

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM PRODUTO POR
MEIO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DIAGRAMA DE ESPAGUETE EM
UMA EMPRESA DE PRODUTOS PARA DIAGNÓSTICO *IN VITRO***

Emilia de Jesus Macedo

Orientador: Júlio Cesar Ferreira

RESUMO

A essência do lean manufacturing é a contínua eliminação de desperdícios. O diagrama de espaguete é uma ferramenta lean que ajuda a estabelecer o layout ideal a partir das observações das distâncias percorridas na realização de uma determinada atividade ou processo, visando reduzir as movimentações desnecessárias. O objetivo deste estudo é analisar as movimentações de um processo de fabricação de uma indústria de produtos para diagnóstico in vitro, por meio da ferramenta Diagrama de Espaguete. Para tal, foi selecionado um setor da área produtiva e foram mapeados os produtos fabricados nesta área. Por meio deste mapeamento, foi efetuada uma análise de demanda destes produtos e foi selecionado o item com maior valor agregado (demanda e margem de lucro). Com isso, foi definido o processo a ser estudado. Os resultados obtidos foram otimizações a curto e a longo prazo. Foram recomendadas ações simples e de baixo investimento, sem alterar o layout atual, visando aumentar a produtividade a curto prazo. Posteriormente, foram propostas ações de automação e redefinição de layout para reduzir a movimentação e tornar o fluxo do processo coerente e lógico. Contudo, para aderir a proposta, tem-se necessário alto investimento em automação e reforma da fábrica.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing, Diagrama de Espaguete, Layout, Arranjo Físico, otimização.*

INTRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System – STP*) tem sido referenciado como “sistema de produção enxuta”. Este sistema revolucionou a indústria automotiva, levando a melhores resultados com menos esforço, dinheiro, tempo e espaço em comparação com o sistema operacional tradicional. A finalidade é alcançar metas de melhor qualidade, com menor custo, por meio do engajamento das pessoas em relação às metas. A essência do STP é a contínua eliminação de desperdícios e a sistemática resolução de problemas. (SELAU et al., 2009; PACHECO, 2014; DEGUIRMENDJIAN, 2016).

Tapping e Shuker (2010), definem desperdício como “qualquer coisa que adicione custo ou tempo sem acrescentar valor. É algo que está sendo executado e que não tem valor para os clientes, mesmo que possa estar incluído no custo total”. O *Kaizen* é uma ferramenta *lean* que tem por objetivo reduzir/eliminar as atividades dos processos operacionais e/ou negócios que não agregam valor e aumentam os custos do produto. É uma análise construída a partir de sete categorias de desperdícios: i) excesso de produção; ii) estoques elevados; iii) refugos e retrabalho (defeitos); iv) movimentação desnecessária nas operações; v) processamento inapropriado; vi) espera; e vii) transporte desnecessário de materiais, produtos e/ou ferramentas. (KHAN et al., 2018; CHIARINI et al., 2018; ARYA; CHOUDHARY, 2015).

O diagrama de espaguete é uma ferramenta *lean* que ajuda a estabelecer o layout ideal a partir das observações das distâncias percorridas na realização de uma determinada atividade ou processo. A ferramenta baseia-se em um diagrama utilizado para visualização, ao longo de um fluxo, da movimentação de materiais, informações e pessoas (FREITAS, 2013; LEXICO *LEAN*, 2003). Um dos principais desperdícios é a movimentação desnecessária nas operações internas que não agrega valor ao produto. Para Arya e Choudhary (2015) movimentar os materiais ou itens entre os postos de trabalho adiciona apenas custo para o produto e, portanto, a movimentação deve ser reduzida o máximo possível na indústria.

Problematização:

A empresa objeto de estudo é fabricante de produtos para fins diagnósticos e de uso laboratorial. Seus processos são basicamente semiautomatizados e manuais (artesanais). A gestão operacional está em busca de investimento para automação de seus processos e alteração de *layout*. Para tal, está buscando embasamento para obter assertividade. Dessa forma, este estudo visa avaliar seus processos, identificar pontos de desperdício e os gargalos para corrigi-los e/ou melhorá-los. Para tal, serão abordados os processos de uma linha de produção da empresa em que será realizado o mapeamento do processo e a elaboração do diagrama de espaguete.

Objetivos da Pesquisa:

Objetivo Geral: O objetivo deste estudo é analisar as movimentações de um processo de fabricação de uma indústria de produtos para diagnóstico *in vitro*, por meio da ferramenta Diagrama de Espaguete.

Objetivos Específicos:

- Buscar junto a literatura os conceitos pertinentes sobre a temática abordada;
- Elencar os processos produtivos do setor;
- Definir um produto para mapear o processo de fabricação;
- Elaborar o diagrama de espaguete;
- Identificar os pontos de desperdício;
- Avaliar as correções e oportunidades de melhoria do processo.

Justificativa

A partir deste estudo os gestores das áreas pretendem definir novos *layouts* produtivos, com fluxos contínuos, e embasar argumentos para investimento financeiro em automação para a alta Diretoria.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção demonstra a pesquisa literária realizada sobre os temas abordados para embasamento do estudo.

Lean Manufacturing

Na década de 1980, a Toyota chamou a atenção do mundo todo quando algo de especial havia na qualidade dos automóveis fabricados e na eficiência da produção da empresa japonesa. Os veículos duravam mais tempo do que os automóveis americanos e a manutenção era muito menor. Carros eram mais velozes e confiáveis a um custo competitivo. Era a terceira maior empresa fabricante de automóveis no mundo, atrás da General Motors e da Ford; entretanto, de longe a mais lucrativa do que qualquer outra indústria do setor. Grande parte de seu sucesso provém de sua qualidade. Mas qual o grande segredo para o sucesso da Toyota? Sua excelência operacional, baseada nos métodos de melhoria contínua e ferramentas, que ajudaram a provocar a revolução da “produção enxuta” (DEGUIRMENDJIAN, 2016).

O sistema Toyota de produção (*Toyota Production System – STP*) tem sido referenciado como “sistema de produção enxuta”. O termo *Lean* foi cunhado originalmente no livro *A Máquina que Mudou o Mundo*, de Womack et al. (1992), no qual se evidenciaram as vantagens no uso do STP. O estudo evidenciou, entre outras questões, que o STP proporcionava expressivas diferenças em relação à produtividade, qualidade, desenvolvimento de produtos, e explicava o sucesso da indústria japonesa na época. O sistema revolucionou a indústria automotiva, levando a melhores resultados com menos esforço, dinheiro, tempo e espaço em comparação com o sistema operacional tradicional. A finalidade é alcançar metas de melhor qualidade, com menor custo, por meio do engajamento das pessoas em relação às metas. A essência do STP é a contínua eliminação de desperdícios e a sistemática resolução de problemas. (SELAU et al., 2009; PACHECO, 2014; DEGUIRMENDJIAN, 2016).

O *Lean manufacturing* surgiu de uma grande crise no Japão, que vivia com o fim da segunda guerra mundial e necessitava de mudanças urgentes para

superar esta fase. É o modelo de gestão que foca na criação de fluxo de produção limpa, sem desperdícios, reduzindo o tempo entre o pedido e a entrega do produto ao cliente. Este modelo de gestão propõe a redução de sete tipos de desperdícios no processo produtivo: “superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos” (MANFREDINI & SUSKI, 2010).

A Produção Enxuta visa aumentar a taxa que agrega valor com a eliminação das perdas. O valor é especificado visando atender as necessidades do cliente, contudo cabe as empresas descobrirem quais são essas necessidades e como saná-las. Deve-se cobrar por isso um valor específico para se manter no negócio e aumentar os lucros via a melhoria de seus processos, focando em redução de custo e a entrega com qualidade. Logo, para eliminar as perdas e, tudo o que não agrega valor ao produto, faz-se necessária a identificação dos desperdícios acordo com os sete tipos de perda instituídos pelo STP (ROMERO, F., ANDREY, P., 2016; OHNO, 1997; SHINGO, 1996):

A tabela 01 apresenta os 07 desperdícios avaliados pelo STP.

Tabela 1 - Tipos de Perdas. Fonte: Adaptado de Liker e Meier (2007) e Antunes et al, (2008).

Tipo de Desperdício	Descrição
Superprodução	As perdas por superprodução podem ser geradas por produção em quantidade excessiva e pela antecipação da produção sem que haja necessidade efetiva do item.
Espera	As perdas por esperas acontecem quando nenhum transporte, inspeção ou processamento é feito embora os trabalhadores estejam sendo pagos.
Transportes	Os procedimentos de transporte nunca aumentam o valor agregado dos produtos, ou seja, não adicionam valor e acabam gerando custo.
Processamento	As perdas por processamento consistem naquelas atividades de processamento que são desnecessárias para que o produto assuma as características básicas de qualidade que foram projetadas para geração de valor do cliente.
Estoque	Estoques geram perdas devido aos elevados custos financeiros e a necessidade de espaço físico.
Movimentações	As perdas acontecem quando são feitos movimentos que não são necessários para a atividade principal.
Defeitos	A perda por desperdício na elaboração de produtos com defeito consiste na fabricação de produtos que não atendem as especificações de qualidade dos produtos.

Assim, as perdas por superprodução, transporte, processamento, estoque e retrabalhos estão relacionadas à função processo de modo que visam controlar o fluxo do objeto de trabalho no tempo e espaço. Quanto às perdas por espera e movimentação se relacionam a Função Operação, pois estão focadas na análise do sujeito de trabalho (pessoas e equipamentos) (ANTUNES, 2008).

Diagrama de Espaguete

O diagrama de espaguete é uma ferramenta *lean* que ajuda a estabelecer o layout ideal a partir das observações das distâncias percorridas na realização de uma definida atividade ou processo (FREITAS, 2013). A ferramenta baseia-se em um diagrama utilizado para visualização, ao longo de um fluxo, da movimentação de materiais, informações e pessoas (funcionários e pacientes). O nome espaguete vem da semelhança da rota desenhada (*layout*) a um prato de macarrão do tipo espaguete. Ele busca a visualização de circulação e transporte, ao longo de um fluxo durante os processos. Mostra se o percurso traçado realmente foi necessário para a confecção de determinado produto ou para a realização de tal processo em uma unidade (LEXICO *LEAN*, 2003).

O diagrama de espaguete é um diagrama no qual é traçado um caminho por onde um determinado produto ou operário percorre, de modo a visualizar sua movimentação ao longo de um fluxo. Esse nome se dá pelo fato de que, na produção em massa, a rota dos produtos se assemelha a um prato de espaguete. O diagrama de espaguete busca a visualização de como o produto ou operador se comportou durante o processo, avaliando o tempo gasto para a fabricação e separando esse tempo dentro de um padrão, buscando mensurar o tempo que agrega valor ao produto, ou seja, atividade que realmente é necessária para confecção de determinado produto (ROCHA, 2017).

Além disso, o diagrama é utilizado para avaliar o tempo que não agregam valor, porém, imprescindível para avaliar o de tempo desperdiçado durante a atividade, tempo esse consumido com atividades que não agregam valor ao produto, e assim detectar e eliminar o desperdício (ROCHA, 2017).

Conforme Ehow Contributor (2017), o diagrama de espaguete é uma ótima ferramenta para visualizar o fluxo de matérias em um processo e assim podendo eliminar desperdício de transporte para que a operação seja mais enxuta. Para realizar um bom diagrama é preciso seguir as seguintes etapas:

- a) Selecionar qual processo a ser mapeado;
- b) Dê preferência a processos de melhor retorno ao tempo investido;
- c) Seguir junto com o funcionário o atual fluxo de do processo, pode usar um pedômetro para saber a distância percorrida;
- d) Discutir a situação atual do processo, sobre a distância total percorria e a forma que poderia ser reduzida;
- e) Desenhe o mapa que antecipa a situação futura do fluxo conforme as ideais coletadas e desenvolver um plano de ação para a implantação da situação futura;
- f) Verificar a situação futura seguindo a pessoa que está executado o novo fluxo;
- g) E por fim comunicar a mudança e torne permanente.

O diagrama de espaguete é uma ferramenta muito simples e utilizada com frequência nos conceitos *Lean Manufacturing*, por se tratar de uma ferramenta que auxilia para um *layout* ideal com as observações das distancias percorridas na realização de um determinado processo ou atividade (BENEVIDES, E. 2013).

A movimentação na área de produção pode ser observada utilizando o diagrama de espaguete que auxilia a visualização da movimentação feita pelos operadores em cada etapa do processo. Usando o diagrama de espaguete, é possível identificar algumas das fontes de problemas e onde ocorre perda de tempo em alguma atividade. Ele também ajuda a decidir sobre os próximos passos a tomar. Por exemplo, pode-se usar o diagrama para fazer alterações no layout do departamento e para melhorar a eficiência dos fluxos. (PEREIRA et al, 2017; FREITAS, 2013).

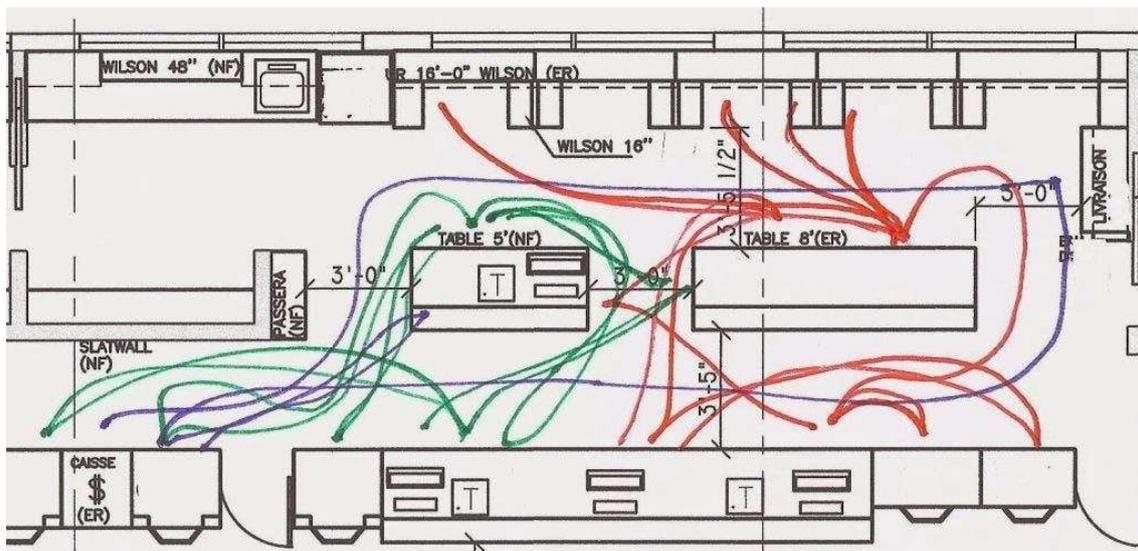


Figura 1 - Exemplo de Diagrama de Espaguete. Fonte: Coutinho (2020).

Com base em Rocha (2017) o objetivo de aplicar a ferramenta Diagrama de Espaguete é buscar uma visualização de como o produto ou operador se comporta durante o processo, buscando mensurar o tempo que agrega valor ao produto, ou seja, atividade que realmente é necessária para confecção de determinado produto. Além disso, o diagrama é utilizado para avaliar o tempo que não agregam valor, e assim detectar e eliminar o desperdício. Dessa forma, a ferramenta está sendo aplicada com a finalidade de identificar desperdícios e tomar ações para eliminá-las. Assim, a ferramenta embasa as tomadas de ação para investimentos em automação e redefinições de *layout*.

Arranjo Físico ou *Layout*

Araújo (2010) descreve que o arranjo físico é o equilíbrio entre pessoas, máquinas, equipamentos e materiais em uma organização. A configuração de arranjo físico estabelece a relação física entre as atividades principais e as várias atividades secundárias. Esta relação pode ser facilitada através de um simples arranjar ou rearranjar das várias máquinas ou equipamentos até se obter a disposição mais agradável e produtiva (NEUMANN & SCALICE, 2015).

De acordo com Slack *et al.* (2015) mudanças relativamente pequenas, como a localização de uma máquina em uma fábrica podem afetar o fluxo pela

operação, o que, por sua vez, pode afetar seus custos e a eficácia geral da operação. A decisão de um arranjo físico é importante porque, se o arranjo físico estiver errado, pode levar a padrões de fluxo muito longos ou confusos, longos tempos de processo, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos.

Martins, Laugeni (2012) falam que, na elaboração do arranjo físico, deve-se planejar o todo e, na sequência, as partes. Posteriormente, planeja-se o ideal e, então avalia-se a viabilidade, assim, inicia-se o arranjo físico como uma visão global. Contudo, antes de definir arranjo físico deve-se considerar fatos importantes como definir a capacidade produtiva, considerando a demanda existente e a almejada, com a finalidade de identificar gargalos no processo e definir termos de trabalho.

O arranjo físico bem elaborado traz muitos benefícios à organização. Cada modelo traz consigo características que podem não ser vistas como benéficas, por exemplo, ao se trocar o arranjo físico de produto por processo, perde-se pouco em volume e se ganha na variedade, e vice-versa. Portanto se faz necessária uma análise detalhada naquilo que se pretende mudar, objetivando eficácia da ação. Dessa forma, podemos citar os principais benefícios de um arranjo físico bem definido, como o ambiente de trabalho apropriado, resultando em menores riscos à saúde, segurança, satisfação do operário; maior produção em menor tempo; economia de espaço; redução dos manuseios e espaço percorrido; aperfeiçoamento de supervisão; menores desperdícios de material e flexibilidade a mudanças. Todos os tipos de arranjo físico possuem características próprias, portanto, vantagens e desvantagens ocorrem de acordo com o modelo selecionado (ANTON *et al.*, 2012).

Slack et al. (2007) definem cinco tipos básicos de *layout* (arranjo físico), sendo eles:

a) Arranjo físico por processo: visa atender as necessidades dos recursos transformadores que compõem o processo na operação. Consequentemente, significa que quando os produtos, informações, clientes fluírem pela operação, eles percorreram um roteiro de processo por processo, de acordo com as diferenças e necessidades de cada um. (SLACK et al., 2007).

b) Arranjo físico posicional: Neste modelo, a movimentação é das máquinas e pessoas, conforme necessário, com isso os recursos transformados permanecem em suas posições. Esse fato se deve ao tamanho elevado do produto ou o sujeito do serviço ou às condições delicadas que levam a impossibilidade de movimentá-los. Por exemplo, conforme Slack et al. (2007): “um canteiro de obra é tipicamente um exemplo de arranjo físico posicional, já que existe uma quantidade de espaço limitada que deve ser alocada aos vários recursos transformadores”.

c) Arranjo físico por produto: O material percorre um caminho predefinido, promovendo uma sequência progressiva e lógica de atividades requeridas na qual os processos foram arranjados fisicamente. Por isso, esse tipo de arranjo físico, às vezes, é chamado de arranjo físico **em fluxo, ou em linha** (SLACK et al., 2007).

d) Arranjo físico celular: os recursos transformados, quando entram na operação, passam pelas chamadas células, onde se encontram todos os recursos transformadores necessários a atender as necessidades de processamento. “De fato, o arranjo físico celular é uma tentativa de fazer alguma ordem para a complexidade de fluxo que caracteriza o arranjo físico por processo”. (SLACK et al., 2007).

e) Arranjos físicos mistos: são arranjos combinados ocorrem para que sejam aproveitadas as vantagens do layout funcional e da linha de montagem, em um determinado processo. Porém, às vezes há a necessidade de integrar elementos de alguns, ou de todos os arranjos físicos, usando-os de forma “pura” em diferentes partes da operação. (SLACK et al., 2007).

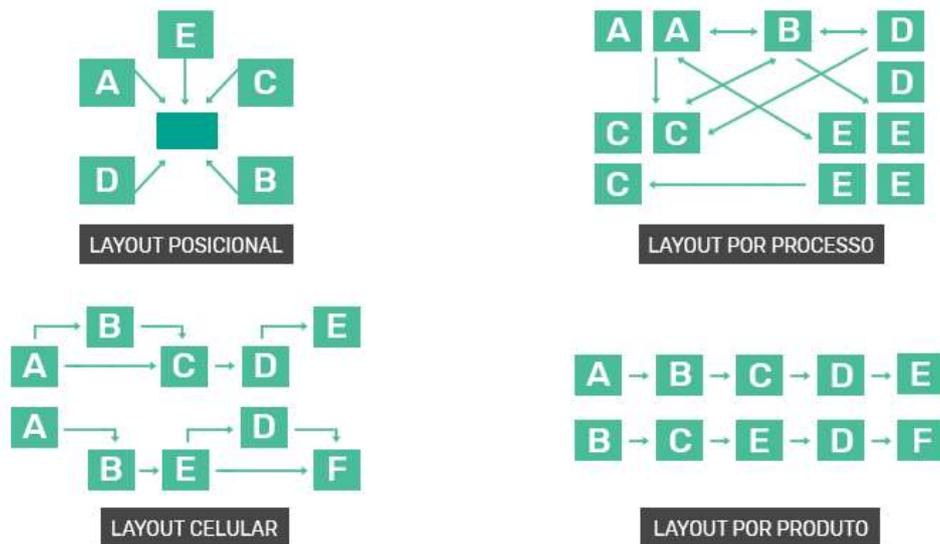


Figura 2 - Tipos de Layout. Fonte: Colet (2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente seção apresenta a metodologia utilizada no estudo. Em relação à natureza da pesquisa, este estudo se enquadra como uma pesquisa aplicada, uma vez que não visa apresentar conhecimentos inéditos sobre o tema, mas procura analisar questões específicas, utilizando como abordagem a pesquisa qualitativa. Em relação ao propósito, trata-se de uma pesquisa descritiva, aplicando a ferramenta Diagrama de Espaguete em um estudo de caso (PRODANOV e FREITAS, 2013).

A empresa objeto deste estudo é fabricante de produtos para diagnósticos *in vitro* e está localizada na região metropolitana de Curitiba. A empresa foi fundada em 1968 com o objetivo de produzir meios de cultura microbiológicos, reagentes, corantes e outros produtos destinados ao uso em laboratórios de análises clínicas. Em 2019, a empresa foi adquirida por um grupo multinacional francês para receber maior investimento. Com isso, está em fase de reestruturação e aculturação. Dessa forma, a administração está introduzindo os conceitos de manufatura enxuta.

A empresa possui 4061 m² de área construída, 784m² de área do setor produtivo. Está composta por um quadro de 236 colaboradores, sendo 144 da

área produtiva. Os processos são basicamente manuais (artesanais) ou semiautomatizados.

Para a elaboração do diagrama de espaguete foi seguido os passos identificados na Fundamentação teórica e para tal foi elaborada a Tabela 2:

Tabela 2 - Etapas seguidas para a elaboração do Diagrama de Espaguete na linha de produção de uma empresa de diagnóstico in vitro. Fonte: A Autora.

Etapa	Requisito	Retorno
1.	Selecionar qual processo a ser mapeado	A linha produtiva selecionada para o início do mapeamento foi REATIVOS .
2.	Dê preferência a processos de melhor retorno ao tempo investido	Foi aplicada uma curva ABC para os produtos fabricados nesta linha, elencando-os conforme a priorização de demanda produtiva e maior valor agregado (tabela 3). A partir da lista emitida com a priorização, foi selecionado o processo para mapeamento.
3.	Seguir junto com o funcionário o atual fluxo de do processo, pode usar um pedômetro para saber a distância percorrida	O processo atual foi acompanhado para desenhar o fluxo atual. Elaborado um fluxograma detalhado do processo.
4.	Discutir a situação atual do processo, sobre a distância total percorria e a forma que poderia ser reduzida	A situação atual foi discutida com os colaboradores envolvidos com o planejamento de produção, produção, processos, inovação e qualidade.
5.	Desenhe o mapa que antecipa a situação futura do fluxo conforme as ideias coletadas e desenvolver um plano de ação para a implantação da situação futura	O mapa foi desenhado conforme a situação atual (Diagrama de Espaguete construído).

Etapa	Requisito	Retorno
6.	Verificar a situação futura seguindo a pessoa que está executado o novo fluxo	O mapa proposto foi desenhado.
7.	E por fim comunicar a mudança e torne permanente	A proposta será apresentada a gerência para aprovação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão expostos os resultados obtidos da pesquisa realizada. Na primeira etapa, foi selecionada a linha pela qual será foco desta pesquisa. A linha selecionada foi REATIVOS. A segunda etapa, foi emitir uma lista dos produtos fabricados nesta linha de produção e a partir desta listagem gerar uma curva ABC para priorizar conforme demanda produtiva e valor agregado do item (tabela 3).

Tabela 3 - Lista de produtos fabricados na linha de produção Reativos. Fonte: A Autora.

Cód.	Curva
510119	A
670101	A
670102	A
900119	A
550240	A
550219	A
570661	B
510118	B
551263	B
551018	C
551020	C

Cód.	Curva
510010	C
510120	C
550102	C
550192	C
550110	C
550190	C
551000	C
550191	C
570100	C
590338	C

O produto selecionado par iniciar o mapeamento foi:

Tabela 4 - Produto selecionado para mapeamento de processo. Fonte: A Autora.

Código
510119

Para iniciar o mapeamento, foi realizada a elaboração de um fluxograma detalhado do processo produtivo (figura 3).

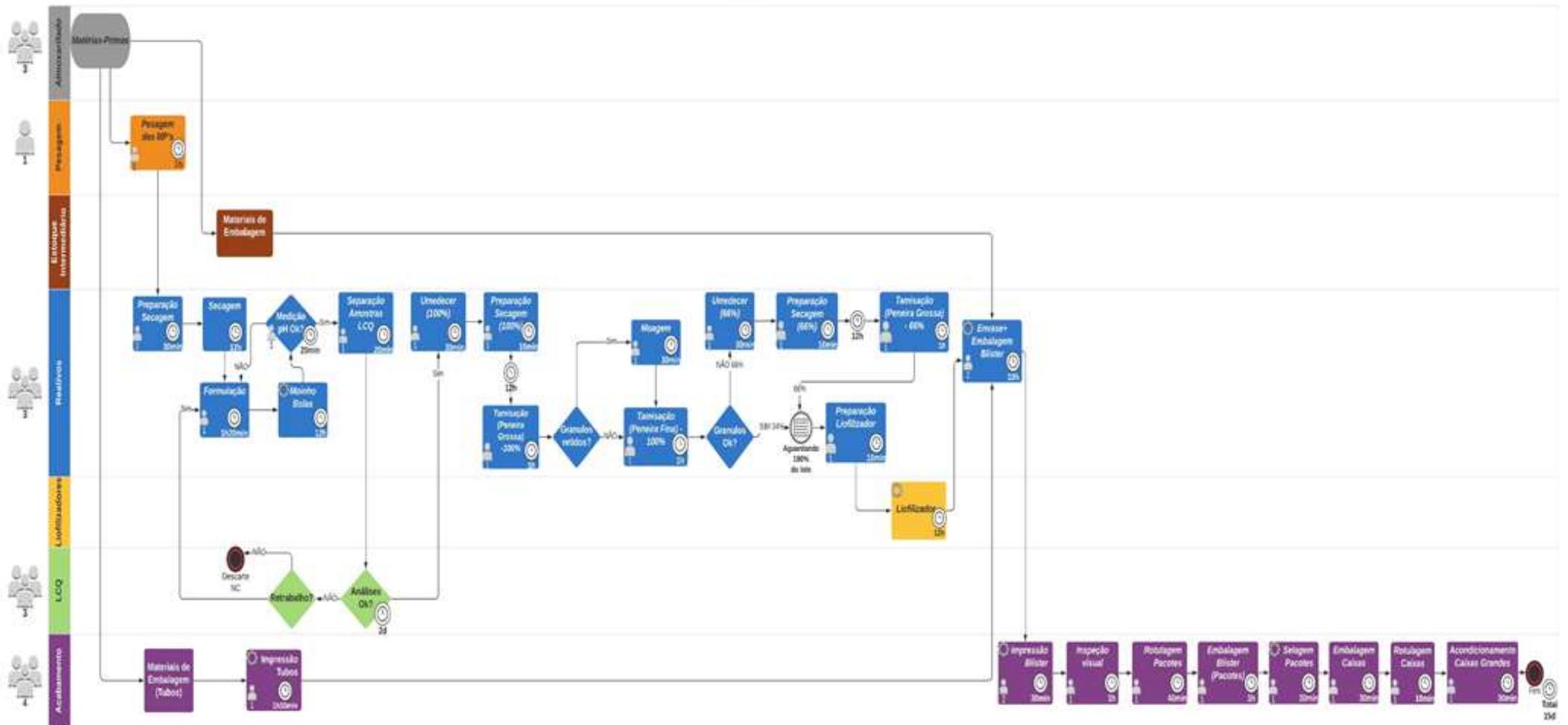


Figura 3 - Fluxograma do processo. Fonte: O Autor

Passo a passo do processo produtivo atual:

O modelo de produção da empresa é empurrado, ou seja, a produção é para abastecer estoque (*make to stock*). Dessa forma, o setor de PCP gera o relatório de MRP e, por meio dos cadastros de mínimos e máximos, identifica as necessidades de produção. Ao identificar a demanda de fabricação do item selecionado para estudo, verifica-se os saldos de estoques de matéria-prima e material de embalagem para avaliar a viabilidade de produção. Em caso de disponibilidades de estoque, o PCP emite a ordem de fabricação dos itens semiacabados para início do processo. São 5 semiacabados para a etapa de formulação.

O Almojarifado separa as matérias-primas necessárias para a formulação (produto a granel) dos itens e leva para o setor de pesagem. O responsável efetua a pesagem de todas as matérias-primas necessárias para a fabricação dos semiacabados e direciona para o setor reativos.

Antes de iniciar o processo, deve-se efetuar uma conferência da pesagem, repetindo a pesagem de todas as matérias-primas na balança do setor, para se obter dupla checagem e assegurar que as matérias-primas estão nas quantidades corretas para a formulação.

Dentre os 5 produtos semiacabados, um é líquido e requer água purificada obtida pelo sistema de ultra purificação do setor de reativos. Este item é composto por uma mistura de pós em água purificada e após a formulação requerem análise de pH, a qual é efetuada na bancada do próprio setor. Após formulado este item deve ser direcionado para a sala seca (ambiente com temperatura e umidade controlada), onde já estão alocados os demais itens. Os outros 4 semiacabados são uma mistura de matérias-primas em pó e devem ser formuladas em sala seca, pois a umidade interfere na qualidade do produto. Após a formulação, os 5 semiacabados passam pela etapa de secagem por 12h. Na sequência, ainda em sala seca, deve ocorrer a mistura de pós dos 5 semiacabados, tornando uma mistura única de pós.

Após a formulação, o produto vai para o moinho onde fica por 12h. Ao iniciar a jornada de trabalho do dia posterior, é efetuada a análise de pH e coletada amostra para o LCQ (Laboratório de Controle Qualidade). No LCQ é efetuada análises de desempenho e esterilidade do produto. Estas análises têm duração mínima de 2 dias, pois devem desafiar o meio frente a cepas padrão.

Após a liberação do LCQ, se umedece o produto, e efetua uma nova secagem por 12h. O produto segue para a tamisação para obter uma granulometria adequada. Em seguida, o produto vai para o liofilizador (sala dos liofilizadores), em que permanece em processamento por 12h.

Os tubos, tampas, alumínio, PVC, sacos aluminizados, rótulos e caixas do produto são separados pelo almoxarifado. As tampas, alumínio e PVC são destinados diretamente ao setor Reativos. Os tubos, os sacos aluminizados, os rótulos e as caixas são direcionados ao setor Acabamento. Os tubos passam pelo processo de gravação de lote e validade antes de serem encaminhados para o setor de reativos. Com a finalização da liofilização, inicia-se o processo de envase e blistagem do produto. Esta etapa é efetuada no setor reativos e é considerada gargalo do processo, visto que requer 2 colaboradores e perduram por 10 horas da jornada de trabalho.

Na sequência, o produto segue para acabamento, em que serão realizadas as etapas: gravação de lote e validade nos blisters, inspeção visual, rotulagem dos sacos metalizados, embalagem secundária (alocação dos blisters no saco metalizado), selagem dos sacos metalizados, alocação nas caixas menores, rotulagem das caixas menores e maiores e alocação nas caixas maiores. Após encerramento da ordem de fabricação o produto vai para o estoque de produto acabado e está disponível para comercialização. O processo total de fabricação deste item é de aproximadamente 15 dias úteis.

Diante do detalhamento do processo elaborou-se o diagrama de espaguete (Figura 4).

Propostas de Otimização de processo:

Otimização a curto prazo:

Visando otimizar o processo, sugere-se que a etapa de conferência da pesagem seja substituída por balanças acopladas a impressoras de etiquetas. Assim, quando o responsável pela pesagem finalizar o processo, este irá imprimir uma etiqueta com o peso real de cada matéria-prima e não haverá necessidade de repetir o processo de pesagem, mas sim apenas conferir se a quantidade pesada confere com a Ordem de Fabricação. As impressoras de etiqueta aumentariam a produtividade do setor de pesagem, visto que não haveria necessidade de preencher etiquetas de forma manuscrita. Esta melhoria, não afetaria apenas o produto objeto deste estudo, mas todos os produtos que dependem da etapa de pesagem e fracionamento. Ademais, este recurso aumentaria a integridade dos dados obtidos pelo setor de pesagem. Para a implementação desta melhoria o investimento seria de aproximadamente R\$ 25.000,00, considerando que cada impressora de etiqueta custa em torno de R\$ 5.000,00 e temos 5 balanças de precisão no setor de pesagem.

Ainda para otimização de curto prazo, recomenda-se a inclusão de uma datadora de lote e validade no setor de reativos, para que os tubos não necessitem ir para o setor de acabamento antes de serem direcionados para o setor reativos. Assim, durante o envase, a gravação de lote e validade nos tubos seria executada, eliminando descarte por sobras, retrabalhos e, conseqüentemente, eliminando desperdício. Para a implementação desta melhoria, seria necessário o investimento de aproximadamente R\$ 6000,00 com a compra da datadora.

Considerando reduzir o custo do produto, propõem-se melhorias nas etapas de embalagem. Existem algumas opções para reduzir embalagem do produto e torná-lo mais competitivo:

- a) a substituição dos da caixa menor um saco aluminizado para 40 blisters. Com essa melhoria, elimina-se a necessidade de sacos menores metalizados, eliminando a operação de alocação do produto em sacos aluminizados pequenos. Além disso, esta opção, reduz o

custo com embalagem: caixa menor, sacos aluminizados pequenos e rótulos para cada saco aluminizado.

- b) Substituição de tubos transparentes por tubos fotoprotetores para eliminar a necessidade de sacos aluminizados. Dessa forma, os blisters seriam alocados em uma cartonagem. Ressalta-se que os sacos aluminizados são utilizados devido à foto sensibilidade do produto.
- c) Substituição do blister alumínio x PVC por alumínio x alumínio para garantir a proteção contraluz e disponibilizar que o produto seja embalado diretamente em uma cartonagem sem prejuízo de suas especificações.

Com as melhorias propostas, haverá redução das embalagens do produto e do volume de operacionalização do item, reduzindo o custo de fabricação do produto aumentando a margem de lucro.

Estas alterações não requerem investimento inicial, entretanto requerem uma reavaliação da apresentação do produto, sendo necessário avaliar os impactos negativos para a qualidade do produto (via controle de mudanças) e as necessidades do cliente.

Otimização a longo prazo:

Com a finalidade de otimizar os processos de formulação do produto, sugere-se o investimento em automatização para os processos de secagem, granulação, liofilização, envase de pós e blistagem. Contudo, para estes equipamentos, o investimento é muito elevado, devido a especificidade e criticidade destes maquinários, sendo em torno de R\$ 100.000,00 a R\$ 500.000,00 cada equipamento automatizado. Entretanto, estes podem reduzir bruscamente as etapas de formulação, envase e blistagem fazendo com que o tempo de processo deste item seja reduzido bruscamente. Todavia o processo deverá ser validado para assegurar a qualidade do produto. Nesta validação serão efetuados diversos testes para determinar os novos tempos de processamento do produto e assegurar a qualidade, sem interferir na estabilidade e no desempenho do item.

Outra avaliação a longo prazo, é a redefinição de *layout*, para que o fluxo fique contínuo, as áreas fiquem próximas e as movimentações sejam reduzidas. Como por exemplo, trazer o laboratório de Controle de Qualidade para as proximidades da fábrica, para que as amostras a serem analisadas não tenham que percorrer um longo trajeto antes de suas atividades. Para esta proposta haverá a necessidade de reforma de toda a área produtiva e o investimento para tal é alto.

Neste estudo, está sendo proposto uma adequação de *layout* com a finalidade de reduzir as movimentações na planta da fábrica (figuras 6 e 7). O layout proposto pode ser considerado layout celular. Nessa proposta, pode-se observar as seguintes vantagens:

- Almojarifado de matéria-prima próximo das áreas de pesagem e fracionamento;
- Cabines de pesagem próximo das áreas de formulação;
- LCQ dentro da fábrica e próximo das áreas produtivas;
- Aumento das áreas de armazenagem
- Unificação das áreas de formulação de meios (em tubos/frascos; em placas e em laminocultivo (ganhando espaço físico);

- Área específica para envase de tubos e blistagem para ganhar espaço para investimento em automação.

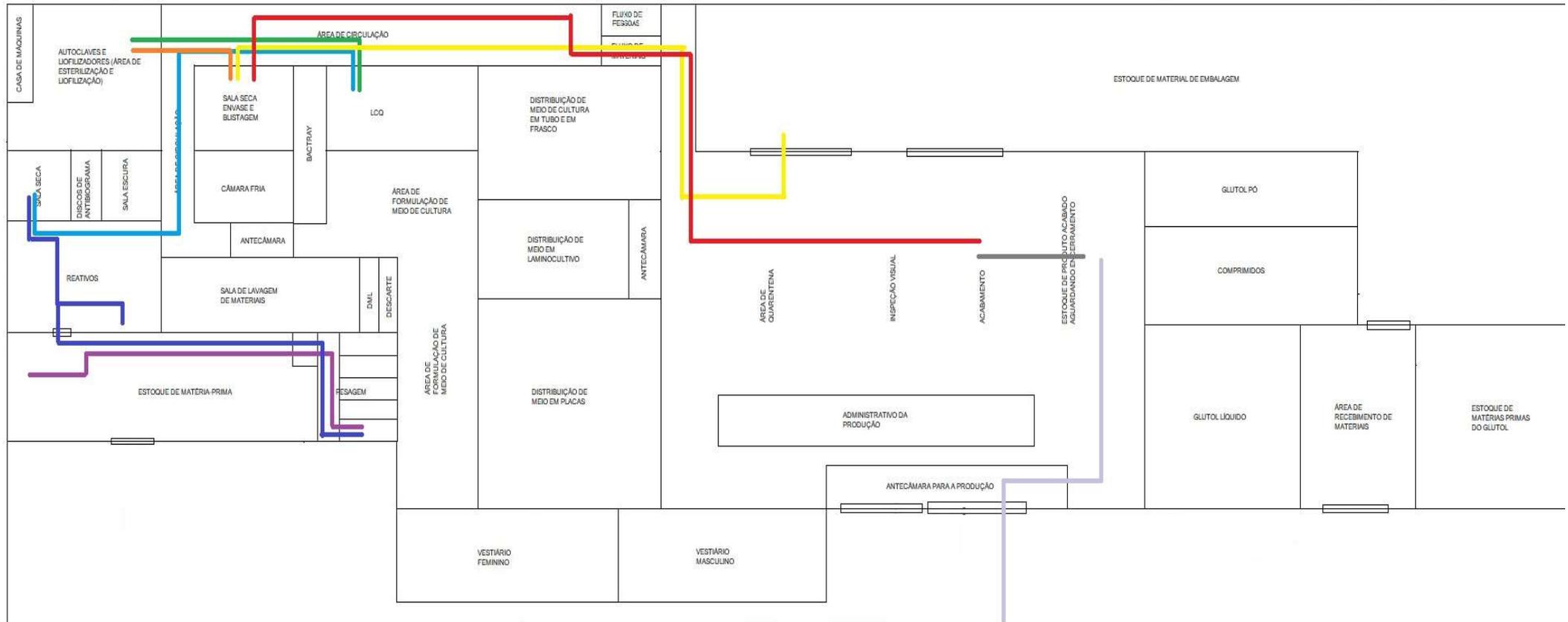


Figura 6 - Proposta de layout (ampliada). Fonte: A Autora.

CONCLUSÃO

O estudo analisou um processo produtivo de uma empresa fabricante de produtos para diagnóstico *in vitro*. Nesta pesquisa, foram relacionados os processos produtivos de um setor. Por meio desta relação definiu-se qual seria o processo produtivo a ser mapeado (de acordo com a demanda e margem de lucro do produto). Em seguida elaborou-se o diagrama de espaguete para identificar os pontos de desperdício e avaliar as correções e as oportunidades de melhoria.

Através deste estudo conclui-se que com pequenas ações e com baixo investimento é possível tornar o processo mais enxuto, com menos desperdício, seja de movimentações, de materiais ou de processos. Neste sentido, foram propostas melhorias a curto e a longo prazo para que o processo seja ainda mais rentável. Neste estudo, também foi possível propor um novo layout para tornar o fluxo do processo mais coerente e lógico. Entretanto, para este caso, tem-se necessário alto investimento em automação e reforma da fábrica.

Em trabalhos futuros, pretende-se avaliar outros processos produtivos, setores e produtos para verificar se o layout proposto é aplicável para outros processos não avaliados neste estudo. Ainda se tem a intenção de efetuar o mapeamento de fluxo de valor dos processos da fábrica para embasar a alteração de layout e a automação dos processos produtivos.

REFERÊNCIAS

ANTON, C. I., EIDELWEIN, H., DIEDRICH, H. Proposta de melhoria no arranjo físico da produção de uma empresa do vale do taquari. *Revista destaques acadêmicos*. vol. 4, n. 1, 2012 - cgo/univates

ANTUNES, Junico. *Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para o projeto e gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Editora Bookman, 2008.

ARAÚJO, L. C. G. *Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ARYA, A.K.; CHOUDHARY, S. Assessing the application of Kaizen principles in Indian small-scale industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, v.6, n.4, p.369-396, 2015.

BENEVIDES, E. *Diagrama de espaguete*, 2013.

CHIARINI, A.; BACCARANI, C.; MASCHERPA, V. Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: a conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. *The TQM Journal*, v.30, n.4, p.425-438, 2018.

COLET. *LAYOUT INDUSTRIAL: Análise para MAIOR EFICIÊNCIA e PRODUTIVIDADE*, 2019. Disponível em: <https://coletsistemas.com.br/layout-industrial-analise-para-maior-eficiencia-e-productividade/> Acessado em: 25/11/2021

COUTINHO, T. O Diagrama de Espaguete atua como um grande aliado nos projetos de otimização de layout. *Voitto*, 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete> Acessado em: 15/11/2021.

DEGUIRMENDJIAN, S. C. *LEAN HEALTHCARE: APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE ESPAGUETE EM UMA UNIDADE DE EMERGÊNCIA*. São Carlos, 2016.

EHOW CONTRIBUTOR. *Como fazer um diagrama espaguete para uma manufatura enxuta*.

FREITAS, E. B. Diagrama de Espaguete. *Engenharia de Produção*, v 5, 2013. Disponível em: http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com.br/2013/03/diagrama-de-espaguetespaghetti_10.html. Acesso em: 17/10/2021

KHAN, S.A. et al. Application of continuous improvement techniques to improve organization performance: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, v.10, n.2, p.542-565, 2019.

LEXICO *LEAN*. Glossário Ilustrado para praticantes do Pensamento *Lean*. 4 ed. *Lean Enterprise Institute*, 2003.

LIKER, J.K; MEIER, D.O *Modelo Toyota-Manual de Aplicação: Um Guia Prático para a Implementação dos 4Ps da Toyota*. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MANFREDINI, Marcel Fermo; SUSKI, Cássio Aurélio. Aplicação do Lean Manufacturing para minimização de desperdícios gerados na produção. Artigo apresentado em Congresso, 2010, tema: 1º congresso de inovação, tecnologia e sustentabilidade.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva, 2012

NEUMANN, C., & SCALICE, R. (2015). *Projeto de Fábrica e Arranjo físico. Primeira Edição, Rio de Janeiro, 2015. ISBN 978-85-352-5407-5 (1ª ed.)*. Rio de Janeiro: Campus.

OHNO, T. *O sistema Toyota de produção – Além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PACHECO, D. A. J. *Teoria das Restrições, Lean manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração*. UFRGS. Porto Alegre, 2014.

PEREIRA, C. R. et al. Aplicação do Fluxo de Valor no Processo Produtivo de uma Indústria de Conservas. *Revista Eletrônica Multidisciplinar – FACEAR*. 2017

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

ROCHA, C. D. S. *ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING EM UMA PRODUTIVA DE UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA*. Pato Branco, 2017.

ROMERO, F.; ANDREY, P. *GESTÃO DE MEGAPROJETOS UMA ABORDAGEM LEAN*. 1ª Edição. ed. Rio de Janeiro: Brasport; Edição: , 2016.

SELAU, L. P. R. et al. Produção enxuta no setor de serviços: caso do Hospital de Clínicas de Porto Alegre - HCPA. *Rev. Gestão Industrial*, v. 5, n.1, p. 122-140, 2009.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996

SLACK, N. et al. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 2015 4ª ed.

TAPPING, D.; SHUKER, T. *Lean Office: Gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas – 8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean nas áreas administrativas*. 1 a . ed. São Paulo: Leopardo, 2010.