

REORGANIZAÇÃO DO LAYOUT E ENDEREÇAMENTO NA ARMAZENAGEM DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS.

Corine Kominich Angulo

Paulo Sérgio de Arruda Ignácio

LALT – Laboratório de Aprendizagem de Logística e Transportes

FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo reorganizar o layout do galpão de armazenagem de uma empresa de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos, através da aplicação de boas práticas de armazenagem, para aumentar a receita com a venda dos subprodutos derivados dos resíduos eletrônicos para reciclagem e redução de paradas na linha de desprodução. O desenvolvimento do trabalho se deu por uma revisão bibliográfica de gestão e sistemas de armazenagem combinado com o orçamento disponibilizado pela empresa para efetivar as mudanças necessárias que garantissem o menor custo benefício possível. Conclui-se que o objetivo inicial de reorganizar o layout operacional e aumentar a receita com a venda dos subprodutos foi atendido, pois mesmo antes do término da reforma do piso do galpão, houve giro significativo do estoque, tempo recorde de desprodução contínua e aumento de 150% da receita dos subprodutos. Após a conclusão da reforma espera-se manter a receita da venda dos subprodutos em R\$ 400 a 450K/mês, realizar a desprodução de apenas 1 tipo de produto por semana e girar todo o estoque em menos de 6 meses.

ABSTRACT

This work aims to reorganize the storage shed layout of a reverse manufacturing company of electronic waste through the application of good warehouse practices, to increase revenue from the sale of by-products, derived from electronic waste for recycling and processing line downtimes reduction. The work development was made by a literature review of management and warehouse systems combined with the company budget available to implement the necessary changes to ensure the lowest cost-benefit as possible. It was concluded that the initial goal of reorganizing the operational layout and increasing revenue from the sale of by-products has been accomplished. Even before the end of the reform of the shed floor, a significant inventory turnover was registered, there was a record time of a non-stop processing of material and 150% increasing of sales revenue. After the reform completion, it is expected to maintain the sales revenue of the by-products at \$ 400 to 450K/month, to process only one type of product per week and turn the entire stock in less than 6 months.

1. INTRODUÇÃO

Equipamentos eletroeletrônicos são todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos. Eles podem ser divididos em quatro categorias amplas ABDI (2013):

- Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
- Linha Marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;
- Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;

- Linha Verde: computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

Lixo eletrônico ou resíduo de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) é o nome dado aos resíduos da rápida obsolescência de equipamentos eletrônicos. Os REEE são compostos por materiais diversos: plásticos, vidros, componentes eletrônicos como placas, processadores, memórias, mais de vinte tipos de metais pesados entre outros como cobre, alumínio e ouro.

Estes materiais estão frequentemente dispostos em camadas e subcomponentes afixados por solda ou cola. Alguns equipamentos ainda recebem jatos de substâncias químicas específicas para finalidades diversas como proteção contra corrosão ou retardamento de chamas. A concentração de cada material pode ser microscópica ou de grande escala. A extração de cada um deles exige um procedimento diferenciado. Deste modo, sua separação para processamento e eventual reciclagem tem uma complexidade, um custo e um impacto muito maiores do que aqueles exemplos mais conhecidos de recolhimento e tratamento de resíduos, como é o caso das latas de alumínio, garrafas de vidro e outros. ABDI (2013).

O Mercado brasileiro de produtos eletrônicos é considerado o quinto maior do mundo, após China, EUA, Japão e Rússia (E-waste Guide, 2016). Segundo a ABINEE (2013), a indústria de eletroeletrônicos representa 3,3% do PIB brasileiro e emprega mais de 180 mil pessoas.

A legislação aplicável ao tratamento e destinação final de REEE ainda é muito deficiente. Não há instruções detalhadas como os demais tipos de resíduos e como consequência a fiscalização é frágil e muitas vezes omissa.

As baterias que contêm metais pesados e que compõem alguns REEE estão sujeitas à resolução 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), segundo a qual as empresas são obrigadas a recebê-las para destinação final correta, porém o índice de adesão a esta logística reversa é muito baixo, pois o consumidor não é responsabilizado pelo não encaminhamento.

Em agosto de 2010, foi promulgada a Lei 12.305 instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, distrito federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. ABDI (2013).

De forma a viabilizar a logística reversa exigida pela PNRS, todas as partes relacionadas ao processo deverão contribuir para o encaminhamento dos produtos em fim de vida útil para a reciclagem ou destinação final ambientalmente adequada. A legislação obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes, a investirem em tecnologias menos poluentes, que gerem a menor quantidade de resíduos possível, divulgarem boas práticas e informações relativas a reciclagem, reaproveitamento e redução dos resíduos sólidos provenientes de seus produtos e assumirem o compromisso de participar de ações previstas no plano de gerenciamento sólidos do município no qual está inserido, quando existente ou aplicável.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é planejar o layout de um armazém para materiais eletroeletrônicos e recicláveis, de tal forma a melhorar o nível de serviço de abastecimento do processo produtivo, isto é, reduzir o número de paradas na linha de desprodução e aumentar a receita da empresa com a venda dos subprodutos.

1.2. Problema/Oportunidade

Atualmente o galpão de armazenamento da empresa Rivo Manufatura Reversa não apresenta uma estrutura e layout adequados para o armazenamento dos materiais eletrônicos.

O galpão é próprio, com área de 15x25m² com pé direito de 5,0m, feito de lona, com piso não concretado, sem sistema de ventilação e com uma porta de entrada.

O sistema de armazenagem é o bloqueado, não há grande aproveitamento do espaço, devido os paletes chegarem quebrados, o que impossibilita o empilhamento das cargas. Não há uma ordem de armazenamento. O material que chega para desprodução e não é levado imediatamente para a linha de desmontagem, é armazenado nos espaços vazios do galpão, sem ordem, ou qualquer tipo de endereçamento.

Com exceção dos clientes com contratos de exclusividade, que requerem desprodução imediata do material com registros fotográficos e/ou acompanhamento de fiscais da Receita Federal, não há como selecionar os produtos que serão desmontados, o que faz com que os materiais mais antigos, continuem no fundo do galpão e haja rotatividade somente dos materiais que estão na frente. Também não se consegue desproduzir materiais com alto valor agregado de subproduto para venda quando o faturamento do mês não está próximo de atingir a meta.

1.3. Justificativa

Com o planejamento do layout e algumas alterações físicas na estrutura do galpão será possível otimizar o armazenamento, facilitando as cargas, descargas e movimentações internas, obter endereçamento de todos os materiais, fazer a seleção de maneira inteligente, eficiente e produtiva e realizar um giro mínimo do estoque.

A empresa já disponibilizou uma verba para alterações na estrutura física do galpão e esta alteração precisa ser convertida em números (ganhos produtivos e de receita) para apresentação à Diretoria.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Gestão de Armazenagem

A armazenagem refere-se à guarda e conservação dos materiais, tendo como objetivos globais resguardar a integridade física das matérias (qualidade) e garantir que as quantidades recebidas não se extraviem, garantindo a acuracidade dos estoques em relação aos dados contábeis e/ou lógicos. Pereira Jr (2011).

Antigamente a armazenagem era vista somente como um custo do negócio, uma variável negativa, porém, hoje ela é vista como um instrumento de competição com o qual se gerencia o fluxo físico e de informações, tornando o negócio da empresa mais competitivo.

Como estratégias de armazenagem temos a armazenagem centralizada e a descentralizada com seus benefícios e desvantagens conforme listados na tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Armazenagem centralizada x Armazenagem descentralizada

Armazenagem centralizada	Armazenagem descentralizada
Mais eficiente: ganho de escala	Menos eficiente
Ampla abrangência geográfica	Menor abrangência geográfica
Maior tempo de resposta ao cliente	Menor tempo de resposta ao cliente
Menos estoque imobilizado; normalmente produto com alto valor agregado	Mais estoque imobilizado que prejudica o fluxo de caixa da empresa
Maiores riscos	Menores riscos
Maior previsibilidade da demanda	Baixa previsibilidade da demanda

Ao se otimizar a armazenagem, obtêm-se:

- Máxima utilização do espaço. O objetivo primordial do armazenamento é utilizar (sempre que possível) o espaço nas três dimensões, da maneira mais eficiente possível de modo que possa proporcionar a movimentação rápida, fácil e segura, de materiais, desde o recebimento até a expedição;
- Utilização de todos os recursos disponíveis;
- Rápido acesso a todos os itens estocados;
- Segurança dos produtos estocados;
- Organização;
- Alto índice de satisfação do cliente.

De acordo com Rodrigues (2015) para que se obtenha o melhor aproveitamento possível do espaço do armazém e o escoamento das cargas seja rápido, os serviços de armazenagem precisam utilizar métodos eficazes e compatíveis com as novas tecnologias do mercado atual.

2.2. Sistemas de Armazenagem

O primeiro passo a ser considerado para definir o melhor sistema de armazenagem é conhecer muito bem as características dos produtos a serem armazenados, como por exemplo: forma, tamanho, tipo de embalagem e sua resistência.

Após este levantamento de dados, deve-se escolher o(s) tipo(s) de armazenagem. Atualmente existem diversas estruturas de armazenagem como:

Blocado: método básico de armazenagem que consiste em estocar os paletes um sobre os outros, sendo que o primeiro está diretamente sobre o piso. A altura máxima será determinada pelo peso e estabilidade da pilha, além do “pé direito” do almoxarifado.

Pallet up (gaiolas): consiste em sobrepor gaiolas.



Blocado

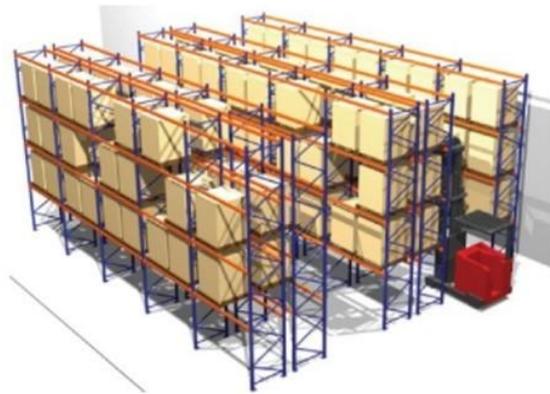


Pallet Up

Figura 1: Sistemas de armazenagem blocado e *pallet up*

Single Deep (Racks): permite verticalização do espaço útil de forma seletiva, possibilitando o acesso direto a todos os itens armazenados.

Double Deep: Permite armazenar em dois níveis de profundidade em cada localização da estrutura.



Single Deep



Double Deep

Figura 2: Sistemas de armazenagem *single deep* e *double deep*

Cantilever: sistema que facilita a estocagem de peças compridas ou volumosas e irregulares. Caracteriza-se por não possuir colunas nas extremidades dos conjuntos, tendo apenas uma coluna central onde são fixados os braços que servirão de apoio às peças ou aos planos.

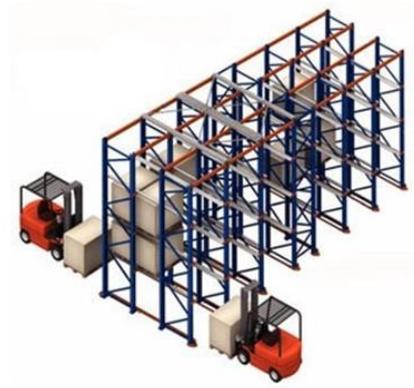
Drive-in e Drive-through: sistema que permite uma alta densidade de estocagem, não há superposição direta de cargas e é possível a prática de FIFO (*First In First Out*) ou PEPS (Primeiro que Entra, Primeiro que Sai).



Cantilever



Drive in

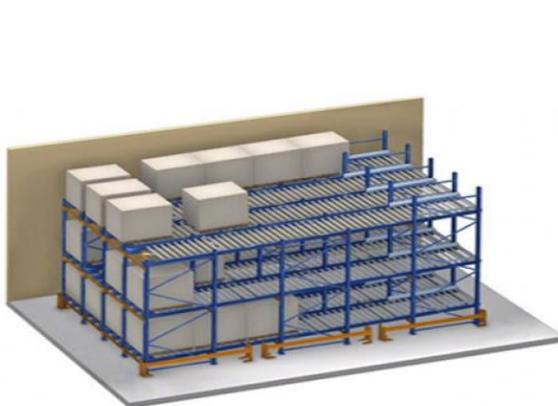


Drive-through

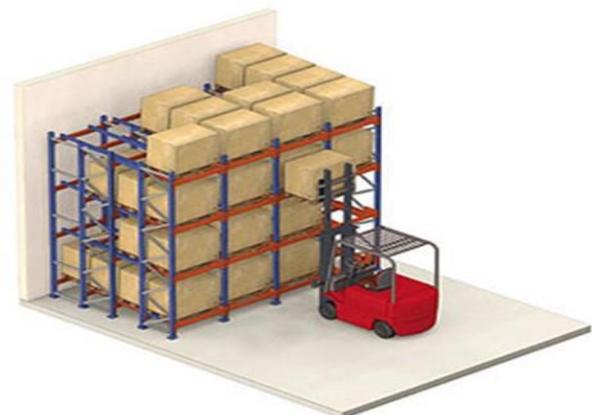
Figura 3: Sistemas de armazenagem cantilever, *drive in* e *drive-through*

Sistema Dinâmico: sistema rolante acionado pelo peso e gravidade que também permite alta densidade e automaticamente realiza o FIFO ou PEPS.

Push back: ideal para até 4 paletes na profundidade, o *Push back* funciona como variante do Sistema Dinâmico, usando-se os mesmos componentes, mas com o Princípio LIFO ou UEPS (Último que Entra, Primeiro que Sai) e apenas um corredor para colocação e retirada do paleta. O paleta colocado no trilho é empurrado pelo paleta seguinte alocado acima, e assim até o último paleta. Na retirada deste último paleta todos os demais, por gravidade, descem uma posição.



Sistema Dinâmico



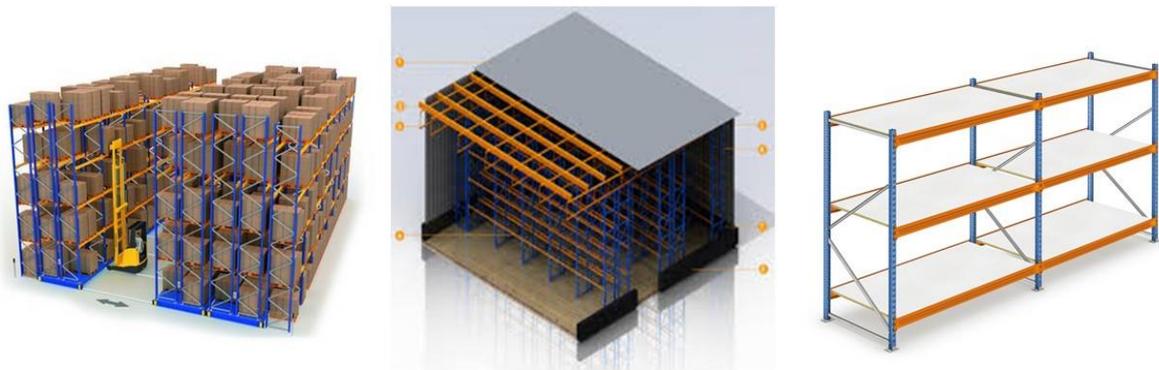
Push back

Figura 4: Sistemas de armazenagem sistema dinâmico e *push back*

Porta paletes deslizante ou Power Rack: sistema de estruturas porta paletes deslizantes sobre trilhos. Utiliza um único corredor para a movimentação da empilhadeira, pois conforme a necessidade é acionado automaticamente ou manualmente a abertura de um outro corredor.

Sistema Autoportante: neste sistema são as próprias colunas das estruturas de armazenagem que suportam todos os esforços próprios do edifício, seja nas laterais ou na cobertura. Em função disso, a estrutura tem que ser estudada especialmente para que possa receber diretamente as paredes exteriores. É utilizado para alturas acima de 20m.

Estanterias: são usadas para a estocagem de volumes pequenos, itens leves e materiais frágeis. Caixas e Mini contenedores: São utilizadas na armazenagem e movimentação de peças e componentes soltos, podem ser empilhados, usadas em estantes sobre prateleiras ou em caçambas. Peso limitado da carga é de 30 kg.



Power Rack

Sistema autoportante

Estanteria

Figura 5: Sistemas de armazenagem *power rack*, autoportante e estanteria

2.2.1. Fluxos Operacionais da Armazenagem

Segundo Rodrigues (2015) o layout operacional é o arranjo físico de uma área de armazenagem considerando o tipo de armazenagem, a acessibilidade dos volumes, o fluxo de tráfego dos equipamentos e o endereçamento.

Um layout bem planejado traz benefícios tais como:

- Redução do custo de movimentação;
- Economia de espaço físico;
- Redução de estoques, por melhor controle;
- Redução das perdas decorrentes de movimentação e armazenagem inadequados;
- Redução do trabalho humano e redução da fadiga;
- Redução dos riscos, e aumento da segurança;
- Racionalização do fluxo de trabalho;
- Aumento na eficiência do recebimento e expedição;
- Resposta rápida ao cliente.

Em todas as estruturas de armazenagem há vantagens e desvantagens e aconselha-se a realizar um comparativo entre elas baseado em alguns critérios como: custo por posição palete, densidade de estocagem, facilidade de movimentação, controle de inventário, FIFO e acesso ao carregamento.

Segundo Viana (1998), o layout é o arranjo de homens, máquinas e materiais; é a integração do fluxo típico de materiais, da operação dos equipamentos de movimentação, combinados com as características que conferem maior produtividade ao elemento humano; isto para que a armazenagem de determinado produto se processe dentro do padrão máximo de economia.

No passado, o layout operacional era subestimado e hoje sabe-se que o layout deve ser coeso com as atividades de suprimentos, manufatura e logística da empresa, pois se bem planejado contribuirá positivamente com o fluxo da produção, representando mínima interferência no *lead time* e *take time* das operações, menor risco de avaria dos produtos e segurança das pessoas e menor tempo de utilização das máquinas e mão de obra.

Layout posicional fixo: o produto ou o sujeito do serviço é muito grande para ser movido ou está em estado muito delicado para ser deslocado como por exemplo um paciente que está recebendo um transplante de coração não pode ser movido. A movimentação fica por conta dos recursos transformadores, utiliza-se grandes áreas e a eficácia deste sistema depende da programação da produção e do acesso ao local de transformação (conflito entre materiais x espaço – canteiro de obras).

Layout funcional ou por processo: trate-se de um processo intermitente, em que os recursos tanto funcionários quanto equipamentos são organizados em torno do processo.

Layout por produto em linha: os recursos produtivos transformadores são localizados linearmente, de acordo com a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado. O fluxo de produtos, informações e clientes é muito claro e previsível, sendo assim fácil de controlar.

Layout celular: utiliza o conceito de famílias de produtos. Os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados (ou pré-selecionam-se a si próprios) para movimentarem-se para uma parte específica da operação (ou célula), na qual todos os recursos transformadores necessários a atender a suas necessidades imediatas de processamento se encontram.

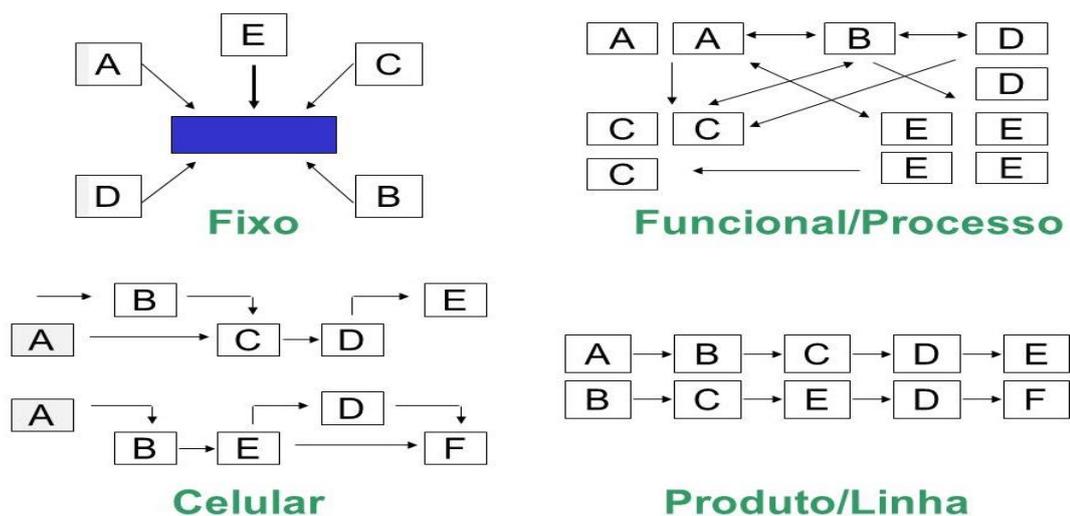


Figura 6: Ilustração dos layouts fixo, funcional/processo, celular e por produto/linha

Layout posicional flexível: Neste caso, a linha de produção é rearranjada rapidamente, de acordo com os produtos e as quantidades produzidas e os equipamentos possuem recursos de movimentação ou adaptação para serem rearranjados.

Layout Fluxo “I” é o que atravessa o armazém, normalmente utilizado quando o fluxo de entrada é similar ao fluxo de saída. O produto entra pelo recebimento, passa pela separação e é expedido.

Layout Fluxo “C” ou “U” onde os produtos entram pelo recebimento, passam pela estocagem nos fundos do depósito e então dirigem-se à expedição que está localizada adjacente ao recebimento do mesmo lado do prédio;

Muther (1978) afirma que o tempo que será despendido para planejar o arranjo físico diminui os riscos de que as perdas tenham grandes proporções para a empresa, e também permite que as mudanças planejadas sigam um cronograma global e coerente, bem como facilita essas mudanças. Os custos para a implantação de um bom arranjo ou de um arranjo deficiente podem ser iguais. Porém, uma vez implantado o arranjo deficiente, os custos para o rearranjo, fazem com que seja quase impossível transformá-lo em um arranjo eficiente.

Uma simples mudança no arranjo físico pode provocar efeitos sobre a produtividade, o conforto e a segurança.

Basicamente, o arranjo físico tem como base três conceitos fundamentais: (1) Inter-relações (grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades); (2) Espaço (quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados); (3) Ajuste (arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível). Estes três conceitos formam a essência de qualquer planejamento de arranjo físico, independentemente do produto, processo ou extensão do projeto.

2.2.2. Capacidade Estática e Dinâmica

Quando se trabalha com bloco é muito importante saber a Capacidade Estática do galpão, que significa a quantidade máxima de cargas que cabem nas áreas disponíveis para armazenagem para poder determinar se um recebimento é possível antes de executá-lo e também a Capacidade Dinâmica por um determinado período de tempo estipulado que é a Capacidade Estática multiplicada pela quantidade de giros neste período.

Segundo Rodrigues (2015) a Capacidade Estática pode ser facilmente calculada de maneira hipotética, multiplicando-se a área do piso pela resistência estrutural conforme exemplo:

$$\text{Área do Piso} = L \times C \quad (1)$$

$$\text{Resistência Estrutural} = P/A \quad (2)$$

$$\text{Capacidade Estática} = A \times R \quad (3)$$

onde: L: largura (m);
C: comprimento (m);
P: peso (t);
R: resistência estrutural (t/m²);

Outras características que se deve considerar para o cálculo da armazenagem são as dimensões dos contentores, paletes, a relação volume/peso, altura máxima de empilhamento e a separação por lotes ou por tipos de produtos no caso da armazenagem dos REEE, pois 500 Kg de um material de baixa densidade como placas de computadores podem encher facilmente um armazém e 500 Kg de uma material com alta densidade como ventoinhas de cobre podem ser recebidos armazenados com mais facilidade em menor espaço.

Mais um conceito importante é o Tempo Médio de Permanência que está relacionado ao giro da área. Com este dado e a Capacidade Estática, calcula-se a Capacidade Dinâmica.

Conforme citado por Rodrigues (2015), a armazenagem é um processo dinâmico e contínuo com entradas e saídas de matérias e nesta gestão o mais importante é saber a quantidade de cargas que se pode armazenar em um determinado período.

$$\text{Tempo de Permanência} = T_s - T_e \quad (4)$$

Onde: T_s : Tempo de saída (dia);
 T_e : Tempo de entrada (dia).

Para calcular o Tempo Médio de Permanência é comum considerar os últimos 100 lotes que saíram do armazém, observando a tendência.

Por exemplo, considerando que a Capacidade Estática para os REEE armazenados seja 3.500 toneladas e o Tempo Médio de Permanência seja 14 dias, a Capacidade Dinâmica Anual será:

$$\text{Capacidade Dinâmica Atual} = \frac{\text{Capacidade Estática} \times 365 \text{ dias}}{\text{Tempo Média de Permanência}} \quad (5)$$

Logo, quando maior o Tempo Médio de Permanência no armazém, menor será sua capacidade de armazenamento durante o período estipulado.

2.2.3. Área Útil de Armazenagem

Rodrigues (2015) também explica que Área Útil de Armazenagem é o conjunto total de espaços que são realmente destinados a armazenagem, excluindo-se ruas, corredores, pilastras, espaço para movimentações de equipamentos; etc.

Área do Piso – A NR 11 regulamenta que o material empilhado deverá ficar afastado das estruturas laterais do prédio a uma distância de no mínimo 0,50m (cinquenta centímetros).

A Área Útil do Armazém será considerada a Área Ocupada. As Áreas comuns serão a diferença entre a Área Total menos a Área Ocupada.

2.2.4. Altura do Empilhamento

A utilização eficaz do espaço vertical é decisiva na definição da capacidade de uma área de armazenagem. Sobretudo quando os espaços para armazenagem são pequenos, os

empilhamentos devem ser feitos tão alto quanto possível, com o emprego de paleteiras equipadas com torres altas ou empilhadeiras tríplices. Rodrigues (2015).

Quando o armazém possuir um pé direito muito alto, sistemas de empilhamentos modernos como prateleiras removíveis ou gaiolas devem ser utilizados sempre que possível.

Entretanto alguns pontos e limitações devem ser observadas para o empilhamento de determinados produtos tais como:

- Risco de avaria por esmagamento devido a fragilidade da carga ou da embalagem;
- Limitação dos equipamentos de empilhamento;
- Risco de deslizamento devido as embalagens.

Algumas práticas também devem ser adotadas para maximizar a altura de empilhamento como colocar sempre as cargas pesadas em baixo, paletizar cargas a granel, implantar paleteiras.

A Praça Útil é a multiplicação da Altura de Empilhamento pela Área Útil, o que resulta no Volume em m^3 que o armazém consegue receber e armazenar com segurança.

2.2.5. Fator de Estiva

De acordo com Rodrigues (2015) Fator de Estiva é o volume em metros cúbicos ocupados por uma tonelada métrica de mercadoria embalada para embarque. Ou seja, precisa-se saber a quantidade de mercadoria que podemos colocar em um metro cúbico. O Fator de Estiva Médio é $2,63 m^3/t$.

É de extrema importância conhecer o fator de estiva dos produtos que o armazém irá estocar e para isso precisa-se saber a densidade destas mercadorias, a relação entre volume e peso.

Outro dado importante é o fator de estiva médio, já que raramente o armazém estoca apenas um determinado produto, deste modo necessita-se conhecer o fator de estiva de cada produto para então calcularmos a média ponderada de cada mercadoria no peso total da carga armazenada.

2.3. Armazenagem de Produtos

2.3.1. Estoque

De acordo com Rodrigues (2015), as funções básicas de qualquer tipo de estoque são:

- Garantir a disponibilidade de insumos para a produção;
- Atuar como amortecedor durante o período de ressurgimento;
- Reduzir o custo do transporte, pela aquisição de maiores lotes;
- Dispor de produtos acabados para entrega a clientes.

Os gestores das empresas procuram reduzir ao máximo os estoques, pois os mesmos imobilizam o capital e isto altera a rentabilidade da empresa.

2.3.2. Controle do inventário

A palavra inventário origina-se da palavra *inventarium*, que era um termo Romano (latim) para designar um grande documento/lista onde se encontravam registrados os produtos dos armazéns. CPCON (2016).

Segundo Francischini (2004) inventário é uma lista de bens e materiais disponíveis em estoque que estão armazenados na empresa ou então armazenados externamente, mas pertencentes a empresa. Os materiais disponíveis listados em um inventário podem ser utilizados na fabricação de bens mais complexos, podem ser comercializados, dependendo do negócio da empresa e também podem ser desproduzidos para o reaproveitamento dos subprodutos.

O inventário precisa ser minucioso e detalhado para cumprir seu papel, como possuir além das quantidades e nomes dos itens, uma boa descrição deste para que o responsável consiga realizar a conferência com segurança e precisão.

Acuracidade de estoque é um indicador de confiabilidade e qualidade que verifica a relação dos itens existentes nos sistemas de controle com os itens físicos do armazém.

A fórmula para calcular a acuracidade do estoque pode ser expressa em número de registros ou em valor, como demonstrado abaixo:

$$\text{Acurácia} = \frac{\text{Número de itens com registros corretos}}{\text{Número total de itens}} \times 100$$

$$\text{Acurácia} = \frac{\text{Valor de itens com registros corretos}}{\text{Valor total de itens}} \times 100$$

A acuracidade tornou-se tão importante que muitas empresas consideram este indicador como prioritário para atingir um nível de eficiência operacional excelente, pois é fundamental que os produtos se mantenham em seu endereçamento correto, para que não haja impactos negativos na produção, nas vendas dos produtos e no próprio controle de inventário.

3. MÉTODO

Este é um estudo de caso exploratório e de acordo com Gil (2008) o objetivo de uma pesquisa exploratória é familiarizar-se com um assunto ainda pouco conhecido, pouco explorado. Ao final de uma pesquisa exploratória o assunto explorado será mais conhecido e estará apto a construir hipóteses. Como qualquer exploração, a pesquisa exploratória depende da intuição do explorador (neste caso, da intuição do pesquisador). Por ser um tipo de pesquisa muito específica, quase sempre ela assume a forma de um estudo de caso. Como qualquer pesquisa, ela depende também de uma pesquisa bibliográfica, pois mesmo que existem poucas referências sobre o assunto pesquisado, nenhuma pesquisa hoje começa totalmente do zero. Haverá sempre alguma obra, ou entrevista com pessoas que tiveram experiências práticas com problemas semelhantes ou análise de exemplos análogos que podem estimular a compreensão.

No caso da armazenagem para manufatura reversa de REEE há pouco conhecimento científico acumulado ou sistematizado, ficando muitas vezes a teoria em constante conflito com a realidade empresarial.

Neste trabalho, embora definido como exploratório-descritivo, ele acabará servindo mais para proporcionar uma nova visão do problema e aproximará a teoria da realidade, trazendo uma nova visão ao pensamento exclusivamente lucrativo da companhia.

O fluxograma, figura 7 abaixo, evidencia as cinco principais etapas do método exploratório definido para aplicação da solução proposta neste trabalho.

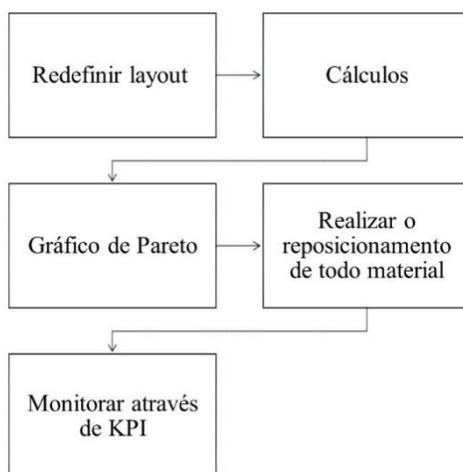


Figura 7: Fluxo do desenvolvimento deste trabalho.

Como primeira ação será redefinido o layout do novo modelo de armazenagem, para então realizar o nivelamento, concretagem do piso e delimitação da área de acordo com a NR 11 e o projeto do Corpo de Bombeiros.

Serão realizados os cálculos de (1) Área Útil de Armazenagem, (2) Altura de Empilhamento e (3) Praça Útil.

Em paralelo também será elaborado o gráfico de Pareto para determinar os endereçamentos no novo layout.

Após estas ações será efetivamente realizado o reposicionamento de todo material já existente no galpão de armazenagem no formato blocado com altura de empilhamento definida. Para este reposicionamento os materiais serão armazenados em caixas cinzas desmontáveis com tampa, figura 8, cujas dimensões são: 1,0 m comprimento x 1,0 m largura x 1,20 m de altura.



Figura 8: Caixa cinza desmontável e com tampa.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. Perfil da Empresa

Pioneira no setor de manufatura reversa, a empresa Rivo realiza desde 1998 o processo de destinação ou reutilização de resíduos eletroeletrônicos gerados pelos ciclos produtivos e produtos obsoletos ou inadequados ao consumo.

Atualmente a equipe é composta por 09 colaboradores entre supervisão, operadores de linha, operador de empilhadeira e líder de operação.

4.2. Perfil dos Produtos e Serviços

Dentre os serviços prestados estão a desprodução, desmontagem e destinação final; coleta, transporte e armazenamento; destruição de documentos confidenciais; destruição supervisionada; assessoria junto à Receita Federal e desenvolvimento de projetos customizados, para atender clientes com demandas específicas.

- Logística Reversa é o processo logístico de retirar produtos novos ou usados de seu ponto inicial da cadeia de suprimento e redistribuí-los usando regras de gerenciamento dos materiais.
- Manufatura Reversa é a solução para a disposição dos resíduos gerados pelos processos produtivos e produtos obsoletos ou fora de especificação.
- Armazenamento Temporário: Materiais que terão restituição de impostos através da Receita Federal.

A manufatura reversa na Rivo não requer estrutura física complexa. Atualmente existem 08 estações de trabalho compostas de parafusadeiras pneumática, ferramentas como chave de fenda, turquesa, alicate, chave *Phillips*, espátula, martelo e caixas para segregação dos subprodutos.

Além das estações de trabalhos a Rivo possui:

- 2 trituradores, sendo um de médio e o outro de pequeno porte;
- 1 empilhadeira;
- 1 máquina de corte a plasma;
- 2 balanças de 1000 kg cada;
- 2 balanças de 100 kg cada;
- Big bags, caixas, bombonas, tambores e gaiolas metálicas.

A média mensal de recebimento da Rivo é 50 t/mês, tendo picos de recebimento de até 120 t/mês, sendo os principais produtos recebidos:

- Celulares e *tablets*;
- Notebooks;
- Desktop;
- CPU;
- Monitores;
- Televisores;
- Placas diversas avulsas;
- HDs avulsos;
- Documentos confidenciais ou produtos (uniformes, mochilas, sacolas, crachás) com a logomarca da empresa para trituração.

Destes produtos consegue-se obter subprodutos com alto valor agregado devido quantidade de metais como ouro, alumínio e cobre.

Pelo valor dos subprodutos *versus* mão de obra para manufatura, é mais rentável a prospecção de clientes que destinem os seguintes itens:

- Placas “soltas” – já fora do equipamento;
- Celulares/*tablets*;
- *Notebooks*;
- *Desktops* e;
- Servidores.

Os subprodutos possuem maior valor de venda e são rápidos para desproduzir.

O quadro 1 exemplifica todos os subprodutos obtidos da desmontagem dos REEE que a Rivo recebe em ordem decrescente de valor de venda em R\$/kg referente ao mês de março 2016. Os processadores, memórias e celulares são os mais valiosos.

SUBPRODUTO	SUBPRODUTO
PROCESSADOR PLÁSTICO	HD
MEMÓRIA	PLACA ÁUDIO E VÍDEO
MEMÓRIA DOURADA	PLACA DE DVD OU VÍDEO
PLACA FILETE	ALUMÍNIO C/ COBRE
PROCESSADOR SLOT1	ALUMÍNIO CHAPARIA
TELEFONIA COMPLETA (PONTEIRAS OU CONECTORES)	ALUMÍNIO MISTO
PROCESSADOR PLÁSTICO - COM CHAPA DE ALUMÍNIO	ALUMÍNIO BLOCO
PLACA DE HD	PLACA PESADA COM PONTEIRA
PLACA LEVE COM PONTEIRA	PLACA PESADA SEM PONTEIRA
PLACA MÃE NOTEBOOK	FIOS E CABOS
PLACA TELEFONIA COM PONTEIRA	DRIVE 1/4 ALUMÍNIO
TELEFONIA SEM PONTEIRA	CABO FLAT
PLACA NOTEBOOK	PLACA PESADA
PLACA LEVE SEM PONTEIRA	PLACA MARROM
PLACA MÃE VERDE REGULAR	CARREGADORES
PLACA LEVE MSTA (ANTIGA PLACA RICA)	CD ROOM
COBRE MISTO	PAPELÃO
PLACA MÃE VERDE	PLÁSTICO
CELULAR QUEBRADO	CD ROOM FERRO
PLACA CONECTOR	DRIVE 1/4 FERRO
PLACA MÃE COLORIDA (PC)	COOLER
PLACA MÃE COLORIDA SOQ. PEQUENO	VENTOINHA

Quadro 1: Subprodutos obtidos da desprodução de REEE na Rivo.

A figura 9 mostra que os principais recicladores de subprodutos de REEE estão na Índia e China, porém a Rivo envia para um reciclador na Bélgica, que possui filial no Brasil, única empresa no ramo, o que acaba por facilitar a negociação, porém há uma perda de valor por não ser venda direta.

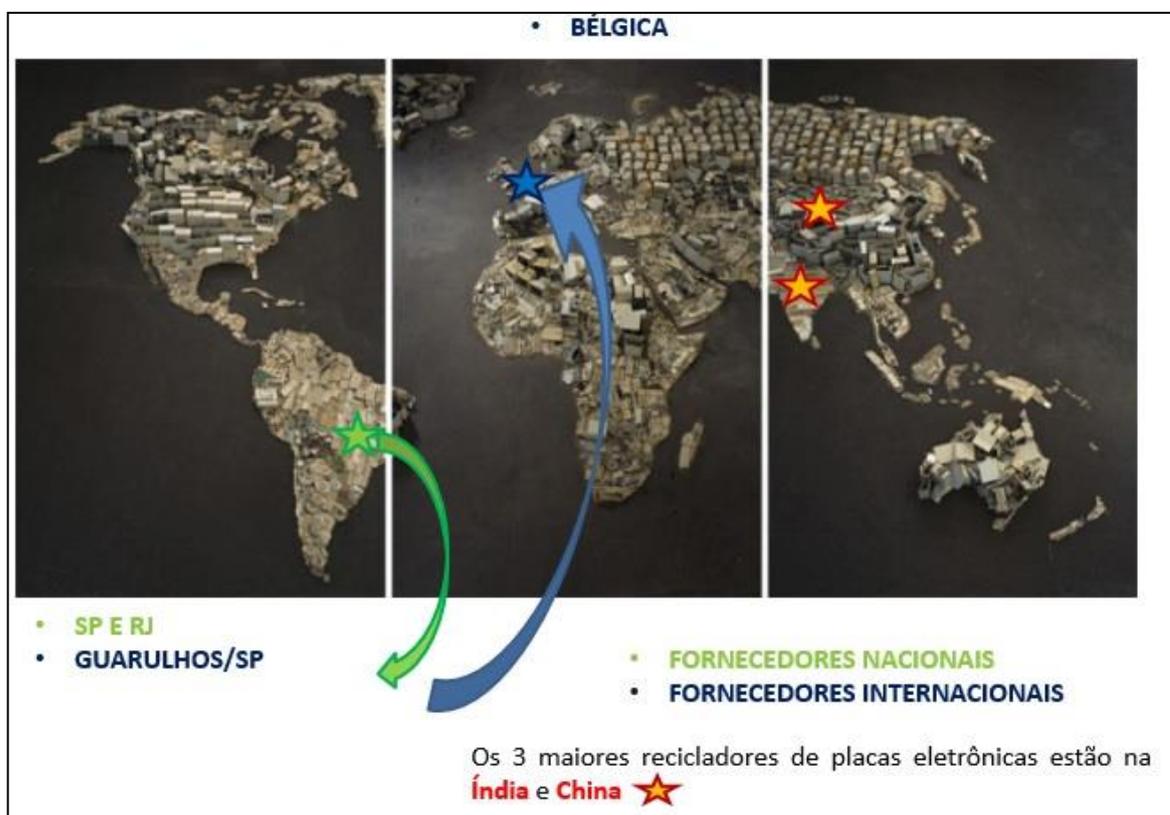


Figura 9: Principais recicladores de REEE no mundo.

4.3. Situação Atual

Com um recebimento médio de 50 t/mês, o galpão de armazenamento tem capacidade para aproximadamente 470,4 m³ de materiais, sendo que o armazenamento é o bloqueado e altura máxima de empilhamentos das caixas é de 4,80 m, o equivalente a 4 caixas.

Esta capacidade é baseada somente em cálculos, pois atualmente o galpão encontra-se lotado e há 125 caixas cinzas e 75 paletes sem empilhamento.

A figura 10 descreve o fluxograma do processo de desprodução após tratativa comercial:

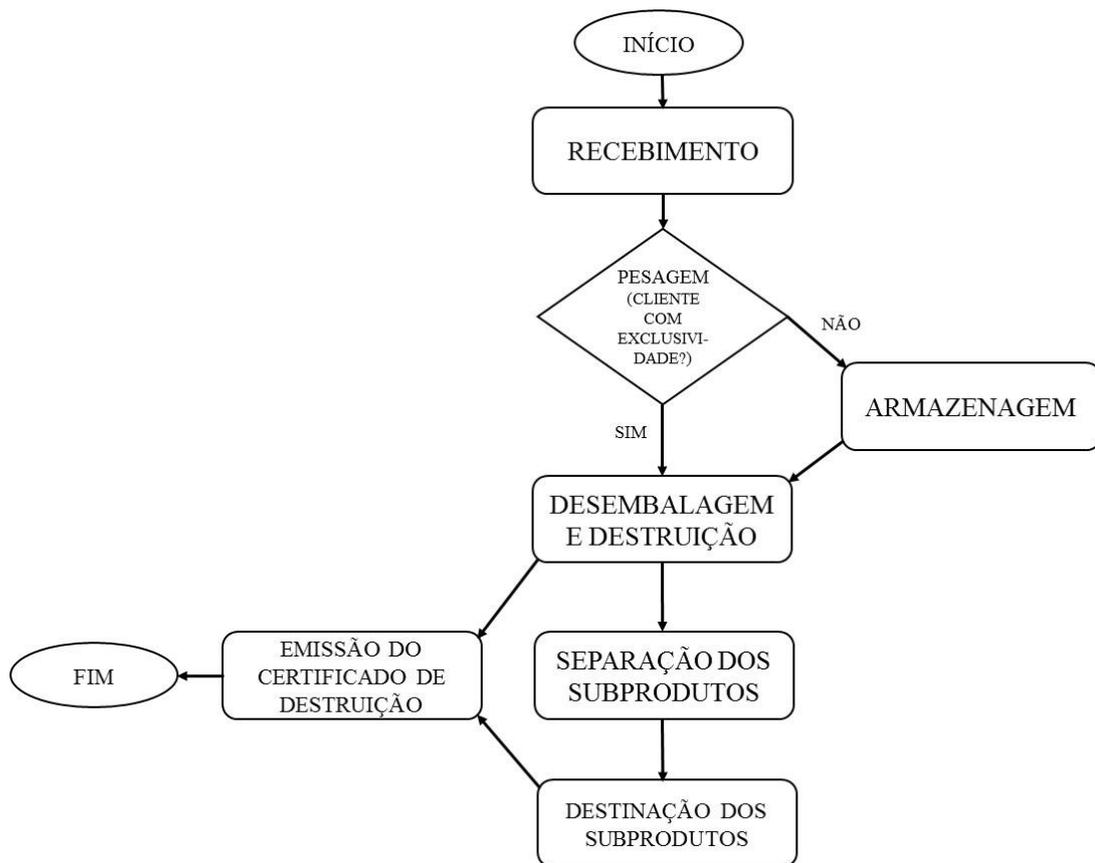


Figura 10: Fluxograma do processo atual da Rivo.

O veículo é recebido na balança, a documentação é conferida e estando tudo correto o operador faz a pesagem. Se o cliente possuir contrato de exclusividade, o material, após ser descarregado, é enviado imediatamente para desprodução, caso não seja contrato de exclusividade, o material, em sua embalagem original, é armazenado no galpão para posterior desprodução.

Após a desprodução, ocorrem simultaneamente dois processos, a emissão do certificado de destruição para o cliente e a separação dos subprodutos para venda.

Finalizada a separação de aproximadamente 10 toneladas de material (geralmente em 8 semanas de desprodução), é realizado um leilão com os fornecedores e então vendido o material. O

fornecedor faz uma nova conferência em sua empresa para então realizar o pagamento a Rivo e emitir o certificado de reciclagem destes subprodutos.

O galpão de armazenagem não possui demarcações, os materiais são colocados em qualquer espaço vazio, não otimizando o processo e sem estarem desembalados. Em cada caixa cinza, mencionada anteriormente, é possível colocar o conteúdo de 3 a 4 paletes dos materiais mais recebidos. Materiais de grande volume, que não cabem nas caixas cinzas, são armazenados conforme embalagem original e desproduzidos o mais rápido possível para diminuir o volume ocupado no galpão.

Em média o galpão da Rivo mantém 150 caixas cinzas em estoque, além de diversos paletes que não podem ser empilhados e encontra-se praticamente lotado, sem visibilidade dos materiais que estão afastados da porta e inapto a receber um grande volume de material de clientes.

Não existe um critério para os materiais que descem para a linha de desprodução, basicamente os que estão na frente são os primeiros a descerem, por isso, materiais muito antigos, continuarão dentro do galpão até que o fluxo do processo de entrada diminua e o estoque seja baixado.

Perde-se um tempo significativo para encontrar os materiais com maior valor agregado de subproduto quando precisa-se aumentar a receita do mês.

Em média a linha de desprodução faz de três a quatro paradas por dia para troca dos produtos sendo que o ideal é que a troca diária seja zero, no máximo uma vez.

Atualmente a receita obtida com os materiais recicláveis é de R\$ 160K/mês, sendo celulares triturados, processadores e memórias responsáveis por 80% deste valor.

Não há controle de giro do estoque, materiais de 05 anos atrás ainda estão no fundo do galpão para serem desproduzidos e devido a isso, não há como verificar condições de segurança como entrada de animais peçonhentos nas caixas, acúmulo de poeiras e até fezes de animais, o que pode causar problemas a saúde dos funcionários da empresa. Também não há um controle de inventário, pois os materiais que já estavam em caixas cinzas não possuem identificação, não é possível saber de qual cliente vieram, data de entrada no armazém ou a quantidade recebida.

4.4. Situação Futura

Primeiramente a Rivo iniciou o processo de nivelamento e concretagem do piso do galpão e após concluído serão realizadas as adequações solicitadas pelo Corpo de Bombeiros para atender a legislação vigente de Segurança.

O galpão foi concretado em dois momentos, em maio de 2016, pois não há espaço disponível na planta para esvaziar o galpão temporariamente, executar as obras e recolocar o material estocado.

Após as obras e adequações dos bombeiros, será realizado o endereçamento das ruas, identificação do espaço para materiais da Receita Federal com placas, pintura do solo e etiquetas.

O endereçamento será realizado visando otimizar a desprodução na linha de operação, facilidade na escolha dos materiais e atender ao prazo para giro do estoque de 06 meses.

Os principais endereçamentos estão representados no layout da figura 11:

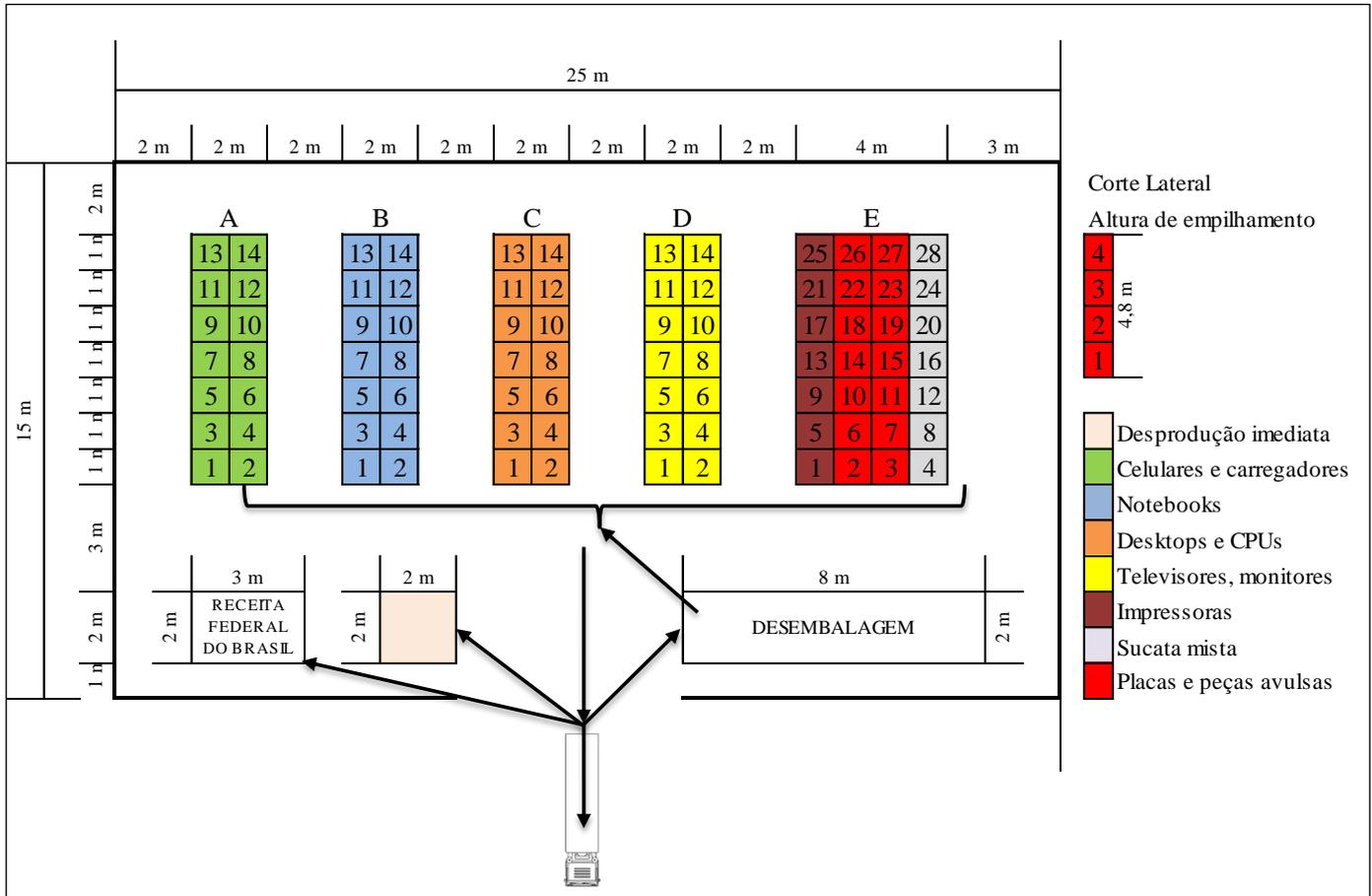


Figura 11: Novo layout do galpão de armazenagem

Área Útil de Armazenagem = $(14 \text{ m}^2 \times 4 \text{ ruas}) + 28 \text{ m}^2$ da coluna E + 6 m^2 da Receita Federal do Brasil + 4 m^2 da desprodução imediata + 16 m^2 da desembalagem = 110 m^2 .

Altura de Empilhamento = 4,8 m.

Praça Útil de Armazenagem = $110 \text{ m}^2 \times 4,8 \text{ m} = 528 \text{ m}^3$.

Quantidade de caixas cinzas que cabem no galpão com as quantidades = $\text{Praça Útil de Armazenagem} / \text{volume da caixa cinza}$.

Quantidade de caixas = $528 \text{ m}^3 / 1,2 \text{ m}^3 = 440 \text{ caixas}$

A rua E difere-se das outras ruas, pois o giro de estoque é alto, 2 vezes ao mês. Materiais como impressoras, placas, peças avulsas e sucata mista tem alta rotatividade e são retirados do estoque, seja para desprodução em empresa parceira do grupo ou para venda para os

fornecedores quinzenalmente, então será possível manter as fileiras juntas, já que o estoque está sempre baixo e é movimentado simultaneamente.

No novo layout os materiais que chegam ao galpão podem ir para 3 posições distintas: armazenagem para conferência do fiscal da Receita Federal do Brasil, aguardando desprodução imediata, ou desembalagem.

Neste último caso, os materiais são colocados nas caixas cinzas, identificados com uma bandeira que indicará tipologia e data de entrada, para serem armazenados nas ruas de A-E e aguardarem a desprodução.

Na figura 12 está o gráfico de Pareto com a quantidade de produtos que foram recebidos na Rivo de 2014 até maio de 2016.

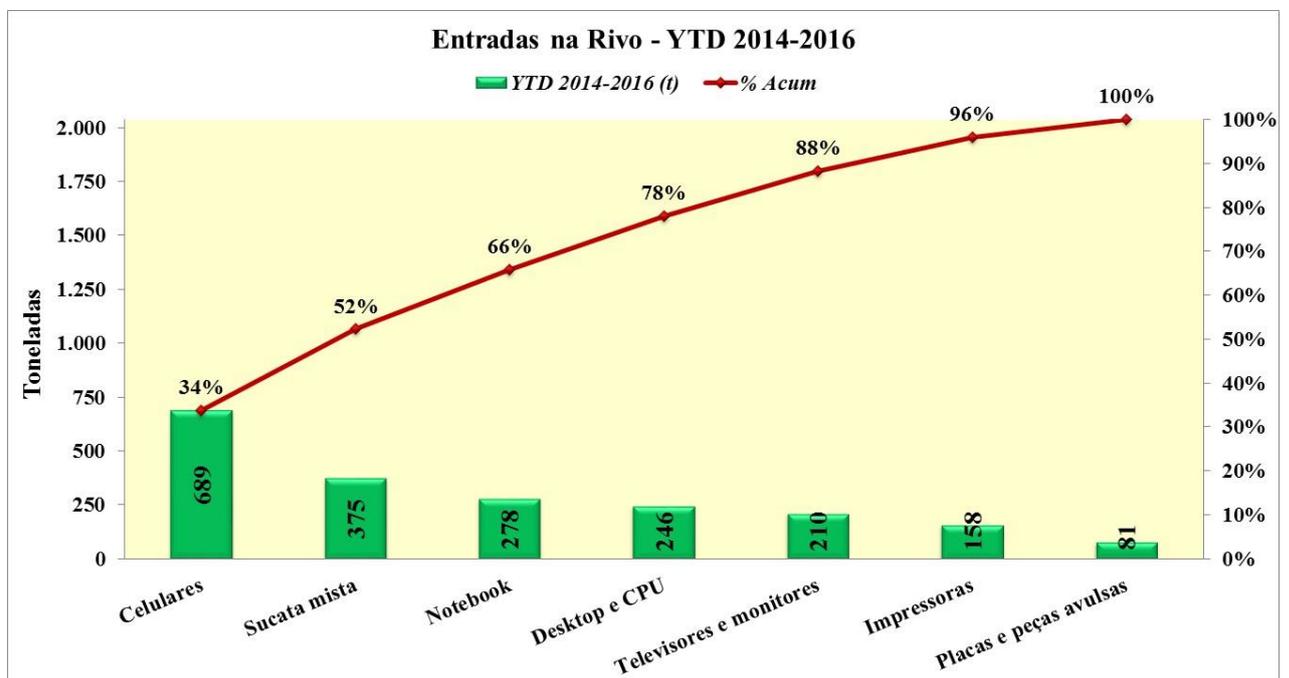


Figura 12: Pareto com quantidade dos produtos de 2014 a 2016.

Os principais produtos recebidos foram celulares com 34%, sucata mista com 18%, notebook com 14% e desktops e CPUs com 12%, o que representa um total de 78%, 1.588 toneladas.

O novo fluxo de processo foi representado pela figura 13:

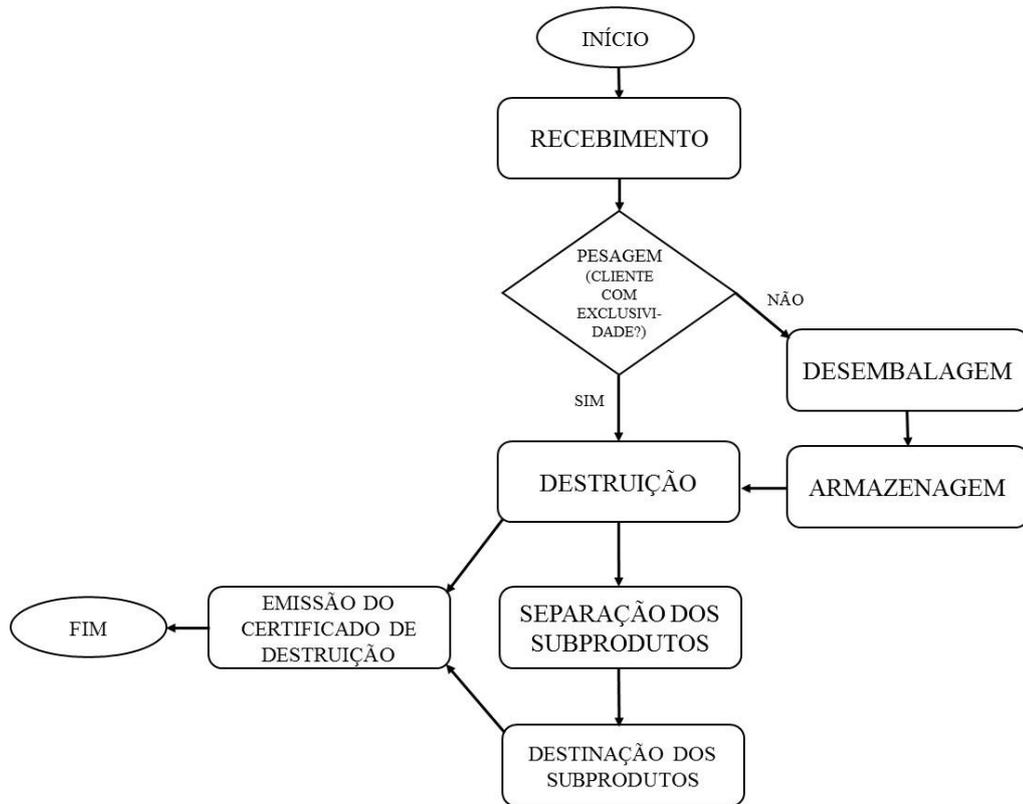


Figura 13: Novo fluxo de processo

Neste fluxo, a diferença é que os materiais serão desembalados e armazenados conforme citado anteriormente. Não haverá armazenagem de paletes, somente caixas cinzas ou máquinas com grande volume que não cabem nas caixas.

Existem dois indicadores que servirão de base para verificar se o novo endereçamento está funcionando. São eles:

- Receita com a venda dos recicláveis;
- Quantidade de trocas de linha de produtos por dia na descaracterização. Ex: descaracterização de um lote de notebooks para um lote de celulares. O ideal é que a quantidade de trocas seja a menor possível, pois a produtividade aumenta, sendo que não há paradas para desembalagem, troca de ferramentas e os subprodutos são os mesmos.

A receita com a venda dos subprodutos é diretamente proporcional a escolha do material onde estão os endereços.

4.5. Discussão e Análise dos Resultados

Atualmente 100% do galpão foi concretado e todos os materiais já estão em caixas cinzas identificadas. Os materiais muito antigos já foram enfileirados de maneira a serem os primeiros a irem para a linha de desprodução para que o estoque obedeça ao critério de eliminar os materiais que estão armazenados há mais de 6 meses.

Apenas com a reorganização do armazém, já foi possível iniciar o bloco e empilhar no endereçamento correto as 150 caixas que, antes, lotavam o armazém de maneira desordenada.

A receita com a venda dos recicláveis no período de abril e maio foi de R\$ 400K, um aumento significativo de 150% com relação à média obtida nos períodos anteriores, onde os materiais eram escolhidos aleatoriamente.

Foi possível completar uma semana de trabalho com zero trocas na linha de produção, isto é, em 5 dias úteis os operadores de linha trabalharam exclusivamente com a desprodução de celulares, o que zerou o estoque e possibilitou este aumento na receita.

Outro ponto importante a ser relatado é que os funcionários da Rivo ficaram mais motivados devido a melhora na parte estrutural do galpão, o que facilitou a movimentação da empilhadeira e da paleteira, delimitação de um espaço dedicado para a desembalagem, que antes era feita fora do galpão em qualquer lugar disponível e sujeito a intempéries e também devido à redução de paradas na linha, deixando o fluxo contínuo, a tenda de desprodução mais organizada e segura.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que após estudo e planejamento de um novo layout em bloco, foi possível reorganizar o galpão de armazenagem, fazendo com que o estoque, que não possuía giro, girasse em sua totalidade no mínimo a cada 6 meses. Todo o material passou a ser segregado em caixas cinzas, identificadas por tipo de material e clientes de origem, a supervisão pode escolher com qual material vai trabalhar e reduziu as paradas de linha de 4 a 5 por semana para uma, o que consequentemente aumentou a receita com a venda dos subprodutos.

A área útil do galpão foi otimizada com as caixas cinzas, pois é possível empilhar até 4 caixas e antes não era possível empilhar os paletes, pois não havia estabilidade da carga, os paletes não possuíam o mesmo tamanho e dimensão.

A gerência operacional da Rivo, sempre relutante com este novo modelo de layout, está se convencendo que esta estrutura é mais adequada que a anterior, por ser possível alcançar os materiais de todos os lados, que o giro de estoque não é somente devido a questão de saúde ocupacional e sim boas práticas de armazenagem, além da nítida melhora visual, o que faz com que os clientes e potenciais clientes tenham uma melhor imagem da empresa. Deve-se manter este trabalho, pois comprovou-se que houve aumento na receita e melhora significativa no processo de desprodução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI (2013) Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos - Análise de Viabilidade Técnica e Econômica – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, Brasília, DF.
- CPCON (2016) CPCON Soluções Corporativas. Disponível em <http://www.cpcon.eng.br/gestao-patrimonial/controle-patrimonial/inventario/>. Acesso em: 14.mai.2016.
- E-WASTE GUIDE (2016) Guia do Lixo Eletrônicos. Disponível em www.ewasteguide.info/brazil-1. Acesso em: 12.fev.2016.
- Francischini, Paulino G. (2004) Administração de Materiais e do Patrimônio. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Gil, Antonio Carlos. (2008) Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- Giroto, R.M. (2006) Caracterização de um Modelo de Armazenagem Horizontal: Estudo de Caso.
- Leite, P.R.; N. Lavez e V.M. de Souza (2009) Fatores da Logística Reversa que Influem no Reaproveitamento do “Lixo Eletrônico” – um estudo no setor de informática — Anais do SIMPOI.
- Muther, Richard (1978) Planejamento do layout: sistema SLP. São Paulo: Edgard Blücher.
- Pereira Jr. J.F (2011) Manuseio de Materiais e Equipamentos Fora de Estrada – Aula de Armazenagem Anhanguera Educacional.
- R. Y. Natume a, F. S. P. Sant’Anna (2011) Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos.
- Rodrigues, P.R.A (2015) Gestão Estratégica da Armazenagem, Aduaneiras Informações Sem Fronteiras, São Paulo.
- Viana, João José (1998) Administração de materiais: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas.