

# ANÁLISE DE ARRANJO FÍSICO EM EMPRESA PRODUTORA DE CAFÉ CEARENSE

**Larissa Queiroz Lima Verde (UFC)**

larissaqlv1@gmail.com

**Maiara Musy Araujo (UFC)**

maiaramusy@gmail.com

**Marcelo Elias Oka de Lima (UFC)**

marceloeliasoka@gmail.com

**Rayanna Reboucas de Medeiros (UFC)**

Rayannarmed@gmail.com

**LUCAS DAMASCENO DE ALMEIDA FRANCE (UFC)**

DAMASCENOAF@HOTMAIL.COM



*Este artigo tem como objetivo discutir uma nova proposta de arranjo físico em uma fábrica produtora de café torrado e moído no Ceará. O estudo de arranjo físico se configura como uma decisão com impactos significativos nas operações produtivas, constituindo um fator essencial para o desempenho dos objetivos das operações. Nesse contexto, com o intuito de se colher informações de processos e do layout atual da empresa, foram realizadas visitas e entrevistas com colaboradores da organização, nas quais se obteve dados de capacidade produtiva, de processos fabris e das nominais de maquinários. O arranjo físico fabril atual foi estudado e caracterizado como misto e de produção em massa, tendo como suas maiores lacunas desperdícios de movimentação, transporte e problemas de estocagem. Com isso, uma nova proposta de layout foi elaborada, na tentativa de se extinguir os desperdícios e aumentar a produtividade e eficiência da indústria.*

*Palavras-chave: arranjo físico; capacidade de produção; desperdícios; produtividade.*

## 1. Introdução

No contexto organizacional, o estudo de arranjo físico se configura como uma decisão com impactos significativos nas operações produtivas, constituindo um fator essencial para o desempenho dos objetivos das operações. Além disso, o impacto nos custos de produção e os elevados investimentos para construir ou modificar um arranjo físico reforçam a importância estratégica dessas decisões para o sucesso de uma organização (Peinado e Graeml, 2007).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), o *layout* é uma manifestação física do tipo de um processo produtivo, ou seja, as características de volume-variedade da operação são determinantes para escolha do arranjo físico de uma organização. Nesse contexto, para Peinado e Graeml (2007) existem quatro tipos básicos de *layout* para atender às diversas características produtivas das empresas: por produto, celular, posicional e funcional, os quais serão descritos ao longo deste estudo, e ainda, o *layout* misto.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar, criticar e propor melhorias sobre o arranjo físico da fábrica de uma organização que produz, exclusivamente, café torrado e moído.

Para isso, foram levantadas informações sobre o ambiente competitivo da organização, aspectos estratégicos e operacionais da empresa, características físicas do local de produção e armazenagem dos produtos, além de alguns indicadores financeiros. Posteriormente, foi realizada a análise do arranjo físico com intuito de propor um *layout* com movimentações menores e fluxos de pessoas e materiais mais organizados, podendo causar impactos positivos nos custos da empresa.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1 Caracterização de arranjo físico

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), o arranjo físico da organização consiste no posicionamento físico dos recursos transformadores das operações. Os autores ressaltam alguns pontos que devem ser considerados para se obter um bom arranjo físico, sejam eles: segurança inerente, extensão do fluxo, clareza de fluxo, conforto para os funcionários, coordenação geral, acessibilidade, uso do espaço e flexibilidade de longo prazo. Dessa forma, o posicionamento de recursos transformadores e transformados deve ser uma decisão que

envolve múltiplos fatores, buscando evitar padrões de fluxos muito longos, operações imprevisíveis ou interrupção no funcionamento de operações.

Correa e Correa (2006) já haviam afirmado que o objetivo primordial das decisões sobre arranjo físico é apoiar a estratégia competitiva da operação, devendo o projeto de *layout* estar alinhado às prioridades da empresa. Para os autores, o arranjo físico adequado minimiza os custos de manuseio e movimentação interna de materiais, permite um uso mais eficiente da mão de obra, facilita a comunicação interna, facilita o fluxo de pessoas e materiais no processo, incorpora medidas de qualidade e facilita o cumprimento de exigências legais de segurança no trabalho.

## 2.2. Tipos de arranjo físico

Segundo Peinado e Graeml (2007) quatro tipos básicos de *layout* podem ser identificados, sendo eles por produto, funcional, celular e fixo, cada um correspondendo a um diferente nível de volume e variedade de produtos ou serviços. O autor acrescenta ainda o *layout* misto, no qual as operações da fábrica podem combinar elementos dos demais tipos de *layout* a fim de aumentar o desempenho do sistema produtivo.

Segundo a descrição de Slack, Chambers e Johnston (2009), pode-se afirmar que:

No *layout* posicional, o recurso transformador permanece estacionário, enquanto máquinas e equipamentos se movem conforme necessário. Esse tipo de arranjo físico tende a ser determinado pelo tamanho e pela fragilidade do produto ou serviço.

Já no *layout* funcional os recursos ou processos similares são posicionados em conjunto, buscando que elevar a utilização desses recursos. Além disso, diferentes produtos podem percorrer roteiros distintos, aumentando a flexibilidade do processo.

No arranjo celular, os recursos transformados se movimentam para uma parte específica da operação para então serem processados pelos recursos transformadores. É válido ressaltar que esse tipo de *layout* pode ter como precedente um arranjo físico funcional ou por produto.

O último dos tipos básicos de arranjo físico é o por produto, que tem como característica principal localizar os recursos transformadores em função dos transformados, os quais costumam seguir um fluxo em "linha".

Diante desses conceitos, é possível levantar algumas vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico, como foi citado por Peinado e Graeml (2007). Essas informações foram compiladas na tabela abaixo:

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens dos tipos de Arranjos Físicos

	Vantagens	Desvantagens
Por produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Produção em massa com alta produtividade</li> <li>-Controle de produtividade simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Altos investimentos em equipamentos</li> <li>-Monotonia no trabalho para os operadores</li> <li>-Baixa flexibilidade</li> <li>-Fragilidade a paralisações e subordinação aos gargalos</li> </ul>
Funcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alta flexibilidade</li> <li>-Baixo investimento para instalação da indústria</li> <li>-Maior margem de contribuição do produto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fluxo longo dentro das operações</li> <li>-Dificuldade de balanceamento</li> <li>-Exigência de mão-de-obra qualificada</li> <li>-Maior necessidade de setup de máquinas</li> </ul>
Celular	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menor transporte de material</li> <li>-Aumento da flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produto</li> <li>-Diminuição de estoques intermediários</li> <li>-Maior motivação dos operadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grande especificidade para produção (apenas uma família de produtos)</li> <li>-Dificuldade em elaborar o arranjo</li> </ul>
Posicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Não há movimentações do produto</li> <li>-Possibilidade de utilizar técnicas de programação e controle</li> <li>-Possibilidade de terceirização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Complexidade na supervisão e controle da mão-de-obra</li> <li>-Necessidade de áreas externas próximas à produção</li> <li>-Produção em pequena escala e baixa padronização</li> </ul>

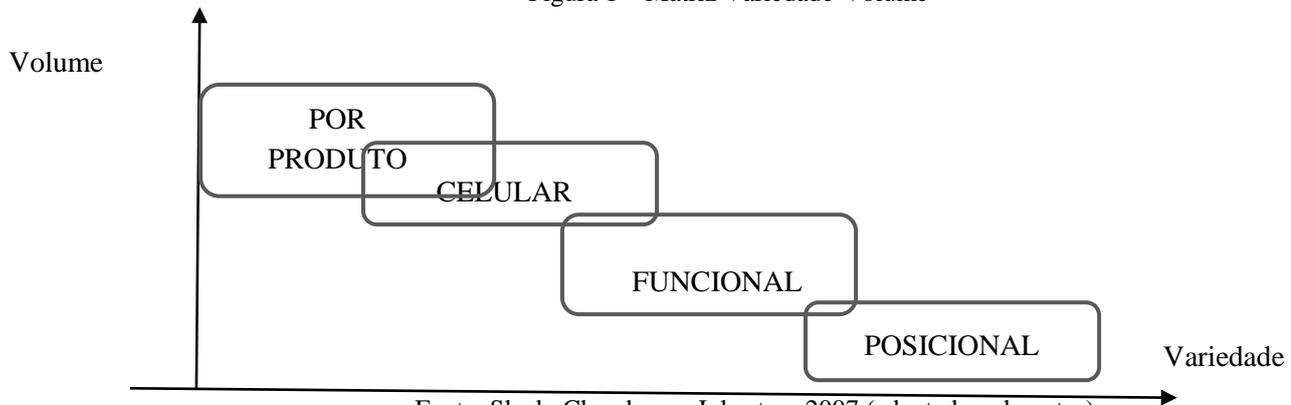
Fonte: Adaptação de Peinado e Graem (2007)

### 2.3. Volume-variedade e tipo de arranjo físico

Fusco *et al* (2003) traz que a decisão quanto ao volume e a variedade de produtos da operação de uma fábrica deve estar diretamente ligada aos objetivos de desempenho da organização.

Slack, Chambers e Johnston (2007) apresentam então a matriz volume-variedade (Figura 1) para decisão do arranjo físico, técnica essa que considera a quantidade e variedade com as quais os produtos são produzidos para analisar os tipos de arranjos físicos.

Figura 1 – Matriz Variedade-Volume



Para os mesmos autores, para um único produto fabricado em larga escala, o arranjo físico por projeto é o mais indicado. Em oposição, caso haja uma grande variedade de produtos em uma produção de baixa variedade, o *layout* posicional é sugerido. Em posições intermediárias da matriz, encontram-se os *layouts* celular e funcional.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), a escolha do arranjo físico pode ser reduzida a poucas opções de acordo com as características de volume e variedade do processo de produção da empresa. Ainda assim, as faixas de volume e variedade em cada tipo de arranjo físico sobrepõem-se, portanto, a decisão final do tipo de arranjo está intimamente ligada a uma análise crítica das vantagens e desvantagens de cada um.

### 3. Metodologia

Este estudo se caracteriza como exploratório, uma vez que “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses” (Gil, 2002, p.41), sendo seu objetivo a proposição de mudanças no arranjo físico de uma indústria produtora de café torrado e moído. Outra classificação que pode ser atribuída a este trabalho, segundo Gil (2002), é a de estudo de caso, o qual pode ser caracterizado pela concentração em poucos objetos estudados de maneira a permitir um vasto conhecimento na aplicação do método.

O estudo foi feito por meio de visita à indústria, comparando os dados obtidos com a literatura. Dessa forma, buscou-se analisar o arranjo físico da organização com base nos padrões existentes e, assim, propor melhorias.

### **3.1 Classificação da Pesquisa**

#### **3.1.1 Ambiente da Pesquisa**

O trabalho foi aplicado em uma empresa de grande porte, produtora de café torrado e moído, que atua no setor alimentício do agronegócio no Ceará. As instalações fabris estão localizadas, junto a uma unidade corporativa administrativa e a um centro de distribuição, em dois terrenos de aproximadamente 1 hectare. Seu principal e único produto é o Café Torrado e Moído, que pode ser empacotado de duas formas: em embalagens Almofada e Vácuo.

#### **3.1.2 Etapas do Processo Produtivo**

Primeiramente, o café cru chega à fábrica e é direcionado para o estoque de matéria-prima. No momento da produção, os grãos, que ainda apresentam impurezas (como galhos ou pedras) são despejados em um silo de recebimento, no qual passam por peneiras e, posteriormente por jatos de água, em uma pré-limpeza. Assim, já tratados, são misturados em quantidade determinada nos silos de armazenamento. Posteriormente, são direcionados por dutos aos torradores, que fazem a torrefação do café. Dos torradores, o café torrado é movimentado aos silos dos moinhos, onde o café é moído e está pronto para ser embalado. Dessa forma, o café que utiliza o tipo de embalagem almofada sai dos moinhos para as o envase nas empacotadoras, que embalam o produto. O outro tipo de embalagem é a vácuo, que é feita por outra máquina com câmaras de vácuo. Por fim, ambos são transportados até os *pallets* para serem montados e levados ao estoque de produto acabado.

Atualmente, o espaço destinado para estocagem de produto acabado da empresa comporta a grande quantidade de café da produção. Desse modo, muitos *pallets* com os produtos ficam próximos aos equipamentos ou no estoque de embalagens por falta de espaço. Abaixo é mostrado o mapeamento geral do processo de produção de café na fábrica.

Figura 2 - Mapeamento do macroprocesso de produção de café Torrado e Moído



Fonte: Autores (2016)

### 3.1.3 Classificação do Sistema Produtivo

Com relação ao volume de produção e o grau de padronização, o processo é definido como em massa, pois, segundo Tubino (2009), esse tipo de operação é empregado em produção de larga escala, com produtos padronizados. Além disso, a indústria em questão apresenta estrutura produtiva especializada e pouco flexível, também características de processo em massa.

Ademais, o processo tem como estratégia a política *Make-to-Stock*, em que a produção é baseada na previsão de vendas, e o estoque de produtos acabados permite o atendimento do cliente em tempo reduzido. Ela é definida por Pacheco e Cândido (2001) como a diretriz adequada a produtos com demanda previsível e altamente padronizados, como é a realidade da empresa em questão.

## 4. Apresentação e Discussão dos Resultados

### 4.1 Capacidade da Produção

Com a finalidade de se elaborar uma proposta de arranjo físico, algumas informações do processo produtivo foram reunidas. Inicialmente, foram coletadas as especificações nominais de alguns dos maquinários que compõem a produção da unidade fabril, conforme especificado abaixo.

Tabela 2: Nominiais dos equipamentos do processo produtivo

Processo	Equipamento	Nominal (Kg/horas)
<b>Empacotamento Linha Almofada</b>	Envase 1 – 250g	1200
	Envase 2 – 250g	1200
	Envase 3 – 100g	510

	Envase 4 – 250g	1200
	Envase 5 – 100g	570
<b>Pré-Limpeza</b>	Moega	15000
	Peneira 1	6000
	Peneira 2	12000
<b>Torrador</b>	Torrador 1	1960
	Torrador 2	1960
	Torrador 3	1800
<b>Moinho</b>	Moinho 1	2250
	Moinho 2	2500
	Moinho 3	2000
	Moinho 4	1000
	Moinho 5	800
	Moinho 6	800
<b>Empacotamento Linha a Vácuo</b>	Envase 500g	1470

Fonte: Autores (2016)

Tem-se então que a capacidade do processo de empacotamento da linha almofada é de 6.150 kg/hora, enquanto para a pré-limpeza é de 33.000 kg/hora. A torrefação e moagem é de 15.070 kg/hora e o empacotamento da linha vácuo opera 1470 kg/hora.

No processo de embalagem à vácuo, a máquina empacotadora da linha a vácuo possui a menor capacidade nominal da linha. Já no processo de embalagem de almofada, a soma das cinco empacotadoras tem a menor capacidade nominal da linha. É válido ressaltar que na linha de café almofada foi considerado a soma da capacidade nominal dos equipamentos, pois só é produzido um tipo de café concomitantemente nessas máquinas.

Observa-se, então, que a menor capacidade dentre todos os processos, é o de empacotamento da linha vácuo, uma vez que conta apenas com uma máquina.

#### 4.2 Caracterização do Arranjo Físico

Hoje, o processo segue uma operação majoritariamente em linha, sendo altamente automatizado e padronizado e com pouca influência dos trabalhadores. Os produtos possuem a composição, ou *blend*, bem definidos, de acordo com cada marca de café vendida.

Além disso, apresenta um caminho próprio de produção, sem fluxos alternativos, em formato de "S", com elevado investimento em capital, características essas que, segundo Peinado e Graeml (2009), indicam um *layout* em linha, como a maioria das indústrias alimentícias. A produção em grande quantidade com pouca diversificação definida por Martins e Laugeni (2006) também classifica o *layout* da unidade em estudo como sendo predominantemente em linha.

No entanto, a operação não apresenta somente características de um *layout* em linha, possuindo um ponto característico de um arranjo físico por processo ou funcional. De acordo com Peinado e Graeml (2009), o arranjo funcional agrupa os processos e equipamentos do mesmo tipo e função em um espaço físico próximo, característica que é bem explícita na atual organização dos elementos na indústria de estudo.

Diante do exposto, o arranjo físico da empresa foi considerado misto, pois apresenta características que se enquadram no arranjo físico em linha e no funcional.

Além disso, outra informação importante é a divisão atual do espaço fabril. O arranjo, da organização estudada, pode ser dividido em três principais áreas, que juntas contemplam doze setores, sendo elas: a área de recebimento da matéria-prima, o café cru; a linha de produção; e a área de estocagem, onde são comportados produtos acabados e embalagens a serem utilizadas nos produtos. Essas áreas e suas ramificações estão apresentadas na figura abaixo.

Figura 3 - Arranjo físico atual



Fonte: Autores (2016)

Tabela 3: Lista de áreas demarcadas

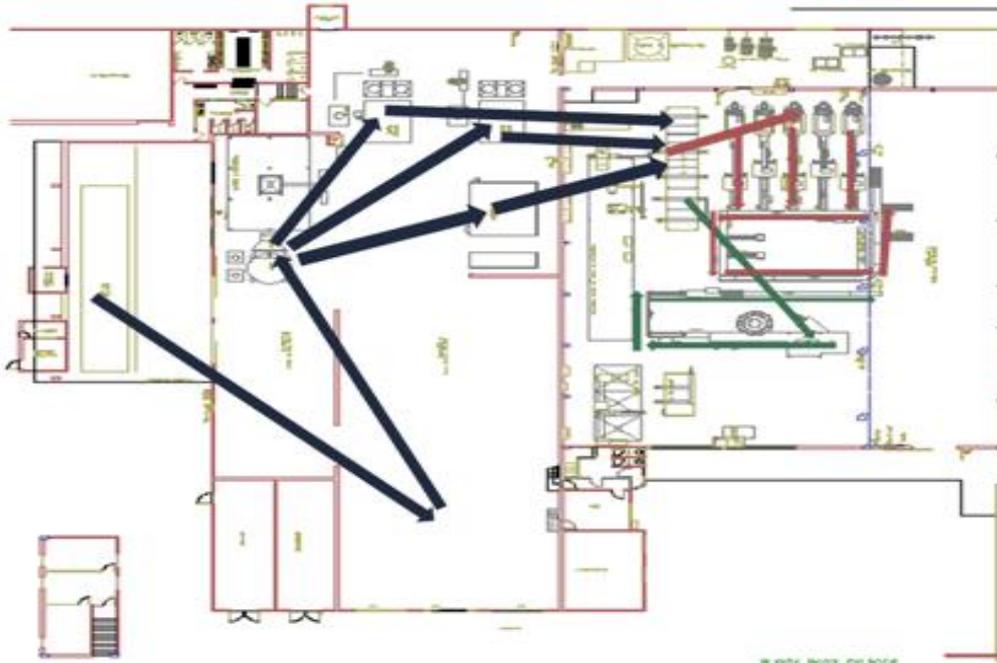
1	Descarregamento de matéria prima	7	Empacotadoras Linha Almofada
2	Estoque de matéria prima	8	Empacotadoras Linha Vácuo
3	Pré-limpeza da matéria prima	9	Estoque de Produto Acabado
4	Silos de armazenamento	10	Estoque de Embalagem
5	Torradores	11	Reprocesso
6	Moinhos	12	Sala do Administrativo

Fonte: Autores (2016)

### 4.3. Análise Crítica do Arranjo Físico

As linhas, na imagem a seguir, mostram o fluxo das linhas de produção. As linhas em azul evidenciam o fluxo que é comum aos dois tipos de produto, o café almofada e a vácuo. As linhas em vermelho mostram os processos próprios da linha almofada e as linhas verdes da linha à vácuo.

Figura 4 - Representação do fluxo de produção

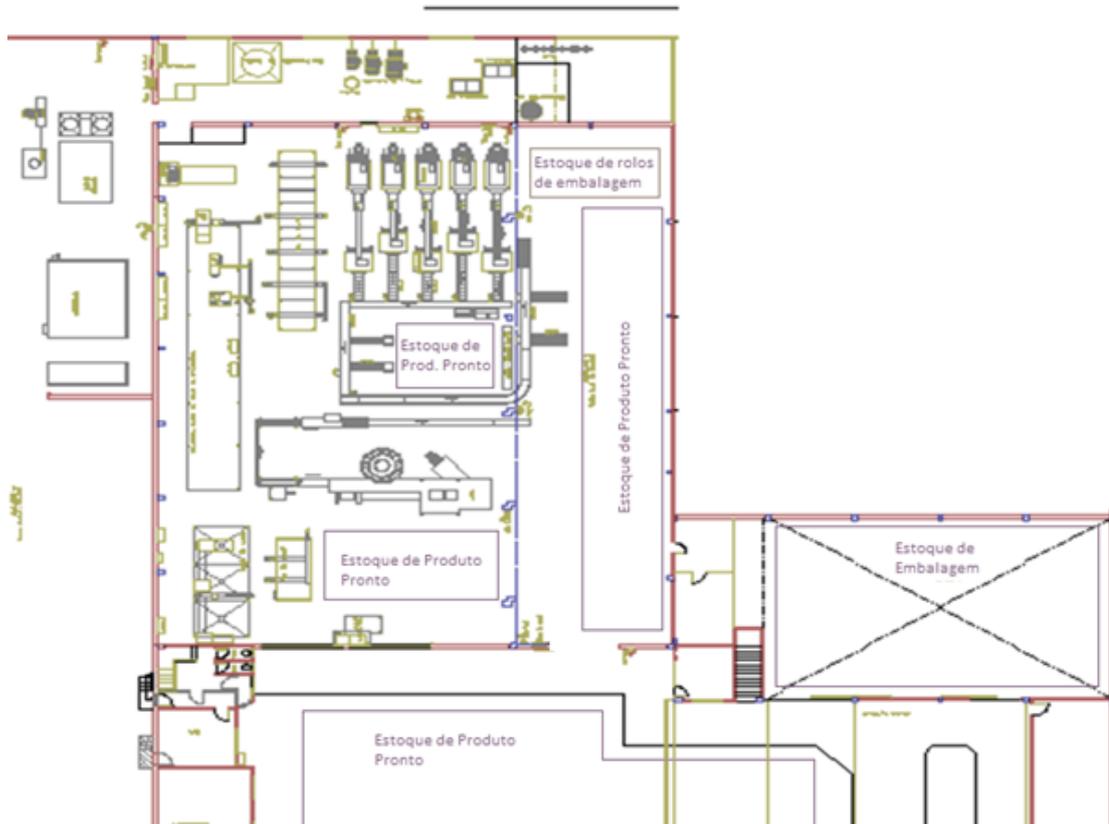


Fonte: Autores (2016)

Todo o transporte entre os processos de transformação, a partir da pré-limpeza, acontece por meio de canaletas e esteiras, o que favorece a rapidez de transporte entre eles. Contudo, percebe-se que os produtos percorrem grandes esteiras que se encontram entre os processos de embalagem primária e secundária. No caso do café à vácuo, esse comprimento é importante para esfriar o produto acabado. No caso do café almofada, esse comprimento excessivo foi devido ao crescimento orgânico e não-planejado da fábrica, bem como a reutilização de antigos equipamentos. Para esse caso, podemos classificar todo esse transporte como um processo que não agrega valor.

Atualmente, devido à política *make-to-stock*, há um grande estoque de produto acabados. Devido à falta de espaço na área reservada para produtos prontos, ele está sendo alocado junto ao estoque de embalagens e nos pontos destacados na figura a seguir.

Figura 5 - Estoque de produtos e embalagens da empresa



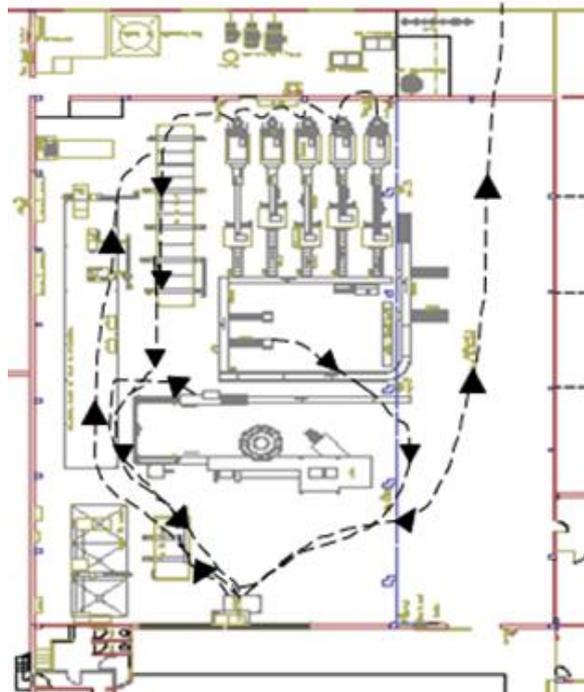
Fonte: Autores (2016)

A forma atual de alocação do material atrapalha o fluxo dos colaboradores para as operações normais e, além disso, impede o fácil acesso às embalagens, acarretando um gasto excessivo de tempo para coleta das embalagens, já que muitas vezes as empilhadeiras precisam remanejar os produtos acabados para coletá-las, configurando uma atividade que não agrega valor ao processo.

Outro ponto identificado foi o reprocesso dos produtos expurgados pelas máquinas de envase. Estes produtos são coletados pelos funcionários e levados a uma máquina de reprocesso, onde irá ser separado pó do café das embalagens. As embalagens são ensacadas e levadas a reciclagem, o pó do café entra para um silo móvel e é levado para o silo dos moinhos.

A imagem a seguir apresenta o Diagrama Espaguete, o qual segundo Oliveira, Monteiro e Ferrari (2010), permite visualizar como um operador se comportou durante o processo, buscando ainda identificar e avaliar os tempos e movimentos gastos na operação que realmente agregam valor ao produto. O diagrama foi realizado observando-se a movimentação dos operadores durante o reprocesso.

Figura 6 - Diagrama Espaguete do reprocesso



Fonte: Autores (2016)

A movimentação dá-se da seguinte forma: em torno de três vezes por turno um colaborador é selecionado para fazer a coleta de cafés do reprocesso nas máquinas. Primeiramente são coletados os cafés da linha almofada, em cada uma das cinco máquinas de envase, os cafés são postos e sacolas plásticas e levados ao maquinário do reprocesso. Da mesma forma ocorre, em outras viagens do operador, com os cafés da linha vácuo e os fardos de 1 kg expurgados pela balança final da linha almofada. Quando coletados todas as unidades de café, o operador começa a colocar uma por uma na máquina de corte de embalagem para o reprocesso do pó.

Percebe-se que o maquinário de reprocesso encontra-se distante da esteira onde os produtos não aceitos na inspeção de peso são direcionados, o que causa uma movimentação

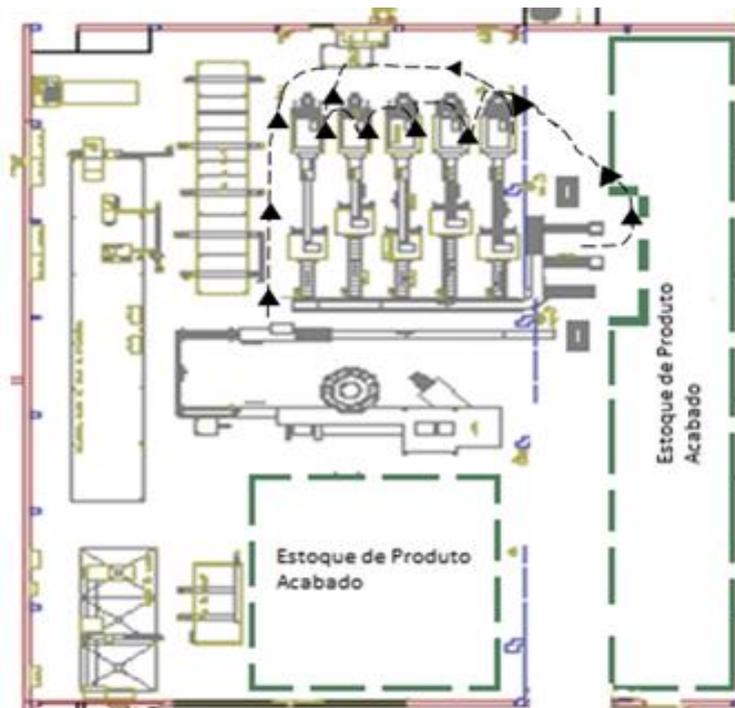


dentro da fábrica causado, por exemplo, por equipamento excessivamente grande e disposto de forma ineficiente, deve ser eliminado. A diminuição do tamanho da esteira reduz, mesmo que numa pequena proporção, o lead time do café almofada, visto que o caminho percorrido na linha pode ser menor.

Com a diminuição da área ocupada pela esteira, é possível reconfigurar as máquinas empacotadoras de forma a alocar próximo a elas o maquinário para reprocesso, facilitando a diminuição de dois dos desperdícios propostos pela manufatura enxuta: movimento e transporte.

O reprocesso seria alocado próximo ao primeiro silo do moinho, em um mezanino, aproveitando melhor o espaço vertical das instalações fabris, além disso, será possível a instalação de uma tubulação fixa ligando os silos, não necessitando mais do transporte do silo móvel. A figura abaixo mostra o novo diagrama espaguete. Por ele percebe-se a diminuição do percurso percorrido.

Figura 8 - Novo diagrama espaguete



Fonte: Autores (2016)

Além disso, a nova configuração proposta melhora a gestão da armazenagem de estoques. Essa melhoria ressalta, dentro do conjunto de práticas 5S, o senso Seiton, de ordenação, que segundo Carpinetti (2012), tem como principais benefícios a facilidade e economia de tempo

para encontrar os objetos procurados. Ademais, a utilização do estoque de embalagens para armazenagem de produtos prontos deverá ser abolida, com o aumento da área útil.

## 5. Conclusão

Diante do exposto, foi possível perceber a importância do arranjo físico para a estratégia de operações e para a eficiência do processo produtivo. Além disso, foi percebida a complexidade da definição de um arranjo físico em específico, pois algumas organizações podem apresentar características de mais de um tipo de *layout* em uma mesma operação. Foi possível concluir, assim, que a indústria em estudo apresenta características predominantes de um arranjo físico em linha, mas também possui uma característica básica de um arranjo funcional, sendo definido, portanto, como um *layout* misto. As proposições de melhoria foram relacionadas ao reposicionamento de maquinário e diminuição de distâncias percorridas pelos produtos prontos. Estas melhorias podem vir a impactar nos tempos de reprocesso, na organização geral da fábrica, melhorando também outros fluxos de trabalho com a reorganização dos estoques. Todas as mudanças podem ser realizadas com baixo custo e esforço. Com o término do estudo inicial, sobre o arranjo físico dessa organização, pode ser sugerida uma pesquisa futura sobre a capacidade de armazenagem dos centros de distribuição do grupo, assim como um estudo sobre o nivelamento entre produção e demanda. Assim, poderia ser identificado com mais precisão o gargalo da cadeia de suprimentos.

## REFERÊNCIAS

- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CORREA, H. L. & CORREA, C. A. Administração de produção e operações, manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2006
- DENNIS, Pascal. Produção Lean Simplificada. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FUSCO, José Paulo Alves; SACOMANO, José Benedito; BARBOSA, Fabio Alves; AZZOLINI, Walter Junior. Administração de operações: da formulação estratégica ao controle operacional. 1. ed. São Paulo: Arte e Ciência, 2003.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P., Administração da Produção, 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
- OLIVEIRA F. L; MONTEIRO H; FERRARI V. M. Aplicação do processo Lean na Cabine de Pintura. São Paulo: Biblioteca UNIVASP, 2010.
- PACHECO, R. F.; CÂNDIDO, M. A. B. Metodologia de avaliação da viabilidade de mudança de estratégia de gestão da demanda de MTO para ATO. Não publicado. PUCPR, 2001.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais e serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. Atlas, 2009.

SLACK, N.; LEWIS, M. Estratégia de Operações, 2ed. São Paulo: Bookman, 2009.

TUBINO, D.F. Planejamento e controle da produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.