



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



BEATRIZ MICHELETTE SUZIN
MARIA JÚLIA CARRIÃO HONORATO

MELHORIA DOS FLUXOS DO CDD DA MAHLE

Limeira
2021



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**



**BEATRIZ MICHELETTE SUZIN
MARIA JÚLIA CARRIÃO HONORATO**

MELHORIA DOS FLUXOS DO CDD DA MAHLE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignácio

Coorientador: Prof. Dr. Jaime Hideo Izuka

Limeira
2021

Autor: Beatriz Michelette Suzin, Maria Júlia Carrião Honorato

Título: Melhoria dos Fluxos do CDD da Mahle

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignácio – Presidente
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Dr. Jaime Hideo Izuka – Coorientador
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignácio – Avaliador
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Este exemplar corresponde à versão final da monografia aprovada.

Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignácio
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

SUZIN, Beatriz Michelette; HONORATO, Maria Júlia Carrião. Melhoria dos Fluxos do CDD da Mahle. 2021. nº1. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2021.

RESUMO

Com a necessidade de melhorias de fluxo de radiadores no Centro de Distribuição da Mahle, localizado na cidade de Limeira, esse Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Campinas realizou a análise da planta do CDD, da mão de obra empregada e dos *lead time* das etapas de recebimento, armazenagem e expedição. Para isso, foram elaborados o Mapa do Fluxo de Valor, a Classificação ABC dos produtos e o Diagrama de Pareto. Ainda foram calculados os tempos de deslocamento até cada posição nas prateleiras. A partir disso, foi elaborada uma estratégia de melhor alocação dos produtos na *warehouse* para a redução do tempo da etapa de *picking*, constatada como o gargalo do fluxo. Em seguida, foi calculado o ganho de produtividade a partir dessa estratégia e criada uma ferramenta para sua implementação de modo ágil, automatizado, simples e flexível. Com isso, buscou-se o ganho de competitividade e a agregação de valor para a empresa e, por conseguinte, o aumento do nível de serviço e da satisfação de seus clientes.

Palavras-chave: Centro de Distribuição. Alocação. *Picking*. Enxuto. Fluxo.

SUZIN, Beatriz Michelette; HONORATO, Maria Júlia Carrião. Flow Improvements in Mahle's Warehouse. 2021. nº1. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2021.

ABSTRACT

With the need to improve the flow of radiators at Mahle's Distribution Center, located in the city of Limeira, this Final Course Paper in Production Engineering at the State University of Campinas carried out an analysis of the warehouse plant, of the labor employed, and the lead times of the stages of receiving, storing, and dispatching. For this purpose, the Value Stream Map, the ABC Classification of the products, and the Pareto Diagram were elaborated. Travel times to each position on the shelves were also calculated. From this, a strategy for better allocation of products in the warehouse was developed to reduce the time of the picking stage, seen as the bottleneck in the flow. Then, the productivity gain from this strategy was calculated and a tool was created to implement it in an agile, automated, simple, and flexible way. Thus, the aim was to gain competitiveness and add value to the company, and, therefore, increase the level of service and customer satisfaction.

Keywords: Warehouse. Allocation. Picking. Lean. Flow.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ilustração do Mapa do Fluxo de Valor (MFV) de um CDD.....	10
Figura 2	Ilustração das etapas do tempo total do ciclo do pedido.....	11
Figura 3	Diagrama de Pareto com classificação ABC dos itens.....	13
Figura 4	Tempo de trajeto até determinada posição do Módulo I1.....	17
Figura 5	Tempo de trajeto até determinada posição do Módulo I.....	18
Figura 6	Cálculo do pedido hipotético.....	19
Figura 7	Seção da planilha “Base de Dados – Vendas”	20
Figura 8	Seção da planilha “Classificação”	21
Figura 9	Definição de códigos para os módulos I e I1.....	21
Figura 10	Definição dos códigos de cada posição do módulo A.....	22
Figura 11	Seção da planilha “Status”	23
Figura 12	Planilha “Alocação”	24
Figura 13	Exemplo de <i>hiperlink</i>	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Detalhes das etapas do fluxo	14
Tabela 2	Atribuição de vendas por item.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDD	Centro de Distribuição
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
PCP	Planejamento e Controle de Produção
SKU	<i>Stock Keeping Unity</i>
WMS	<i>Warehouse Management System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3	DESENVOLVIMENTO.....	14
3.1	Mapa do Fluxo de Valor.....	14
3.1.1	Análise do MFV.....	15
3.2	Diagrama de Pareto e Classificação ABC.....	16
3.3	Estratégia adotada.....	17
3.4	Simulação de ganho de produtividade.....	18
3.5	Desenvolvimento de ferramenta.....	19
3.6	Validação da ferramenta e ganho de produtividade real.....	24
4	CONCLUSÃO.....	26
	REFERÊNCIAS.....	27
	APÊNDICE A – MFV ATUAL.....	28
	APÊNDICE B – DIAGRAMA DE PARETO.....	29
	APÊNDICE C – TEMPOS DE DESLOCAMENTO PARA ACESSO E ALOCÇÃO DE ITENS.....	30
	APÊNDICE D – DENOMINAÇÃO DE CÓDIGO PARA AS POSIÇÕES	31
	ANEXO A – DIMENSÕES DAS PRATELEIRAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A empresa Mahle, conhecida por fazer peças automotivas, possui um Centro de Distribuição (CDD) na cidade de Limeira. Essa localidade é o foco do estudo do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção, na Universidade Estadual de Campinas.

O desafio apresentado pela empresa é a melhoria do fluxo de suas atividades em relação aos radiadores que vêm das fábricas de Arujá e da Alemanha. Para isso, foi requisitada a avaliação do recebimento, da armazenagem e da expedição desses produtos dentro do CDD.

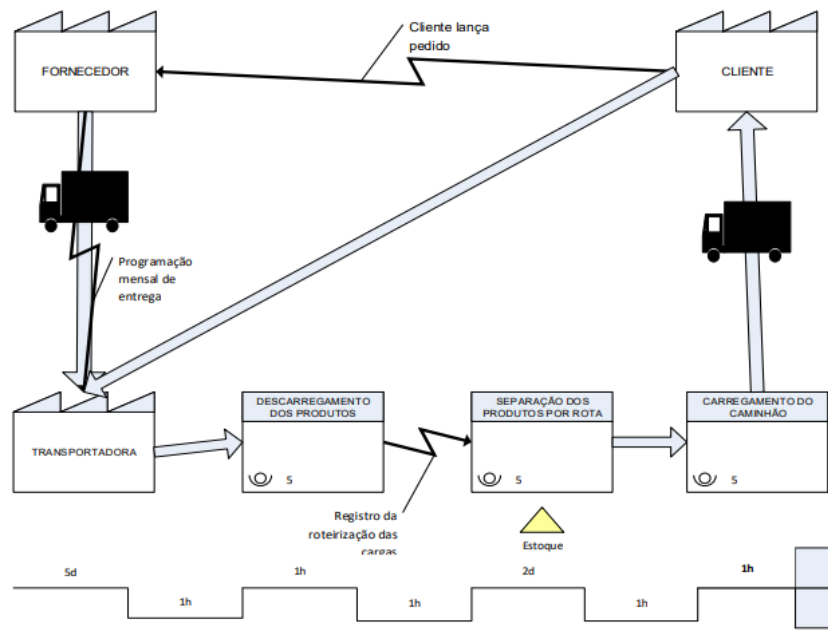
Com isso, busca-se, por meio deste trabalho, analisar a planta do Centro, a mão de obra utilizada na atividade, os tempos gastos e a produtividade atual, a fim de encontrar o melhor fluxo para processar e montar os pedidos *outbound* a partir do uso de métodos da literatura.

Os objetivos principais deste Trabalho de Conclusão de Curso são, portanto, a agregação de valor à atividade, o aumento da produtividade da operação, a diminuição dos *Lead Times*, trazendo um elevado nível de serviço e, consequentemente, uma boa satisfação dos clientes, resultando em ganho de vantagem competitiva para a empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um dos métodos pertinentes para a resolução do desafio é o Mapa do Fluxo de Valor (MFV), ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 - Ilustração do Mapa do Fluxo de Valor (MFV) de um CDD.

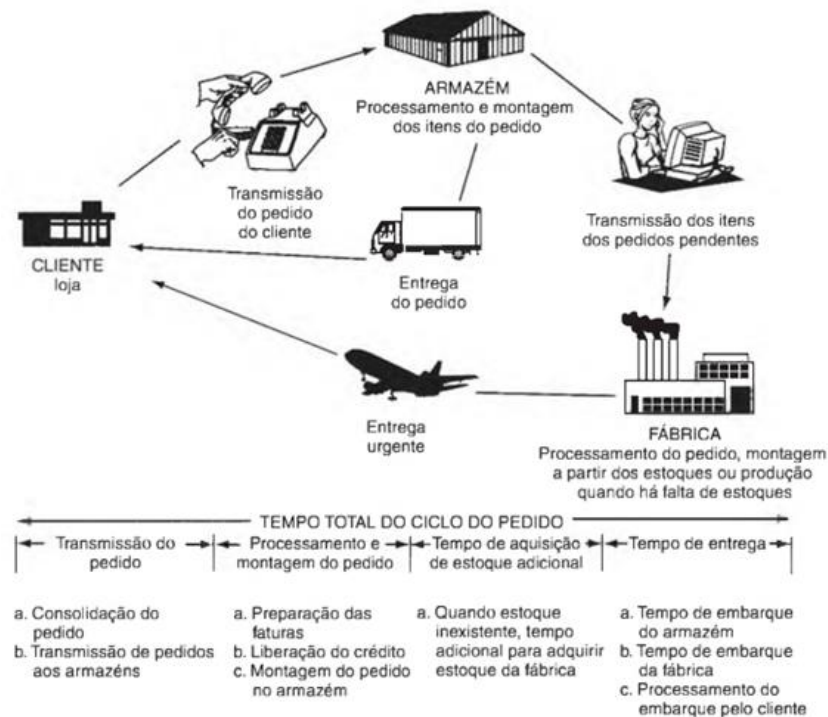


Fonte: CORRÊA H. B. S. et al., 2019.

O MFV é uma ferramenta do *Lean Manufacturing*, que une fluxo de materiais e de informações, auxiliando na identificação da fonte dos desperdícios. Assim, ao utilizar esse mapa, a tomada de decisões para tornar o fluxo mais enxuto é facilitada, por colocar em evidência os diferentes aspectos presentes no processo (ROTHER e SHOOK, 2003).

Com o fluxo mais enxuto e a consequente redução dos gargalos dos processos, o tempo total do ciclo do pedido diminui, como está representado na Figura 2, melhorando o nível de serviço ao cliente e, com isso, sua satisfação (BALLOU, 2006).

Figura 2 - Ilustração das etapas do tempo total do ciclo do pedido.



Fonte: BALLOU, 2006.

Outra teoria da literatura a ser avaliada é o processo de *picking*, que é a etapa de retirada dos produtos (*Stock Keeping Unit*, SKU) do estoque para o atendimento das ordens de pedido dos clientes (BOZUTTI, 2012). Segundo Coyle, Bardi e Langley (1996), essa atividade é responsável por custos bastante significativos, de 50% a 75% do custo total de funcionamento de um armazém.

Como o *picking* é uma atividade que não agrega valor, por estar relacionada à movimentação, pode ser considerada como uma fonte de desperdício que deve ser otimizada para o menor tempo e menor custo possíveis. Por isso, é importante, segundo Bozutti (2012), analisar os diferentes pontos que compõem a atividade do *picking*, os quais são: o tipo de *picking*, o *layout*, o percurso do funcionário que realizará o *picking* (*picker*), a distribuição dos produtos no *warehouse*, a tecnologia empregada e os indicadores utilizados.

Dentre os tipos de *picking*, ele pode ser classificado quanto a sua automatização, isto é, manual ou automatizado. No caso em questão, o *picking* é manual, de operador para SKU e condução motorizada. Além disso, há o *picking* por zonas, em que são definidos *pickers* responsáveis por áreas específicas do depósito. Também existe o *picking low* ou *high-level*, ligado ao modo em que os produtos se encontram nas prateleiras junto com a movimentação horizontal do *picker*. Ainda, tem-se o *picking* por lote, o qual é feito a partir de produtos em comum, sendo por proximidade no armazém ou por proximidade temporal de recebimento do pedido, e o *wave picking*, caracterizado pela junção das ordens de pedido de acordo com seu destino final (BOZUTTI, 2012).

Já no que diz respeito ao percurso do *picker*, ele pode ser transversal, *minimum travel*, *return*, *midpoint return*, *largest gap* e *composite* (BOZUTTI, 2012). Associado a isso, segundo Caron, Marchet e Perego (2000), o tempo gasto no percurso do *picking*, muitas vezes, representa a maior fração de tempo dessa atividade, sendo uma estratégia essencial a definição do caminho mais adequado para o alcance de melhorias para o fluxo em um CDD.

As atividades anteriores ao *picking*, como a distribuição dos produtos no *warehouse*, se feitas de forma organizada, refletem em vantagens na realização dessa etapa. Os tipos de estocagem são *randômica*, *closest open location*, dedicada, baseada em classes e *full turnover*. Em relação ao último tipo, os produtos são alocados de acordo com sua rotatividade, definida por um Diagrama de Pareto, ao dividir os produtos em classes A, B e C (BOZUTTI, 2012), como mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Diagrama de Pareto com classificação ABC dos itens.

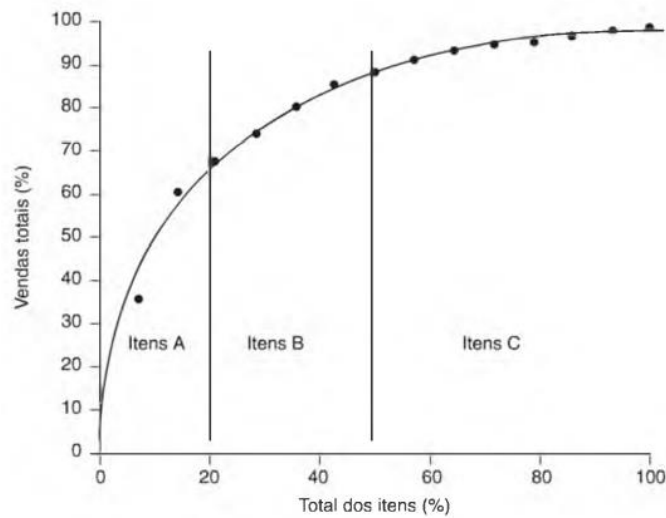


FIGURA 3-2 A curva 80-20 com uma classificação ABC de produtos arbitrária.

Fonte: BALLOU, 2006.

Ademais, a tecnologia a ser empregada no *picking* está relacionada com o *Warehouse Management System* (WMS), que é o gerenciamento do fluxo de informação, de material e das etapas do pedido, a partir da entrada, estocagem, gerenciamento de estoque, processamento de pedido e retirada até a preparação do embarque (BALLOU, 2006). A respeito das tecnologias utilizadas para a etapa de *picking* que podem ser interligadas com esse sistema estão o *picking* por lista, por luz, por voz, código de barras e identificação por rádio frequência.

3 DESENVOLVIMENTO

No caso do estudo, foi feito um recorte desde a chegada dos radiadores até sua saída no CDD, o que permitiu a localização dos gargalos e, por conseguinte, a atuação sobre eles para o alcance de melhorias no fluxo e diminuição de *Lead Time*.

Como a Mahle sinalizou que o *layout* fornecido deve ser mantido, esse ponto não será abordado no trabalho.

3.1 Mapa do Fluxo de Valor

O MFV foi construído com base nos dados do Centro de Distribuição (CDD) de Limeira da Mahle, fornecidos pela empresa, como pode ser visto na Tabela 1, que mostra as etapas do fluxo na planta e seus respectivos tempos de ciclo e número de funcionários.

Tabela 1 - Detalhes das etapas do fluxo.

Etapas	Tempo de ciclo (horas)	Número de funcionários
Descarregamento	0,7	1
Conferência	1,0	1
Preparação	2,0	2
Armazenagem	1,7	1
<i>Picking</i>	6,0	2
Sorting	2,0	2
Carregamento	1,0	2

Fonte: Autoria própria.

Além disso, foi considerado o fluxo de informação do CDD. O cliente faz o pedido, que é recebido pela administração de vendas diariamente. Essa informação é utilizada pelo Planejamento e Controle de Produção (PCP), que realiza a previsão mensal e define as atividades de fluxo para cada etapa. O sistema integrado de gestão usado é o ERP (*Enterprise Resource Planning* - Planejamento dos Recursos da Empresa), ao qual todas as etapas têm acesso.

É importante, também, ressaltar que os radiadores podem ser oriundos da fábrica da Alemanha, em que os pedidos chegam semanalmente e tem *Lead Time* de noventa dias, ou da fábrica de Arujá, que possui *Lead Time* de trinta dias e cujos pedidos chegam diariamente. Quanto à movimentação das cargas, o recebimento é de uma ou duas cargas diárias e a expedição é diária.

Ademais, o gerenciamento de estoque adotado pela planta é o *First In First Out* (FIFO). Ainda, entre todas as etapas de recebimento (descarregamento, conferência, preparação e armazenagem) e de expedição (*picking*, *sorting*, carregamento e expedição) o sistema é empurrado, uma vez que os produtos precisam ser estocados e retirados das prateleiras de modo eficiente na entrada e saída de pedidos, respectivamente, as quais são atividades interdependentes.

Por fim, o CDD opera em dois turnos de oito horas e trinta e cinco minutos de duração cada, sendo que há pausas simultâneas dos funcionários de uma hora para almoço e dez minutos para café, e há estoque de trinta dias de previsão de venda.

Assim, o MFV foi elaborado, como mostra o Apêndice A.

3.1.1 Análise do MFV

Após obter o MFV, foi feita uma análise de suas informações. Constatou-se que o *Lead Time* das fábricas produtoras dos radiadores é bastante elevado, porém, como o foco do trabalho é analisar o fluxo do CDD, foi priorizado o tratamento do fluxo interno da planta de Limeira.

Notou-se, pelo mapa elaborado, que a etapa de maior tempo de ciclo é o *picking*, o que está de acordo com a literatura, que afirma que esta é a atividade que costuma apresentar a maior fração de tempo do fluxo em um CDD. Com isso, pode-

se dizer que tal etapa é o principal gargalo da planta em questão, sendo o enfoque do trabalho.

3.2 Diagrama de Pareto e Classificação ABC

Para o desafio proposto pela Mahle, sabendo-se a quantidade de vendas de cada tipo de radiador, foi feito um Diagrama de Pareto, mostrado no Apêndice B, que organiza em ordem decrescente as frequências de pedidos de itens, mostrando também o acúmulo de suas porcentagens, para a classificação ABC dos produtos.

Essa classificação considerou os 341 componentes presentes no fluxo em estudo, em que 20% dos produtos de maior venda foram agrupados como itens A, os 30% seguintes como itens B e os 50% restantes como itens C, realizada por meio do *software Excel*.

A partir disso, foi realizada a atribuição de vendas por item da Classificação ABC, ilustrada pela Tabela 2.

Tabela 2 - Atribuição de vendas por item.

Classificação	% de vendas	Quantidade de itens
A	60,82	68
B	29,64	102
C	9,54	171

Fonte: Autoria própria.

Pela Tabela 2, observa-se que a menor parcela dos radiadores (68 de um total de 341) são responsáveis pela maior venda (itens A), enquanto a maior fração de produtos (171 de um total de 341) é responsável por uma pequena porcentagem das vendas (itens C), o que corrobora a ideia do Princípio de Pareto, apesar de os números não serem exatamente os propostos por essa teoria.

3.3 Estratégia adotada

Para traçar a estratégia de posição dos radiadores, considerou-se as medidas das colunas (largura) e prateleiras (altura), a fim de determinar o tempo empregado para chegar a uma certa posição, como mostrado pelo Anexo A. Os Módulos I1 e I são compostos, respectivamente, por 8 e 7 prateleiras, e ambos possuem 27 colunas.

Também foi levado em conta que a velocidade de deslocamento da empilhadeira é 30 km/h, mas por questão de segurança, é usada com 15 km/h, e a velocidade de elevação é 0,5 m/s.

Com tais dados, foram calculados os tempos gastos para atingir cada posição nos Módulos I1 e I, conforme pode ser visto nas Figuras 4 e 5. Analisando-se esses tempos, a estratégia a ser adotada é, a partir da Classificação ABC feita dos produtos, armazenar os itens A nas posições de menor tempo, já que são os produtos mais vendidos e, portanto, necessitam, de fácil acesso para otimizar o fluxo, seguidos dos itens B e sucessivamente até os itens C.

Figura 4 - Tempo de trajeto até determinada posição do Módulo I1.

Módulo I1															
Prateleira	Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	0,00	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,68	7,37	7,97
2	1	2,29	2,89	3,49	4,09	4,69	5,29	5,89	6,49	7,09	7,69	8,29	8,97	9,66	10,26
3	1	4,49	5,09	5,69	6,29	6,89	7,49	8,09	8,69	9,29	9,89	10,49	11,17	11,86	12,46
4	1	7,19	7,79	8,39	8,99	9,59	10,19	10,79	11,39	11,99	12,59	13,19	13,87	14,56	15,16
5	1	9,89	10,49	11,09	11,69	12,29	12,89	13,49	14,09	14,69	15,29	15,89	16,57	17,26	17,86
6	1	12,59	13,19	13,79	14,39	14,99	15,59	16,19	16,79	17,39	17,99	18,59	19,27	19,96	20,56
7	1	15,29	15,89	16,49	17,09	17,69	18,29	18,89	19,49	20,09	20,69	21,29	21,97	22,66	23,26
8	1	17,99	18,59	19,19	19,79	20,39	20,99	21,59	22,19	22,79	23,39	23,99	24,67	25,36	25,96
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1	2	23,68	24,28	24,88	25,48	26,08	26,68	27,28	27,88	28,48	29,08	29,76	30,44	31,04	
2	2	26,38	26,98	27,58	28,18	28,78	29,38	29,98	30,58	31,18	31,78	32,46	33,14	33,74	
3	2	7,79	8,39	8,99	9,59	10,19	10,79	11,39	11,99	12,59	13,19	13,87	14,56	15,16	
4	2	23,79	24,39	24,99	25,59	26,19	26,79	27,39	27,99	28,59	29,19	29,87	30,56	31,16	
5	2	32,06	32,66	33,26	33,86	34,46	35,06	35,66	36,26	36,86	37,46	38,15	38,83	39,43	
6	2	34,76	35,36	35,96	36,56	37,16	37,76	38,36	38,96	39,56	40,16	40,85	41,53	42,13	
7	2	16,18	16,78	17,38	17,98	18,58	19,18	19,78	20,38	20,98	21,58	22,26	22,94	23,54	
8	2	32,18	32,78	33,38	33,98	34,58	35,18	35,78	36,38	36,98	37,58	38,26	38,94	39,54	

Fonte: Autoria própria.

Figura 5 - Tempo de trajeto até determinada posição do módulo I.

Módulo I															
Prateleira	Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		0,00	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,68	7,37	7,97
1		4,29	4,89	5,49	6,09	6,69	7,29	7,89	8,49	9,09	9,69	10,29	10,97	11,66	12,26
2		6,99	7,59	8,19	8,79	9,39	9,99	10,59	11,19	11,79	12,39	12,99	13,67	14,36	14,96
3		9,69	10,29	10,89	11,49	12,09	12,69	13,29	13,89	14,49	15,09	15,69	16,37	17,06	17,66
4		12,39	12,99	13,59	14,19	14,79	15,39	15,99	16,59	17,19	17,79	18,39	19,07	19,76	20,36
5		15,09	15,69	16,29	16,89	17,49	18,09	18,69	19,29	19,89	20,49	21,09	21,77	22,46	23,06
6		17,79	18,39	18,99	19,59	20,19	20,79	21,39	21,99	22,59	23,19	23,79	24,47	25,16	25,76
7															

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	24,88	25,48	26,08	26,68	27,28	27,88	28,48	29,08	29,68	30,28	30,96	31,64	32,24
2	27,58	28,18	28,78	29,38	29,98	30,58	31,18	31,78	32,38	32,98	33,66	34,34	34,94
3	7,79	8,39	8,99	9,59	10,19	10,79	11,39	11,99	12,59	13,19	13,87	14,56	15,16
4	25,79	26,39	26,99	27,59	28,19	28,79	29,39	29,99	30,59	31,19	31,87	32,56	33,16
5	33,26	33,86	34,46	35,06	35,66	36,26	36,86	37,46	38,06	38,66	39,35	40,03	40,63
6	35,96	36,56	37,16	37,76	38,36	38,96	39,56	40,16	40,76	41,36	42,05	42,73	43,33
7	17,38	17,98	18,58	19,18	19,78	20,38	20,98	21,58	22,18	22,78	23,46	24,14	24,74

Fonte: Autoria própria.

3.4 Simulação de ganho de produtividade

Com o objetivo de medir um possível ganho de produtividade, foi feita a comparação entre o tempo atual do *picking*, etapa gargalo do fluxo, e o tempo estimado para ele. Para isso, foram utilizados os tempos de deslocamento da empilhadeira até cada posição nas prateleiras e também foi considerado um pedido hipotético equivalente a capacidade de uma carga de caminhão, o qual é composto por 32 estruturas “caveirinhas”, cada uma comportando 7 radiadores, o que totaliza 224 produtos. Desse total, foi levado em conta que os itens A, B e C representam 60%, 30% e 10% das previsões de venda dos radiadores, respectivamente.

Além disso, foram calculados os tempos médios de retirada de cada item das prateleiras nos Módulos I1 e I, como mostrado pelo Apêndice C, sendo que o CDD possui um Módulo I1 e dois Módulos I, ou seja, esses módulos correspondem a 1/3 e 2/3 dos itens do pedido, nessa ordem. Nas tabelas do Apêndice C, a posição de alocação dos itens A são representados pela cor verde, dos itens B pela cor amarela e dos itens C pela vermelha.

Com tais dados, foi calculado o tempo teórico total para o *picking* do pedido igual a 2,07 horas com auxílio do *software Excel*, como pode ser observado na Figura 6. Esse resultado indica uma redução de 65,47% em relação ao tempo atual de 6 horas dessa etapa e, por conseguinte, implica em ganho de produtividade para o fluxo como um todo, já que reduz significativamente o tempo de ciclo do processo gargalo. Assim, o tempo de processamento, que antes era de 14,40 horas, passa a ser de 10,47 horas, o que equivale a uma redução de 27,28%.

Figura 6 - Cálculo do pedido hipotético.

Pedido Hipotético							
Produto	Porcentagem	Quantidade	Quantidade I1	Tempo Médio I1 (s)	Quantidade I	Tempo Médio I (s)	Tempo Total Hipotético (h)
Classificação A	60%	134	45	519	90	1038	2,072
Classificação B	30%	67	22	502	45	1003	
Classificação C	10%	22	7	223	15	445	

Fonte: Autoria própria.

3.5 Desenvolvimento de ferramenta

Por fim, para facilitar a definição da melhor alocação para um produto, foi elaborada uma pasta de trabalho no *software Excel* a ser implementada para determinar as posições dos itens nos módulos de forma dinâmica, ágil e sem consumir muito tempo dos funcionários. Essa ferramenta é flexível para ser atualizada de acordo com mudanças de classificação de itens e variações do recebimento (compras das fábricas).

Tal ferramenta é formada por uma planilha chamada “Base de Dados – Vendas”, mostrada na Figura 7, que pode ser atualizada de acordo com a previsão de vendas realizada pelo PCP para cada tipo de radiador.

Figura 7 – Seção da planilha “Base de Dados – Vendas”.

				Previsão de Vendas				
Componente	Dimensão Material (CxLxA)	Lote Mínimo de Compra	Estoque Atual	mai/21	jun/21	jul/21	Média	%
Total			2457	2212	2992	2727	2643,67	-
BA178	210 x 210 x 220 (Ref. BT56918)	5	3	1	2	1	1,33	0,05%
BA024	140 x 140 x 70	5	1	1	2	1	1,33	0,05%
BA025	18 x 235 x 115	5	1	1	2	1	1,33	0,05%
BA028	140 x 140 x 70	5	1	1	2	1	1,33	0,05%
BA053	145 x 135 x 125	5	1	1	2	1	1,33	0,05%
CA122	1100 x 875 x 470 (Ref. BT08455)	5	11	10	13	12	11,67	0,44%
CA124	770 x 130 x 600 (Ref. BT02476)	5	1	1	2	1	1,33	0,05%
CA165	490 x 825 x 225	5	10	8	10	10	9,33	0,35%
CA166	548 x 758 x 200	5	13	10	13	12	11,67	0,44%
CA167	770 x 130 x 600	5	3	2	3	2	2,33	0,09%
CA168	900 x 150 x 600	5	4	3	4	3	3,33	0,13%
CA175	495 x 930 x 170	5	41	35	44	43	40,67	1,54%
CA182	135 x 860 x 460	5	33	10	13	12	11,67	0,44%
CA207	140 x 850 x 495	5	2	1	2	1	1,33	0,05%
CA220	100 x 900 x 550	5	4	3	4	3	3,33	0,13%
CA249	160 x 810 x 420	5	9	14	18	17	16,33	0,62%
CA283	120 x 540 x 935	5	1	10	13	12	11,67	0,44%
CA300	120 x 900 x 550	5	10	8	10	10	9,33	0,35%
CA311	105 x 760 x 510	5	3	7	9	8	8,00	0,30%
CA324	155 x 875 x 570	5	19	7	9	8	8,00	0,30%
CA351	155 x 875 x 570	5	12	5	7	6	6,00	0,23%
CA359	130 x 805 x 445	5	1	10	13	12	11,67	0,44%
CA374	125 x 905 x 565	5	3	7	9	8	8,00	0,30%
CA399	200 x 900 x 575	5	15	6	8	7	7,00	0,26%
CA430	160 x 750 x 490	5	0	7	9	8	8,00	0,30%
CA440	200 x 820 x 550	5	20	5	7	6	6,00	0,23%
CA460	105 x 760 x 510	5	1	7	9	8	8,00	0,30%

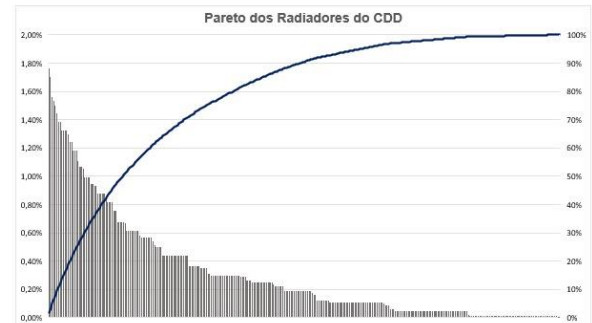
Fonte: Autoria própria.

Quando essa planilha é atualizada, a Classificação ABC dos produtos é alterada automaticamente, na planilha denominada “Classificação”, que pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 – Seção da planilha “Classificação”.

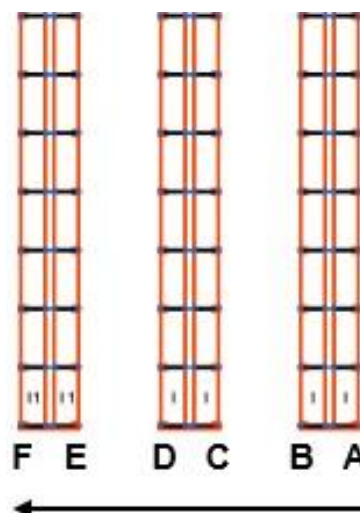
Classificação por vendas	Componente	Dimensão Material (CxLxA)	%	Acc %	Classificação ABC	Separação
1	FC266	165 x 825 x 595	1,77%	1,77%	A	#N/D
2	RC142	95 x 530 x 395	1,70%	3,47%	A	#N/D
3	RC050	650 x 780 x 120	1,56%	5,03%	A	#N/D
4	CA175	495 x 930 x 170	1,54%	6,57%	A	#N/D
5	FC006	990 x 160 x 1245 (Ref. BT56876)	1,50%	8,07%	A	#N/D
6	IC256	1010 x 290 x 855 (Ref. BT54978)	1,45%	9,52%	A	#N/D
7	RC213	762 x 160 x 862	1,39%	10,91%	A	#N/D
8	FC259	520 x 460 x 120	1,39%	12,29%	A	#N/D
9	IC292	952 x 172 x 715 (Ref. BT56902)	1,32%	13,62%	A	#N/D
10	FC425	200 x 755 x 770	1,32%	14,94%	A	#N/D
11	RC143	120 x 795 x 455	1,25%	16,19%	A	#N/D
12	FC005	990 x 160 x 1245 (Ref. BT56876)	1,25%	17,44%	A	#N/D
13	RC161	850 x 255 x 565 (Ref. BT56888)	1,19%	18,62%	A	#N/D
14	RC236	505 x 750 x 115	1,19%	19,81%	A	#N/D
15	FC050	762 x 160 x 862 (Ref. BT56889)	1,19%	20,99%	A	#N/D
16	FC437	200 x 755 x 770	1,19%	22,18%	A	#N/D
17	RC648	185 x 806 x 512	1,07%	23,25%	A	#N/D
18	IC288	650 x 120 x 690 (Ref. BT56890)	1,07%	24,32%	A	#N/D
19	FC021	100 x 495 x 520	1,07%	25,39%	A	#N/D
20	CA594	585 x 135 x 360 (Ref. BT09907)	1,06%	26,45%	A	#N/D
21	RC463	850 x 255 x 565 (Ref. BT56888)	1,00%	27,45%	A	#N/D
22	RC067	110 x 755 x 535	1,00%	28,45%	A	#N/D

Classificação		
A	B	C
68	171	341



Fonte: Autoria própria.

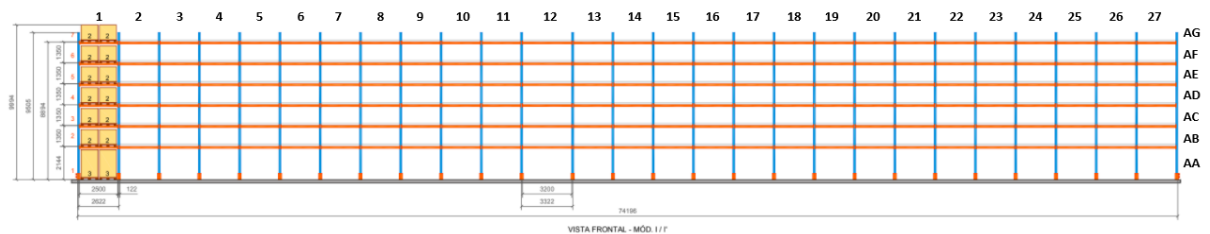
É importante ressaltar que como existem 1188 posições, para encontrar mais facilmente a posição desejada, foram definidos códigos para denominá-las, sendo que, da direita para a esquerda, as fileiras dos módulos I são denominadas pelas letras A, B, C e D, e as do módulo I1 pelas letras E e F, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Definição de códigos para os módulos I e I1.

Fonte: Autoria própria.

Ainda, foram estabelecidos números para cada coluna e letras para cada prateleira dos módulos. Por exemplo, para a primeira fileira da direita para a esquerda, que foi chamado de A, as colunas são enumeradas de 1 a 27 e as prateleiras denominadas de A a G, como representado pela Figura 10. As demais fileiras estão mostradas no Apêndice D.

Figura 10 – Definição dos códigos de cada posição do módulo A.



Fonte: Autoria própria.

A partir dessa nomeação, foi construída a planilha “Status”, representada na Figura 11, na qual deve ser alterada a coluna “Ocupação” sempre que o produto é colocado ou retirado da prateleira, sendo que a ocupação máxima é de 2 paletes por posição. Essa planilha também mostra o tempo gasto para se deslocar até cada posição da *warehouse*.

Figura 11 – Seção da planilha “Status”.

Localização	Ocupação	Tempo
AA1	2	0,00
AB1	1	4,29
AC1	0	6,99
AD1	2	9,69
AE1	1	12,39
AF1	0	15,09
AG1	0	17,79
AA2	2	0,60
AB2	1	4,89
AC2	1	7,59
AD2	2	10,29
AE2	0	12,99
AF2	0	15,69
AG2	2	18,39
AA3	1	1,20
AB3	2	5,49
AC3	2	8,19
AD3	1	10,89
AE3	1	13,59
AF3	1	16,29

Fonte: Autoria própria.

Ademais, há uma planilha de apoio denominada “ABC Disponível” que interliga as planilhas “Status” e “Classificação”, para identificar quais prateleiras disponíveis armazenam que tipo de produto segundo sua classificação ABC e o tempo necessário para acessá-las.

Por meio dessa planilha, a aba “Alocação”, mostrada pela Figura 12, fornece onde armazenar o produto a ser estocado, a partir do *input* do código do componente. Ela mostra automaticamente a classificação ABC do item e o espaço disponível na posição em que ele deve ser armazenado.

Figura 12 – Planilha “Alocação”.

Qual o componente?	Classificação	Onde armazenar?	Espaço disponível
FC260	A	DA1	2

Fonte: Autoria própria.

Para facilitar a navegação entre as abas, foram inseridos *hiperlinks* nas planilhas que precisam ser atualizadas e consultadas, por exemplo, na aba “Alocação”, que pode ser visto na Figura 13.

Figura 13 – Exemplo de *hiperlink*.

Qual o componente?	Classificação	Onde armazenar?	Espaço disponível	Atualizar ocupação
FC260	A	DA1	2	Atualizar previsão de vendas (Base de Dados)

Fonte: Autoria própria.

Com isso, a decisão de alocação de produtos torna-se mais simples, rápida e flexível, à medida que apenas é necessário atualizar as previsões de venda, quando preciso, e o *status* de ocupação da posição quando uma retirada ou alocação é feita. Assim, a planilha fornece para a empresa onde um radiador específico deve ser armazenado.

3.6 Validação da ferramenta e ganho de produtividade real

Após o desenvolvimento da ferramenta, a empresa realizou um teste com ela e validou seu funcionamento. No entanto, houve a necessidade de calcular

novamente a produtividade considerando o tempo gasto por um funcionário para utilizar as planilhas, tanto para alterar aquelas que necessitam de atualizações quanto para a consulta das informações, já que o tempo de *picking* hipotético não considerava essa nova atividade.

Para esse cálculo, a empresa forneceu o dado de que um funcionário gastou 2,5 minutos para alterar e consultar a ocupação de 8 itens. Assim, para uma carga de um caminhão composto por 224 produtos, conforme foi feito para o pedido hipotético, a utilização dessa planilha levaria 70 minutos, resultando em um novo tempo de *picking* de 3,239 horas, o que representa uma redução de 46,02% em relação ao tempo atual de *picking* de 6 horas. Já o tempo de processamento será de 11,64 horas, uma diminuição de 19,19% em comparação ao tempo de processamento atual de 14,40 horas.

4 CONCLUSÃO

Visando melhorar os fluxos do Centro de Distribuição da Mahle, foi feita a elaboração do Mapa de Fluxo de Valor (MFV) atual e, a partir de sua análise, foi constatado que a etapa de *picking* consome o maior tempo do fluxo, reforçando a literatura, e representa o gargalo do processo, sendo assim, o foco de atenção do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Em busca de uma solução para reduzir o tempo de ciclo do *picking*, foram feitas a Classificação ABC e o Diagrama de Pareto. Assim, com tais informações acerca dos itens, foi traçada a estratégia de alocação dos radiadores nas prateleiras com base nos cálculos dos tempos de deslocamento da empilhadeira até cada posição. Por fim, foi verificada uma diminuição teórica de 65,47% no tempo da etapa de *picking* e de 27,28% no tempo de processamento total.

A partir da constatação desse ganho, foi desenvolvida uma ferramenta, que foi validada pela empresa, no *software Excel*, com o objetivo de tornar a alocação de produtos mais ágil, dinâmica e simples para os funcionários utilizarem. Ela é composta por três planilhas principais que são interligadas e que combinam a Classificação ABC dos radiadores com o tempo de deslocamento até uma posição específica, permitindo uma alocação mais inteligente e que diminua os tempos de *picking* do CDD da Mahle. Vale ressaltar que a empresa deve atualizar as previsões de vendas na aba “Base de Dados – Vendas”, quando necessário, a ocupação de cada posição na aba “Status” e indicar o código do componente a ser armazenado na aba “Alocação”, tendo como retorno a posição em que deve alocá-lo.

Com isso, a Mahle terá um processo mais enxuto, conforme os princípios do *Lean Manufacturing*, reduzindo em 46,02% o tempo de ciclo da etapa gargalo no fluxo interno da planta e em 19,19% o tempo de processamento total, com consequente agregação de valor, ganho de competitividade entre seus concorrentes e aumento do nível de serviço e de satisfação dos clientes.

REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: Logística Empresarial, 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOZUTTI, D. F. **Proposta de um modelo de referência para a configuração de um sistema de *picking***. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. 130 p.

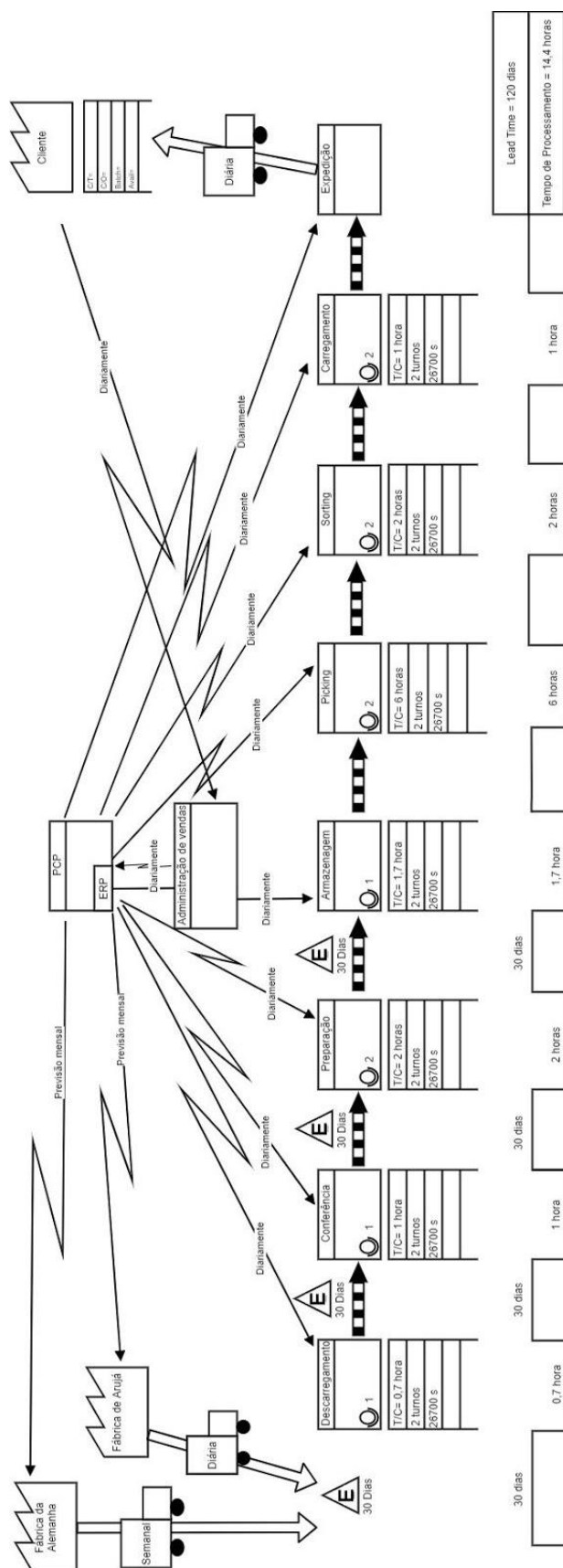
CARON, F., MARCHET, G., PEREGO, A. **Optimal layout in low-level picker-to-part systems**. International Journal of Production Research, v. 38, n. 1, p. 101-17, 2000.

CORRÊA, H. B. S. et al. **Utilização do mapeamento do fluxo de valor no processo logístico de uma transportadora**. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Paraná, v. 9, 2019. Disponível em: http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10192019_201008_5dab9b18a2846.pdf. Acesso em: 17 Abr. 2021.

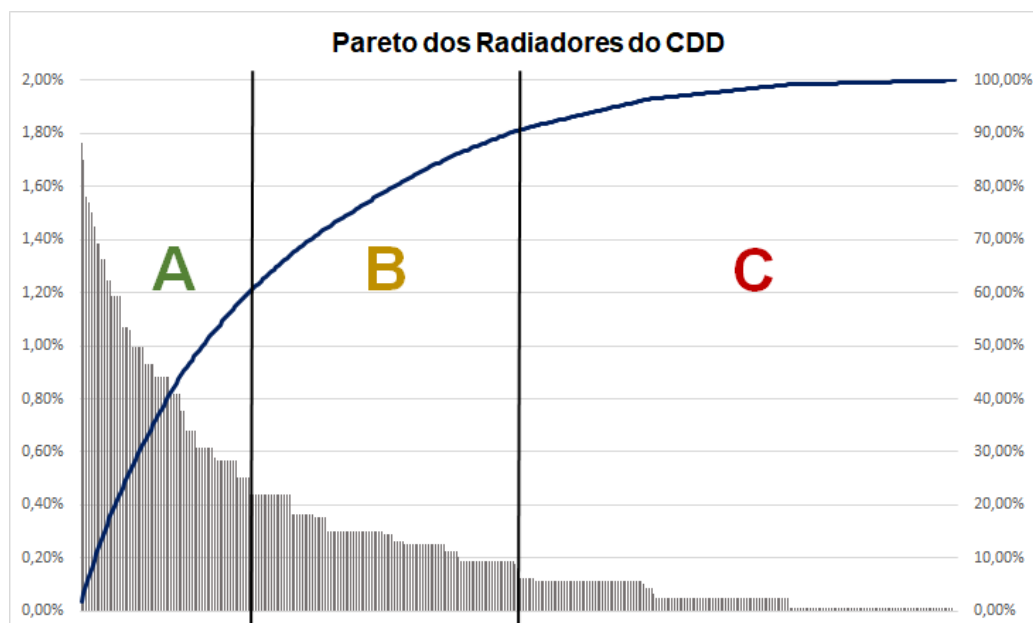
COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J. **The Management of Business Logistics**, 6 ed. West Publishing, 1996.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

APÊNDICE A – MFV ATUAL



APÊNDICE B – DIAGRAMA DE PARETO



APÊNDICE C - TEMPOS DE DESLOCAMENTO PARA ACESSO E ALOCAÇÃO DE ITENS

Módulo I1																												
Prateleira	Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	1	0,00	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,68	7,37	7,97	8,57	9,17	9,77	10,37	10,97	11,57	12,17	12,77	13,37	13,97	14,57	15,17	15,77
2	2	2,29	2,89	3,49	4,09	4,69	5,29	5,89	6,49	7,09	7,69	8,29	8,97	9,66	10,26	10,86	11,46	12,06	12,66	13,26	13,86	14,46	15,06	15,66	16,26	16,86	17,46	18,06
3	3	4,49	5,09	5,69	6,29	6,89	7,49	8,09	8,69	9,29	9,89	10,49	11,17	11,86	12,46	13,06	13,66	14,26	14,86	15,46	16,06	16,66	17,26	17,86	18,46	19,06	19,66	20,26
4	4	7,19	7,79	8,39	8,99	9,59	10,19	10,79	11,39	11,99	12,59	13,19	13,87	14,56	15,16	15,76	16,36	16,96	17,56	18,16	18,76	19,36	19,96	20,56	21,16	21,76	22,36	22,96
5	5	9,89	10,49	11,09	11,69	12,29	12,89	13,49	14,09	14,69	15,29	15,89	16,57	17,26	17,86	18,46	19,06	19,66	20,26	20,86	21,46	22,06	22,66	23,26	23,86	24,46	25,06	25,66
6	6	12,59	13,19	13,79	14,39	14,99	15,59	16,19	16,79	17,39	17,99	18,59	19,27	19,96	20,56	21,16	21,76	22,36	22,96	23,56	24,16	24,76	25,36	25,96	26,56	27,16	27,76	28,36
7	7	15,29	15,89	16,49	17,09	17,69	18,29	18,89	19,49	20,09	20,69	21,29	21,97	22,66	23,26	23,86	24,46	25,06	25,66	26,26	26,86	27,46	28,06	28,66	29,26	29,86	30,46	31,06
8	8	17,99	18,59	19,19	19,79	20,39	20,99	21,59	22,19	22,79	23,39	23,99	24,67	25,36	25,96	26,56	27,16	27,76	28,36	28,96	29,56	30,16	30,76	31,36	31,96	32,56	33,16	33,76

Módulo I																												
Prateleira	Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	1	0,00	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,68	7,37	7,97	8,57	9,17	9,77	10,37	10,97	11,57	12,17	12,77	13,37	13,97	14,57	15,17	15,77
2	2	4,29	4,89	5,49	6,09	6,69	7,29	7,89	8,49	9,09	9,69	10,29	10,97	11,66	12,26	12,86	13,46	14,06	14,66	15,26	15,86	16,46	17,06	17,66	18,26	18,86	19,46	20,06
3	3	6,99	7,59	8,19	8,79	9,39	9,99	10,59	11,19	11,79	12,39	12,99	13,67	14,36	14,96	15,56	16,16	16,76	17,36	17,96	18,56	19,16	19,76	20,36	20,96	21,56	22,16	22,76
4	4	9,69	10,29	10,89	11,49	12,09	12,69	13,29	13,89	14,49	15,09	15,69	16,37	17,06	17,66	18,26	18,86	19,46	20,06	20,66	21,26	21,86	22,46	23,06	23,66	24,26	24,86	25,46
5	5	12,39	12,99	13,59	14,19	14,79	15,39	15,99	16,59	17,19	17,79	18,39	19,07	19,76	20,36	20,96	21,56	22,16	22,76	23,36	23,96	24,56	25,16	25,76	26,36	26,96	27,56	28,16
6	6	15,09	15,69	16,29	16,89	17,49	18,09	18,69	19,29	19,89	20,49	21,09	21,77	22,46	23,06	23,66	24,26	24,86	25,46	26,06	26,66	27,26	27,86	28,46	29,06	29,66	30,26	30,86
7	7	17,79	18,39	18,99	19,59	20,19	20,79	21,39	21,99	22,59	23,19	23,79	24,47	25,16	25,76	26,36	26,96	27,56	28,16	28,76	29,36	29,96	30,56	31,16	31,76	32,36	32,96	33,56

APÊNDICE D - DENOMINAÇÃO DE CÓDIGO PARA AS POSIÇÕES

