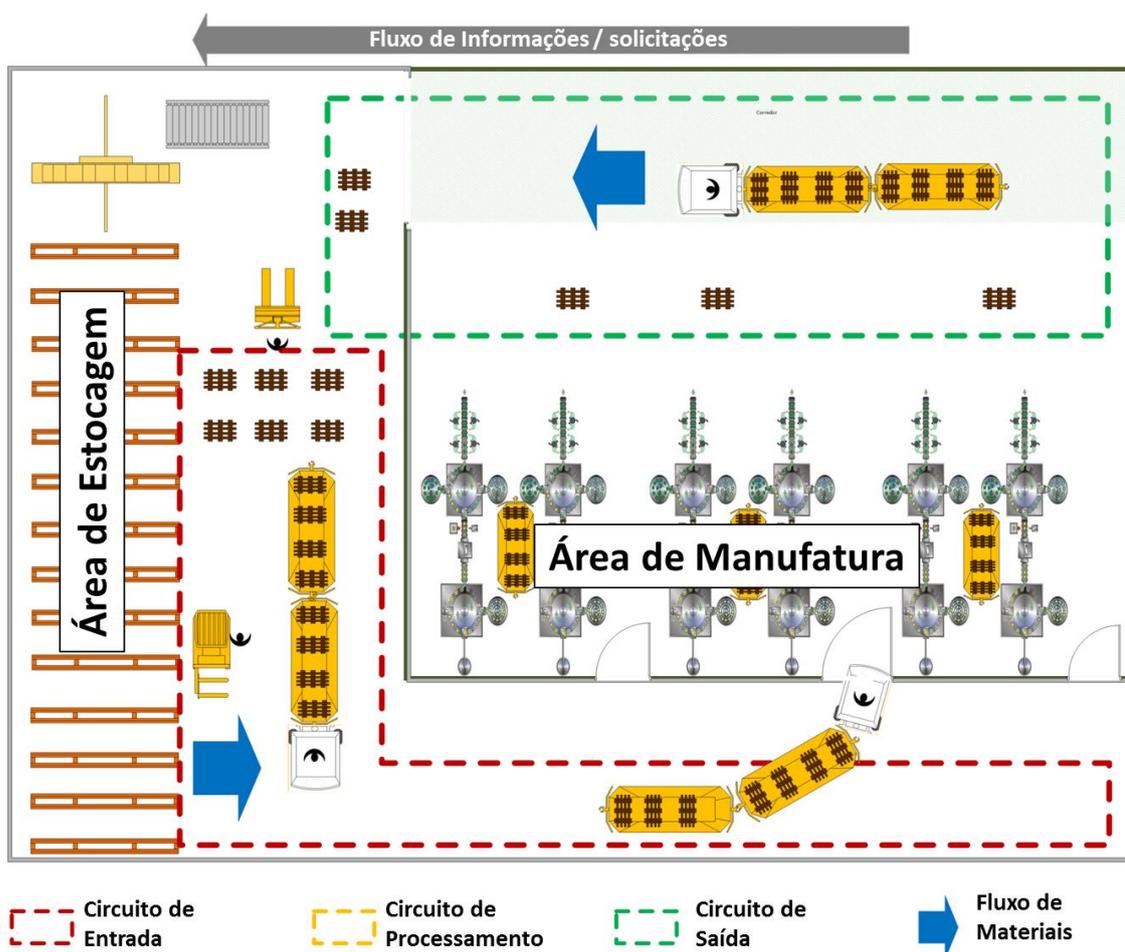


FIGURA 25 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO DE SIMULAÇÃO - ESTADO FUTURO (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Dados da Rota de Abastecimento de Materiais	Tempo	Unidade	Distancia
Preparação do vagão com os materiais	Antecedência	N/A	N/A
Subida e Descida do veículo	9	Segundos	N/A
Transferência do Material	60	Segundos	50m
Abastecimento dos postos de trabalho	180	Segundos	10m
Coleta do produto acabado	22,5	Segundos	N/A
Retorno à área de estocagem de materiais	60	Segundos	50m
Total de tempo por rota	331,5	Segundos	
Total de tempo por rota	5,53	Minutos	

QUADRO 15 - DADOS REFERENTE A ROTA DE ABASTECIMENTO DE MATERIAIS NO ESTADO FUTURO (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Observações:

- A velocidade de um veículo elétrico é em média 96 metros/min, segundo informações do fabricante dos veículos industriais da Empresa A, além disso, é necessária a substituição dos equipamentos de transferência utilizados hoje, que são transpaletas elétricas, por rebocadores elétricos tripulados. Esta troca não é um fator crítico, pois se trata de um contrato de locação.

- Os dados de tempo para rota de abastecimento do estado atual, podem ser observados no Apêndice 1.

Após a construção dos modelos é realizada a simulação computacional de eventos discretos.

4.3.6. SIMULAÇÃO DO FLUXO

A simulação é o sexto passo do método e conforme descrito na seção 3.2.6 tem dois objetivos, o primeiro é verificar se o modelo construído em ambiente virtual possui aderência com o que ocorre no ambiente real. Isto garante que os resultados obtidos a partir de modificações realizadas no ambiente de simulação sejam também obtidos no ambiente real, caso estas modificações sejam implementadas.

Após esta verificação, é implantada no ambiente de simulação a solução selecionada no quarto passo do método, com o intuito de verificar qual resultado é obtido a partir de sua implementação utilizando as variáveis definidas, para comparar os resultados obtidos antes e depois da simulação.

Para esta aplicação deseja-se obter a comparação entre as seguintes variáveis:

- Distância total percorrida pelos materiais;
- Operação em vazio realizada pelos equipamentos de movimentação e transporte de materiais;

O *software* utilizado para realizar esta simulação foi o *Plant Simulation®*, esta escolha se deu por ser um *software* utilizado pela área de engenharia para otimização de *layout* e planejamento de fábrica, análise e otimização de arranjos físicos e fluxo de materiais (SIEMENS, 2014). Este *software* é referenciado em publicações e aplica a simulação de eventos discretos para otimizar o fluxo de materiais (SEIDEL; DONATH; HAUFE, 2012; HANEYAH, *et al.*, 2013).

O modelo obtido no passo cinco do método é construído no sistema de simulação de eventos discretos e pode ser observado na Figura 26:

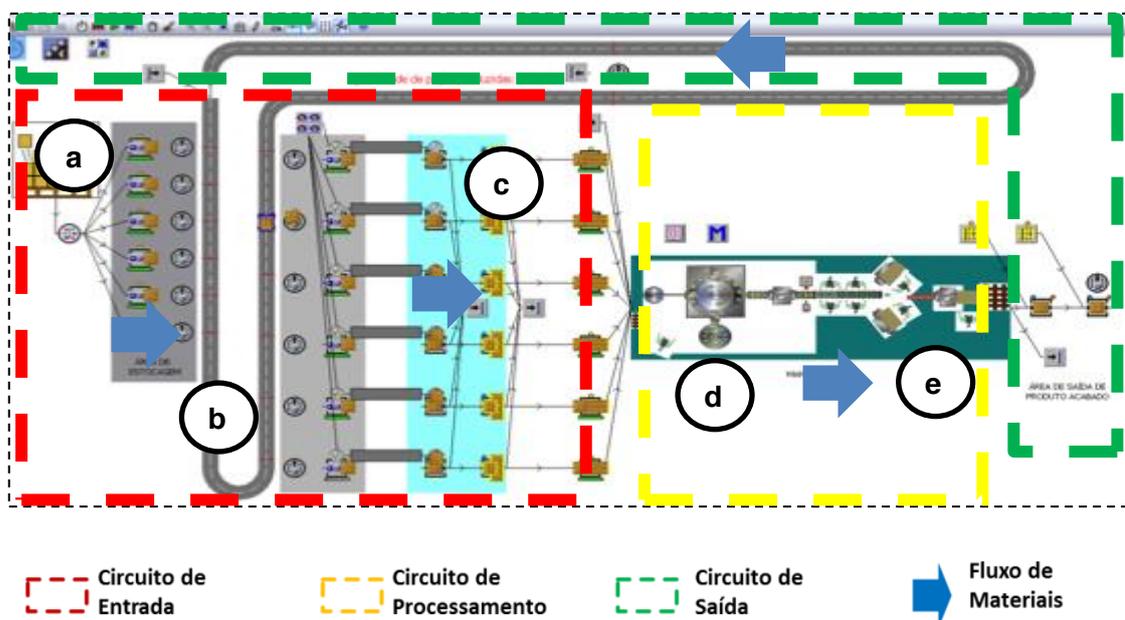


FIGURA 26 - MODELO DIGITAL DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS – ESTADO ATUAL (FONTE: *PLANT SIMULATION®*, MODELO EMPRESA A)

É possível observar na figura, os três circuitos detalhadamente demarcado e identificado, além disso, as áreas que estão relacionadas com cada um dos circuitos, sendo:

- a) Estoque de materiais;
- b) Área de separação de materiais;
- c) Área de espera de materiais (próximo à manufatura);
- d) Processamento;
- e) Paletização e área de espera de produto acabado;

Uma vez digitalizado o modelo, realizou-se o primeiro passo da simulação, que visa comparar os dados do sistema real com os dados obtidos na simulação. Vale ressaltar que para realizar a simulação foram utilizadas as seguintes premissas:

- Foram utilizados os dez produtos que tiveram o maior volume produzido, totalizando 642.880 peças produzidas;
- Foram simulados 15 dias de produção;
- Foram consideradas as informações detalhadas de paletização, distâncias percorridas no sistema, as ordens de produção, bem como o histórico de intervenções que ocorreram na produção;

Isto gerou uma aderência entre sistema real e simulação acima de 90% de acerto quando comparados os volumes de produção nos dois períodos. Depois de verificado que o sistema está aderente foi aplicada a solução escolhida no quarto passo do método, o *Milk Run* para executar a transferência dos materiais no circuito de entrada da Empresa A, esta alteração pode ser observada no modelo digital da Figura 27.

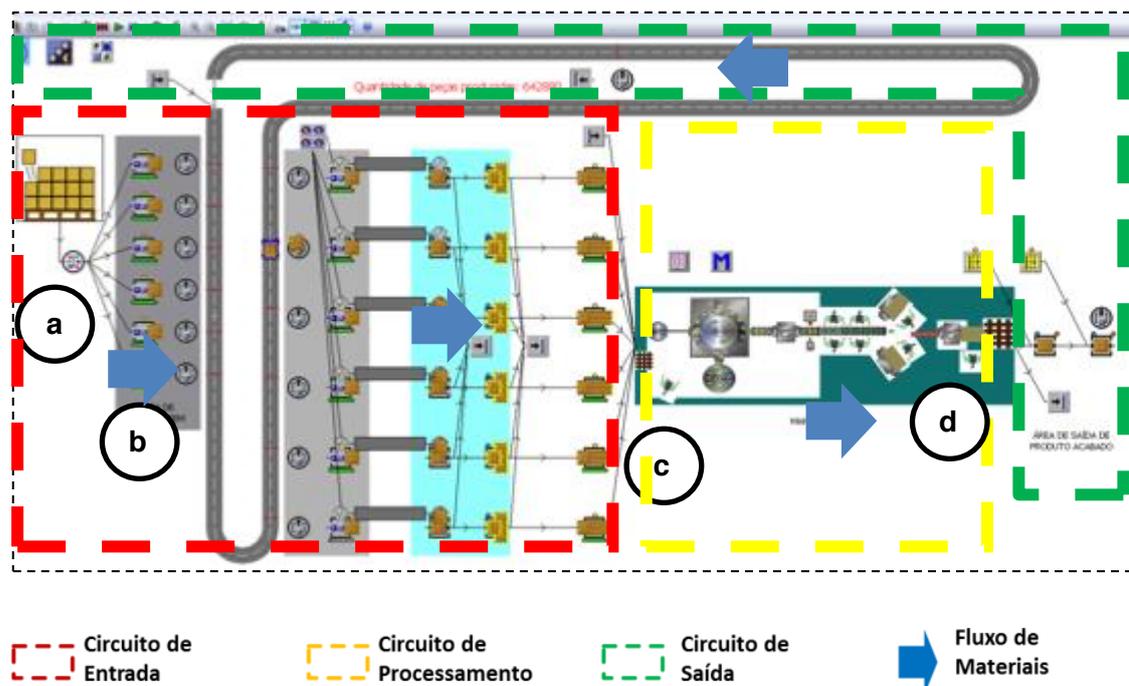


FIGURA 27 - MODELO DIGITAL DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS ESTADO FUTURO (FONTE: *PLANT SIMULATION®*, MODELO EMPRESA A)

Primeiramente, observa-se que houve uma mudança significativa no *layout* e atividades em relação ao que foi visto na Figura 26:

- a) Estoque de materiais – Semelhante ao atual
- b) Área de consolidação dos materiais nos reboques (vagões) de acordo com a quantidade solicitada na ordem de produção, evitando sobra de materiais;
- c) Área de processamento (materiais disposto diretamente próximo aos postos de trabalho, ao alcance do operador);
- d) Paletização e área de espera de produto acabado;

Conforme resultados apresentados no Quadro 16.

Variáveis	Estado atual	Estado futuro
Quantidade Produzida	642.880	642.880
Distância percorrida	35.150 m	29.716 m
Operação em vazio	48%	26%
Retorno matéria prima	10.692m	0m

QUADRO 16 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA SIMULAÇÃO ANTES E DEPOIS DA OTIMIZAÇÃO (FONTE: *PLANT SIMULATION*®, MODELO EMPRESA A)

Após estas considerações, o sétimo passo do método é avaliar os resultados obtidos comparando antes e depois da implementação da solução para otimizar o fluxo do circuito de entrada.

4.3.7. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

O sétimo passo do método tem o objetivo de avaliar os resultados antes e depois da solução implementada no ambiente de simulação de eventos discretos, este passo tem o objetivo de apoiar a tomada de decisão se será ou não implementada a solução em ambiente real.

Observa-se que há uma melhora considerável nas variáveis utilizadas na simulação. Diante deste resultado obtido com a solução proposta, a decisão de implementar a solução proposta no ambiente real fica a cargo da Empresa A, que é o oitavo passo do método.

4.4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos após a implementação do método foi satisfatória, tanto na perspectiva qualitativa, quanto na perspectiva do resultado obtido por meio da simulação.

Quanto ao aspecto qualitativo, trata-se de um método estruturado para diagnóstico e otimização do fluxo interno de materiais, pois parte da utilização de uma equipe e que se utiliza de instrumentos para identificar e diagnosticar cada uma das etapas do fluxo interno de materiais, no que diz respeito à avaliação de como são realizadas as atividades de movimentação e transporte de materiais.

Adicionalmente apresenta instrumentos para apoiar na seleção da melhor solução para otimizar a etapa do fluxo que possui maior oportunidade de melhoria. Por fim, utiliza a simulação de eventos discretos para verificar, antecipadamente quais resultados podem ser obtidos a partir da otimização do fluxo.

Desta forma, é possível avaliar os aspectos qualitativos importantes, considerados como resultados obtidos em cada uma das etapas de implementação do método para otimizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais, conforme o Quadro 17:

Etapa	Resultado obtido
1 - Definição da equipe de melhoria	Observou-se que a Empresa A destacou uma equipe experiente e multifuncional, conforme recomenda o método, isto gerou um aprendizado conjunto, pois apresentou informações e processos de trabalho que as áreas não atuam diretamente.
2 - Diagnóstico do fluxo de materiais	Nestas duas etapas foi possível observar que instrumento de diagnóstico e sua avaliação, modificou a visão dos profissionais da equipe da Empresa A mais crítica, quanto à forma de realizar o trabalho, tornando-a mais crítica frente aos desperdícios de movimento, transporte e espera.
3 - Identificar oportunidades de melhoria	
4 - Identificar solução para otimizar o fluxo de materiais	Nesta etapa foi possível observar que a relação entre as soluções sugeridas pelo método x a dimensão da movimentação de materiais, com maior oportunidade de melhoria trouxe uma nova visão de como os processos de movimentação e transporte de materiais podem ser realizados.
5 - Modelar o fluxo de materiais	Estas três etapas em conjunto traz a oportunidade de avaliar na prática os resultados que podem ser obtidos em termos de redução de desperdícios e seu impacto na produtividade, pois trata-se de uma etapa com um processo de simulação, trazendo à equipe de melhoria a oportunidade avaliar antes mesmo de alterar o ambiente real do sistema de produção.
6 - Simulação	
7 - Avaliar o resultado	
8 - Decisão de implementação	Etapa em avaliação pela Empresa A.

QUADRO 17 - QUADRO RESUMO COM RESULTADOS OBTIDOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO

Quanto à perspectiva quantitativa obtida na simulação de eventos discretos, utilizando a solução sobre as mesmas variáveis para a situação atual e futura, os resultados foram:

- Redução de 15% em distância percorrida no circuito de entrada,
- Redução de 46% na operação em vazio dos operadores da logística;
- Eliminação dos retornos dos materiais, pois eram transportados apenas em paletes e que tinham que retornar ao estoque, a cada troca de produto na linha de produção, uma vez que excediam a quantidade estipulada na ordem de produção.

Diante destes resultados, caberá a Empresa A avaliar a implementação ou não da solução sugerida na prática do método para otimizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais, apresentado nesta dissertação.

5. CONCLUSÕES

O propósito deste capítulo é apresentar as conclusões obtidas a partir do desenvolvimento de um método para otimizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais, e propor sugestões para trabalhos futuros.

Conforme observado na literatura, as atividades internas de movimentação e transporte de materiais podem representar até 60% do tempo de ciclo de produção e podem causar interrupções no processo devido à atrasos ou falta de abastecimento dos postos de trabalho refletindo-se de forma negativa no nível de serviço ao cliente. Verifica-se também que essas atividades podem representar entre 20 e 50% do custo de produção e podem empregar até 25% do efetivo total de uma empresa.

Existem diversas iniciativas para otimizar as atividades relacionadas à movimentação e transporte interno de materiais nas empresas industriais, no entanto a literatura não apresenta com clareza um método estruturado para de identificação e otimização das ineficiências específicas do fluxo interno de materiais em empresas industriais.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um método estruturado para se diagnosticar ineficiências e propor melhorias no sistema de movimentação e transporte interno de materiais nas empresas.

O método contribui para o desenvolvimento da teoria e das atividades relacionadas à logística interna das empresas industriais, pois apresenta de maneira clara um instrumento para diagnóstico das ineficiências do fluxo interno de materiais e recomenda determinadas soluções para otimizar o fluxo de materiais compreendido entre as áreas de estocagem e os postos de trabalho da manufatura.

A implementação do método para otimizar o fluxo interno de materiais em empresas industriais contempla a formação de uma equipe de melhoria,

composta por profissionais das áreas de produção, logística, PCP e engenharia industrial, onde a meta é identificar, no fluxo de materiais, oportunidades de melhoria e a partir daí selecionar uma solução que melhor se encaixe à realidade da empresa.

Adicionalmente, o método apresenta instrumentos para modelagem e simulação da solução, para que se verifique antecipadamente, qual resultado é possível se obter, no ambiente real, com a implementação da solução de otimização selecionada. A partir da análise do resultado a empresa poderá decidir pela sua implementação ou não.

A aplicação de ilustração comprovou a viabilidade do método. Adicionalmente, verificou-se que o método foi capaz de promover uma redução de 15% das distâncias percorridas na transferência dos materiais da área de estocagem até a área de manufatura, proporcionou uma redução de 46% na operação em vazio dos veículos e operadores da logística e eliminou o movimento dos materiais sobressalentes que eram separados no estoque e enviados para a área de manufatura.

O método apresentado neste trabalho é uma referência inicial, para o desenvolvimento de novas ferramentas de melhoria dos processos relacionados à movimentação, transporte e armazenagem internos de materiais, especialmente no fluxo de abastecimento da produção.

Foram detectadas, porém, algumas limitações. Uma delas é o fato do instrumento de diagnóstico não quantificar os desperdícios decorrentes das ineficiências detectadas. Outra, é o fato dos instrumentos elaborados para apoiar a seleção da solução para otimizar a ineficiência detectada no diagnóstico, não considerar sistematicamente o grau de automação que a empresa possui em seus processos de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.

Espera-se que estas limitações sejam superadas na medida em que novos desenvolvimentos acerca do tema ocorram ou, ainda, com maior número de aplicações práticas do método.

É necessário também que as empresas industriais aperfeiçoem o controle em suas operações exigindo cada vez mais o trabalho em equipe entre as áreas de logística interna, manufatura, PCP e engenharia industrial, com o objetivo de buscar constantemente a racionalização dos movimentos, dos tempos de espera e de atravessamento dos materiais pelo sistema de produção e principalmente dos níveis de inventário.

Considerando que este trabalho é uma referência inicial de um método estruturado para diagnóstico e otimização do fluxo interno de materiais, existem, a partir dele, oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros. Entre eles pode-se citar:

- Desenvolver e incorporar ao método um instrumento que quantifique os desperdícios que a ineficiência das atividades de movimentação e transporte de materiais geram no processo de produção em tempos de espera, excesso de movimentação e transporte e estoque em processo;
- Desenvolver e incorporar ao método um instrumento de seleção das soluções de otimização que contemple os diferentes níveis de automação dos sistemas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIHPEC – Associação das Indústrias de Higiene Pessoal Perfumaria e Cosméticos. Panorama Setorial, 2014. Disponível em: <<http://www.abihpec.org.br>>. Acesso em: 03 Maio. 2015.

AGHAJANI, M; KERAMATI, A; JAVADI, B. Determination of Number of Kanban in a Cellular Manufacturing System With Considering Rework Process. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, v. 63, n. 9-12, p. 1177-11789, 2012.

ALVAREZ, R.; ANTUNES, J. Takt-Time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão e Produção*, v. 8, n. 1, p. 01-18, 1997.

ANTUNES, D. Análise de problemas e propostas de melhoria nos processos de abastecimento de materiais às linhas de produção - Um caso de estudo na indústria automóvel. 2012. (Escola de Engenharia) Universidade do Minho, Portugal.

ANTUNES, D; SOUZA, S; NUNES, E. Using Project Six Sigma and Lean Concepts in Internal Logistics. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, v. 1, 2013, London, UK. WCE.

ARBOS, L.; SANTOS, J.; SANCHEZ, V. The Operations-Time Chart: A graphical tool to evaluate the performance of production systems – From batch-and-queue to lean manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, v. 61, n. 3, p. 663-675, 2011.

AZEVEDO, R; MARTINS, R; TEIXEIRA, J; BARROSO, M. Obstacle clearance while performing manual material handling tasks in construction sites. *Safety Science*, v. 62, n. 1, p. 205-213, 2014.

BALLOU, R. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - Logística Empresarial. 5a Ed. São Paulo: Bookman, 2006.

BARNES, R. Estudo de movimentos e tempos - Projeto e Medida do Trabalho. Tradução: Sergio Luis Oliveira, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallotta. 6a Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BEACH, E.; MUHLEMANN, A.; PRICE, D.; PATERSON, A.; SHARP, J. A review of manufacturing flexibility. *European Journal of Operational Research*, v. 122, n. 1, p. 41-57, 2000.

BEAMON, B. Performance, reliability, and performability of material handling systems. *International Journal of Production Research*, v. 36, n. 2, p. 377-393, 1998.

BEAMON, B; CHEN, V. Performability-Based Fleet Sizing in a Material Handling System. *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, v. 14, n. 6, p. 441-449, 1998.

BENSOUSSAN, A.; ÇAKANYILDIRIM, M.; SETHI, S. Partially observed inventory systems: the case of zero-balance walk. *SIAM J. CONTROL OPTIM.*, v. 46, n. 1, p. 176-209, 2007.

BERENGUEL, A. Melhoria do processo produtivo da schmitt+sohn elevadores - Porto . 2011. (Mestrado em Gestão de Processos e Operações Departamento de Engenharia Mecânica) Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal.

BERGENWALL, A.; CHEN, C.; WHITE, R. TPS's process design in american automotive plants and its effects on the triple bottom line and sustainability. *Int. J. Production Economics*, v. 140, n. 1, p. 374-384, 2012.

BERVIAN, P.; CERVO, A.; SILVA, R. Metodologia Científica. 4a Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BLACK, J. Lean Production implementing a World Class System. 1a Ed. EUA: Industrial Press Inc., 2008.

BOOTH, W.; COLOMB, G.; WILLIAMS, J. A Arte da Pesquisa. Tradução: Henrique Monteiro A. Rego. 2a. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

BOYSEN, N; BOCK, S. Scheduling just-in-time part supply for mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research*, v. 211, n. 1, p. 15-25, 2011.

BRANCO, L. Aplicação do Lean Management na produção de unidades de ventilação da RIOX. 2011. (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

BRAR, G.; SAINI, G. Milk Run Logistics: Literature Review and Directions. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, v. 1, 2011, London, UK. WCE 2011.

BURBIDGE, J. Production Flow Analysis for Planning Group Technology *Journal of Operations Management*, v. 10, n. 1, p. 5-27, 1991.

CANEZ, L; PLATTS, K; PROBERT, D. Developing a framework for make-or-buy decisions. *International Journal of Operation & Operation Management*, v. 20, n. 11, p. 1313-1330, 2000.

CAPUTO, A.; PELAGAGGE, M. A methodology for selecting assembly systems feeding policy. *Industrial Management & Data Systems*, v. 111, n. 1, p. 84-112, 2011.

CAPUTO, A; SALINI, P. A model for kitting operations planning. *Assembly Automation*, v. 35, n. 1, p. 69-80, 2015.

CAPUTO, A; SALINI, P. Planning models for continuous supply of parts in assembly systems. *Assembly Automation*, v. 35, n. 1, p. 35-46, 2015.

CHAVEZ, R; GIMENEZ, C; FYNES, B; WIENGARTEN, F; YU, W. Internal lean practices and operational performance - The contingency perspective of industry clockspeed. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 33, n. 5, p. 562-588, 2013.

CHEMWENO, P.; THIJS, V.; PINTELON, L.; HORENBEEK A. Discrete event simulation case study: Diagnostic path for stroke patients in a stroke unit. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 48, n. 1, p. 45-57, 2014.

CHEN, E; LEE, Y; SELIKSON, P. A simulation study of logistics activities in a chemical plant. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 10, n. 1, p. 235-245, 2002.

CHENG, C; PRABHU, V. An approach for research and training in enterprise information system with RFID technology. *J. Intell. Manuf.*, v. 24, n. 3, p. 527-540, 2013.

CHOWDARY, B.; GEORGE, D. Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company A lean manufacturing approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 23, n. 1, p. 57-75, 2011.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Mapa estratégico da indústria 2013-2022. Brasília: CNI, 2013.

CSCMP. Supply Chain Management Terms and Glossary. CSCMP. Disponível em:

<http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf>. Acesso em: 12 Dez. 2014.

DAI, J; LEE, N. Economic feasibility analysis of flexible material handling systems: A case study in the apparel industry. *Int. J. Production Economics*, v. 136, n. 1, p. 28-36, 2012.

DANESE, P.; ROMANO, P.; BORTOLOTTI, T. JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects. *Industrial Management & Data Systems*, v. 112, n. 3, p. 441-465, 2012.

DEHORATIUS, N; RAMAN, A. Inventory Record Inaccuracy: An Empirical Analysis. *Management Science*, v. 54, n. 4, p. 627-641, 2008.

ELBERT, M. Lean Production for the Small Company. [s.n.]. EUA: Taylor & Francis Group, 2013.

ELMOSELHY, S. Hybrid lean–agile manufacturing system technical facet in automotive sector. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 32, n. 4, p. 598-619, 2013.

EMDE, S.; BOYSE, N. Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research*, n. 217, p. 287-299, 2012.

EMDE, S.; BOYSEN, N. Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *Int. J. Production Economics*, v. 135, n. 1, p. 393-402, 2012.

EUROMONITOR. Beauty and Personal Care in Brazil. [s.l.]: EUROMONITOR, 2014.

FABRIZIO, T - Northwest Center for Performance Excellence. The Water Spider Position. NWCPE. Disponível em: <<http://nwcpe.com/wp-content/uploads/2014/10/The-Water-Spider-Position-by-Tom-Fabrizio.pdf>>. Acesso em: 12 Dez. 2014.

FERNANDES, A. Modelo de abastecimento de materiais à produção. 2011. (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

FLEURY, P.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. Logística Empresarial - A Perspectiva Brasileira. 1a Ed. São Paulo: Atlas, 2000. (Coleção Coppead de Administração)

FREDRIKSSON, A. Materials Supply and Production Outsourcing . 2011. (PHD of Department of Technology Management and Economics) CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Suécia.

FREIRE, L. Análise e Simulação do Ciclo de Reabastecimento das Células de Produção em Sistemas Just-In-Time. 2008. (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

GIL, A. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4a Ed. Brasil: Atlas, 2002.

GIL, A. Métodos de Técnicas de Pesquisa Social. 6a Ed. Brasil: Atlas, 2008.

GLAVAN, M.; GRADISAR, D.; STRMCNIK, S.; MUSIC, G. Production modelling for holistic production control. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 30, n. 1, p. 1-20, 2013.

GOLDSBY, T.; GARCIA-DASTUGUE, S. The Manufacturing Flow Management Process. *The International Journal of Logistics Management*, v. 14, n. 2, p. 33-52, 2003.

GUPTA, R; BHARDWAJ, A. Selection of logistic service provider using fuzzy PROMETHEE for a cement industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 23, n. 7, p. 899-921, 2012.

GURUMURTHY, A.; KODALI, R. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation - A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 22, n. 4, p. 444-473, 2011.

GYULAI, D.; PFEIFFER, A.; SOBTTKA, T.; VANCZA, J. Milkrun Vehicle Routing Approach for Shop-floor Logistics. *Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems*, v. 2013, CIRP 7, p. 127-132

HAILEMARIAM, D. Redesign of the Layout and the Materials Flow of a Production Plant . 2010. (Department of Operational methods for Production and Logistics Industrial Engineering and Management) University of Twente, Enschede, the Netherlands, Irlanda.

HAMERI, A. Production flow analysis—Cases from manufacturing and service industry. *Int. J. Production Economics*, v. 129, n. 2, p. 233-241, 2011.

HANEYAH, S; SCHUUR, P; SCHUTTEN, J; ZIJM, W. A generic material flow control model applied in two industrial sectors. *Computers in Industry*, v. 64, n. 6, p. 663-667, 2013.

HARRIMAN, F - Kaizen Basics. The Origins of the term "WATER SPIDER " ...from conversations with Chihiro Nakao.Fred Harriman, 2005. Disponível em: <<http://www.fredharriman.com/resources/WaterSpider.htm>>. Acesso em: 12 Dez. 2014.

HARRIS, R; HARRIS, C; WILSON, E. *Fazendo Fluir os Materiais*. 1a Ed. USA: Lean Enterprise Institute, 2004.

HARRISON, A. Manufacturing strategy and the concept of world class manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 18, n. 4, p. 397-408, 1998.

HASSAN, M. A framework for selection of material handling equipment in manufacturing and logistics facilities. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 21, n. 2, p. 246-268, 2010.

HAYES, R.; PISANO, G. Manufacturing strategy: at the intersection of two paradigm shifts. *Production and Operations Management*, v. 5, n. 1, p. 25-41, 1996.

HERAGU, S. *Facilities Design*. 3a Ed. EUA: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2008.

HO, W; HE, T; LEE, C; EMROUZNEJAD, A. Strategic logistics outsourcing: An integrated QFD and fuzzy AHP approach. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 12, p. 10841-10850, 2012.

HUTCHISON, J. Current and Future Issues Concerning FMS Scheduling *Current and Future Issues Concerning FMS Scheduling*, v. 19, n. 6, p. 529-537, 1991.

ICHIKAWA, H. Simulating an applied model to optimize cell production and parts supply (Mizusumashi) for laptop assembly. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, v. 1, 2009, Japão. , p. 2272-2280

IRANI, S. Handbook of Cellular Manufacturing Systems. [s.n.]. New York: Wiley-Interscience, 1999.

JOHNSON, D. A Framework for Reducing Manufacturing Throughput Time. Journal of Manufacturing Systems, v. 22, n. 4, p. 283-298, 2003.

JONES, D.; HINES, P.; RICH, N. Lean logistics. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 27, n. 03/04, p. 153-173, 1997.

KARANANDE, P; CHAKRABORTY, S. Material Handling Equipment Selection Using Weighted Utility Additive Theory. Journal of Industrial Engineering, v. 2013, n. 1, p. 1-9, 2013.

KERBER, B; DRECKSHAGE, B. Lean Supply Chain Management Essentials a Framework for Materials Managers. [s.n.]. EUA: Taylor & Francis Group, 2011.

KILIK, H; DURMUSOGLU, M. Advances in assembly line parts feeding policies: a literature review. Assembly Automation, v. 35, n. 1, p. 57-68, 2015.

KILIK, H; DURMUSOGLU, M; BASKAK, M. Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems. Int J. Adv. Manuf. Technol., v. 62, n. 9-12, p. 1135-1146, 2012.

KLOTZ, T; SCHONHERR, J; SEBLER, N; STRAUBE, B; TUREK, K. Automated Formal Verification of Routing in Material Handling Systems. IEEE Transactions on Automation Science and EngineerinG, v. 10, n. 4, p. 900-915, 2013.

KULAK, O. A decision support system for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipments. Expert Systems with Applications, v. 29, n. 2, p. 310-319, 2005.

KULWIEC, R. Materials Handling Handbook. 1a Ed. USA: John Wiley & Sons, 1985.

LASHKARI, R; BOPARAI, R; PAULO, J. Towards an integrated model of operation allocation and material handlings election in cellular manufacturing systems. *Int. J. Production Economics*, v. 87, n. 2, p. 115-139, 2004.

MACKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Manufacturing the future - The next era of global growth and innovation. [s.l.]: Mackinsey & Company, 2012.

MARTINHO, N. Flow, Synchronization and Leveling. 2008. (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

MENDES, F. Melhoria da logística interna na produção de pneus na Continental Mabor. 2010. (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

MHI - Material Handling Institute. Material Handling. MHI. Disponível em: <<http://www.mhi.org/fundamentals/material-handling>>. Acesso em: 12 Dez. 2014.

MIGUEL, P. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2a. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. (ABEPRO).

MOHAMMADI, M; FORGHANI, K. A novel approach for considering layout problem in cellular manufacturing systems with alternative processing routings and subcontracting approach. *Applied Mathematical Modelling*, v. 38, n. 14, p. 3624-3640, 2014.

MULAMA, O. LOGISTICS OUTSOURCING PRACTICES AND PERFORMANCE OF LARGE MANUFACTURING FIRMS IN NAIROBI, KENYA. 2012. (Degree of masters of business administration, school of business) University of Nairobi, Kenya.

NEVES, P. Abastecimento de Peças a uma Linha de Montagem Final. 2009. (Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial) Universidade de Aveiro, Portugal.

NOMURA, J.; TAKAKUWA, S. Optimization of a number of containers for assembly lines: the fixed-course pick-up system. *Int j Simul Model*, v. 5, n. 4, p. 155-166, 2006.

NOVAES, A. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição - estratégia, operação e avaliação. [s.n.]. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

OH, S. Manpower Planning and Cycle Time Reduction of a Labor-intensive Assembly Line. 2010. (Department of Mechanical Engineering) MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, EUA.

OLIVEIRA, R.; CORREA, V.; NUNES, L. Uso da simulação computacional com o mapeamento do fluxo de valor para auxiliar na tomada de decisão. *Exacta*, v. 11, n. 1, p. 47-57, 2013.

PATTANIK, L.; SHARMA, B. implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, v. 42, n. 7-8, p. 772-779, 2009.

POLAT, O; KALAYCI, C; KUKAK, O; GUNTHER, H. A perturbation based variable neighborhood search heuristic for solving the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery with Time Limit. *European Journal of Operational Research*, v. 242, n. 2, p. 369-382, 2015.

PRODANOV, C.; FREITAS, E. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2a. Ed. Novo Hamburgo: Universidade FEEVALE, 2013.

QU, T.; HUANG, G.; ZHANG, Y.; LUO, H.; QIN, W. A case of implementing RFID-Based real-time shop-floor material management for household electrical appliance manufacturers. *J. Intell. Manuf.*, v. 23, n. 6, p. 2343-2356, 2012.

QUETA, V. Projeto de aplicação de ferramentas Lean e célula numa empresa de sistemas de refrigeração. 2013. (Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial) Universidade do Minho, Portugal.

RAHANI, A; ASHRAF, M. Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study . International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors 2012 (IRIS 2012) , v. 1, 2012, Malásia. , p. 1727-1734.

RAMAN, D; NAGALINGAN, S; GURD, B; LIN, G. Quantity of material handling equipment - A queuing theory based approach. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 25, n. 2, p. 348-357, 2009.

REEVES, K; CALISKAN, F; OZCAN, O. Outsourcing distribution and logistics services within the automotive supplier industry. Transportation Research Part E, v. 46, n. 3, p. 459-468, 2010.

ROBINSON, S; WORTHINGTON, C; BURGESS N, RADNOR, Z. Facilitated modelling with discrete-event simulation: Reality or myth?. European Journal of Operational Research, v. 234, n. 1, p. 231-240, 2014.

RODRIGUES, N. Mizusumashi na Optimização da Logística Interna da Indústria Automóvel. 2011. (Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial) Universidade de Aveiro, Portugal.

ROTHER, M; SHOOK J. Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. 1.2. Massachusetts: Lean Enterprise Institute, 1999.

SAKIKAWA, T. Transforming Japanese Workplaces. [s.n.]. United Kingdom: Palgrave Macmillan, 2012.

SATOGLU, S.; SAHIN, I. Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry. Int. J. Adv. Manuf. Technol., v. 65, n. 1-4, p. 319-332, 2013.

SCHONBERGUER, R. ASP, The Art and Science of Practice: Taking the Measure of Lean: Efficiency and Effectiveness, Part I & II. *Interfaces*, v. 41, n. 2, p. 182-187, 2011.

SEIDEL, S; DONATH, U; HAUFE, J. Towards an integrated simulation and virtual commissioning environment for controls of material handling systems. *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*, v. 1, 2012, Alemanha, p. 1-12.

SENAPATI, A; MISRHA, P; ROUtra, B; BISWAS, A. An Extensive Literature Review on Lead Time Reduction in Inventory Control. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, v. 1, n. 6, p. 104-111, 2012.

SILVA, P. Milk Run – redesenho das linhas de abastecimento realizado na BOSCH termo tecnologia AS. 2008. (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

SIMON, A. Condições de utilização da Tecnologia CNC - Estudo de Maquinas-Ferramenta de Usinagem na Indústria Brasileira. 2001. (Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia de Fabricação) Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

SINGH, B.; GARG, S.; SHARMA, S.; GREWAL, C. Lean implementation and its benefits to production industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 1, n. 10, p. 157-168, 2010.

SINGH, H.; SINGH, A. Application of lean manufacturing using value stream mapping in an auto-parts manufacturing unit. *Journal of Advances in Management Research*, v. 10, n. 1, p. 72-84, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISSON, A.; JOHNSTON, A. *Administração da Produção*. 3a Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMOCZEK, J; SZPYTKO, J. Evolutionary algorithm-based design of a fuzzy TBF predictive model and TSK fuzzy anti-sway crane control system. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 28, n. 1, p. 190-200, 2014.

STEPHENS, M; MEYERS, F. Manufacturing Facilities Design and Material Handling. 5a Ed. Indiana: Purdue University Press West Lafayette, 2013.

SUJONO, S.; LASHKARI, R. A multi-objective model of operation allocation and material handling system selection in FMS design. *Int. J. Production Economics*, v. 105, n. 105, p. 116-133, 2007.

TAKEDA, H. The Synchronized Production System: Going Beyond Just in Time Through Kaizen. [s.n.]. EUA: Kogan Page, 2006.

TAKO, A; ROBINSON, S. Model development in discrete-event simulation and system dynamics: An empirical study of expert modellers. *European Journal of Operational Research*, v. 207, n. 2, p. 784-794, 2010.

TOMPKINS, J.; WHITE, J.; BOZER.; Y.; TANCHOCO, J. Facilities Planning. 4a Ed. New York: John Wiley & Sons, 2010.

VASCONCELOS, N. Total Flow Management na Indústria no Instituto Kaizen. 2008. (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

VIEIRA, G.; PASA, G.; BORSA, M.; MILAN, G; PANDOLFO, A. Materials handling management: a case study. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, v. 4, n. 2, p. 19-30, 2011.

VILLERS, F. The Illustrated Lean Agile and World Class Manufacturing - Cookbook. [s.n.]. EUA: [S.N], 1996.

VOSS, C. Alternative paradigms for manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n. 4, p. 5-16, 1995.

VOSS, C. UPDATE Paradigms of manufacturing strategy re-visited. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 25, n. 12, p. 1223-1227, 2005.

WHEELWRIGHT, S.; HAYES, R. Competing Through Manufacturing. Harvard Business Review, v. 1985, n. 1, p. 1-12, 1985.

WHITE, J. Material handling in warehousing : basics and evolution. Annual Conference, Council of Logistics Management, v. 2, 1988, Boston, USA, p. 409-423

WOMACK J.; JONES, D.; ROOS, D. A Máquina que Mudou o Mundo. 16a Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J.P. A Mentalidade Enxuta nas Empresas - Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. 8a Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

ZHANG, Q.; VODEREMBSE, M.; LIM, J. Value chain flexibility: a dichotomy of competence and capability. International Journal of Production Research, v. 40, n. 3, p. 561-583, 2002.

ZHANG, Y.; ZHANG, G.; DU, W.; WANG, J.; ALI, E.; SUN, S. An optimization method for shopfloor material handling based on real-time and multi-source manufacturing data. Int. J. Production Economics, v. 159, n. 1, p. 1-37, 2015.

ZHANG, Z.; KIMA, I.; SPRINGER, M.; CAI, G.; YU, Y. Dynamic pooling of make-to-stock and make-to-order operations. Int. J. Production Economics , v. 144, n. 1, p. 44-56, 2013.

ZHANG, Z; VONDEREMBSE, M; LIM, J. Manufacturing flexibility: defining and analyzing relationships among competence, capability, and customer satisfaction. Journal of Operations Management, v. 21, n. 2, p. 173-191, 2003.

ZHEN, L. An analytical study on service-oriented manufacturing strategies. Int. J. Production Economics, v. 139, n. 1, p. 220-228, 2012.

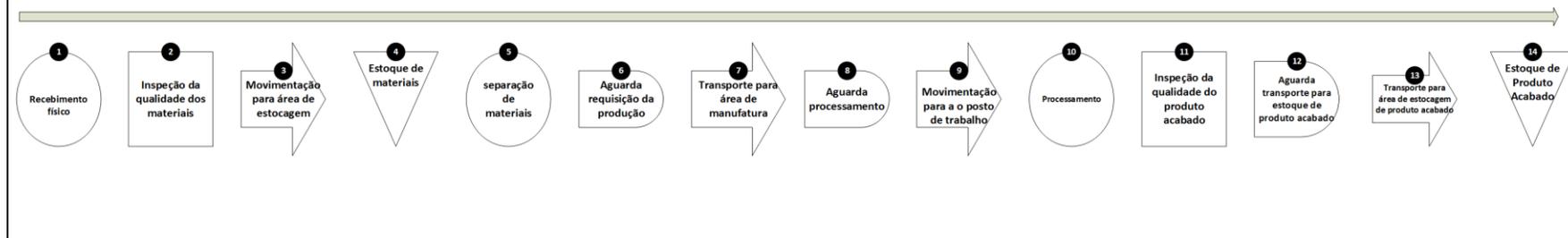
7. APÊNDICES

APÊNDICE 1 - FORMULÁRIOS DE DETALHAMENTO DE PROCESSOS E CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS.

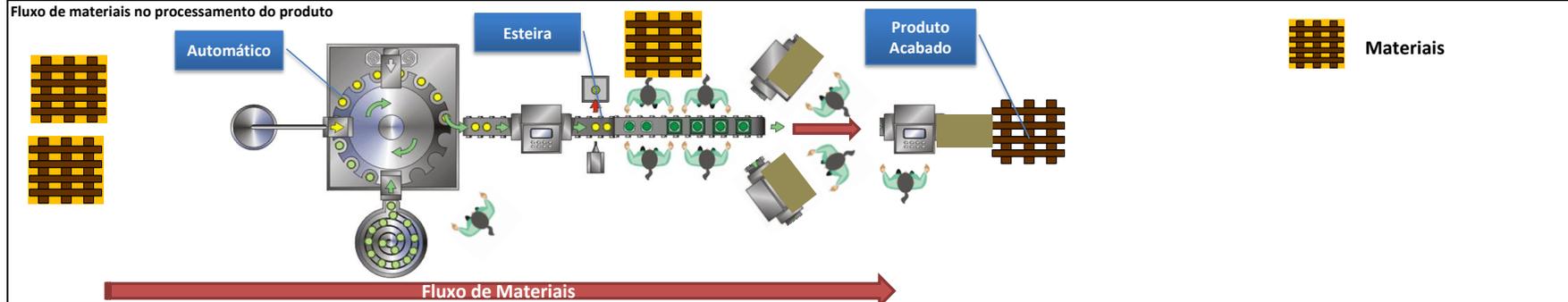
Este formulário deve ser utilizado para desenhar o fluxo físico de materiais entre as áreas e durante o processamento (visão geral)

Fluxo físico

Fluxo físico dos materiais (visão geral)



Fluxo de materiais no processamento do produto



Observações

Estes fluxos foram verificados no estudo de campo por meio de reuniões, entrevistas e observações de campo.
O fluxo físico foi detalhado em reunião inicial;
O fluxo de materiais no processamento foi verificado em visita à planta, no detalhamento do circuito de processamento, durante a construção do modelo de simulação.

Este formulário deve ser utilizado para caracterizar e identificar os processos e práticas relacionadas ao fluxo de informação (visão geral).

Fluxo de Programação de produção e de materiais

Sistemas utilizados

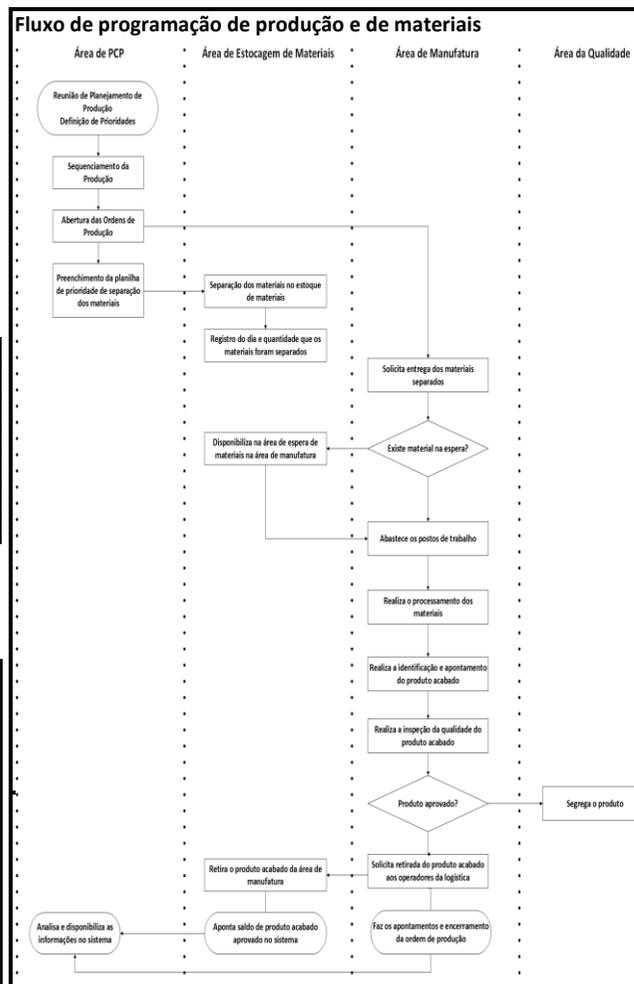
<input checked="" type="checkbox"/>	Ordem de Produção	<input type="checkbox"/>	Sistema WiFi
<input checked="" type="checkbox"/>	Código de barras		

Estrutura do fluxo de informação

Atividade	Possui?		Automático		Frequencia
	Sim	Não	Sim	Não	
Programação da produção	X		X		Semanal
Ordem de Produção	X		X		Diário
Requisição de materiais	X			X	Diário
Reprogramações	X			X	10% por problemas
Paradas por programação		X		X	N/A
Pedido de devolução para o estoque	X			X	Conforme necessidade
Requisição de reabastecimento	X			X	Conforme Necessidade

Observações:

- É providenciada uma lista de separação de materiais para cada Ordem de Produção aberta;
- A requisição dos materiais é confirmada pela área de produção ao estoque com 1h de antecedência ao início de produção;
- A programação é acompanhada pelo PCP e pelo operador do equipamento;
- O programador fornece o sequenciamento de produção e o operador da produção executa;
- O operador de produção executa toda a movimentação dos materiais entre a área de espera de materiais (pulgão) até o posto de trabalho e realiza a devolução dos materiais que sobraram, após o encerramento da ordem de produção para a área de espera dos materiais;



Este formulário tem o objetivo de detalhar e identificar os processos e características da área de estocagem de materiais para abastecimento da produção (armazem, almoxarifado, ou supermercado de materiais).

Logística Interna - Armazém / Supermercado de Materiais

Armazém
 Supermercado
 Just int Time Fornecedor / Just in sequence

Área Total: 600 m² Possui Layout Definido
 Sim Não

Capacidade Armazenagem:
15.000 Posições palete

Sistema de armazenamento automático

Sim
 Não

Detalhamento: Possui transelevador

Sistema de movimentação automático

Sim
 Não

Detalhamento: se utiliza de leitores de código de barras para registro da movimentação dos materiais.

Detalhamento do sistema de movimentação

		Qtde
<input type="checkbox"/>	Empilhadeira Motorizada	
<input checked="" type="checkbox"/>	Paleteira Elétrica	1
<input type="checkbox"/>	Empilhadeira Manual	
<input checked="" type="checkbox"/>	Paleteira Manual	3
<input type="checkbox"/>	Manual (Humana)	
<input type="checkbox"/>	AGV	
<input type="checkbox"/>	Eletromonovia	
<input type="checkbox"/>	Trator / Rebocador	
<input checked="" type="checkbox"/>	Empilhadeira Elétrica	1
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>		

Numero de pessoas / Turno

8 Pessoas

Numero de Turnos

2 Turnos

Proposta de um método para
otimizar o fluxo de materiais
nas indústrias

Este formulário tem detalhar as características dos materiais (insumos) que pertencem à linha que será avaliada

Materiais - Apresentação - Unitização

Material Paletizado / Encaixotado

<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	Não

Produtos a serem mapeados

Tipos de componentes	Qtde/ embalagem	Qtde / palete (pc)	Dimensão EMB.	Custo / Pç (R\$)	Observação
Bisnagas	124	6075	30 x 60 x 20	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Separadores de caixa	50	15.000	Fardos palete	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Etiquetas	150	15.000	Sacos de rolo	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Ribbon	150	15.000	Sacos de rolo	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Tabulheiros de palete	15	15.000	Fardos palete	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Tampa de Caixa	15	15.000	Fardos palete	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Caixa de embarque	15	15.000	Fardos palete	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Fita	150	15.000	Sacos de rolo	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Produto (granel)	1000	1000	Tanque	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo
Saco	1000	15.000	30 x 60 x 20	Não informado	Os custos não foram informados devido sigilo

Anotações

Total de 138 materiais diferentes utilizados na produção, divididos nos tipos de componentes detalhados nesta tabela

Proposta de um método para
 otimizar o fluxo de materiais
 nas indústrias

Este formulário tem o objetivo de identificar e detalhar as atividades relacionadas ao processo de movimentação de materiais até a área de manufatura.

Abastecimento Produção - Circuito de Entrada

No	Atividade	Tempo		Distancia (m)	Observações	
		Médio	Min			
1	Verifica o sequenciamento de ordem no sistema	0		Manual	0	
2	Requisita retirada do material do estoque no sistema	0,3		Manual	0	
3	Movimentação de retirada do material	1,2		Automático	0	
4	Registro com o leitor de código de barras no material	0,3		Manual	0	
5	Disponibilização do material para transferencia	0,5		Manual	3	
6	Transferencia do material até a área de manufatura	1		Manual	50	O veículo transfere o material e retorna vazio
	Tempo total médio para movimentação de um palete no estoque	3,3				

Anotações

Este formulário tem o objetivo de identificar e detalhar as atividades dos postos de trabalho da linha de produção., principalmente as

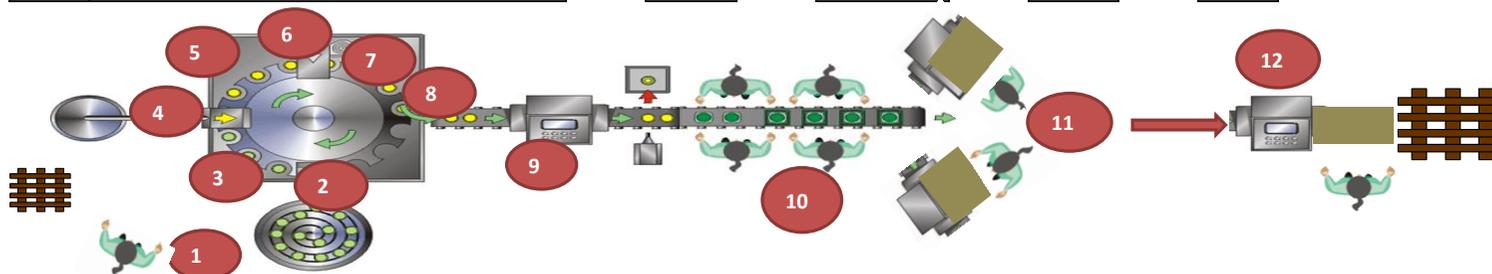
Descrição Linha de produção

Qtde / Descrição dos equipamentos

1	Envasadora de Bisnaga	1	Esteira transportadora		
1	Datadora (Ink Jet)	1	Lacradora de caixa		

Nome da Linha	Linha de envase de bisnagas (a marca e modelo do equipamento foi ocultado, por questões de confiabilidade)
Tipo de Produto	Cremes, loções, shampoos e sabonetes líquidos
Nº Produtos	61 produtos

Nº	Atividade	Aut. / Man	Qtde Recurso	Tempo (seg)	Unidade
1	Abastece postos de trabalho e opera maquina	Man	1	180	caixa
2	Centraliza bisnaga	Aut	Maquina	1	pç
3	Envasa	Aut	Maquina	1	pç
4	Aquece bisnaga	Aut	Maquina	1	pç
5	Sela e resfria bisnaga	Aut	Maquina	1	pç
6	Corta excedente	Aut	Maquina	1	pç
7	Dispensa	Aut	Maquina	1	pç
8	Abastece esteira	Aut	Maquina	1	pç
9	Transporte de produto	Aut	Maquina	N/A	N/A
10	Embalagem secundária	Man	4	4	pç
11	Embalagem caixa de embarque	Man	2	2	pç
12	Fechamento da caixa de embarque / paletização	Man	1	81	Caixa



Circuito de Processamento (atividades) - Formulário VI

Proposta de um método para
otimizar o fluxo de materiais
nas indústrias

Este formulário tem o objetivo de identificar e detalhar o mix de produtos que são processados pela linha de produção investigada

Lista de Produtos Acabados (SKU's)

Produto	Qtde SKU's	TC Médio (Seg)	Nº itens / produto	Eficiência	Frequencia Produção	Tempo Setup Médio (Min)
Cremses, loções, shampoos e sabonetes líquidos	61	1,22	8	91%	1x/mês	12

Anotações

Proposta de um método para
otimizar o fluxo de materiais
nas indústrias

Este formulário tem o objetivo de detalhar e identificar os processos e características da área de estocagem de produtos acabados (armazem, almoxarifado, ou supermercado de produtos acabados)

Logística Interna - Armazém / Supermercado de Materiais (Insumos)

Armazém
 Supermercado
 Just int Time Fornecedor / Just in sequence

Área Total: 600 m² Possui Layout Definido
 Sim Não

Capacidade Armazenagem:
15.000 Posições palete

Sistema de armazenamento automático

Sim
 Não

Detalhamento: Possui transelevador

Sistema de movimentação automático

Sim
 Não

Detalhamento: se utiliza de leitores de código de barras para registro da movimentação dos materiais.

Detalhamento do sistema de movimentação

		Qtde
<input type="checkbox"/>	Empilhadeira Motorizada	
<input checked="" type="checkbox"/>	Paleteira Elétrica	1
<input type="checkbox"/>	Empilhadeira Manual	
<input checked="" type="checkbox"/>	Paleteira Manual	3
<input type="checkbox"/>	Manual (Humana)	
<input type="checkbox"/>	AGV	
<input type="checkbox"/>	Eletromonovia	
<input type="checkbox"/>	Trator / Rebocador	
<input checked="" type="checkbox"/>	Empilhadeira Elétrica	1
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>		

Numero de pessoas / Turno

8 Pessoas

Numero de Turnos

2 Turnos

Proposta de um método para
otimizar o fluxo de materiais
nas indústrias

Este formulário tem detalhar as características dos materiais produtos (acabados) que pertencem à linha que será investigada.

Produtos Acabados - Apresentação - Unitização

Material Paletizado / Encaixotado

<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	Não

Produtos a serem mapeados

Tipos de Produtos

Tipos de Produtos	Qtde/ embalagem	Qtde / palete	Dimensão Emb.	Custo / Pç	Observação
Cremes, loções, shampoos e sabonetes líquidos	82	3770	40x80x30	Não Informado	Custno não informado

Anotações

**Proposta de um método para
otimizar o fluxo de materiais
nas indústrias**

Este formulário tem o objetivo de identificar e detalhar as atividades relacionadas ao processo de movimentação de produtos (acabado, ou outras saídas) da linha de produção.

Saída Produção - Retirada de materiais da linha de produção

No	Atividade	Tempo (Min)	Manual / Auto	Distancia (m)	Observações
1	Transferência do produto acabado para área espera	0,1	Manual	3	
2	Solicitação de retirada	0	0	0	
3	Movimentação do responsável (Área estocagem - Área Manufatura)	1	Manual	50	Utilizando paleteira elétrica
4	Transferência do produto acabado para área de estocagem	1,2	Manual	50	Utilizando paleteira elétrica
5	Registro do palete de produto acabado no sistema	0,5	Manual	0	Utilizando Leitor de rádio frequencia
6	Requisição para armazenamento do paletel no sistema	0,5	Manual	0	
7	Armazenamento do palete na estante	1,2	Auto	0	Utilizando o transelevador

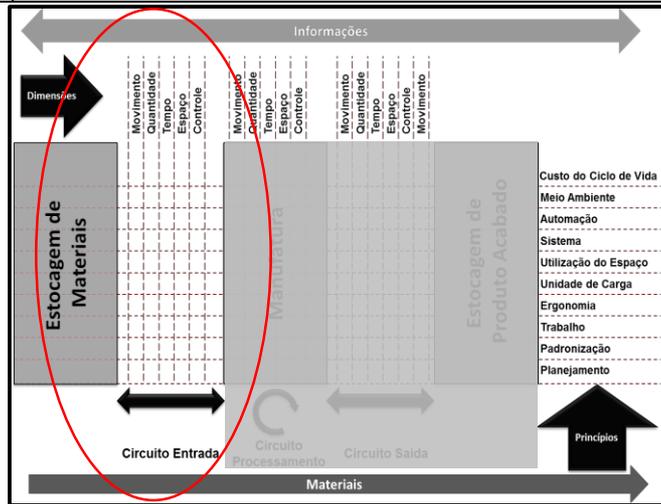
Anotações

A unidade de movimentação informada neste formulário é palete

APÊNDICE 2 - DIAGNÓSTICO DO CIRCUITO DE ENTRADA DA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Entrada
-------------------	---------------------

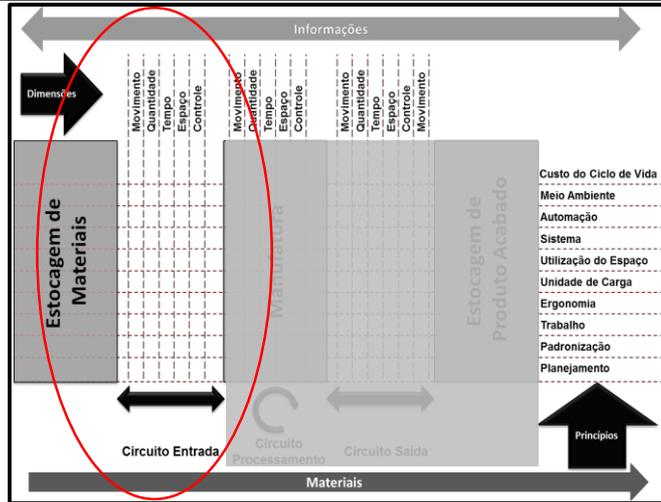


Dimensão Avaliada	Movimento
-------------------	-----------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	O movimento que ocorre entre as áreas analisadas atende ao planejamento de materiais previsto e aos objetivos de desempenho determinado?	x		
Padronização	Os equipamentos utilizados na movimentação e transporte de materiais são padronizados (marca, modelo, etc)?		x	
Trabalho	Os movimentos dos materiais estão racionalizados, ou seja, foram eliminados, reduzidos, ou cobinados e os movimentos excessivos foram eliminados?		x	
Ergonomia	A movimentação e manipulação dos materiais ocorrem de maneira que garanta a segurança e ergonomia dos operadores?	x		
Carga Única	O movimento realizado entre as áreas ocorre de maneira unitizada, ou reúne toda a necessidade de material para atender a necessidade da produção, sem excesso de estoques e movimentos?		x	
Utilização do Espaço	O espaço utilizado para a realização do movimento de materiais é otimizada em distancia e área reservada para sua realização?	x		
Sistema	O movimento dos materiais ocorre de maneira sincronizada com a produção, sem que haja interrupções da produção e espera dos operadores?		x	
Automação	Os equipamentos de movimentação e transporte de materiais são automatizados / sem intervenção humana em todas as operações (retirada, movimentação, transporte e abastecimento) ?		x	
Meio Ambiente	Há a utilização dos sistemas de movimentação de materiais sem que haja operação dos equipamentos em vazio?		x	
Custo do Ciclo de Vida	O custo total do ciclo de vida dos equipamentos utilizados no movimento dos materiais é planejado, de forma conter os impactos do custo de movimentação no custo operacional?		x	
Totais Dimensão Movimento		3	7	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Entrada
-------------------	---------------------

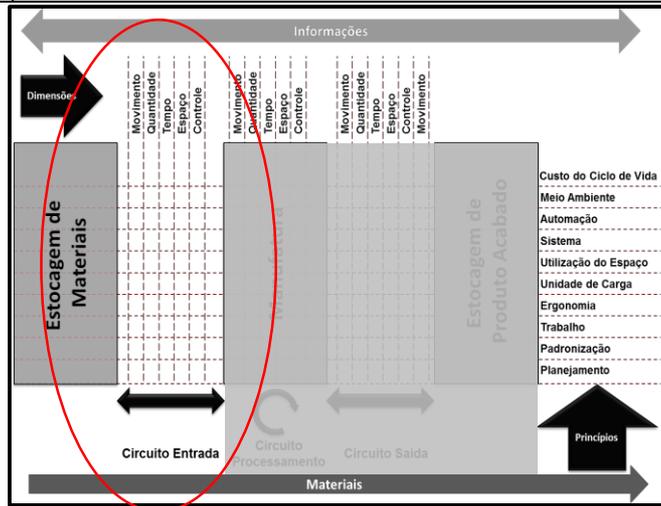


Dimensão Avaliada	Quantidade
-------------------	------------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Aplica-se o controle de inventário de materiais e produtos?	x		
Planejamento	As quantidades de materiais movimentadas e disponíveis ao longo do processo são programadas e controladas, conforme o planejamento estabelecido?		x	
Padronização	As quantidades movimentadas e armazenadas possuem um padrão e atendem à necessidade da produção sem excessos?		x	
Trabalho	As quantidades de materiais movimentadas são suficientes para o processamento completo do pedido, sem a necessidade de várias operações para que o processamento do produto seja iniciado e concluído?		x	
Ergonomia	As quantidades de materiais movimentadas garantem a segurança e ergonomia dos operadores da logística ou da operação?	x		
Carga Única	A quantidade movimentada para processamento de um produto é realizada de maneira unitizada, em uma única movimentação, são movimentados todos os produtos requisitados para atender ao processamento de um produto?		x	
Utilização do Espaço	A quantidade de materiais movimentada otimiza a utilização dos espaços de estocagem, inclusive em altura?		x	
Sistema	A quantidade movimentada ocorre de acordo com a programação e determinada conforme o ritmo de produção?		x	
Automação	As quantidades necessárias para o processamento de um produto, bem como as quantidades consumidas são controlados automaticamente por meio de sistemas?	x		
Meio Ambiente	As quantidades de materiais movimentadas contribuem para a otimização do uso dos equipamentos de movimentação e transporte, sem sobrecarga e ou ociosidade dos mesmos?		x	
Custo do Ciclo de Vida	A quantidade de materiais estocada e movimentada estão alinhadas às especificações dos equipamentos de movimentação, transporte e armazenagem sem sobrecarga ou subutilização dos equipamentos?		x	
Totais Dimensão Quantidade		2	8	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Entrada
-------------------	---------------------

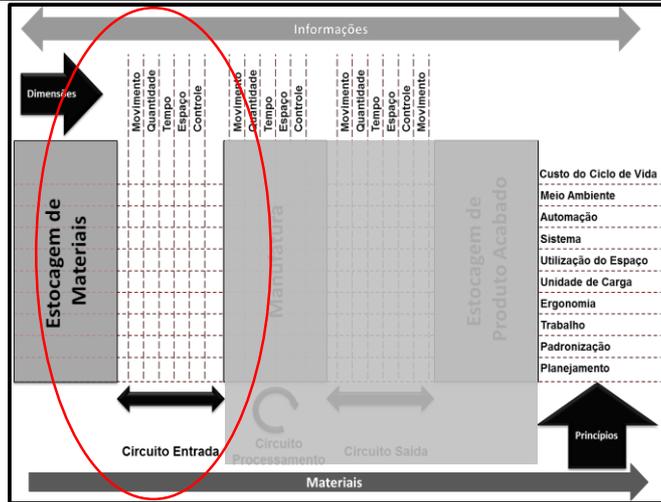


Dimensão Avaliada	Tempo
-------------------	-------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Aplica-se o controle de inventário de materiais e produtos?	x		
Planejamento	Os tempos para realizar o processo de movimentação e transporte de materiais favorecem o cumprimento do planejamento de produção estabelecido sem gerar espera ou antecipação?		x	
Padronização	Os tempos necessários para permanência, movimentação e transporte dos materiais são padronizados e comunicados a todos os envolvidos?	x		
Trabalho	O tempo gasto para realizar o fluxo de abastecimento dos postos de trabalho é o mais otimizado possível, sem que haja ociosidade ou estoque excessivo entre os processos?		x	
Ergonomia	O tempo das atividades de movimentação e transporte de materiais realizada pelos operadores da logística e da produção são dimensionadas evitando que estes fiquem ociosos ou sobrecarregados devido a estas atividades?	x		
Carga Única	O tempo entre as movimentações de materiais para a produção, consideram a quantidade padrão de movimentação, sem que haja interrupções, ou excesso dos materiais?		x	
Utilização do Espaço	Os tempos entre as atividades de movimentação e transporte de materiais à produção propiciam a otimização dos espaços de estocagem em processo?		x	
Sistema	O tempo de atravessamento dos materiais ao longo do processo contribuem para a redução do tempo de ciclo total e dos estoques?		x	
Automação	Os tempos de permanência dos materiais no estoque e os tempos de movimentação e transportes são monitorados de forma automática e sistematizada?	x		
Meio Ambiente	O tempo de permanência dos materiais ao longo de todo o processo de produção obedece aos requisitos de validade e obsolescência dos materiais e produtos?	x		
Custo do Ciclo de Vida	O tempo para realização das atividades programadas de manutenção são considerados para que as atividades de movimentação e transporte de materiais não sejam comprometidas pela obsolescência ou falhas dos equipamentos de movimentação, transporte e armazenagem de materiais?	x		
Totais Dimensão Tempo		5	5	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Entrada
-------------------	---------------------

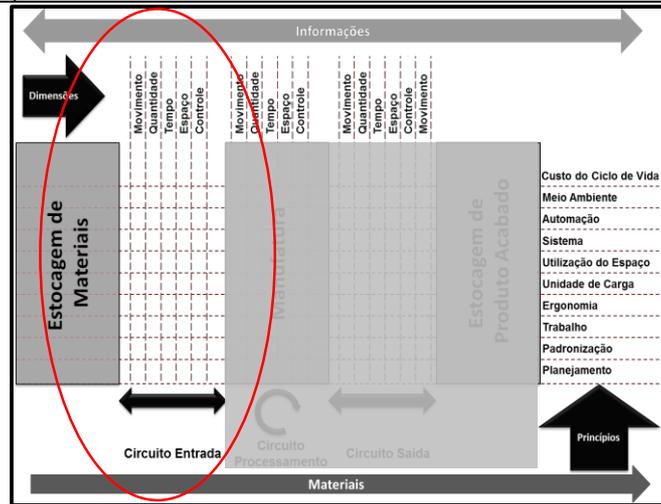


Dimensão Avaliada	Espaço
-------------------	--------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	As áreas destinadas aos estoques de materiais atendem integralmente ao planejamento estabelecido e de maneira otimizada, sem que haja subutilização dos espaços?		x	
Padronização	As áreas destinadas à estocagem e ao fluxo de materiais são padronizadas e identificadas de maneira clara a todos os envolvidos?	x		
Trabalho	A organização, disposição e localização das áreas de estocagem são as mais próximas possível de seu destino?		x	
Ergonomia	Os espaços de estocagem, manuseio e abastecimento de materiais nos postos de trabalho estão dispostos e organizados de forma que garanta a ergonomia e acesso aos operadores que realizam o manuseio dos materiais?	x		
Carga Única	Os espaços disponíveis para os estoques atendem à necessidade de alocação da quantidade padrão de movimentação?	x		
Utilização do Espaço	Os espaços são otimizados (por meio de verticalização)?	x		
Sistema	A organização das áreas estocagem contribuem para a identificação, movimentação e flexibilidade necessária para o cumprimento do planejamento previsto?	x		
Automação	A localização dos materiais no estoque e ao longo das etapas de processo é realizada em tempo real com visibilidade direta no sistema?	x		
Meio Ambiente	As áreas de estocagem estão dimensionadas e devidamente monitoradas garantindo a segurança, qualidade e obsolescência dos materiais e produtos, evitando perdas e danos?	x		
Custo do Ciclo de Vida	O projeto do sistema de armazenagem e movimentação de materiais visa a otimização dos recursos (equipamentos e áreas) utilizadas na realização das atividades?	x		
Totais Dimensão Espaço		8	2	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Entrada
-------------------	---------------------



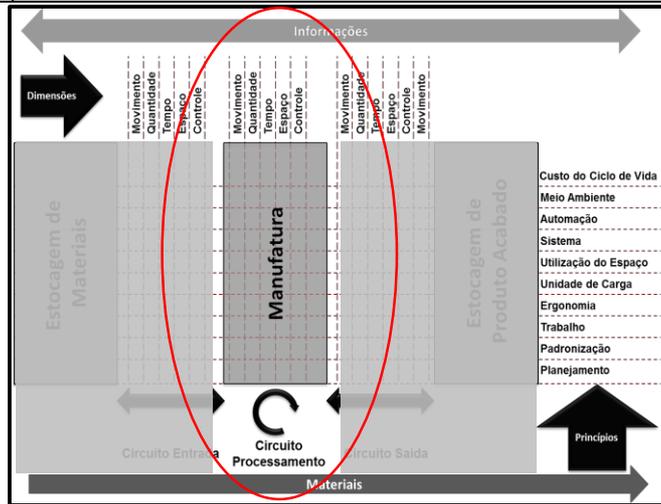
Dimensão Avaliada	Controle
-------------------	----------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	Há um processo de programação e controle de materiais instituído, que garanta o cumprimento do planejamento do negócio e resposta ao cliente?	x		
Padronização	O sistema de programação e controle de materiais assegura a informação de forma padronizada em todas as etapas do processo operacional?	x		
Trabalho	As atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais são constantemente avaliadas, com o intuito de reduzir atividades, movimentos e estoques ao longo de todo o sistema de produção?	x		
Ergonomia	Está ao alcance dos operadores de movimentação e de manufatura as informações referentes ao processamento de um produto. O que será produzido, Quando será produzido, Quanto será produzido e Quais as necessidades para esta produção?	x		
Carga Única	Os materiais são unitizados para realização das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, facilitando a programação e o controle dos materiais ao longo do processo?	x		
Utilização do Espaço	A programação e controle de materiais ocorre de maneira sequenciada e de acordo com a necessidade, de forma a otimizar os espaços destinados à movimentação, transporte e estocagem dos materiais?		x	
Sistema	O controle de estoques, movimentos e transporte de materiais ocorre simultaneamente ao fluxo físico dos materiais, garantindo a disponibilidade de informações à empresa?	x		
Automação	A programação e controle das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais é realizada de forma automática e por meio de sistemas de informação?		x	
Meio Ambiente	O planejamento e controle dos materiais favorece a redução de perdas por obsolescência, gerada por excesso de estoques?	x		
Custo do Ciclo de Vida	Há um controle de manutenção e vida útil dos equipamentos e infraestrutura das áreas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.	x		
Totais Dimensão Controle		8	2	0

APÊNDICE 3 - DIAGNÓSTICO DO CIRCUITO DE PROCESSAMENTO DA EMPRESA A
(FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Processamento
-------------------	---------------------------

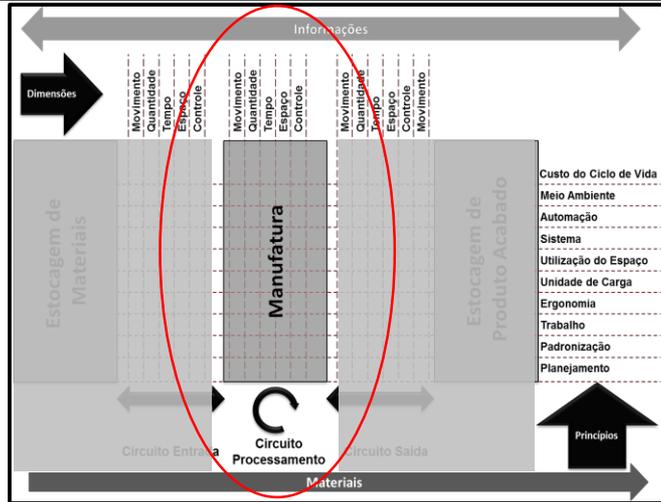


Dimensão Avaliada	Movimento
-------------------	-----------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	O movimento que ocorre entre as áreas analisadas atende ao planejamento de materiais previsto e aos objetivos de desempenho determinado?	x		
Padronização	Os equipamentos utilizados na movimentação e transporte de materiais são padronizados (marca, modelo, etc)?	x		
Trabalho	Os movimentos dos materiais estão racionalizados, ou seja, foram eliminados, reduzidos, ou cobinados e os movimentos excessivos foram eliminados?		x	
Ergonomia	A movimentação e manipulação dos materiais ocorrem de maneira que garanta a segurança e ergonomia dos operadores?	x		
Carga Única	O movimento realizado entre as áreas ocorre de maneira unitizada, ou reúne toda a necessidade de material para atender a necessidade da produção, sem excesso de estoques e movimentos?		x	
Utilização do Espaço	O espaço utilizado para a realização do movimento de materiais é otimizada em distancia e área reservada para sua realização?		x	
Sistema	O movimento dos materiais ocorre de maneira sincronizada com a produção, sem que haja interrupções da produção e espera dos operadores?		x	
Automação	Os equipamentos de movimentação e transporte de materiais são automatizados / sem intervenção humana em todas as operações (retirada, movimentação, transporte e abastecimento) ?		x	
Meio Ambiente	Há a utilização dos sistemas de movimentação de materiais sem que haja operação dos equipamentos em vazio?		x	
Custo do Ciclo de Vida	O custo total do ciclo de vida dos equipamentos utilizados no movimento dos materiais é planejado, de forma conter os impactos do custo de movimentação no custo operacional?		x	
Totais		3	7	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Processamento
-------------------	---------------------------

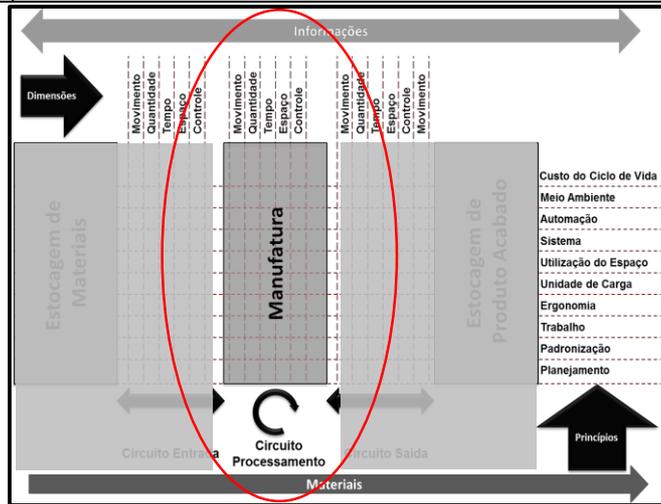


Dimensão Avaliada	Quantidade
-------------------	------------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Aplica-se o controle de inventário de materiais e produtos?	x		
Planejamento	As quantidades de materiais movimentadas e disponíveis ao longo do processo são programadas e controladas, conforme o planejamento estabelecido?	x		
Padronização	As quantidades movimentadas e armazenadas possuem um padrão e atendem à necessidade da produção sem excessos?		x	
Trabalho	As quantidades de materiais movimentadas são suficientes para o processamento completo do pedido, sem a necessidade de várias operações para que o processamento do produto seja iniciado e concluído?		x	
Ergonomia	As quantidades de materiais movimentadas garantem a segurança e ergonomia dos operadores da logística ou da operação?	x		
Carga Única	A quantidade movimentada para processamento de um produto é realizada de maneira unitizada, em uma única movimentação, são movimentados todos os produtos requisitados para atender ao processamento de um produto?		x	
Utilização do Espaço	A quantidade de materiais movimentada otimiza a utilização dos espaços de estocagem, inclusive em altura?		x	
Sistema	A quantidade movimentada ocorre de acordo com a programação e determinada conforme o ritmo de produção?		x	
Automação	As quantidades necessárias para o processamento de um produto, bem como as quantidades consumidas são controladas automaticamente por meio de sistemas?	x		
Meio Ambiente	As quantidades de materiais movimentadas contribuem para a otimização do uso dos equipamentos de movimentação e transporte, sem sobrecarga e ou ociosidade dos mesmos?			x
Custo do Ciclo de Vida	A quantidade de materiais estocada e movimentada estão alinhadas às especificações dos equipamentos de movimentação, transporte e armazenagem sem sobrecarga ou subutilização dos equipamentos?			x
Totais		3	5	2

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Processamento
-------------------	----------------------------------

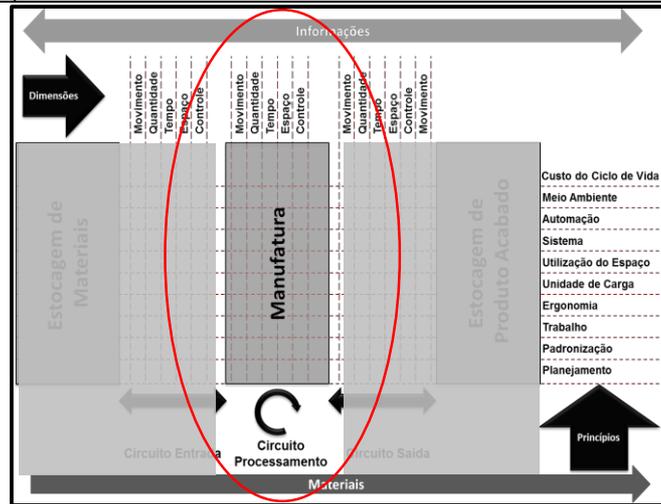


Dimensão Avaliada	Tempo
-------------------	--------------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Aplica-se o controle de inventário de materiais e produtos?	x		
Planejamento	Os tempos para realizar o processo de movimentação e transporte de materiais favorecem o cumprimento do planejamento de produção estabelecido sem gerar espera ou antecipação?	x		
Padronização	Os tempos necessários para permanência, movimentação e transporte dos materiais são padronizados e comunicados a todos os envolvidos?	x		
Trabalho	O tempo gasto para realizar o fluxo de abastecimento dos postos de trabalho é o mais otimizado possível, sem que haja ociosidade ou estoque excessivo entre os processos?		x	
Ergonomia	O tempo das atividades de movimentação e transporte de materiais realizada pelos operadores da logística e da produção são dimensionadas evitando que estes fiquem ociosos ou sobrecarregados devido a estas atividades?	x		
Carga Única	O tempo entre as movimentações de materiais para a produção, consideram a quantidade padrão de movimentação, sem que haja interrupções, ou excesso dos materiais?		x	
Utilização do Espaço	Os tempos entre as atividades de movimentação e transporte de materiais à produção propiciam a otimização dos espaços de estocagem em processo?		x	
Sistema	O tempo de atravessamento dos materiais ao longo do processo contribuem para a redução do tempo de ciclo total e dos estoques?	x		
Automação	Os tempos de permanência dos materiais no estoque e os tempos de movimentação e transportes são monitorados de forma automática e sistematizada?	x		
Meio Ambiente	O tempo de permanência dos materiais ao longo de todo o processo de produção obedece aos requisitos de validade e obsolescência dos materiais e produtos?	x		
Custo do Ciclo de Vida	O tempo para realização das atividades programadas de manutenção são considerados para que as atividades de movimentação e transporte de materiais não sejam comprometidas pela obsolescência ou falhas dos equipamentos de movimentação, transporte e armazenagem de materiais?	x		
Totais		7	3	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Processamento
-------------------	---------------------------

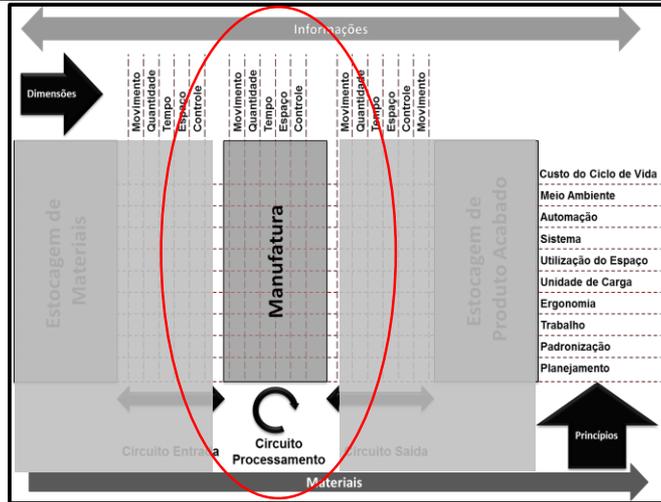


Dimensão Avaliada	Espaço
-------------------	--------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	As áreas destinadas aos estoques de materiais atendem integralmente ao planejamento estabelecido e de maneira otimizada, sem que haja subutilização dos espaços?		x	
Padronização	As áreas destinadas à estocagem e ao fluxo de materiais são padronizadas e identificadas de maneira clara a todos os envolvidos?		x	
Trabalho	A organização, disposição e localização das áreas de estocagem são as mais próximas possível de seu destino?		x	
Ergonomia	Os espaços de estocagem, manuseio e abastecimento de materiais nos postos de trabalho estão dispostos e organizados de forma que garanta a ergonomia e acesso aos operadores que realizam o manuseio dos materiais?	x		
Carga Única	Os espaços disponíveis para os estoques atendem à necessidade de alocação da quantidade padrão de movimentação?		x	
Utilização do Espaço	Os espaços são otimizados (por meio de verticalização)?		x	
Sistema	A organização das áreas estocagem contribuem para a identificação, movimentação e flexibilidade necessária para o cumprimento do planejamento previsto?	x		
Automação	A localização dos materiais no estoque e ao longo das etapas de processo é realizada em tempo real com visibilidade direta no sistema?	x		
Meio Ambiente	As áreas de estocagem estão dimensionadas e devidamente monitoradas garantindo a segurança, qualidade e obsolescência dos materiais e produtos, evitando perdas e danos?	x		
Custo do Ciclo de Vida	O projeto do sistema de armazenagem e movimentação de materiais visa a otimização dos recursos (equipamentos e áreas) utilizadas na realização das atividades?	x		
Totais		5	5	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Processamento
-------------------	---------------------------



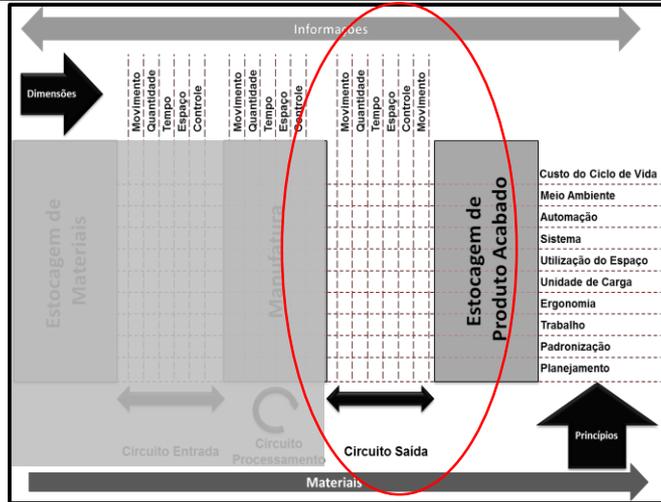
Dimensão Avaliada	Controle
-------------------	----------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	Há um processo de programação e controle de materiais instituído, que garanta o cumprimento do planejamento do negócio e resposta ao cliente?	x		
Padronização	O sistema de programação e controle de materiais assegura a informação de forma padronizada em todas as etapas do processo operacional?	x		
Trabalho	As atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais são constantemente avaliadas, com o intuito de reduzir atividades, movimentos e estoques ao longo de todo o sistema de produção?	x		
Ergonomia	Está ao alcance dos operadores de movimentação e de manufatura as informações referentes ao processamento de um produto. O que será produzido, Quando será produzido, Quanto será produzido e Quais as necessidades para esta produção?	x		
Carga Única	Os materiais são unitizados para realização das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, facilitando a programação e o controle dos materiais ao longo do processo?	x		
Utilização do Espaço	A programação e controle de materiais ocorre de maneira sequenciada e de acordo com a necessidade, de forma a otimizar os espaços destinados à movimentação, transporte e estocagem dos materiais?		x	
Sistema	O controle de estoques, movimentos e transporte de materiais ocorre simultaneamente ao fluxo físico dos materiais, garantindo a disponibilidade de informações à empresa?	x		
Automação	A programação e controle das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais é realizada de forma automática e por meio de sistemas de informação?		x	
Meio Ambiente	O planejamento e controle dos materiais favorece a redução de perdas por obsolescência, gerada por excesso de estoques?	x		
Custo do Ciclo de Vida	Há um controle de manutenção e vida útil dos equipamentos e infraestrutura das áreas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.	x		
Totais		8	2	0

APÊNDICE 4 - DIAGNÓSTICO DO CIRCUITO DE SAÍDA DA EMPRESA A (FONTE: PRÓPRIO AUTOR)

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Saída
-------------------	-------------------

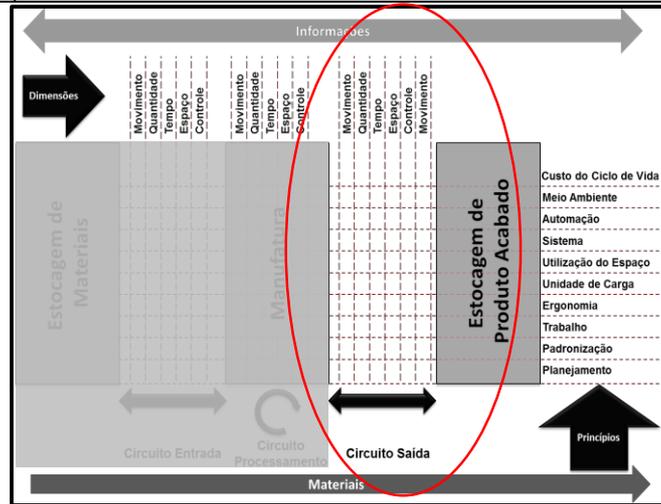


Dimensão Avaliada	Movimento
-------------------	-----------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	O movimento que ocorre entre as áreas analisadas atende ao planejamento de materiais previsto e aos objetivos de desempenho determinado?	x		
Padronização	Os equipamentos utilizados na movimentação e transporte de materiais são padronizados (marca, modelo, etc)?	x		
Trabalho	Os movimentos dos materiais estão racionalizados, ou seja, foram eliminados, reduzidos, ou cobinados e os movimentos excessivos foram eliminados?		x	
Ergonomia	A movimentação e manipulação dos materiais ocorrem de maneira que garanta a segurança e ergonomia dos operadores?	x		
Carga Única	O movimento realizado entre as áreas ocorre de maneira unitizada, ou reúne toda a necessidade de material para atender a necessidade da produção, sem excesso de estoques e movimentos?	x		
Utilização do Espaço	O espaço utilizado para a realização do movimento de materiais é otimizada em distancia e área reservada para sua realização?		x	
Sistema	O movimento dos materiais ocorre de maneira sincronizada com a produção, sem que haja interrupções da produção e espera dos operadores?		x	
Automação	Os equipamentos de movimentação e transporte de materiais são automatizados / sem intervenção humana em todas as operações (retirada, movimentação, transporte e abastecimento) ?		x	
Meio Ambiente	Há a utilização dos sistemas de movimentação de materiais sem que haja operação dos equipamentos em vazio?		x	
Custo do Ciclo de Vida	O custo total do ciclo de vida dos equipamentos utilizados no movimento dos materiais é planejado, de forma conter os impactos do custo de movimentação no custo operacional?		x	
Totais		4	6	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Saída
-------------------	-------------------

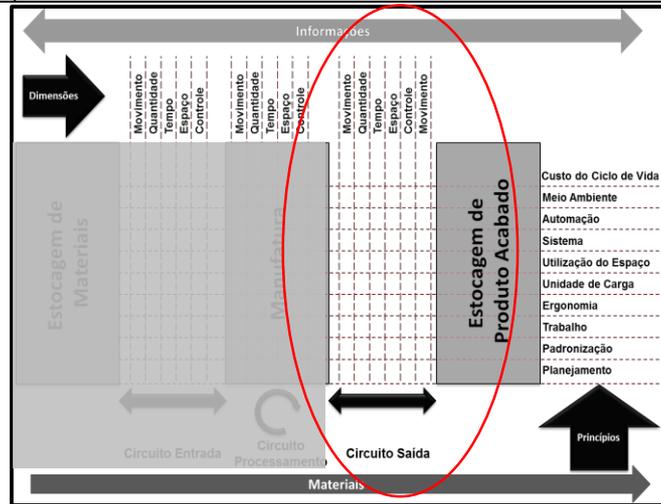


Dimensão Avaliada	Quantidade
-------------------	------------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Aplica-se o controle de inventário de materiais e produtos?	x		
Planejamento	As quantidades de materiais movimentadas e disponíveis ao longo do processo são programadas e controladas, conforme o planejamento estabelecido?	x		
Padronização	As quantidades movimentadas e armazenadas possuem um padrão e atendem à necessidade da produção sem excessos?	x		
Trabalho	As quantidades de materiais movimentadas são suficientes para o processamento completo do pedido, sem a necessidade de várias operações para que o processamento do produto seja iniciado e concluído?	x		
Ergonomia	As quantidades de materiais movimentadas garantem a segurança e ergonomia dos operadores da logística ou da operação?	x		
Carga Única	A quantidade movimentada para processamento de um produto é realizada de maneira unitizada, em uma única movimentação, são movimentados todos os produtos requisitados para atender ao processamento de um produto?	x		
Utilização do Espaço	A quantidade de materiais movimentada otimiza a utilização dos espaços de estocagem, inclusive em altura?		x	
Sistema	A quantidade movimentada ocorre de acordo com a programação e determinada conforme o ritmo de produção?	x		
Automação	As quantidades necessárias para o processamento de um produto, bem como as quantidades consumidas são controlados automaticamente por meio de sistemas?	x		
Meio Ambiente	As quantidades de materiais movimentadas contribuem para a otimização do uso dos equipamentos de movimentação e transporte, sem sobrecarga e ou ociosidade dos mesmos?		x	
Custo do Ciclo de Vida	A quantidade de materiais estocada e movimentada estão alinhadas às especificações dos equipamentos de movimentação, transporte e armazenagem sem sobrecarga ou subutilização dos equipamentos?		x	
Totais		7	3	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Saída
-------------------	-------------------

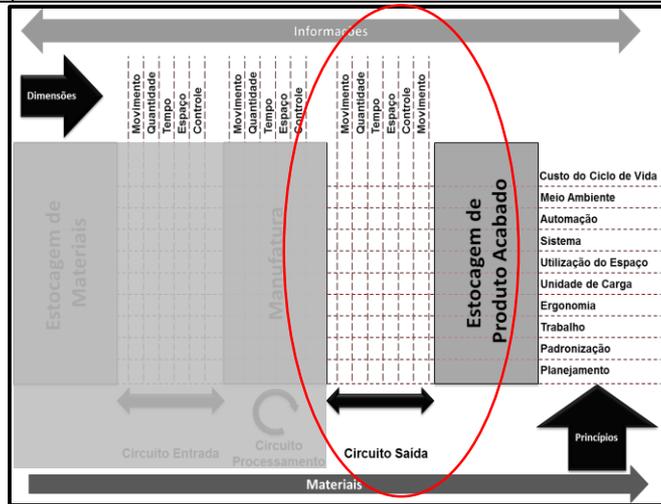


Dimensão Avaliada	Tempo
-------------------	-------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Aplica-se o controle de inventário de materiais e produtos?	x		
Planejamento	Os tempos para realizar o processo de movimentação e transporte de materiais favorecem o cumprimento do planejamento de produção estabelecido sem gerar espera ou antecipação?		x	
Padronização	Os tempos necessários para permanência, movimentação e transporte dos materiais são padronizados e comunicados a todos os envolvidos?	x		
Trabalho	O tempo gasto para realizar o fluxo de abastecimento dos postos de trabalho é o mais otimizado possível, sem que haja ociosidade ou estoque excessivo entre os processos?		x	
Ergonomia	O tempo das atividades de movimentação e transporte de materiais realizada pelos operadores da logística e da produção são dimensionadas evitando que estes fiquem ociosos ou sobrecarregados devido a estas atividades?	x		
Carga Única	O tempo entre as movimentações de materiais para a produção, consideram a quantidade padrão de movimentação, sem que haja interrupções, ou excesso dos materiais?	x		
Utilização do Espaço	Os tempos entre as atividades de movimentação e transporte de materiais à produção propiciam a otimização dos espaços de estocagem em processo?		x	
Sistema	O tempo de atravessamento dos materiais ao longo do processo contribuem para a redução do tempo de ciclo total e dos estoques?	x		
Automação	Os tempos de permanência dos materiais no estoque e os tempos de movimentação e transportes são monitorados de forma automática e sistematizada?	x		
Meio Ambiente	O tempo de permanência dos materiais ao longo de todo o processo de produção obedece aos requisitos de validade e obsolescência dos materiais e produtos?	x		
Custo do Ciclo de Vida	O tempo para realização das atividades programadas de manutenção são considerados para que as atividades de movimentação e transporte de materiais não sejam comprometidas pela obsolescência ou falhas dos equipamentos de movimentação, transporte e armazenagem de materiais?	x		
Totais		7	3	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Saída
-------------------	-------------------

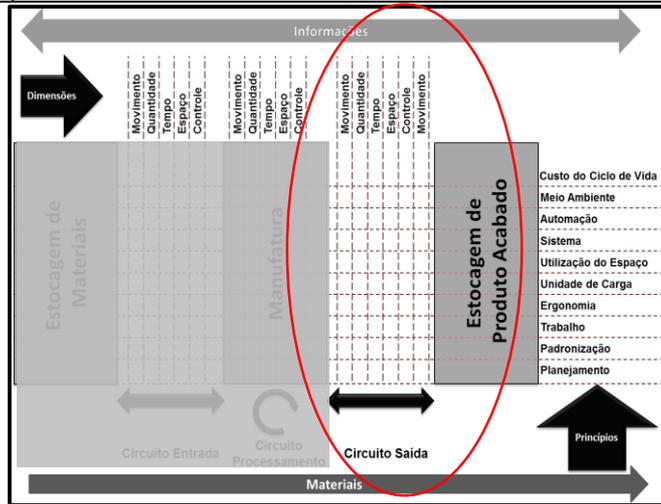


Dimensão Avaliada	Espaço
-------------------	--------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	As áreas destinadas aos estoques de materiais atendem integralmente ao planejamento estabelecido e de maneira otimizada, sem que haja subutilização dos espaços?		x	
Padronização	As áreas destinadas à estocagem e ao fluxo de materiais são padronizadas e identificadas de maneira clara a todos os envolvidos?	x		
Trabalho	A organização, disposição e localização das áreas de estocagem são as mais próximas possível de seu destino?		x	
Ergonomia	Os espaços de estocagem, manuseio e abastecimento de materiais nos postos de trabalho estão dispostos e organizados de forma que garanta a ergonomia e acesso aos operadores que realizam o manuseio dos materiais?	x		
Carga Única	Os espaços disponíveis para os estoques atendem à necessidade de alocação da quantidade padrão de movimentação?	x		
Utilização do Espaço	Os espaços são otimizados (por meio de verticalização)?		x	
Sistema	A organização das áreas estocagem contribuem para a identificação, movimentação e flexibilidade necessária para o cumprimento do planejamento previsto?	x		
Automação	A localização dos materiais no estoque e ao longo das etapas de processo é realizada em tempo real com visibilidade direta no sistema?	x		
Meio Ambiente	As áreas de estocagem estão dimensionadas e devidamente monitoradas garantindo a segurança, qualidade e obsolescência dos materiais e produtos, evitando perdas e danos?	x		
Custo do Ciclo de Vida	O projeto do sistema de armazenagem e movimentação de materiais visa a otimização dos recursos (equipamentos e áreas) utilizadas na realização das atividades?	x		
Totais		7	3	0

Empresa	Empresa A
Segmento	Cosméticos
Produto	Bisnagas e Potes
Equipe Responsável	
Produção e Logística	Membro 1 e Membro 4
Engenharia	Membro 3
PCP	Membro 2

Circuito Avaliado	Circuito de Saída
-------------------	-------------------



Dimensão Avaliada	Controle
-------------------	----------

Princípio	Questão	Sim	Não	N/A
Não se aplica	Ocorre movimento de materiais ao longo do processo?	x		
Planejamento	Há um processo de programação e controle de materiais instituído, que garanta o cumprimento do planejamento do negócio e resposta ao cliente?	x		
Padronização	O sistema de programação e controle de materiais assegura a informação de forma padronizada em todas as etapas do processo operacional?	x		
Trabalho	As atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais são constantemente avaliadas, com o intuito de reduzir atividades, movimentos e estoques ao longo de todo o sistema de produção?	x		
Ergonomia	Está ao alcance dos operadores de movimentação e de manufatura as informações referentes ao processamento de um produto. O que será produzido, Quando será produzido, Quanto será produzido e Quais as necessidades para esta produção?	x		
Carga Única	Os materiais são unitizados para realização das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais, facilitando a programação e o controle dos materiais ao longo do processo?	x		
Utilização do Espaço	A programação e controle de materiais ocorre de maneira sequenciada e de acordo com a necessidade, de forma a otimizar os espaços destinados à movimentação, transporte e estocagem dos materiais?		x	
Sistema	O controle de estoques, movimentos e transporte de materiais ocorre simultaneamente ao fluxo físico dos materiais, garantindo a disponibilidade de informações à empresa?	x		
Automação	A programação e controle das atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais é realizada de forma automática e por meio de sistemas de informação?		x	
Meio Ambiente	O planejamento e controle dos materiais favorece a redução de perdas por obsolescência, gerada por excesso de estoques?	x		
Custo do Ciclo de Vida	Há um controle de manutenção e vida útil dos equipamentos e infraestrutura das áreas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais.	x		
Totais		8	2	0

APÊNDICE 5 – RESUMO DA AVALIAÇÃO DA LITERATURA QUE RELACIONA DIMENSÃO X SOLUÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAIS

Autores	Titulo Artigo	Ano	Nacionalidade	Desperdício	Solução	Dimensão
JONES, D.T.; HINES, P.; RICH, N	Lean logistics	1997	Internacional	Estoque, espera e movimento	Tecnicas de otimização	Quantidade e controle
ALVAREZ, R. R.; ANTUNES, J. A. V	Takt-time: conceitos e contextualização dentro do sistema toyota de produção	1997	Nacional	Espera e estoque	Tecnicas de otimização	Tempo e quantidade
WANG, Y.; GERCHAK, Y	Input control in a batch production system with lead times, due dates and random yields	2000	Internacional	Movimento e estoque	Técnicas de otimização	Movimento e tempo
CHEN, E; LEE, Y; SELIKSON, P	A simulation study of logistics activities in a chemical plant	2002	Internacional	Movimento, espera e transporte	Técnicas de Otimização e Automação	Espaço, tempo e movimento
JOHNSON, D	A Framework for Reducing Manufacturing Throughput Time	2003	Internacional	Espera e estoque	Tecnicas de otimização	Tempo e quantidade
NOMURA, J.; TAKAKUWA, S	Optimization of a number of containers for assembly lines: the fixed-course pick-up system	2006	Internacional	Estoque, espera e movimento	Tecnicas de otimização	Quantidade e controle
RACOWSKI, M; NETO, J	Inovações no sistema de produção enxuta: uma análise comparativa entre as técnicas tradicionais de abastecimento de linha de produção e a "warenkorb"	2006	Nacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
SUJONO, S.; LASHKARI, R	A multi-objective model of operation allocation and material handling system selection in FMS design	2007	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
SELLITTO, M.; WALTER, C	Medição e controle do tempo de atravessamento em um sistema de manufatura	2008	Nacional	Movimento, espera e transporte	Técnicas de Otimização e Automação	Espaço, tempo e movimento
SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G	Medição de tempo de atravessamento e inventário em processo em manufatura controlada por ordens de fabricação	2008	Nacional	Movimento, espera e transporte	Técnicas de Otimização e Automação	Espaço, tempo e movimento
SILVA, P	Milk Run – redesenho das linhas de abastecimento” realizado na BOSCH termotecnologia AS	2008	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento

Autores	Titulo Artigo	Ano	Nacionalidade	Desperdício	Solução	Dimensão
VASCONCELOS, N	Total Flow Management na Indústria no Instituto Kaizen	2008	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
FREIRE, L	Análise e Simulação do Ciclo de Reabastecimento das Células de Produção em Sistemas Just-In-Time	2008	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
MARTINHO, N	Flow, Synchronization and Leveling	2008	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
PATTANIK, L.; SHARMA, B	Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study	2009	Internacional	Estoque e transporte	Tecnicas de otimização	Movimento e quantidade
ICHIKAWA, H	Simulating an applied model to optimize cell production and parts supply (mizusumashi) for laptop assembly	2009	Internacional	Estoque, espera e movimento	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
LOUREIRO, M	Total Flow Management na Indústria no Total Flow Management na Indústria no Kaizen Institute	2009	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
NEVES, P	Abastecimento de Peças a uma Linha de Montagem Final	2009	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
REEVES, K; CALISKAN, F; OZCAN, O	Outsourcing distribution and logistics services within the automotive supplier industry	2010	Internacional	Espera e estoque	Tecnicas de otimização	Tempo e quantidade
MENDES, F	Melhoria da logística interna na produção de pneus na Continental Mabor	2010	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
HAILEMARIAM, D	Redesign of the Layout and the Materials Flow of a Production Plant	2010	Internacional	Movimento e transporte	Modificação de layout	Espaço e movimento
BOYSEN, N; BOCK, S	Scheduling just-in-time part supply for mixed-model assembly lines	2011	Internacional	Quantidade e espera	Tecnicas de otimização	Espaço e controle

Autores	Titulo Artigo	Ano	Nacionalidade	Desperdício	Solução	Dimensão
CAPUTO, A.; PELAGAGGE, M	A methodology for selecting assembly systems feeding policy	2011	Internacional	Movimento e transporte	Técnicas de otimização, automação e mecanização	Controle, quantidade e movimento
VIEIRA, G. et al	Materials handling management: a case study	2011	Internacional	Estoque, espera e movimento	Técnicas de otimização e mecanização	Quantidade e controle
ARBOS, L. C.; SANTOS, J. F.; SANCHEZ, V. C	The Operations-Time Chart: A graphical tool to evaluate the performance of production systems – From batch-and-queue to lean manufacturing	2011	Internacional	Espera e estoque	Técnicas de otimização	Tempo e quantidade
CHOWDARY, B.; GEORGE, D	Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company A lean manufacturing approach	2011	Internacional	Estoque e transporte	Técnicas de otimização	Movimento e uantidade
BRAR, G.; SAINI, G	Milk Run Logistics: Literature Review and Directions	2011	Internacional	Estoque, espera e movimento	Técnicas de otimização	Quantidade e controle
BERENGUEL, A	Melhoria do processo produtivo da schmitt+sohn elevadores - porto	2011	Internacional	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização	Quantidade e movimento
FERNANDES, A	Modelo de abastecimento de materiais à produção	2011	Internacional	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização	Quantidade e movimento
BRANCO, L	Aplicação do Lean Management na produção de unidades de ventilação da RIOX	2011	Internacional	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização	Quantidade e movimento
RODRIGUES, N	Mizusumashi na Otimização da Logística Interna da Indústria Automóvel	2011	Internacional	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização	Quantidade e movimento
SILVA, A. L.; RENTES, A. F	Um modelo de projeto de layout para ambientes job shop com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta	2012	Internacional	Movimento e transporte	Modificação de Layout	Espaço e movimento
BERGENWALL, A. L.; CHEN, C.; WHITE, R. E.	TPS's process design in American automotive plants and its effects on the triple bottom line and sustainability	2012	Internacional	Movimento e estoque	Técnicas de otimização	Movimento, quantidade e controle

Autores	Título Artigo	Ano	Nacionalidade	Desperdício	Solução	Dimensão
EMDE, S.; BOYSEN, N	Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines	2012	Internacional	Movimento e transporte	Modificação de Layout	Espaço e movimento
EMDE, S.; BOYSEN, N	Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines	2012	Internacional	Movimento e transporte	Técnicas de otimização	Quantidade e movimento
DANESE, P. et al	JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects	2012	Internacional	Estoque, espera e movimento	Técnicas de otimização	Quantidade e controle
KILIK, H; DURMUSOGLU, M; BASKAK, M	Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems	2012	Internacional	Estoque, espera e movimento	Técnicas de otimização	Quantidade e movimento
DAI, J; LEE, N	Economic feasibility analysis of flexible material handling systems: A case study in the apparel industry	2012	Internacional	Estoque, espera e movimento	Mecanização e automação	Quantidade e movimento
QU, T. et al	A case of implementing RFID-Based real-time shop-floor material management for household electrical appliance manufacturers	2012	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e Quantidade
SUBULAN, K; CAKMAKCI, M	A feasibility study using simulation-based optimization and Taguchi experimental design method for material handling—transfer system in the automobile industry	2012	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
KILIK, H; DURMUSOGLU	Design of kitting system in lean-based assembly lines	2012	Internacional	Estoque, espera e movimento	Técnicas de otimização	Quantidade e movimento
MARODIN, G; ECKERT, C; SAURIN, T	Avançando na implantação da logística interna lean: dificuldades e resultados alcançados no caso de uma empresa montadora de veículos	2012	Nacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
CARARA, B; TRETER, F	Implementação de rota logística lean para o abastecimento interno de materiais: estudo empírico em uma empresa do setor metal mecânico	2012	Nacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
RAHANI, A; ASHRAF, M	Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study	2012	Internacional	Espera, movimento e estoque	Técnicas de otimização	Tempo e Quantidade

Autores	Titulo Artigo	Ano	Nacionalidade	Desperdício	Solução	Dimensão
ANTUNES, D	Análise de problemas e propostas de melhoria nos processos de abastecimento de materiais às linhas de produção - Um caso de estudo na indústria automóvel	2012	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
ELMOSELHY, S	Hybrid lean-agile manufacturing system technical facet, in automotive sector	2013	Internacional	Estoque e transporte	Automação e técnicas de otimização	Movimento e quantidade
SATOGLU, S. I.; SAHIN, I. E	Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry	2013	Internacional	Movimento, transporte e estoque	Tecnicas de otimização	Movimento, quantidade e controle
SATHIYABAMA, C. N.; DASAN, P	Optimum resource allocation and eliminating waste inside the food industry	2013	Internacional	Movimento e transporte	Modificação de Layout	Espaço e movimento
OLIVEIRA, R. et al	Uso da simulação computacional com o mapeamento do fluxo de valor para auxiliar na tomada de decisão	2013	Nacional	Estoque e transporte	Automação e tecnicas de Otimização	Movimento e quantidade
CHAVEZ, R; GIMENEZ, C; FYNES, B; WIENGARTEN, F; YU, W	Internal lean practices and operational performance - The contingency perspective of industry clockspeed	2013	Internacional	Estoque e transporte	Automação e tecnicas de Otimização	Movimento e quantidade
SINGH, H.; SINGH, A	Application of leanmanufacturing using value stream mapping in na auto-parts manufacturing unit	2013	Internacional	Espera e estoque	Tecnicas de otimização	Tempo e quantidade
YANG, L	Key practices, manufacturing capability and attainment of manufacturing goals: The perspective of project/engineer-to-order manufacturing	2013	Internacional	Estoque, espera e movimento	Tecnicas de otimização	Quantidade e controle
ZHANG, Z. et al	Dynamic pooling of make-to-stock and make-to-order operations	2013	Internacional	Estoque	Técnicas de otimização	Quantidade, controle e espaço
GLAVAN, M. et al	Production modelling for holistic production control	2013	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e Quantidade
KLOTZ, T; SCHONHERR, J; SEBLER, N; STRAUBE, B; TUREK,	Automated Formal Verification of Routing in Material Handling Systems	2013	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade

Autores	Titulo Artigo	Ano	Nacionalidade	Desperdício	Solução	Dimensão
GYULAI, D. et al	Milkrun Vehicle Routing Approach for Shop-floor Logistics	2013	Internacional	Estoque, espera e movimento	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
ALNAHAL, M; NOCHE, B	Efficient material flow in mixed model assembly lines	2013	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
ANTUNES, D; SOUZA, S; NUNES, E	Using Project Six Sigma and Lean Concepts in Internal Logistics	2013	Internacional	Estoque, espera e movimento	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
QUETA, V	Projeto de aplicação de ferramentas Lean e celular numa empresa de sistemas de refrigeração	2013	Internacional	Movimento e transporte	Modificação de layout	Espaço e movimento
MOHAMMADI, M; FORGHANI, K	A novel approach for considering layout problem in cellular manufacturing systems with alternative processing routings and subcontracting approach	2014	Internacional	Movimento e Transporte	Modificação de Layout	Espaço e movimento
SOARES, J	Método de implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de eletrodomésticos: um estudo de caso	2014	Nacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Quantidade e movimento
ZHANG, Y. et al	An optimization method for shopfloor material handling based on real-time and multi-source manufacturing data	2015	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
CAPUTO, A; SALINI, P	A model for kitting operations planning	2015	Internacional	Espera, movimento e estoque	Automação	Movimento, controle e quantidade
LIMÉRE, V; LANDEGHEM, H; GOETSCHALCKX, M	A decision model for kitting and line stocking with variable operator walking distances	2015	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Movimento, controle e quantidade
CAPUTO, A; SALINI, P	Planning models for continuous supply of parts in assembly systems	2015	Internacional	Espera, movimento e estoque	Tecnicas de otimização	Movimento, controle e quantidade