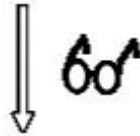




Capítulo 1
INTRODUÇÃO



Capítulo 2
REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA



Capítulo 3
ESTUDO
DE CASO



Capítulo 4
CONCLUSÃO



1.1. OBJETIVO E ESTRUTURA DO TRABALHO DE FORMATURA

Devido ao grande número de empresas que tem procurado fazer a implementação do *Sistema Lean Manufacturing*, esse Trabalho de Formatura visa fazer um estudo para a implementação desse tipo de sistema produtivo em uma empresa de manufatura.

Isso porque uma nova técnica foi surgindo ao longo dos últimos anos como auxílio a essa implementação, diminuir os desperdícios de produção e aumentar a capacidade produtiva sem a necessidade de se investir em novas máquinas, equipamentos ou mão-de-obra: o *Value Stream Mapping*. Apesar de bem conhecida pelos pensadores *lean*, a sua aplicação não é tão simples como parece e, para uma implementação *Lean* eficaz, *ela não pode ser ignorada como várias empresas o fizeram*, de acordo com Womack e Jones (2003) no prefácio do Livro *Aprendendo a Enxergar*, de Rother e Shook (2003).

Portanto, por meio da compilação dos vários conceitos e técnicas que permeiam a aplicação do *Value Stream Mapping* para a implantação da Manufatura Enxuta, esse trabalho tem por objetivo fazer um estudo e proporcionar um plano de implementação para esse tipo sistema em uma célula de manufatura de uma empresa do setor de autopeças, onde o autor dedicou parte do período de estágio prestando serviços de consultoria.

Dessa maneira, esse trabalho está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1** – Apresentação do estágio do autor e os motivos que o levaram a escolher o tema deste Trabalho de Formatura.
- **Capítulo 2** – História do pensamento enxuto e revisão bibliográfica com os principais conceitos, técnicas e diretrizes que fazem parte da aplicação do *Value Stream Mapping* para se conseguir atingir com sucesso uma implementação *Lean*, com aspectos importantes para uma implantação em uma célula de manufatura.
- **Capítulo 3** – Estudo de caso para a aplicação dos conceitos *lean* em uma empresa do setor de autopeças, baseado em dados reais obtidos pelo autor, proporcionando a mudança de um sistema de produção empurrado para um sistema de produção puxado e em fluxo.
- **Capítulo 4** – Conclusões do estudo realizado.



1.2. MOTIVO DO TEMA ESCOLHIDO

Nos últimos anos, depois de passar por uma intensa recessão econômica, o Brasil voltou a ter um grau de crescimento econômico bem significativo devido à baixa inflação e à estabilidade da economia.

Todas as atividades geradoras de renda vêm contribuindo de alguma forma para esse crescimento. Os setores da economia que têm uma alta parcela de contribuição nesse crescimento são os de serviço, o agropecuário e o industrial, como pode ser evidenciado pelo PIB (Produto Interno Bruto) ao longo dos anos de 1999 a 2002:

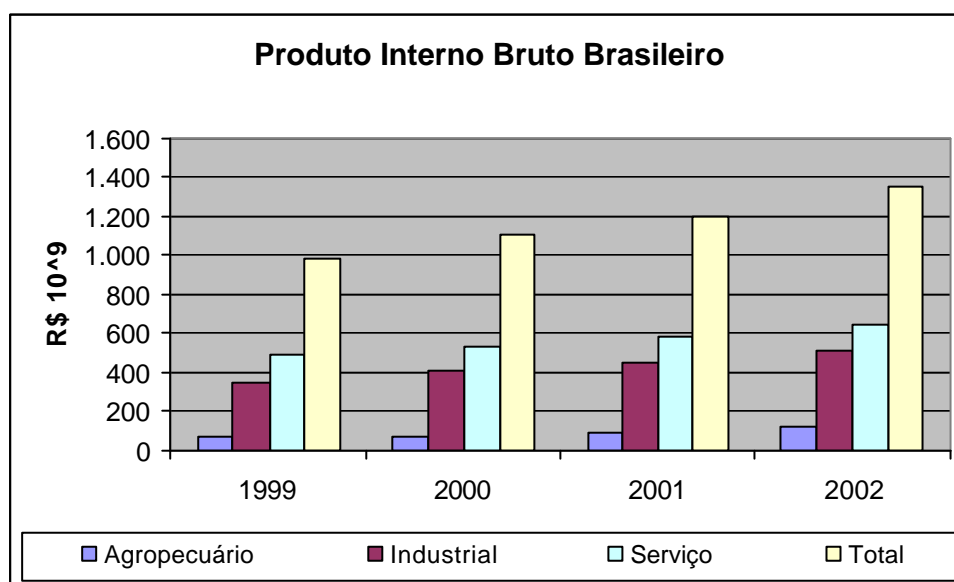


Figura 1.1 – Evolução do Produto Interno Bruto Brasileiro
(Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE)

O setor automobilístico, pertencente ao industrial, não poderia ser desconsiderado dessa análise por causa da sua forte posição no mercado brasileiro. Assim, demonstrando forte fôlego no primeiro semestre de 2004, foi impulsionado principalmente pelo crescimento na demanda por automóveis e máquinas agrícolas, como pode ser evidenciado pela produção de autoveículos ao longo dos anos de 1999 e 2004:

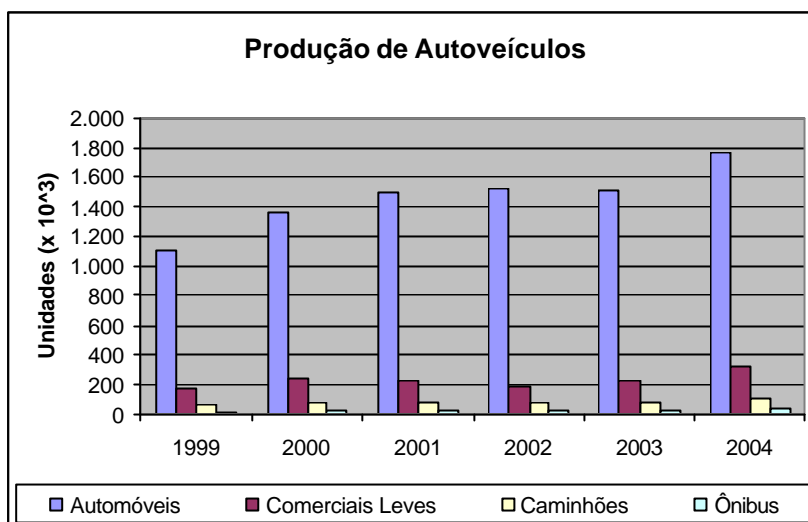


Figura 1.2 – Produção de Autoveículos no Brasil

(Fonte: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2005 – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA)

Com a economia recuperada a partir do final de 2003 e com um forte crescimento da indústria brasileira, o setor de autopeças, fornecedores das montadoras, também vem apresentando um elevado grau de crescimento, caracterizado pelo aumento da produção de autoveículos. Entretanto, para conseguir abastecer “esse mercado tão promissor devido ao potencial sólido de crescimento do setor” (VILELA, 2005), a capacidade ociosa dessas empresas tem diminuído cada vez mais, como pode ser observado pelo gráfico seguinte:

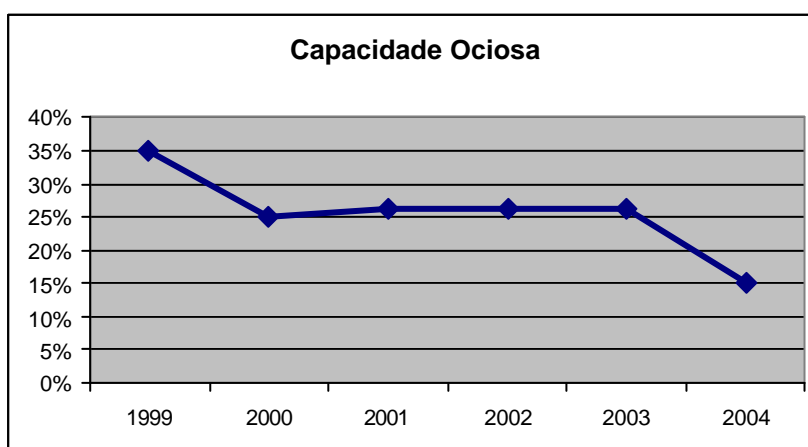


Figura 1.3 – Capacidade Ociosa das Empresas de Autopeças

(Fonte: Desempenho do Setor de Autopeças 2005 – Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – SINDIPEÇAS)



Com a capacidade ociosa abaixo do esperado e diminuindo cada vez mais, alguns problemas começam a surgir nessas empresas, como a falta de capacidade produtiva e a geração de desperdícios fabris.

Ao identificar esse fato, muitas empresas pensam apenas em aumentar a capacidade produtiva por meio da aquisição de novos investimentos, sejam eles máquinas, equipamentos e até mesmo mão-de-obra, pois não conseguem enxergar melhorias para o próprio sistema de produção existente.

Entretanto, antes de se fazer investimentos em instalações maiores, “as empresas deveriam fazer uma reflexão e um exame mais profundo de suas operações e de suas estratégias de investimento” (FERRO, 2005), analisando os seus processos produtivos.

Uma sistemática de produção surgida na década de 50, período pós-guerra no Japão, conhecida mundialmente como o *Sistema de Produção Enxuto*, ou *Lean Manufacturing*, no qual se procura evidenciar os desperdícios gerados em um sistema de produção tradicional, tratando-os de forma a minimizar os seus efeitos na capacidade de produção, com uma melhor utilização da capacidade instalada, oferecendo mais valor para os clientes e acionistas.

Pensar *Lean*, portanto, pode significar um aumento da capacidade produtiva, fazendo com que a necessidade de se investir em novos equipamentos ou em mão-de-obra não seja tão necessária como parecia no começo da definição do problema.

1.3. O ESTÁGIO

O período de estágio do autor deste trabalho de formatura começou em setembro de 2004 em uma empresa prestadora de serviços de treinamento e consultoria: o SETEC Consulting Group.

A empresa foi fundada em 1994, com a proposta de desenvolvimento e treinamento da cadeia de fornecedores de grandes empresas automobilísticas. Dessa forma, os seus programas de desenvolvimento dos fornecedores, treinamento e capacitação, implantação e reestruturação de sistemas da qualidade foram surgindo e ganhando espaço no mercado.



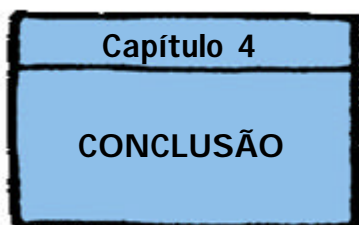
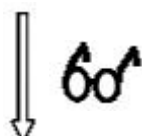
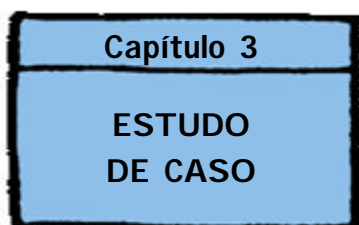
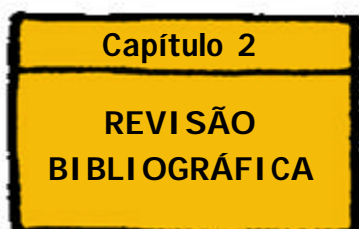
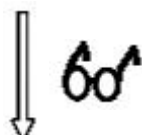
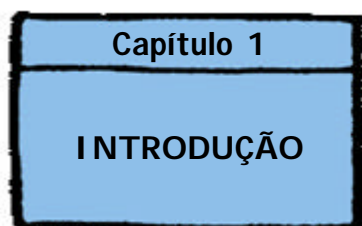
Hoje, além de trabalhar com as ferramentas voltadas para a qualidade, a empresa também trabalha em desenvolvimentos de consultoria e treinamento voltados para os Sistemas de Qualidade, Produtividade e Gestão Ambiental, Segurança e Humana, atendendo às necessidades dos seus clientes.

Algumas de suas principais ferramentas de trabalho na área de qualidade são: ISO 9001:2000, ISO 14001, ISO TS 16949:2002, APQP (*Advanced Planning Quality Product* - Planejamento Avançado da Qualidade do Produto), PPAP (*Production Parts Approval Process* - Processo de Aprovação de Peças de Produção), FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos), CEP (Controle Estatístico do Processo), MSA (*Measurement System Analysis* - Análise dos Sistemas de Medição), DOE (*Design of Experiments* - Delineamento de Experimentos), 8D (8 Disciplinas para Resolução de Problemas) e, um dos mais importantes diferenciais da empresa, o SEIS SIGMA.

Na área de produtividade, a atuação da empresa está voltada principalmente para a implantação de ferramentas como o TPM (*Total Productive Maintenance* - Manutenção Produtiva Total), 5S, Gerenciamento Visual e Lean Manufacturing.

A identificação do período de estágio com a empresa está no desenvolvimento de materiais didáticos de treinamento, como apresentação e apostilas, voltados para os seus clientes e adaptados conforme a necessidade de cada um. Além disso, a participação em projetos de consultoria, com o acompanhamento de consultores especializados, também foi o foco das atividades relacionadas ao plano de estágio proposto.

Assim, um amplo conhecimento pelas áreas de qualidade e produtividade foi sendo adquirido através do estudo para a elaboração desses materiais, por meio de pesquisas bibliográficas em diversas fontes de informação. Com a elaboração desses materiais, puderam-se realizar os treinamentos propostos. Além disso, a atuação nos projetos de consultoria forneceu uma base muito forte de informações para a elaboração desse trabalho, pois foi possível observar os reais problemas vividos pelas empresas ao perceberem a sua falta de capacidade produtiva proporcionada pelos diversos tipos de desperdícios gerados durante a fabricação de seus produtos.





2.1. HISTÓRIA DA MANUFATURA ENXUTA

O sistema conhecido como Manufatura Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, foi desenvolvido pela *Toyota Motor Company*, no final de década de 1940, no Japão. Tinha como objetivo principal reduzir os desperdícios gerados durante o processo de manufatura, responsáveis pelo aumento de custos para o cliente, sem agregar valor para o produto. Como ela estava vivendo um período pós-guerra e o objetivo do país era a reconstrução, esses desperdícios eram indesejados para o processo de produção, pois não tornava a empresa competitiva para o cenário mundial existente na época.

Taiichi Ohno (1912-1990), engenheiro da *Toyota* e considerado o principal elaborador do *Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System – TPS)*, afirma que, “em um processo produtivo onde estejam envolvidos clientes e fornecedores, os componentes devem chegar à linha de montagem corretamente, e no momento e quantidades certas”. É o conhecido sistema de produção *Just-in-Time*¹.

Segundo Araújo (2004), esse tipo de método produtivo adotado pela Toyota foi adequado para a sua adequação às necessidades práticas e ao contexto nacional vivido pelo Japão naquela época, que se caracterizava por:

- Uma indústria que precisava ser reconstruída devido ao período pós-guerra.
- Alta segmentação do mercado.
- Inexistência de volume de produção adequado às práticas da produção em massa.

No decorrer da meia década seguinte, a indústria ocidental se caracterizava pela produção em massa, cujos principais representantes também da indústria automotiva eram a *General Motors* e a *Ford Motor Company*. Esse tipo de produção costuma utilizar profissionais altamente especializados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores sem qualificação ou semi-qualificados, em máquinas dispendiosas e especializadas em uma

¹ **Just-in-Time:** Sistema de produção cujo objetivo é a eliminação total dos desperdícios para se obter a melhor qualidade, o custo mais baixo, o menor tempo de produção e o menor tempo de entrega. (LÉXICO LEAN, 2003)



única tarefa. Lindgren (2001) ainda afirma que, por ser dispendiosa a mudança de um produto, este é mantido como padrão durante o maior tempo possível e com métodos de trabalho muitas vezes monótonos e obsoletos, proporcionando preços mais baixos em detrimento de variedade, qualidade, tempo de produção e tempo de entrega.

Somente após esse período, as empresas ocidentais começaram a dar uma atenção maior para esse tipo de produção, quando foram forçadas pela economia mundial a reduzirem os seus custos, tornando-se mais fortes competitivamente por meio da remoção de desperdícios relacionados ao processamento, à inspeção, ao transporte, à armazenagem, entre outros, dos produtos.

Com o lançamento do livro “*A Máquina que Mudou o Mundo*” de Womack e Jones (1992), no qual foram publicados os resultados obtidos pelo *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* com relação ao maior desempenho das empresas japonesas frente às americanas, um salto muito grande foi dado pela indústria ocidental para a eliminação de todas as atividades geradoras de desperdícios em um processo de manufatura. (ARAÚJO, 2004)

2.2. A MENTALIDADE ENXUTA

Nas empresas existem algumas atividades humanas que absorvem recursos para poder transformar a matéria-prima em um produto final. Ao analisarmos mais profundamente quais são essas atividades e o que está envolvido em cada uma delas, podemos chegar à conclusão de que algumas realmente são necessárias para a produção e outras apenas consomem recursos e não criam *valor*² para o cliente.

A palavra japonesa *Muda*³ é uma das formas mais utilizadas hoje em dia para definir os “desperdícios” gerados por essas atividades pertencentes ao processo produtivo que não

² **Valor:** Conteúdo inerente de um produto, segundo o julgamento do cliente, refletido em seu preço de venda e demanda de mercado. (LÉXICO LEAN, 2003)

³ **Muda:** Qualquer atividade que consuma recursos sem agregar valor ao cliente. (LÉXICO LEAN, 2003)



adicionam *valor* ao sistema. Atividades como erros que requerem correção posterior, produção de produtos indesejados, estoque alto de produtos, etapas de fabricação desnecessárias, excesso de movimentação, tempos de espera dos materiais entre as etapas de processamento e tempos de espera das pessoas envolvidas, além de bens e serviços que não atendem às necessidades dos clientes.

As sete principais fontes de desperdícios identificadas por Taiichi Ohno em uma produção em massa podem ser classificadas em:

- **Superprodução** – Produção demasiada ou cedo demais de produtos necessários para o próximo processo ou cliente.
- **Defeitos** – Erros frequentes causados por problemas de qualidade nos produtos, necessitando-se inspeção, retrabalho ou refugo.
- **Estoque Excessivo** – Armazenagem em excesso de produtos, resultando em um custo excessivo de fabricação.
- **Processamento Desnecessário** – Execução de um processo de trabalho com ferramentas, procedimentos ou sistemas inadequados.
- **Transporte Excessivo** – Movimento excessivo de pessoas, informações ou produtos, resultando em perdas de tempo, esforço e custo.
- **Espera** – Longos períodos de inatividade das pessoas, informações ou produtos, resultando num fluxo deficiente.
- **Movimentos Desnecessários** – Organização deficiente do local de trabalho, resultando em perdas de tempo, qualidade e ergonomia para os operadores.

Womack e Jones (1996) ainda defendem uma outra fonte de desperdício:

- **Projeto de produtos e serviços que não atendem às necessidades dos clientes**, ou seja, não adianta o projeto estar em harmonia com as especificações do produto se este produto não atende às expectativas do cliente.

Utilizar-se do *Pensamento Enxuto*, ou *Lean*, é uma forma de especificar *valor*, alinhando na melhor seqüência as ações que satisfazem as expectativas dos clientes ao realizar



essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita de uma forma cada vez mais eficaz. Assim, “o pensamento enxuto é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam”. (WOMACK; JONES, 1996)

Dessa maneira, a implementação *Lean*, por meio do *Kaizen*⁴, oferece ferramentas que permitem quantificar, avaliar e eliminar as causas de atividades não adicionadoras de valor e custo pertencentes ao processo, gerando perdas enormes para a organização.

Womack e Jones (1996) estabelecem os cinco princípios enxutos:

- **Especificação do Valor** – O ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o *valor*. O *valor* só pode ser definido pelo cliente final. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem ou um serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico.
- **Identificação da Cadeia de Valor** – Conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a *tarefa de solução de problemas* que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia, a *tarefa de gerenciamento da informação* que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma, e a *tarefa de transformação física* que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente. A identificação da *cadeia de valor inteira* para cada produto ou para a família de produtos é o próximo passo no pensamento enxuto, pois pode expor quantidades enormes, e até surpreendentes, de *muda*.
- **Criação do Fluxo** – Uma vez que o valor tenha sido especificado com precisão, a cadeia de valor de determinado produto totalmente mapeada pela empresa enxuta e

⁴ **Kaizen:** Melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se agregar mais valor com menos desperdício. (LÉXICO LEAN, 2003)



as etapas que geram desperdícios forem eliminadas, é necessário fazer com que as etapas restantes, que criam valor, *fluam*.

- **Produção Puxada** – O primeiro efeito visível da conversão de departamentos e lotes em equipes de produção e fluxo é que o tempo necessário para se passar da concepção ao lançamento, da venda à entrega, da matéria-prima ao cliente cai drasticamente. Isso produz um fluxo de caixa extra, decorrente da redução dos estoques, e acelera o retorno sobre o investimento porque a capacidade de projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente quer quando o cliente quer significa que se pode jogar fora a projeção de vendas e simplesmente fazer o que ele solicita.
- **Busca da Perfeição** – À medida que as empresas começarem a especificar valor com precisão, identificarem a cadeia de valor como um todo, fizerem com que os passos para criação de valor fluam continuamente, e deixarem que os clientes *puxem* o valor da empresa, o projeto para a redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros oferece um produto que se aproxima ainda mais do que o cliente realmente quer. “*De repente, a perfeição, o quinto e último conceito do pensamento enxuto, não parece uma idéia maluca*”.

Womack e Jones (1996) ainda enfatizam os enormes benefícios com essa implementação, indo desde o aumento da produtividade mediante melhorias incrementais dentro de um reduzido espaço de tempo até a redução de custos devido à diminuição de estoques, erros e *lead times* ⁵ durante o período.

Dessa maneira, pode-se dizer que o principal objetivo em se aplicar o *Sistema de Produção Enxuto* em uma organização é o de proporcionar um novo padrão de trabalho em seus diversos tipos de atividades.

Ferro (2004) afirma que, devido às suas técnicas terem sido dirigidas especialmente para o *Just-in-Time* durante vários anos seguidos, muitos dos desperdícios gerados no sistema

⁵ **Lead Time:** Sistema de relacionamento com o cliente que tenta eliminar surtos de demanda causados pelo próprio sistema de vendas e que luta para criar relacionamentos de longo prazo com os clientes para que o sistema de produção possa prever as compras futuras. (WOMACK; JONES, 1996)



de produção, apesar de bem conhecidos, ainda continuavam existindo, por não se ter conhecimento de uma técnica que ajudava a visualizar claramente os seus princípios, e que ficava restrita à Toyota.

O *Mapeamento do Fluxo de Valor* (Value Stream Mapping – VSM) é a ferramenta necessária para preencher essa lacuna existente entre a visualização dos desperdícios e a aplicação dos conceitos *lean*.

“O Mapeamento do Fluxo de Valor permite às empresas enxergar os seus desperdícios, servindo para direcionar as melhorias no fluxo que efetivamente contribuem para um salto no seu desempenho, evitando a dispersão em melhorias pontuais, muitas das quais de pequeno resultado final e com pouca sustentação ao longo do tempo”. (FERRO, 2004)

2.3. O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Um fluxo de valor é toda ação necessária para trazer um produto por todas as etapas de fabricação essenciais para a sua transformação em um produto acabado. Assim, para atender às necessidades dos clientes, a organização deve possuir um conjunto de ações que serão as responsáveis por fazer com que aquilo que foi demandado chegue às mãos do cliente. Todas essas ações em sua totalidade formam um fluxo, contendo diversos tipos de atividades.

Hines & Taylor (2004) classificam essas atividades em:

- **Atividades com Adição de Valor** – Aquelas atividades que, aos olhos do consumidor final, tornam um produto ou serviço mais valorizado, sendo simples de ser definida.
- **Atividades sem Adição de Valor** – Aquelas atividades que, aos olhos do consumidor final, não tornam um produto ou serviço mais valorizado e não são necessárias nem mesmo nas circunstâncias do momento. São as perdas evidentes.
- **Atividade Necessária sem Adição de Valor** – Aquelas atividades que, aos olhos do consumidor final, não tornam um produto ou serviço mais valorizado, mas são



necessárias, exceto se o processo existente seja radicalmente alterado, sendo consideradas perdas difíceis de serem removidas em curto prazo.

Sendo que, segundo eles, em um ambiente de produção, o percentual entre o tempo dessas atividades e o tempo total do fluxo é por volta de 5% para atividades com adição de valor, 60% para atividades sem adição de valor e 35% para atividades sem adição de valor, mas necessárias.

Com o Mapeamento do Fluxo de Valor é possível detectar essas atividades durante o fluxo de produção, porque ele ajuda a visualizar o todo e não apenas as partes individuais do sistema. Isto faz com que as ações necessárias para transformar a matéria-prima no produto final, ou seja, desde a hora do recebimento dos insumos até a expedição do produto, sejam ações que agreguem valor, através da eliminação dos desperdícios tão presentes no ambiente.

Rother e Shook (2003) citam algumas razões para o uso dessa ferramenta:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Pode-se enxergar o todo.
- Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Mapear ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor.
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis e junta conceitos e técnicas enxutas.
- Forma a base de um plano de implementação.
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.
- Mostra o que será feito para se atingir as metas.

Com a detecção das atividades que não agregam valor e com a visão de futuro, ou seja, onde se espera chegar com a eliminação dos desperdícios, pode-se eliminá-las por meio das ferramentas enxutas, chegando-se ao fluxo enxuto de valor para o qual o consumidor final está disposto a pagar. Assim, “mapear um processo significa conseguir enxergar o estado atual e focar o fluxo com uma visão de um estado ideal, ou pelo menos melhorado”. (ROTHER; SHOOK, 2003)

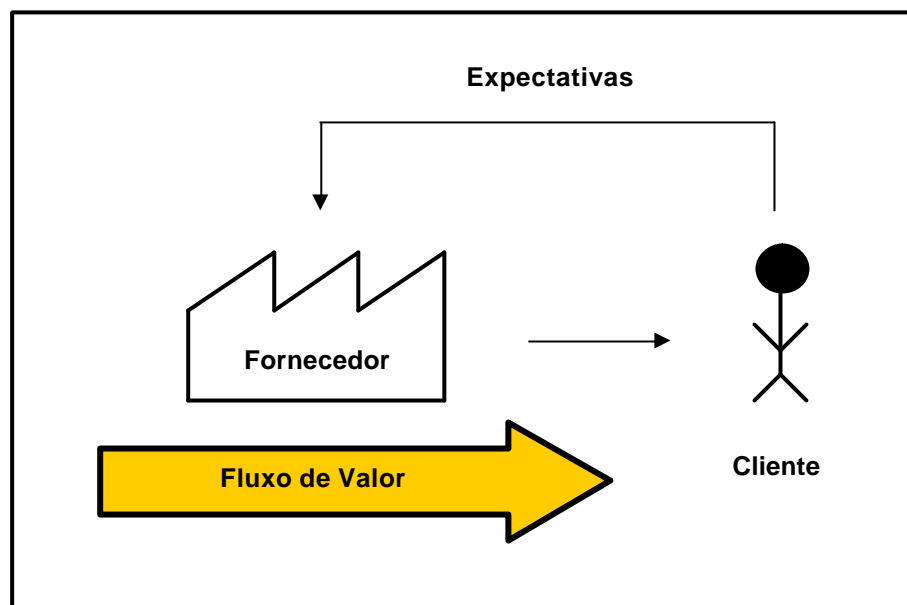


Figura 2.1 – O Fluxo de Valor (Adaptado de ROTHER; SHOOK, 2003)

➤ FLUXOS DE MATERIAL E DE INFORMAÇÃO

Rother e Shook (2003) afirmam que, “dentro de um fluxo de produção, o movimento do material dentro da fábrica não é o único fluxo existente, já que também existe o fluxo de informação entre os processos”. Portanto, pode-se dizer que existem dois fluxos igualmente importantes em um processo de manufatura. São eles:

- **Fluxo de Material** – Fluxo físico da transformação da matéria-prima até a confecção do produto final.
- **Fluxo de Informações** – Fluxo que possibilita a realização das atividades dentro da empresa, dizendo o que fabricar e a sequência das atividades para cada processo.

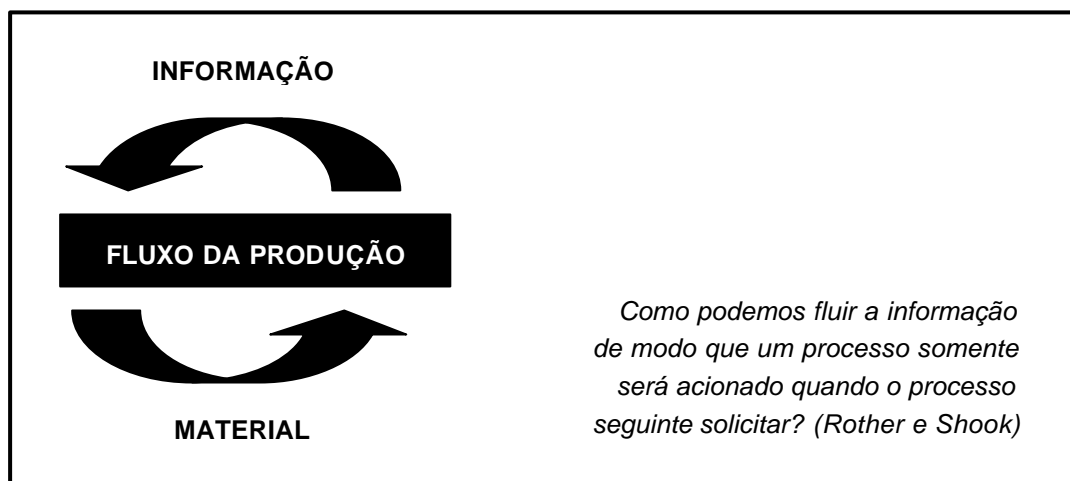


Figura 2.2 – Fluxos de Material e de Informação (ROTHER; SHOOK, 2003)

➤ A FERRAMENTA

Por ser “uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planejamento de negócios e uma ferramenta para gerenciar o processo de mudança” (ROTHER; SHOOK, 2003), algumas etapas durante a sua realização devem ser seguidas para que haja sucesso na implementação do *estado futuro*.

Primeiramente, é importante determinar o que o cliente necessita, ou seja, o que ele espera receber com a fabricação do produto requisitado, verificando as suas expectativas. Depois, é necessário selecionar o produto, dentro de uma família de produtos, que terá o seu fluxo de valor mapeado.

Assim, é possível identificar o *estado atual*, a ser obtido a partir das informações coletadas diretamente da situação real da empresa. Com essas informações e com dados do planejamento da empresa, ou seja, aonde ela quer estar dentro de algum tempo pode-se desenhar o *mapa do estado futuro*. Sendo que o desenvolvimento do *estado atual* e do *estado futuro* deve acontecer simultaneamente, já que é possível enxergar o *estado futuro* ao mapear o atual.

Por último, deve ser elaborado um plano de implementação, que irá dizer quando e como o estado futuro será implementado. Para isso, é possível utilizar algumas das *Ferramentas Lean*, que influenciarão diretamente nas definições das metas, de acordo com Rother e Shook (2003).

Ainda, segundo esses autores, uma pessoa responsável pelo entendimento do fluxo, o *Gerente do Fluxo de Valor*, pode ser alocada para fazer com que o fluxo realmente aconteça, ou seja, que as metas da empresa elaboradas durante certo tempo de planejamento sejam cumpridas, proporcionando a melhoria contínua do fluxo de valor dos produtos.

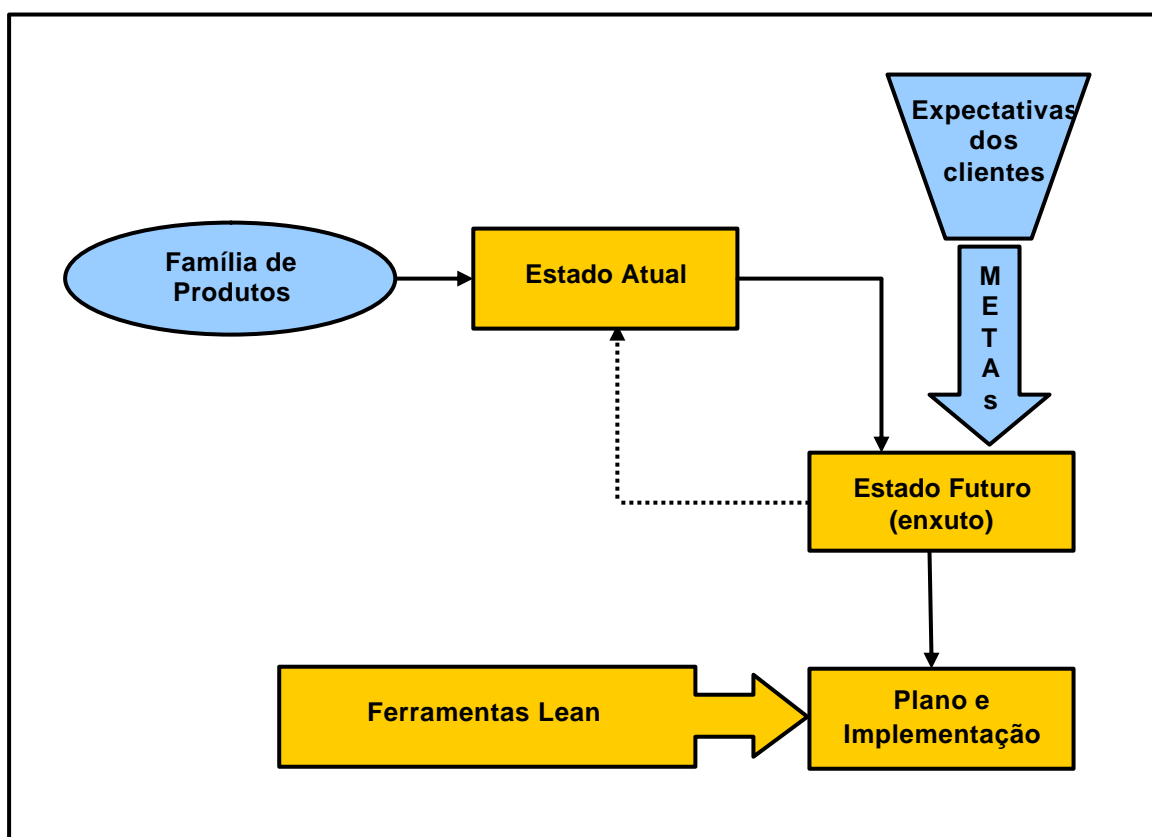


Figura 2.3 – Etapas para o Mapeamento do Fluxo de Valor (Elaborado pelo Autor)



2.3.1. DETERMINAÇÃO DAS EXPECTATIVAS DOS CLIENTES

Com relação ao primeiro conceito da Produção Enxuta, ou seja, a *Especificação do Valor*, pode-se dizer que é uma discussão longa e complexa a determinação do que é valor ou qualidade para o cliente, uma vez que podem ser definidos apenas por ele mesmo. Entretanto, para pelo menos oferecer aquilo que ele espera “é preciso aprender a ver com seus olhos, aprender a julgar o que fazer e o que não fazer da maneira pela qual ele julgaria”. (GEORGE, 2003)

George (2003) ainda afirma que muitas técnicas para a determinação das expectativas dos clientes têm sido elaboradas, entretanto, ele defende a idéia de “criar uma visão de como e quando a consciência do cliente permeia cada aspecto das operações de negócio”.

Para isso, é preciso conhecer e compreender todos os clientes envolvidos com a organização, sejam eles internos ou externos. Essa “compreensão deve ser parte integral das decisões sobre o posicionamento de mercado e das metas estratégicas estabelecidas” (GEORGE, 2003). As seguintes perguntas podem ser feitas para se obter as informações necessárias para esse fim:

- O quão bem os produtos atuais atendem às necessidades dos clientes?
- Quais são as necessidades existentes dos clientes ou as oportunidades de mercado que não estão sendo atendidas atualmente?
- Quais ofertas os clientes consideram desnecessárias?
- Como as ofertas se comparam às da concorrência?
- Quais são os níveis de desempenho de classe mundial (*benchmarking*)?

Segundo ele, dois métodos podem ser utilizados para se obter essas informações:

- **Métodos Reativos** – As informações sobre a qualidade do produto ou sobre a expectativa do cliente parte dele próprio. Normalmente, ele procura a organização para fazer algum tipo de reclamação, elogio, tirar dúvidas, entre outros.
- **Métodos Proativos** – A organização procura o cliente para procurar conhecê-lo melhor e saber as suas necessidades. Podem ser feitos meio de pesquisas, questionários, visitas, entre outras formas.



Ao se fazer essa análise, ainda é difícil mensurar a necessidade do cliente, pois o resultado obtido é bem qualitativo. Por isso, é preciso estreitar ainda mais o foco da análise, permitindo que essas necessidades sejam traduzidas a características e funcionalidades específicas para a aplicação no projeto, tornando os resultados mais quantitativos.

Uma metodologia padrão *Seis Sigma*⁶ utilizada para converter as expectativas em características específicas do projeto é o *Desdobramento da Função Qualidade (Quality Function Deployment – QFD)*.

Primeiramente, todos os clientes envolvidos devem ser identificados, sejam eles internos, externos ou regulatórios, para depois definir quais serão as necessidades a serem atendidas. O levantamento dos dados necessários para a análise das informações pode ser feito por um dos métodos descritos acima. Nessa etapa da avaliação, o objetivo é traduzir as entradas em exigências de clientes, de acordo com o proposto por George (2003).

A próxima etapa é a utilização do QFD para transformar as exigências dos clientes em exigências específicas para o projeto que é, nesse caso, um *Projeto Lean*. O seu formato é parecido com o de uma casa, por isso ele também é conhecido como a Casa da Qualidade. O lado esquerdo, conforme mostrado pela figura abaixo, relaciona os requisitos desejados pelos clientes e a importância a eles atribuídos. A parte superior mostra como a organização poderia se comportar para atender a essas exigências e as interações entre esses comportamentos. O lado direito indica como está a situação da empresa com relação à concorrência para o atendimento dessas necessidades. Ao término do preenchimento a organização consegue saber onde focar os seus esforços para atender da forma mais apropriada às suas expectativas.

⁶ **Seis Sigma:** Metodologia que se utiliza de ferramentas e técnicas estatísticas para a resolução de problemas, com foco no clientes, para atingir a meta de 3,4 defeitos por milhão. (REIS, 2003)

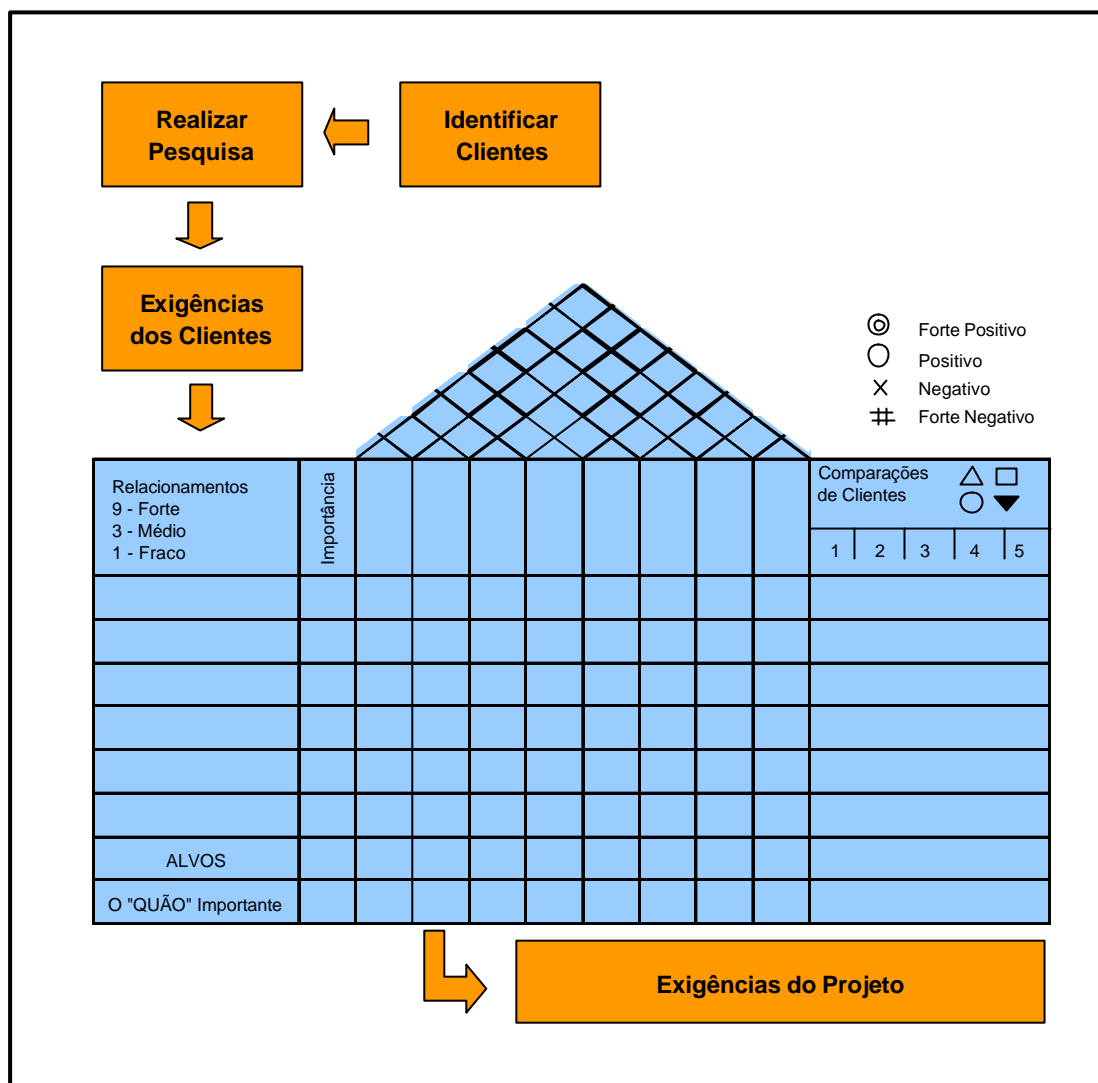


Figura 2.4 – Transformando Necessidades de Clientes em Exigências de Projeto (GEORGE, 2003)

Assim, com essa metodologia, é possível trazer para o *Mapeamento do Fluxo de Valor* aquilo que os clientes identificados apresentam como expectativas, pois ele reúne de modo *eficiente e eficaz*⁷ uma quantidade muito grande de informações para o atendimento dessas necessidades com a utilização de uma quantidade mínima de recursos.

⁷ **Eficiência:** Relação entre o resultado alcançado e os recursos usados. **Eficácia:** Extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os resultados planejados, alcançados. (NBR ISO 9001:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade)



2.3.2. DEFINIÇÃO DAS FAMÍLIAS DE PRODUTOS

A próxima etapa do *Mapeamento do Fluxo de Valor* consiste em definir as famílias de produtos e selecionar aqueles que deverão ser mapeados. Para tanto, isso pode ser feito a partir do final do fluxo de valor, porque um grupo de produtos costuma utilizar equipamentos ou máquinas em comum principalmente no início do fluxo, conforme colocado por Rother & Shook (2003).

Entretanto, ao se pensar no conceito de *Tecnologia de Grupos*⁸, o problema da configuração do sistema produtivo consiste em se agrupar os componentes em famílias e as máquinas em células, designando as famílias às células, de maneira a maximizar a eficácia do sistema (MIYAKE, 1990). Alguns objetivos com esse método, segundo Miyake (1990) são:

- Minimizar a movimentação entre as células ao se maximizar a fração de operações completadas dentro da célula.
- Maximizar a utilização dos recursos produtivos.
- Minimizar os custos de manufatura ao reduzir os custos de preparação e os estoques em processo.

Segundo ele, “o problema de configuração é mal definido, pois não é possível definir uma fronteira que indique se a solução adotada é realmente uma solução”, por isso a maioria dos métodos apresenta procedimentos heurísticos para a definição das famílias de peças.

Um método para a formação de aglomerados pode ser usado para essa determinação, por meio de uma *Matriz de Incidência* binária, a idéia é fazer um rearranjo das linhas e colunas de modo a obter uma estrutura bloco-*diagonal*. (MIYAKE, 1990)

Vários estudos foram realizados para a determinação de métodos de que visam fazer a permutação das linhas e das colunas. Entretanto, King (1980) desenvolveu um algoritmo que ajuda a visualizar esses aglomerados na *Matriz de Incidência*. Ele é chamado de *Algoritmo ROC (Rank Order Clustering)*, como exemplificado a seguir:

⁸ **Tecnologia de Grupo:** Consiste na identificação da similaridade ou equivalência entre peças e atividades recorrentes, e na exploração de seus efeitos. (WEMMERLÖV; HYER, 1987)



Etapa 1

	PESO	8	4	2	1		
	POTÊNCIA	3	2	1	0		
		2	2	2	2		
		P1	P2	P3	P4	PONTOS	RANKING
M1		0	0	0	1	1	4
M2		1	0	1	0	10	2
M3		1	1	0	1	13	1
M4		1	0	0	0	8	3

Etapa 2

PESO	POT		P1	P2	P3	P4	PONTOS	RANKING	
8	3	2	M3	1	1	0	1	13	1
4	2	2	M2	1	0	1	0	10	2
2	1	2	M4	1	0	0	0	8	3
1	0	2	M1	0	0	0	1	1	4
				PONTOS	14	8	4	9	
				RANKING	1	3	4	2	

</

Etapa 3

	PESO	8	4	2	1		
	POTÊNCIA	3	2	1	0		
		2	2	2	2		
		P1	P4	P2	P3	PONTOS	RANKING
M3		1	1	1	0	14	1
M2		1	0	0	1	9	2
M4		1	0	0	0	8	3
M1		0	1	0	0	4	4
	PONTOS	14	8	4	9		
	RANKING	1	2	3	4		

B C

Após a definição das famílias, é preciso decidir qual o produto que será mapeado e, como ela pode ser composta por diferentes tipos de produtos, ou seja, que apresentam operações apenas similares, é aconselhável que se escolha o produto mais representativo. Esse produto pode ser aquele que contém o maior número de operações, a maior frequência de entrega ou ainda o maior volume de demanda.



2.3.3. O MAPA DO ESTADO ATUAL

Após decidir qual a família de produtos a ser mapeada pelo Fluxo de Valor para ser gerado o mapa do estado atual, deve-se começar a seguir os produtos selecionados para o mapeamento de acordo com as seguintes observações, indicadas por Rother e Shook (2003) em mente:

- Coletar as informações do estado atual enquanto se caminha diretamente junto aos fluxos reais de material e de informação.
- Após uma rápida caminha por todo o fluxo, reunir as informações de cada um dos processos.
- Começar o mapeamento pelo final, ou seja, o processo mais ligado ao cliente.
- Utilizar cronômetro para a análise dos tempos de operações, e não se basear em tempos padrão ou informações que serão obtidas pessoalmente.
- Mapear pessoalmente o fluxo completo de valor, para se entender o todo.
- Desenhar à mão e lápis, para verificar se existe ou não a necessidade de informações adicionais.

Durante essa fase do mapeamento, é necessário que os processos de produção típicos da companhia sejam desenhados por meio de uma *caixa de processo*, indicando o processo que o material flui sem a necessidade de ficar em espera. Nessa caixa de processo, devem também ser indicados os principais indicadores que fazem parte da operação. Podem ser:

- **Tempo de Ciclo** – Frequência com que uma peça ou produto é completado por um processo, conforme cronometrado por operação. Esse tempo inclui o tempo de operação mais o tempo requerido para preparar, carregar e descarregar os materiais, segundo o Léxico Lean (2003). Pode ser o tempo de agregação de valor.
- **Tempo de Processamento** – Tempo em que uma peça ou produto está efetivamente sendo trabalhado. É o tempo de agregação de valor.
- **Tempo de Troca** – Tempo necessário para mudar a produção de um tipo de produto para outro. É o tempo de preparação da máquina entre a última peça e a primeira peça boa do lote a ser produzido em seguida.



- **Número de Operadores** – Quantidade de operadores necessários para a realização das atividades do processo para o atendimento da demanda.
- **Número de Variações do Produto** – Quantidade de itens diferentes que são processados durante o processo.
- **Tamanho da Embalagem/Contêiner** – Quantidade de produtos que podem ser colocados dentro de uma embalagem/contêiner/cesto.
- **Taxa de Operação (ou de Utilização)** – Mede a quantidade de tempo em um dado período em que a máquina pode ser utilizada para a produção dos produtos, pertencentes ou não a uma família.
- **Tempo de Trabalho Disponível** – Jornada de trabalho dos operadores em um dado período menos as paradas planejadas, como intervalos, manutenções preventivas, limpeza, reuniões, ausência de material e falta de programação.
- **Disponibilidade** – Quantidade de tempo relativo às paradas causadas por falhas nos equipamentos, ajustes e *setups*, percentualmente ao tempo disponível para a produção.
- **Desempenho** – Quantidade de tempo relativo às paradas por velocidade e operação. Funcionamento em velocidades mais baixas do que a determinada e pequenas paradas.
- **Qualidade** – Porcentagem de perdas ocasionadas por refugo e retrabalho em relação ao total de peças produzidas.
- **Eficácia Total do Equipamento** ⁹ – Produto da Disponibilidade, Desempenho e Qualidade, preocupando-se com as “grandes perdas” do processo produtivo.

Quando há a formação de estoques e ocorre uma transferência em lotes de uma operação para outra, deve-se fazer mais de uma caixa de processo. Caso seja necessário se

⁹ **Eficácia Total do Equipamento (Overall Equipment Effectiveness - OEE):** Principal indicador da Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM), descrito mais adiante.



fazer um mapeamento detalhado do processo, indicando quais são todas as suas operações mesmo sem a formação de estoques intermediários, para se ter uma idéia de todo o processo, pode-se fazer segundo o *Mapeamento das Atividades do Processo* ¹⁰.

Após o desenho do Fluxo de Material (indicado na parte inferior da folha, da esquerda para a direita), é necessário desenhar o Fluxo de Informações (indicado na parte superior da folha, da direita para a esquerda). Esse fluxo é útil para se saber como é feito o controle da produção, ou seja, como é feita a coleta e a distribuição das informações para cada etapa do processo, sobre o que e quando cada um dos produtos deveria ser produzido.

Nesse momento, é possível saber também quais são os movimentos do material que são empurrados para o cliente, e não puxados, o que pode significar a produção de produtos que não estão de acordo com as suas necessidades reais, gerando estoques e longos tempos de espera, com um fluxo de trabalho irregular.

Com todas as informações obtidas ao se observar o fluxo de material e o fluxo de informação, é necessário resumir todas as condições atuais do fluxo de valor. Isto é feito com o desenho de uma *linha do tempo* embaixo das caixas de processo e dos triângulos, que devem indicar os estoques existentes entre as etapas do processo. Com essa linha é possível saber qual é o *lead time de produção* ¹¹ e qual é o tempo real de agregação de valor, ou seja, o tempo que o cliente final estaria realmente disposto a pagar.

Em alguns casos, o *lead time de produção* é o próprio *lead time de reposição* das peças, ou seja, é o tempo em que o lote de peças deve ser preparado para atender a demanda do cliente durante o período de reposição dos itens solicitados.

Um *Mapa do Estado Atual*, semelhante ao apresentado a seguir (Figura 2.5), deve ser obtido após se coletar todas essas informações.

¹⁰ **Mapeamento das Atividades do Processo:** Ferramenta chave para o mapeamento detalhado do processo de atendimento dos pedidos. Consegue-se identificar o prazo de entrega e as oportunidades de produtividade, para os fluxos de produção e para os fluxos de informações. (HINES; TAYLOR, 2004)

¹¹ **Lead Time de Produção:** Tempo requerido para um produto se movimentar por todas as etapas de um processo produtivo, do início ao fim. Também chamado de Tempo de Throughput ou ainda de Tempo Total do Ciclo do Produto. (LÉXICO LEAN, 2003)

Assim, agora já é possível enxergar todo o fluxo de valor e começar a identificar os potenciais desperdícios que são causados durante a produção.

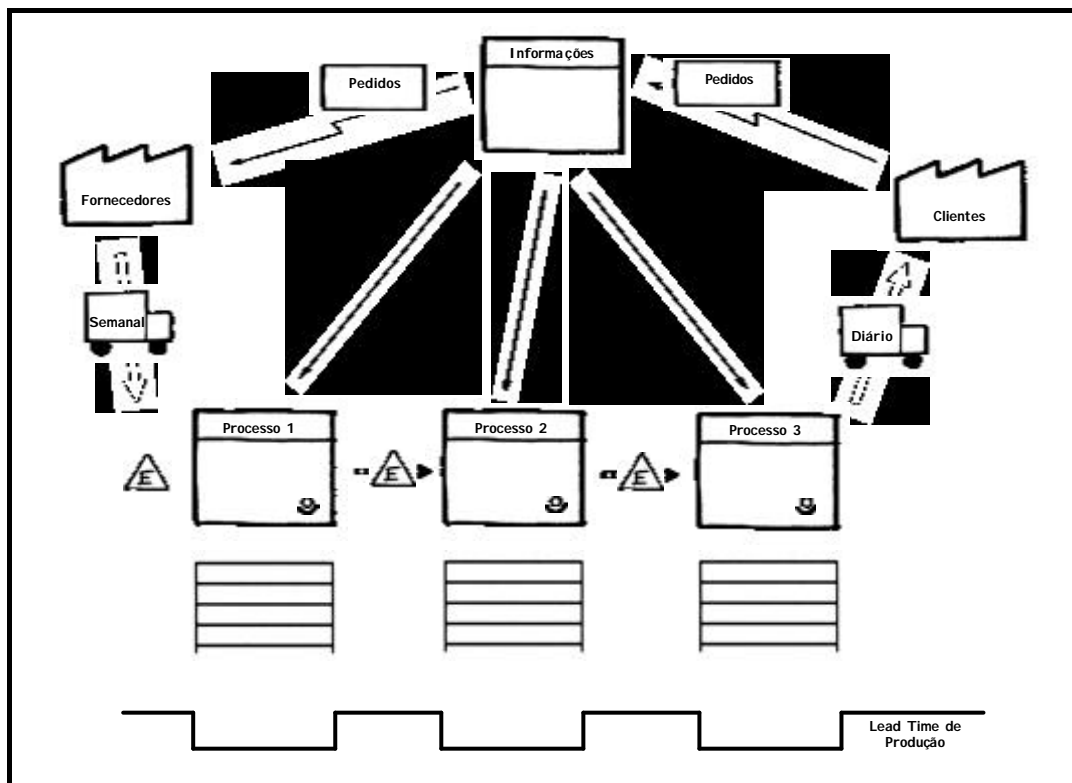


Figura 2.5 – Mapa do Estado Atual (Elaborado pelo Autor)
(ver Anexo A - Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor – ROTHER; SHOOK, 2003)

Entretanto, segundo Nazareno (2003), essa metodologia de análise proposta por Rother e Shook (2003) para a elaboração do estado atual das famílias de produtos envolve, geralmente, um conjunto de processos com poucas peças e que estão dispostos em sequência, o que pode dificultar o mapeamento quando podem ser encontradas outras situações, como as seguintes:

- Grande variedade de produtos.
- Grande variedade de peças e componentes.
- Diferentes fluxos de valor compartilhando uma mesma linha de produção.
- Fluxos de valor de uma mesma família ocorrendo em paralelo.

Por isso, ele sugere que, em uma primeira análise, seja feita a “construção de um mapa de valor que contemple o fluxo *macro* das peças mapeadas, evitando-se maiores detalhes para preservar as características de visibilidade e simplificação da ferramenta, levando-se em consideração apenas o fluxo que apresenta o caminho crítico do processo produtivo”.

➤ DIAGRAMA ESPAGUETE

Durante a elaboração do *Mapa do Estado Atual*, pode-se desenhar também o *Diagrama Espaguete* do produto analisado. Esse diagrama mostra o caminho que o produto faz ao ser processado, durante todas as etapas de fabricação ao longo do fluxo de valor. É “assim chamado, pois, na produção em massa, as rotas dos produtos comumente se parecem com um prato de espaguete” (LÉXICO LEAN, 2003).

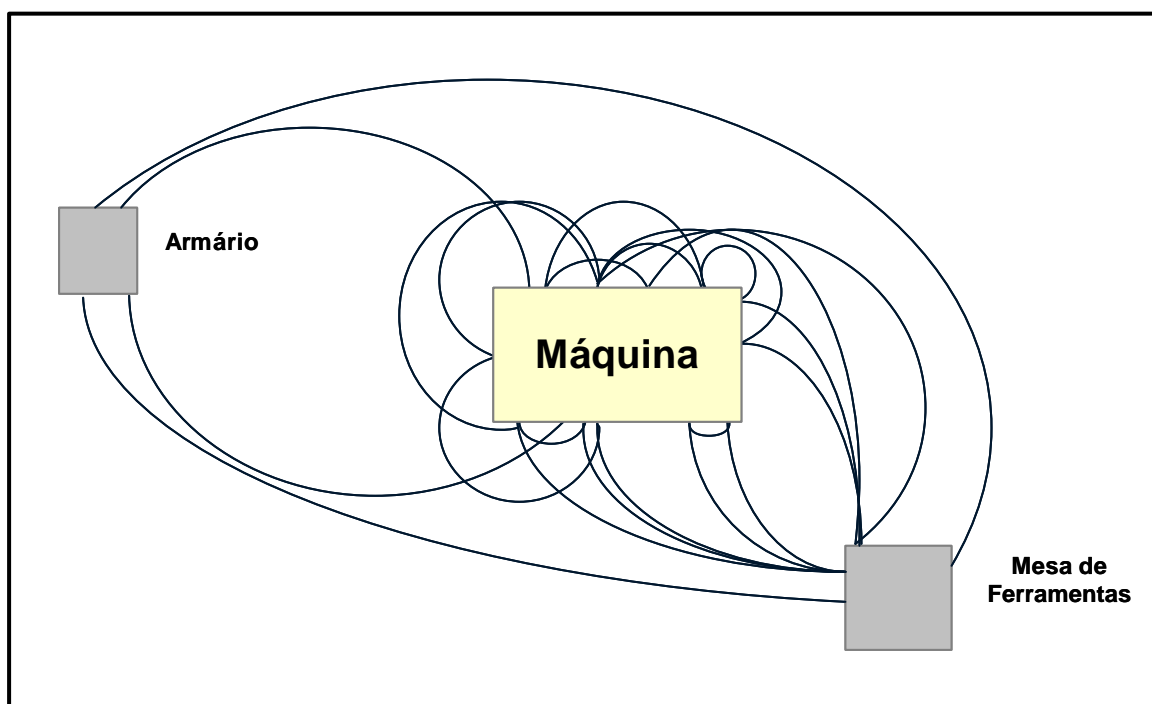


Figura 2.6 – Exemplo de Diagrama Espaguete (Apostila de Treinamento SETEC)



➤ DIAGNÓSTICO DOS DESPERDÍCIOS

Após a elaboração do *Mapa do Estado Atual* e do *Diagrama Espaguete*, Nazareno (2003) sugere que seja feita uma análise dos desperdícios gerados durante a produção. Isso porque a *Filosofia Lean* está baseada no *Sistema Toyota de Produção*, cujo principal objetivo é a remoção dos desperdícios gerados pelas perdas produtivas, por meio de uma melhoria sistemática e contínua ao longo do fluxo de valor. Dessa forma, ele ainda sugere que seja utilizada uma lista de verificação, como a apresentada a seguir, relacionando os desperdícios incorridos às suas possíveis causas para se fazer o diagnóstico dos problemas encontrados.

Tabela 2.1 – Desperdícios x Possíveis Causas (Adaptado de NAZARENO, 2003)

DESPERDÍCIOS	POSSÍVEIS CAUSAS
1 - Perda por Superprodução	<ul style="list-style-type: none">- Áreas grandes de depósito.- Custos elevados de transporte.- Falhas na programação.
2 - Perda com Produtos Defeituosos	<ul style="list-style-type: none">- Processos de fabricação inadequados.- Falta de treinamento.- Matéria-prima defeituosa.
3 - Perda por Estoque	<ul style="list-style-type: none">- Aceite da superprodução.- Produto obsoleto.- Grande flutuação da demanda.
4 - Perda no Processamento	<ul style="list-style-type: none">- Ferramentas e dispositivos inadequados.- Falta de padronização.- Material inadequado.- Erros ao longo do processo.
5 - Perda por Transporte	<ul style="list-style-type: none">- Layout inadequado.- Lotes grandes.- Produção com grande antecedência.
6 - Perda por Espera	<ul style="list-style-type: none">- Espera por materiais.- Espera por informações.- Layout inadequado.- Imprevistos de produção.
7 - Perda com Movimentos Desnecessários	<ul style="list-style-type: none">- Layout inadequado.- Padrões inadequados de ergonomia.- Disposição e/ou controle inadequado de peças, matéria-prima, material de consumo, ferramentas e dispositivos.- Itens perdidos.
8 - Perda por Insatisfação dos Clientes	<ul style="list-style-type: none">- Processo inadequado.- Processo não capaz.- Falta de padronização.- Troca de informação ineficiente.- Não levantamento das expectativas.



2.3.4. MAPA DO ESTADO FUTURO

Destacando-se os desperdícios observados no *Mapa do Estado Atual* é possível estabelecer o *Mapa do Estado Futuro*, com o *fluxo de valor* evidenciado, levando-se em consideração a necessidade do próximo processo. Dessa forma, um fluxo regular dos materiais é obtido, sem retornos, com maior qualidade e custo mais baixo, com “uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes ou por meio de um fluxo contínuo ou puxado, e cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam” (ROTHER; SHOOK, 2003).

Isto é possível ser feito colocando-se em prática algumas *idéias*, que foram sendo desenvolvidas e melhoradas ao longo do tempo de acordo os *pensadores lean*.

Por meio de um estudo realizado pelo autor desse trabalho, elas foram analisadas e compiladas em 12 diretrizes principais, sendo um possível roteiro para a implementação do *Sistema Lean Manufacturing*, por meio da ferramenta *Value Stream Mapping*:

- **DIRETRIZ 1** – Garantir a Estabilidade Básica
- **DIRETRIZ 2** – Adequar a Capabilidade do Sistema de Produção à Demanda
- **DIRETRIZ 3** – Desenvolver um Fluxo Contínuo onde for Possível
- **DIRETRIZ 4** – Definir o Processo Puxador
- **DIRETRIZ 5** – Determinar o Takt Time no Processo Puxador
- **DIRETRIZ 6** – Padronizar o Trabalho onde há Fluxo Contínuo
- **DIRETRIZ 7** – Distribuir o Trabalho onde há Fluxo Contínuo
- **DIRETRIZ 8** – Utilizar Supermercados onde há quebra do Fluxo Contínuo
- **DIRETRIZ 9** – Nivelar o Mix e o Volume de Produção no Processo Puxador
- **DIRETRIZ 10** – Dimensionar o Tamanho do Supermercado
- **DIRETRIZ 11** – Proporcionar um Layout para Fluxo
- **DIRETRIZ 12** – Atingir o Estado Futuro



DIRETRIZ1 – GARANTIR A ESTABILIDADE BÁSICA

Ao querer implementar a manufatura lean, “é importante primeiro resolver alguns problemas que possam fazer com que o fluxo existente entre os processos não flua. Isto porque deve haver uma “tração” suficiente entre eles”. (SMALLEY, 2005)

Os maiores problemas encontrados na manufatura geralmente estão associado à falta de liderança, ao baixo comprometimento e à falta de conhecimento e capacitação em suas operações, de acordo com Smalley (2005). Por isso, ele define a *estabilidade básica* como sendo a “implicação da previsibilidade geral e da disponibilidade constante em relação à mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos”, ou seja, aos 4M’s:

- **Mão-de-Obra** – Uma mão-de-obra bem treinada deve fazer com que os operadores conheçam muito bem a atividade realizada por meio de *Instruções de Trabalho, Métodos de Trabalho e Relações no Trabalho* ¹².
- **Máquinas** – A disponibilidade das máquinas para atender a demanda dos clientes deve garantir que não ocorrerão perdas por instabilidade do equipamento, por isso é necessário que se conheça a capacidade do processo e a média real de produção para saber se está adequada ou não à demanda.
- **Materiais** – Para garantir entregas no prazo, a criação de algum estoque intermediário no *fluxo de valor* pode ser necessária para fazer com que esse fluxo flua, caso existirem instabilidades com relação aos materiais do fluxo, como a falta de entrega no prazo por parte dos fornecedores. Esses estoques são conhecidos por *estoque pulmão ou estoque de segurança* ¹³.

¹² **Instruções de Trabalho:** como planejar os recursos corretos que são necessários para a produção e como desdobrar as tarefas e ensinar as pessoas de maneira segura, correta e consciente. **Métodos de Trabalho:** como analisar as tarefas e fazer melhorias simples dentro do domínio de controle. **Relações no Trabalho:** como tratar as pessoas como indivíduos e resolver problemas comuns de relacionamento humano no ambiente de trabalho ao invés de ignorá-los. (SMALLEY, 2005)

¹³ **Estoque Pulmão:** protegem o cliente do fabricante no caso de alguma mudança abrupta na demanda. **Estoque de Segurança:** protegem o fabricante de alguma ineficácia dos processos fluxo acima e dos fornecedores. (LÉXICO LEAN, 2003)



- **Métodos** – A criação de métodos padrão para a *manufatura lean* ajuda a mudar os métodos de trabalho existentes por meio de melhorias, gerando a redução de desperdícios. “Um padrão nada mais é do que uma ferramenta de medição de como algo está sendo feito e uma referência quando se deseja mudar algo” (SMALLEY, 2005).

Com a ausência de pelo menos esses pontos em uma implementação *lean*, o conceito de fluxo e ritmo pode se quebrar proporcionando a criação de um fluxo “que não flui”. Isto é grave porque, para a manufatura enxuta, a grande questão a ser seguida é a de manter um fluxo perfeito entre os processos de fabricação de modo que, antes de melhorar o fluxo de valor, é necessário primeiramente garantir a *estabilidade básica* dos processos, segundo ele.

DIRETRIZ2 – ADEQUAR A CAPABILIDADE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO À DEMANDA

Devido à quantidade de demanda variada e ao mix complexo e variado para vários tipos de produtos finais que a empresa normalmente possui em seu fluxo de valor para a família de produtos selecionada, muitos problemas e insatisfações podem ocorrer desde a fabricação até a entrega final para o cliente do produto especificado.

Entre esses problemas podem-se citar o grande número de produtos em estoque para apenas alguns itens, entretanto, por causa da grande variação da demanda, outros itens que não apresentam estoque suficiente pode gerar horas extras de produção para satisfazer o pedido do cliente e entregar no prazo pré-determinado. Ou seja, pode-se dizer que o sistema de produção não é capaz de atender a demanda solicitada para o caso da implementação *lean manufacturing*.

Por isso, é preciso decidir como será feito o controle de estoques da empresa para conseguir atender sempre o que o cliente espera e no prazo, sem a geração de desperdícios. Podemos fazer essa análise ao decidir quais produtos manter em um estoque de produtos acabados e quais fabricar apenas sob encomenda.

Isso porque, apesar de estoques serem definidos como desperdício pela manufatura enxuta, ao manter uma quantidade suficiente de produtos acabados em estoque, “as perdas geradas no fluxo de valor podem ser ainda maiores”, de acordo com Smalley (2005). Ele



ainda define essas perdas como estando “na forma de esperas, transporte em excesso, esforço em excesso (urgência) e horas extras e, ainda, de estoques de produtos intermediários”.

Uma análise ABC da *Distribuição da Demanda por Tipo de Produto* (Diagrama P-Q) ajuda a classificar os produtos em função do volume demandado e à frequência de entregas, caso esses valores forem conhecidos.

Ele ainda propõe três situações possíveis para a escolha em adotar *estoques de produtos acabados* ou então produzir *sob encomenda*, de acordo com a habilidade de produção e a capacidade de entregar os pedidos de acordo com a programação:

- **Sistema Puxado de Reposição** – Manter em estoque todos os produtos produzidos e usar as solicitações do cliente para o início da produção. Nesse caso, a programação de fabricação deve ser enviada para o processo mais próximo ao cliente.
- **Sistema Puxado Seqüenciado** – Produzir todos os produtos a partir da solicitação do cliente. Nesse caso, a programação de fabricação deve ser enviada para a primeira etapa do processo, no início do fluxo de valor. As etapas seguintes devem obedecer a seqüência *Primeiro a Entrar Primeiro a Sair* (*First In First Out – FIFO*).
- **Sistema Puxado Misto** – Apresenta aspectos em conjunto tanto do Sistema Puxado de Reposição como do Sistema Puxado Seqüenciado.

Levando-se em consideração as características do Diagrama P-Q e essas opções para o controle da demanda dos clientes, ele ainda sugere uma tabela com os prós e contras na utilização em cada um dos modelos:



Tabela 2.2 – Comparativo entre as Opções do Sistema Puxado (SMALLEY, 2005)

OPÇÃO	PRÓS	CONTRAS
1 - Manter um estoque de produtos acabados para todos os produtos, fabricando todos para estoque. (Sistema Puxado de Reposição)	Pronto para expedir todos os itens em pouco tempo.	Requer estoque para cada item e muito espaço.
2 - Não manter estoque de produtos acabados e fazer todos os produtos sob encomenda. (Sistema Puxado Seqüenciado)	Menor estoque e menor perda a ele associado.	Requer alta estabilidade do processo e curto lead time de produção.
3 - Manter apenas os itens C's no estoque e fazer os produtos A's e B's sob encomenda diariamente. (Sistema Puxado Misto)	Menor estoque.	Requer um controle de produção misto e estabilidade diária.
4 - Manter os produtos A's e B's no estoque de produtos acabados e fazer os itens C's sob encomenda. (Sistema Puxado Misto)	Estoque moderado.	Requer um controle de produção misto e visibilidade nos itens C.

DIRETRIZ3 – DESENVOLVER UM FLUXO CONTÍNUO ONDE FOR POSSÍVEL

De acordo com o Lléxico Lean (2003), desenvolver um fluxo contínuo em um processo significa “produzir e movimentar um item por vez (ou um lote pequeno de itens) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte”. Desse modo, cada item ou lote pequeno deve ser passado para a etapa seguinte sem a presença de paradas entre elas.

Ao se utilizar a produção com um lote pequeno de itens, ao ainda com um lote de tamanho unitário (*one piece flow*), o *lead time de produção* necessário para a fabricação de todo o lote tende a ser menor do que quando se utiliza a produção em lotes com tamanhos muito grandes de peças.

No *Mapeamento do Fluxo de Valor*, costuma-se indicar o fluxo contínuo com apenas uma *caixa de processo*. (ROTHER; SHOOK, 2003)

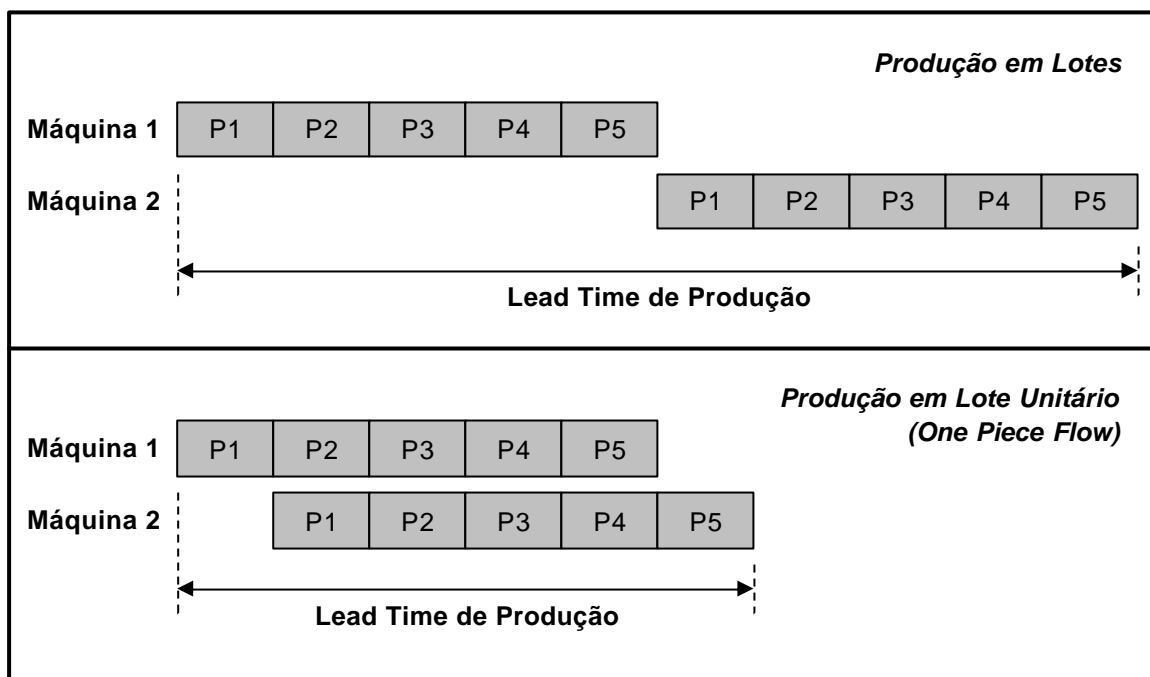


Figura 2.7 – Produção em Lotes x Lote Unitário (Adaptado de NAZARENO, 2003)

DIRETRIZ4 – DEFINIR O PROCESSO PUXADOR

Depois de decidir quais etapas do fluxo de valor apresentarão um fluxo contínuo de peças, deve-se decidir também qual dessas etapas será a responsável por puxar a produção e fazer com que o fluxo flua.

O processo puxador em um fluxo de valor, portanto, é aquele que “define o ritmo para todo o fluxo” (LÉXICO LEAN, 2003). Ele será aquele processo que irá receber a programação de produção, seja via sistema puxado de reposição ou sistema puxado seqüenciado. Por isso mesmo “*ele não precisa ser o gargalo do fluxo que acaba por limitar os processos abaixo devido à falta de capacidade de produção*”.

Para o sistema puxado de reposição, o processo puxador é aquele controlado pelos pedidos, por isso mesmo deve ser aquele processo mais próximo do cliente final. Enquanto que, para o sistema puxado seqüenciado, o processo puxador geralmente está localizado nas etapas iniciais do fluxo de valor, “pouco antes que mais tipos de estoques sejam necessários”



(SMALLEY, 2005). Para produtos *sob encomenda* ou *job shops* ¹⁴, Rother e Shook (2003) sugerem que o ponto de programação também fique localizado próximo aos processos iniciais do fluxo.

DIRETRIZ5 – DETERMINAR O TAKT TIME NO PROCESSO PUXADOR

Rother e Shook (2003) definem o *Takt Time* como sendo “a frequência de produção do produto de acordo com o ritmo das vendas, para atender à demanda dos clientes”. É usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas no processo puxador.

Dessa maneira, o *takt time* fornece um número de referência para indicar a frequência de produção dos outros processos do fluxo de valor. Eles ainda dizem que é possível enxergar sinais de melhoria nos processos com essa forma de enxergar os desperdícios do sistema.

Ele é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho (em segundos) para a família de produtos analisada pelo volume da demanda de pedidos do cliente para essa mesma família de produtos (em unidades) em um período específico, normalmente em um turno de produção:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo de Trabalho Disponível (no período)}}{\text{Demanda do Cliente (no período)}}$$

¹⁴ **Job Shop:** Ambiente de Produção com um número grande e variados tipos de peças. (NAZARENO, 2003)



DIRETRIZ6 – PADRONIZAR O TRABALHO ONDE HÁ FLUXO CONTÍNUO

Após a determinação do *takt time* no processo puxador, é preciso padronizar e distribuir o trabalho para cada um dos processos onde há fluxo contínuo no fluxo de valor, de modo que haja harmonia com o ritmo do *takt time*. As atividades necessárias para a fabricação de um item devem estar bem definidas e entendidas pelos operadores do processo.

Dessa maneira, em uma primeira etapa, o número de operadores envolvidos no processo e o layout físico dos equipamentos não devem ser considerados nessa análise, segundo Rother e Harris (2002). É fundamental que haja primeiramente um completo e perfeito entendimento apenas das atividades realizadas para a fabricação de um item.

Essas atividades podem ser definidas como sendo os elementos do trabalho necessários para completar um ciclo em cada processo. Ou seja, um elemento de trabalho é “o menor incremento de trabalho que pode ser transferido para outra pessoa”, de acordo com esses autores.

A divisão das atividades realizadas pelos operadores em elementos do trabalho ajuda a identificar e eliminar desperdícios que poderiam não ser identificados em um ciclo total do operador para a fabricação do item. Por isso a importância em se fazer essa análise no local de trabalho do operador, anotando e cronometrando todas essas pequenas atividades realizadas por um operador experiente e já ir observando algumas formas de melhoria no processo, ou seja, tudo aquilo pode ser eliminado de acordo com as grandes perdas descritas anteriormente.

Rother e Harris (2002) descrevem essa abordagem de eliminação dos desperdícios de *Kaizen no Papel*, isto porque ao identificar os elementos de trabalho que podem ser eliminados ainda na *fase do papel* uma melhoria bem significativa das atividades que agregam valor já deve ser visualizada dentro do processo. Eles colocam algumas orientações para esse tipo de trabalho:

- **Não incluir caminhada como elemento de trabalho**, pois a distância no novo projeto deve ser minimizada, ao se levar em consideração a proximidade das máquinas, equipamentos e materiais.
- **Não incluir trabalho fora do ciclo para operadores como elemento de trabalho**, pois este deverá ser feito por um pessoal de apoio.



- **Não incluir operadores esperando o ciclo da máquina como um elemento de trabalho**, pois se deve separar o trabalho das máquinas do trabalho das pessoas, uma vez que o operador pode executar uma atividade enquanto a máquina opera em seu ciclo automático.
- **Não incluir tempo para remover peças acabadas das máquinas onde pode ser usada a ejeção automática**, pois remover peças das máquinas antes de carregá-la novamente acrescenta movimentação extra e desperdícios.

Ao se fazer essa análise, é possível estimar o tempo real para cada um dos elementos de trabalho selecionados como sendo os não geradores de desperdícios. Isso é feito por meio de uma cronoanálise realizada para cada uma dessas pequenas atividades, sendo que cada uma delas deve ser cronometrada diversas vezes até serem obtidos dados relevantes para a definição do tempo real. Ele deve ser aquele “mais baixo repetido consistentemente para cada elemento e não o tempo médio cronometrado”, pois é o tempo ótimo do processo, aquele que pode ser alcançado ao serem feitas algumas melhorias por meio do *kaizen*. (ROTHER; HARRIS, 2002)

Com o término dessa análise é possível observar as melhorias propostas para o estado futuro do fluxo por meio de um *Gráfico de Balanceamento do Operador* ¹⁵, no qual está descrito o *conteúdo total do trabalho* a ser realizado para a produção de um produto.

¹⁵ **Gráfico de Balanceamento do Operador:** Ferramenta gráfica que ajuda a visualizar a criação de fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores, distribuindo os elementos das tarefas do operador em relação ao tempo takt, que pode ser visualizado por meio de barras verticais para representar a quantidade total de trabalho a ser realizado por cada operador. (LÉXICO LEAN, 2003)

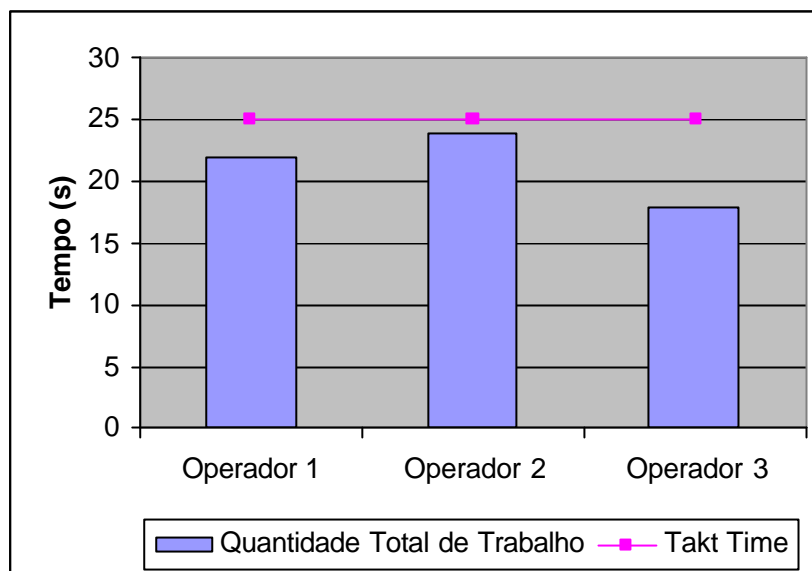


Figura 2.8 – Exemplo de Gráfico de Balanceamento do Operador
(Elaborado pelo Autor)

DIRETRIZ 7 – DISTRIBUIR O TRABALHO ONDE HÁ FLUXO CONTÍNUO

Após a padronização do trabalho a ser executado para a fabricação de um item ter sido estabelecida, deve-se estabelecer o número de operadores necessários em cada um dos processos para atender o *takt time*.

Rother e Harris (2002) dizem que o número de operadores apropriado em um fluxo contínuo não deve ser estimado ou negociado entre os membros da equipe. Ele deve ser definido por meio da seguinte equação:

$$\text{Número de Operadores} = \frac{\text{Conteúdo Total de Trabalho}}{\text{Takt Time}}$$

Uma questão a ser discutida com essa equação é o freqüente número decimal que acaba ocorrendo nesse cálculo, ou seja, não é possível existir 0,3 operadores para uma operação. Por isso, eles ainda fornecem uma orientação para quando esse tipo de situação acontecer:



Tabela 2.3 – Orientação para a Determinação do Número de Operadores
(ROTHER; HARRIS, 2002)

Número Decimal do Resultado	Orientação
< 0,3	Não adicionar operador extra. Reduzir desperdícios e trabalhos não importantes.
0,3 a 0,5	Avaliar após certo período de experiência se ainda há desperdícios e trabalhos que podem ser eliminados. Caso contrário, adicionar operador extra, mas um trabalho incompleto entre os operadores será gerado.
> 0,5	Adicionar operador extra se necessário, mas manter a redução dos desperdícios e trabalhos que não são importantes para a eliminação desse operador. Trabalho incompleto entre os operadores será gerado.

Com o número de operadores necessários para atender a demanda definido, é preciso distribuir o *conteúdo total do trabalho* entre eles. Isto pode ser feito por meio do *balanceamento da linha*¹⁶ ou por meio do *balanceamento lean*¹⁷, no caso de haver trabalho incompleto entre os operadores. De qualquer forma, segundo Rother e Harris (2002), a alocação do trabalho pode ser feita por meio de alguns métodos:

- **Divisão do Trabalho** – Divisão de uma parcela correspondente a um *takt time* do conteúdo total de trabalho entre os operadores. Pode-se mover entre várias máquinas.
- **Circuito** – O operador realiza todos os elementos de trabalho, passando por todas as atividades existentes no fluxo de modo a percorrer um *circuito*, no sentido do fluxo de material. Outro operador o segue.
- **Fluxo Reverso** – Os operadores percorrem o *circuito* no sentido contrário ao do fluxo de material.

¹⁶ **Balanceamento da Linha:** Método no qual se busca dividir igualmente o trabalho entre os operadores, entretanto, a tendência é a de se embutir desperdícios, como espera, entre eles, não sendo “utilizados” completamente. (ROTHER; HARRIS, 2002)

¹⁷ **Balanceamento Lean:** Método no qual se procura fazer com que os operadores fiquem completamente “utilizados”, dessa maneira apenas um operador pode ficar exposto ao desperdício, proporcionando que melhorias sejam atingidas mais facilmente. (ROTHER; HARRIS, 2002)



- **Combinações** – Divisão do trabalho em um *circuito* ou *fluxo reverso*.
- **Operador por Estação** – Cada operador permanece em uma estação de trabalho previamente definida para atender o *takt time*.
- **Serrote ou Corte** – O operador opera duas máquinas e “corta” parte do trabalho, jogando-o para frente toda vez que o operador se move para a máquina seguinte.

Nesse ponto da análise, é preciso se certificar de que as máquinas ou os equipamentos pertencentes ao processo consigam também ser capazes de atender à demanda. Ainda, segundo Rother e Harris (2002), “para fazer isto, cada máquina deve ser capaz de completar seu ciclo para cada peça dentro do *takt time* (...) se quisermos atingir o fluxo contínuo”. Entretanto, “como as máquinas não são completamente capazes ou disponíveis e a demanda também pode mudar”, eles ainda sugerem que seja estabelecida uma meta para os tempos de ciclo de cada máquina pertencente ao processo em não mais de 80% do menor *takt time*, pois isso “assegura que o operador não tenha que esperar a máquina encerrar o ciclo de trabalho na próxima vez que ele percorrer todos os elementos de trabalho”.

DIRETRIZ8 – UTILIZAR SUPERMERCADOS ONDE HÁ QUEBRA DO FLUXO CONTÍNUO

Tanto para processos fluxo abaixo como para processos fluxo acima, onde haja uma quebra do fluxo contínuo, é interessante que se adote o sistema de *supermercados*¹⁸ para auxiliar no controle da produção. Especialmente se há pontos onde é apenas possível a fabricação em lotes. Rother e Shook (2003) colocam algumas razões para isso:

- Processos projetados para atender diversas famílias de produtos apresentam tempos de ciclo mais rápido para alguns modelos e mais devagar para outros.
- Processos distantes inviabilizam a transferência de lote unitário.
- Processos que não são confiáveis para se ligarem a um fluxo contínuo.

¹⁸ **Supermercados:** Local onde um estoque padrão predeterminado é mantido para o fornecimento aos processos fluxo abaixo. Normalmente, se localizam próximo ao processo fornecedor para ajudá-lo a entender os usos e as necessidades dos clientes. (LÉXICO LEAN, 2003)



DIRETRIZ9 – NIVELAR O MIX E O VOLUME DE PRODUÇÃO NO PROCESSO PUXADOR

Para se evitar trocas de ferramentas nas máquinas entre a produção de produtos, muitas empresas os fabricam em lotes muito grandes por achar que não existirão problemas com o restante da produção. Entretanto, esse tipo de atitude prejudica e muito o fluxo de valor, pois dificulta o atendimento dos clientes que querem algo diferente do que está sendo produzido e, ao mesmo tempo, não existe no estoque.

Esse tipo de produção acarreta em estoques muito grandes de produtos para conseguirem, pelo menos, satisfazer alguns clientes. De acordo com Rother e Shook (2003), uma alternativa para essa situação, ou seja, proporcionar baixos níveis de estoque e atender à demanda solicitada está no nivelamento do mix e do volume dos produtos a serem fabricados.

“Nivelar o mix de produtos significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo. Por exemplo, ao invés de montar todos os produtos “Tipo A” pela manhã e todos os “Tipo B” pela tarde, nivelar significa alternar repetidamente entre menores lotes de ‘A’ e ‘B’”. (ROTHER; SHOOK, 2003)

Uma outra questão a ser discutida, então, é como estabelecer o volume a ser produzido durante cada um desses intervalos destinados ao nivelamento do mix de produção, pois normalmente o volume se encontra distribuído de forma irregular ao longo do tempo prejudicando também o atendimento à demanda solicitada.

“Estabelecer um ritmo de produção consistente ou nivelado cria um fluxo de produção previsível que, por sua natureza, o alerta para os problemas de tal modo que se pode tomar rápidas ações corretivas”. (ROTHER; SHOOK, 2003)

A solução para o nivelamento de volume está no fato de se começar a produção de um determinado item no processo puxador ao mesmo tempo em que se retira a mesma quantidade



de produtos acabados do supermercado. Esta é a chamada *Retirada Compassada* ¹⁹, segundo eles.

É necessário calcular um incremento consistente de trabalho, o *pitch* ²⁰, que frequentemente está baseado na quantidade de itens de produtos em um contêiner (ou embalagem). Torna-se a unidade básica da programação para a família de produtos, ou seja, com ele é possível nivelar o mix e o volume de produtos no processo puxador, Rother e Shook (2003), o colocam como sendo:

$$\text{Pitch} = \text{Takt Time} \times \text{Tamanho da Embalagem}$$

Ele é importante, pois é possível visualizar muito bem o desempenho da produção com relação à demanda do cliente. Outras formas de se medir esse incremento de trabalho também podem ser consideradas, como hora, dia, semana, etc. Entretanto, a probabilidade de ficar em desarmonia com o *tempo takt* é muito alta devido à inexistência da *imagem takt* ²¹, assim, a resposta aos problemas será mais morosa, dificultando a resolução dessas questões. (ROTHER; SHOOK, 2003)

Entretanto, mesmo que o mix e o volume possam ser nivelados de alguma forma no processo puxador, uma grande variação no *conteúdo de trabalho* para diferentes produtos existentes em uma família pode também criar uma carga de trabalho exagerada para os operadores. Por isso a importância de se avaliar os *elementos de trabalho* e distribuí-los entre os operadores de modo a deixá-los abaixo do *takt time*.

¹⁹ **Retirada Compassada:** Prática de liberação das ordens de produção para as áreas de trabalho e de retirada de produtos dessas áreas em um ritmo fixo e freqüente. (LÉXICO LEAN, 2003)

²⁰ **Pitch:** Quantidade de tempo necessária em uma área de produção para completar um contêiner de produtos. (LÉXICO LEAN, 2003)

²¹ **Imagem Takt:** Consciência do tempo takt nas áreas de um processo de produção em que os produtos não podem ser entregues e retirados na freqüência do tempo takt. Pode ser conseguida pela retirada de produtos acabados e pela entrega de sinais de produção em múltiplos do tempo takt, proporcional ao tamanho da embalagem. (LÉXICO LEAN, 2003)

Da mesma forma, se o tempo de troca entre as operações também for muito longo, o nivelamento acaba sendo prejudicado, pois o tempo que deveria ser usado para a produção passa a ser usado para as trocas. Por isso a escolha das empresas em produzirem lotes grandes de peças em detrimento do *lead time de produção*, com poucos setups.

Assim, conhecendo o tempo disponível para a produção em um determinado período, a demanda do cliente por item da família de produtos e o tamanho mínimo do lote de produção, é possível nivelar o mix por meio da seguinte equação:

$$\text{Intervalos} = \frac{\text{Tempo Disponível no Período}}{\text{Pitch}}$$

Esses intervalos devem, então, ser alocados de alguma maneira a satisfazer a demanda dos clientes. Isso pode ser feito por meio da análise ABC, distribuindo os intervalos de acordo com a porcentagem identificada nessa curva (caso 1) ou, ainda, determinando o *takt time* para cada um dos itens da família e distribuindo a produção de uma forma mais eficiente (caso 2). Dessa maneira, os intervalos são alocados de acordo com o atendimento do *takt time*, minimizando os estoques intermediários e os de produtos acabados devido à redução do *lead time de produção*, segundo NISHIDA (2005). Com essa última forma, a tendência do número de trocas necessárias será ser maior com relação ao caso anterior, por isso o tempo de *setup* deve ser um fator importante a ser considerado nessa análise. Conforme exemplo:

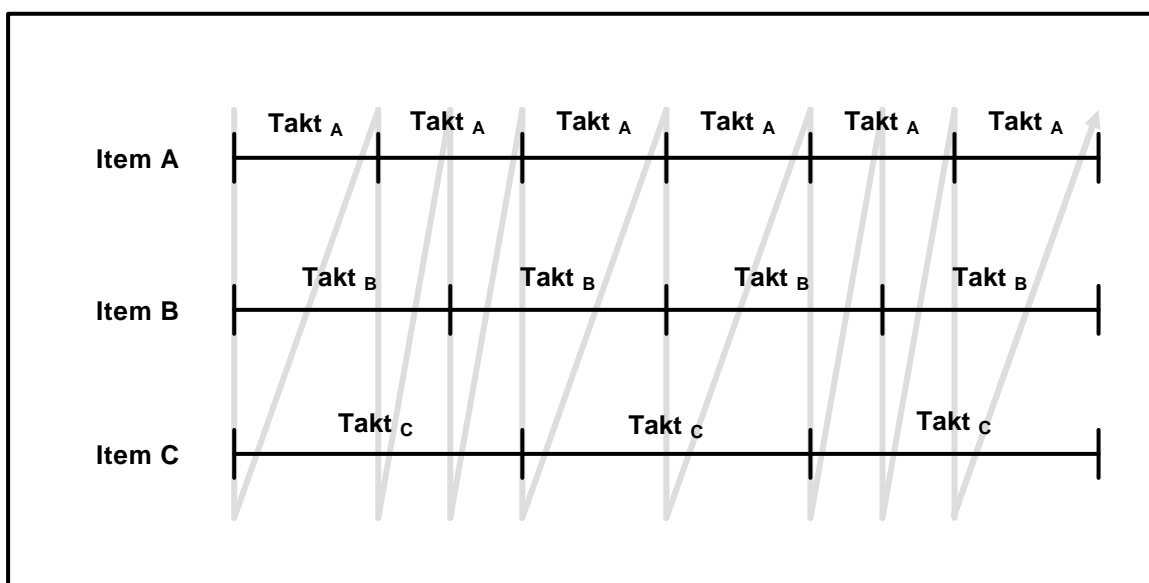


Figura 2.9 – Possível Sequência do Mix de Produção (Elaborado pelo Autor)



Seqüência do Mix (caso 1): A_A_A_A_A_B_B_B_B_C_C_C_

- Número de trocas reduzido (apenas 3).
- Grandes lotes de produção.
- Longo lead time de produção dos produtos.

Seqüência do Mix (caso 2): A_B_C_A_B_A_C_A_B_A_C_B_A_

- Número de trocas elevado (13 no total).
- Pequenos lotes de produção.
- Curto lead time de produção dos produtos.

DIRETRIZ10 – DIMENSIONAR O TAMANHO DO SUPERMERCADO

Ao se decidir usar o sistema de supermercado, principalmente para aqueles produtos definidos inicialmente que fariam parte do sistema puxado de reposição, uma questão levantada é a do dimensionamento dos estoques de produtos acabados nesse supermercado de modo a fazer com que o produto sempre esteja disponível no momento da solicitação do cliente.

Para esse dimensionamento, a demanda média durante o período avaliado, ou seja, o *lead time de reposição*, a variação da demanda e certo fator de segurança são importantes nessa análise, conforme apresentado por Smalley (2005):

$$\text{Estoque no Supermercado} = \text{Estoque de Ciclo} + \text{Estoque Pulmão} + \text{Estoque de Segurança}$$

Onde:

Estoque de Ciclo = Demanda Diária Média x Lead Time de Reposição (dias)

Estoque Pulmão = Variação da Demanda em % do Estoque de Ciclo ²²

Estoque de Segurança = Fator de Segurança em % do Estoque de Ciclo e Pulmão

²² A variação da demanda pode ser medida por meio do desvio padrão da quantidade dos pedidos.



Com apenas essa equação, o estoque no supermercado ainda não pode ser dimensionado de maneira eficaz, pois o *lead time de reposição* deve também estar avaliado de uma maneira eficiente para atender a demanda no momento requisitado. Nazareno (2003) define esse tempo como:

$$\text{Lead Time de Reposição} = \text{Tempo de Produção} + \text{Tempo de Setup} + \text{Tempo de Movimentação} + \text{Tempos Adicionais}$$

Onde:

Tempos Adicionais são todos aqueles relacionados aos possíveis tempos de espera, de expedição, de liberação do pedido, entre outros, caso sejam aplicáveis.

Entretanto, de acordo com Smalley (2005), ainda para se avaliar o *lead time de reposição*, deve-se escolher entre duas alternativas possíveis para a fabricação dos itens:

- Quantidade fixa de itens a intervalos de tempo variados.
- Quantidade variada de itens a intervalos de tempo fixos.

A primeira opção exige que seja produzida uma quantidade fixa de peças durante certo intervalo de tempo, que pode variar muito de um item para outro, apresentando *lead times de reposição* muito curtos para alguns itens como também muito longos para outros. Embora a tendência com essa opção seja a de criar lotes de consumo reduzido para alguns itens e muito grandes para outros, “a produção é ajustada à demanda rodando algumas peças mais frequentemente do que outras” (SMALLEY, 2005).

A segunda opção, ao contrário, exige a produção em um intervalo constante para cada um dos itens da família, por isso ela acaba ficando mais ligada à demanda dos clientes e gera estoques menores.

De qualquer forma, a partir dessa análise, consegue-se estimar o tamanho do lote de produção, pois ele é determinado pelo *tempo de produção* necessário para a fabricação dos



itens. Enquanto que o *tempo de setup*, o *tempo de movimentação* e os *tempos extras* podem permanecer constantes.

Para os itens do sistema puxado seqüenciado tanto essa alternativa de manter estoques em um supermercado é válida como a alternativa de não manter estoques também é válida. Isso deve ser estudado caso por caso levando-se todas as questões que podem influenciar o negócio em consideração.

DIRETRIZ11 – PROPORCIONAR UM LAYOUT PARA FLUXO

Ao se analisar apenas uma família de produtos passando por um fluxo de valor, pode-se chegar à conclusão de que é fácil proporcionar um *layout* para fluxo, ou seja, é fácil alocar as máquinas de tal maneira que o produto flua continuamente. Entretanto, ao se analisar mais profundamente esse fluxo, no qual podem estar presentes diferentes famílias, esse conceito é um pouco mais difícil de ser identificado, ainda mais quando se trata de um ambiente *job shop* em uma célula de manufatura. (NAZARENO, 2003)

“A célula de manufatura é um processo organizacional que produz famílias de peças dentro de um único arranjo de máquinas e instalações, operadas por pessoas multifuncionais” (YOSHINAGA; YOSHINAGA, 2003). Ou seja, as máquinas necessárias para a produção dos produtos de todas as famílias que passam por ela devem estar dispostas em um só local de tal maneira que atendam ao processo produtivo.

Segundo Nazareno (2003), “a principal vantagem da célula de manufatura é permitir o fluxo contínuo e o emprego flexível da mão-de-obra por meio do trabalho multifuncional”.

Normalmente, as células de manufatura costumam utilizar a metodologia da tecnologia de grupo, em suas diferentes formas de aplicação, para poder distribuir as máquinas na área produtiva, e por ter a consciência de que muitos problemas são similares, o agrupamento deles permite uma única solução, economizando esforço e tempo, de acordo com Yoshinada e Yoshinada (2003).

Arn (1975) propõe quatro critérios que podem ser adotados ao se adotar a metodologia da Tecnologia de Grupos:



- Semelhança Geométrica dos Itens
- Semelhança de Processos dos Itens
- Semelhança de Características dos Equipamentos
- Semelhança de Equipamentos de Suporte

De posse dessas informações, podem-se arranjar os equipamentos de acordo com os seguintes tipos de arranjos físicos, segundo Muther (1978):

- **Arranjo Posicional** – Utilizado para produtos volumosos, por ser mais fácil movimentar os equipamentos, as máquinas e o pessoal, do que o produto em si. Geralmente fixa-se a posição do produto.
- **Arranjo Funcional** – Utilizado quando há uma variedade muito grande nos produtos e na seqüência de operações, os equipamentos são de difícil movimentação e exigem suprimentos ou construções especiais. Neste caso, os produtos não costumam ser muito volumosos.
- **Arranjo Linear** – Utilizado para um único produto ou para produtos similares, fabricados em grande quantidade com um processo relativamente simples. Pode ainda estar em linha ou em formato de U, nesse caso ele é mais conhecido como *layout celular*.

De acordo com Nazareno (2003), há algumas vantagens em se utilizar o *layout* em linha ou o celular, em uma célula de manufatura para se obter redução de custos. A primeira delas é a *redução dos setups*, devido à produção de famílias de peças, ou seja, de peças semelhantes. A segunda é a *redução do lead time de produção* devido à aproximação das máquinas. A terceira vantagem é a *redução das funções de suporte* e de outros custos alocados devido à eliminação de controles ou passagem de muitas funções desse tipo para os próprios operadores.

Outras vantagens bem conhecidas também podem ser citadas com o *layout celular*, como a redução de estoque em processo e estoque de produtos acabados devido à redução do *lead time de produção* e ainda a redução do espaço para a produção.

Nazareno (2003) ainda afirma que num ambiente muito grande e variado de peças a aplicação desses conceitos é praticamente inviável, devido às células de produção ser



indicadas para ambientes com fluxo de peças bem definido, além de ser necessário em grande parte das vezes a duplicidade de máquinas, representando custos significativos para as empresas.

Ele coloca como uma alternativa a utilização do conceito de *mini-fábricas de produção*, principalmente quando mais de uma família de produtos utiliza a mesma máquina em seus fluxos de valores. Ele ainda apresenta algumas vantagens ao se utilizar esse conceito de alocação de máquinas em uma célula de manufatura:

- Menor movimentação do material
- Melhor fluxo de produção
- Facilidade para movimentação de empilhadeiras e carrinhos
- Melhor controle de horas e de produção (por famílias de peças)
- Facilidade para identificar gargalos nos fluxos
- Facilidade de alocação de custos
- Melhor gerenciamento de gastos por grupo
- Proximidade do ferramental
- Maior capacidade de coordenar a produção
- Maior segurança para os operadores
- Melhor aproveitamento da mão-de-obra

Essas *mini-fábricas* podem ser obtidas por meio da semelhança de processos entre as peças, ou seja, para o caso de uma célula de manufatura enxuta, o *layout celular* distribuído de tal forma que atenda a todos os itens fabricados deve ser baseado na semelhança de processos ou de máquinas, proporcionando a criação das *mini-células*.

Um coeficiente de semelhança pode ser definido para se avaliar a semelhança entre duas máquinas, sendo que um “muito utilizado é o de ‘Jaccard’, definido para o par ij como o número de componentes que visitam ambas as máquinas, dividido pelo número de componentes que visitam i ou j ou ambas” (MIYAKE, 1990).



Esse coeficiente ajuda a visualizar o quão longe ou o quão próximo as máquinas poderão estar para atender as peças das diferentes famílias que possuem um processo de fabricação semelhante. É obtido por meio da seguinte equação:

$$\text{Coeficiente de Similaridade} = \frac{\text{Quantidade de Itens em Comum (entre duas máquinas)}}{\text{Quantidade de Itens Totais (entre duas máquinas)}}$$

Conforme exemplo:

		Produtos / Itens / Peças			
		P1	P2	P3	P4
Máquinas	M1	1		1	1
	M2		1		1
	M3	1		1	

$$\text{Coeficiente de Similaridade p/ M1 e M2} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Assim, se o coeficiente de similaridade for 0%, quer dizer que não existem produtos com tecnologia de processo semelhante entre as máquinas em análise para a fabricação. Entretanto, à medida que esse coeficiente aumenta, a relação de similaridade faz com que a proximidade entre as máquinas deva ser cada vez maior.



Muther (1978) sugere a adoção de um *Diagrama de Inter-Relações*²³ baseado na proximidade relativa entre as atividades, na direção ou na intensidade do fluxo de materiais para se alocar as máquinas de uma maneira eficaz, de acordo com os requisitos estabelecidos. Assim, quanto maior o número de linhas ligando um processo ao outro nesse diagrama, maior será a intensidade dos requisitos.

Para o caso do mapeamento do fluxo de valor, ao se utilizar o *Diagrama de Inter-Relações*, ele deve contemplar todos os conceitos que satisfaçam um *sistema lean*.

Rother e Harris (2002) apresentam alguns requisitos para um *layout enxuto*:

- Alocar as máquinas e as estações de trabalho bem próximas, para minimizar a distância percorrida e remover os obstáculos ao longo desse caminho.
- Tentar manter a largura dentro da mini-fábrica em torno de 1,5 metros, para permitir maior flexibilidade na realocação de elementos de trabalho.
- Eliminar espaços onde seja possível a acumulação de peças em processo e evitar a transferência de peças de cima para baixo e de frente para trás.
- Localizar os processos iniciais e finais próximos.

Com essas informações, Nazareno (2003) sugere a adoção de um roteiro para a elaboração de alternativas e escolha do novo *layout*, conforme o apresentado a seguir:

PASSO 1: Levantamentos dimensionais, definição dos grupos de peças e determinação dos coeficientes de similaridade entre as máquinas – Um levantamento dimensional da área a ser analisada deve ser feito, assim como definir quais serão os grupos de peças que a compõe e determinar a similaridade das máquinas, de acordo com as peças em comum.

PASSO 2: Definição da quantidade movimentada por grupo de peças – Com a planta do *layout* em mãos, pode-se obter uma idéia da localização das máquinas na área

²³ **Diagrama de Inter-Relações:** Após a coleta de informações sobre a seqüência de atividades e proximidades relativas, esse diagrama ajuda na visualização dessas informações por meio de um esboço de localização. (MUTHER, 1978)



analisada e os estoques presentes. *O objetivo é identificar a quantidade de vezes que a movimentação é feita.* Ele coloca três opções para essa identificação:

- Volume Produzido / Lote de Fabricação
- Número de Ordens de Fabricação
- Volume Produzido / Tamanho do Contêiner

PASSO 3: Determinação dos fluxos e cálculo da movimentação no layout atual –

Com o *layout atual*, deve-se esboçar o caminho percorrido pelo grupo de peças e, por meio dele, é possível saber a distância total percorrida pelo grupo. Pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$\text{Distância Total Percorrida} = \text{Distância Movimentada} \times \text{Quantidade Movimentada}$$

PASSO 4: Determinação das alternativas de layout – De posse das informações coletadas e das informações necessárias para a criação de um *layout enxuto*, é possível propor algumas alternativas de *layout*.

PASSO 5: Identificação dos fluxos nas alternativas e cálculo das movimentações –

Com base nas alternativas propostas pode-se estabelecer o fluxo para cada um dos grupos de peças, bem como calcular a movimentação e a distância potencial total para cada um deles.

PASSO 6: Comparação entre as alternativas – Etapa onde se deve fazer a comparação entre as alternativas propostas e a escolha daquela que melhor satisfaz a análise quantitativa e qualitativa dos requisitos estabelecidos inicialmente.



DIRETRIZ 12 – ATINGIR O ESTADO FUTURO

Depois de desenhar o mapa do *estado atual*, é preciso atingir o *estado futuro*, tornando-o uma realidade com levando-se em consideração as diretrizes explicitadas anteriormente para se conseguir uma aplicação eficaz do *sistema lean de produção*.

Rother e Shook (2003) defendem a adoção de um Plano de Implementação do Fluxo de Valor para se conseguir atingir os objetivos e as metas propostas segundo as expectativas levantadas pelos clientes.

Algumas ferramentas para essa implementação, apesar de não estarem descritas anteriormente, também podem ser usadas por estarem relacionadas diretamente com a produção enxuta, ainda mais por ajudarem a manter a *estabilidade básica* necessária para o sucesso do *lean manufacturing*. São elas:

➤ KANBAN

Conforme explica o Léxico Lean (2003), “kanban é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em sistema puxado. O termo significa “sinal” em japonês”.

A presença dessa ferramenta em um ambiente *lean* proporciona o controle das informações e a movimentação de materiais entre os processos de produção por ter essa característica de sinalizar o andamento da produção.

“O kanban, combinado com o takt time, o fluxo contínuo, a produção puxada e a programação nivelada é o que permite que a produção just-in-time seja alcançada em um fluxo de valor”. (SMALLEY, 2005)

Normalmente eles são apresentados sob a forma de cartões de papelão na maior parte das empresas, ou ainda sob a forma de placas e anéis, contendo informações sobre o nome e número da peça, fornecedor e cliente do processo, além do local de armazenamento do item.



Para o caso de instruir os movimentadores de materiais a mover os produtos, ele é conhecido como *kanban de retirada* e, para o caso de instruir o processo a fabricar os produtos, como *kanban de produção*.

Nesse último caso, um *kanban de sinalização* pode ser usado para autorizar a produção de todo o lote quando uma quantidade mínima de itens no estoque é atingida, por meio do *ponto de disparo* da produção, normalmente é utilizado quando há tempos de ciclo curtos e tempos de troca elevados. Ou ainda, ele pode corresponder a um contêiner ou a uma embalagem de itens, dessa maneira o *número de cartões kanban* pode ser diferente para cada item estocado no supermercado, mas à medida que os clientes vão consumindo esses itens, a reposição dos mesmos é efetuada. Ainda, segundo Smalley (2005), o isso pode ser dado por:

$$\text{Número de Cartões Kanban} = \frac{\text{Estoque no Supermercado}}{\text{Tamanho do Contêiner/Embalagem}}$$

$$\text{Ponto de Disparo} = \frac{\text{Maior Lead Time}^{24}}{\text{Takt Time do Item}}$$

O Léxico Lean (2003) ainda estabelece regras para o uso eficaz do *kanban*:

- Os processos clientes colocam seus pedidos nas quantidades exatas especificadas no *kanban*.
- Os processos fornecedores produzem as quantidades exatas e na sequência especificada pelo *kanban*.
- Nenhum item é produzido ou movimentado sem um *kanban*.

²⁴ **Maior Lead Time** possível para outro produto que teoricamente possa ter entrado na fila desse processo na frente do produto exigido. (SMALLEY, 2005)

- Todas as peças e materiais têm sempre um *kanban* anexado.
- Peças com defeitos e quantidades incorretas nunca são enviadas ao processo seguinte.
- O número de *kanban* é reduzido cuidadosamente para diminuir os estoques e revelar problemas.

Para viabilizar a liberação de pequenas e uniformes quantidades de trabalho, o *Heijunka Box* (*Quadro de Nivelamento de Carga*) é uma das ferramentas utilizadas pelas empresas como um auxílio para o *kanban*. Segundo Rother e Harris (2002), “os cartões *kanban* são colocados no quadro de nivelamento na sequência do mix desejado por tipo de produto”, de modo a proporcionar uma visualização simples e rápida do mix e do volume de produção, a intervalos fixos e quantidade possivelmente variável.

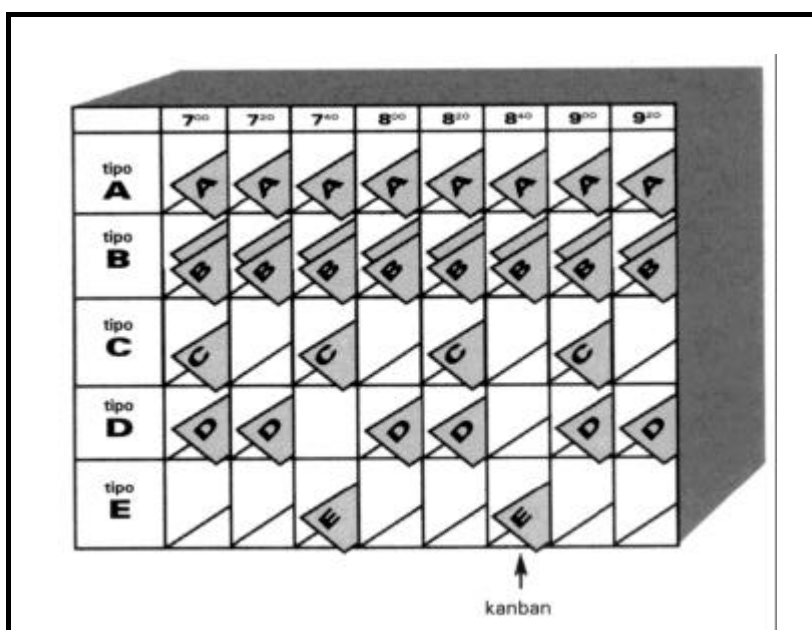


Figura 2.10 – Heijunka Box (LÉXICO LEAN, 2003)

Entretanto, quando a produção é feita em lotes de tamanhos fixos e tempo variável, uma opção a ser utilizada é o *Quadro de Formação de Lotes*, onde um *kanban* pode ser criado para cada contêiner de peças controlado no sistema. Isso pode resultar em um *número de cartões kanban* muito grande, já que é dependente da quantidade de embalagens/contêineres

existentes no supermercado. Assim, “conforme o material é consumido do supermercado, o kanban é periodicamente destacado e trazido de volta para o processo fornecedor e é colocado no quadro de lotes que destaca todas as peças e mostra um espaço escuro delimitado para cada cartão kanban no sistema”. (SMALLEY, 2005)

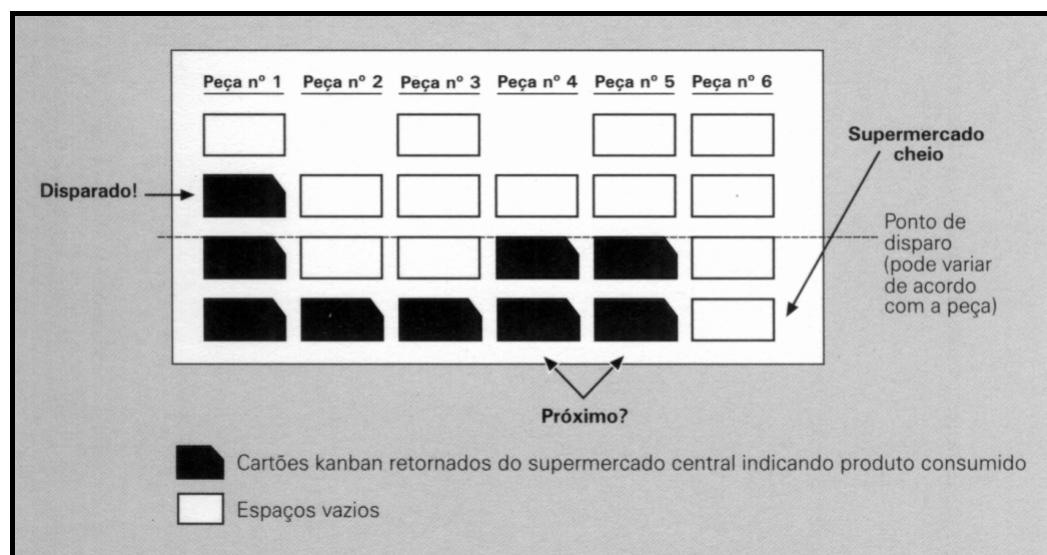


Figura 2.11 – Quadro de Formação de Lotes (SMALLEY, 2005)

Dessa forma, quando o cartão é retornado indica-se que produtos foram consumidos, ao passo que a existência de espaços escuros indica estoque no supermercado. Assim, é preciso utilizar o conceito do ponto de disparo, uma vez que, quando atingida a quantidade mínima de itens no supermercado, o operador deve começar a produzir o lote de modo a repor o material. Em caso de haver duas ou mais peças no ponto de disparo para a produção, Yoshinaga e Yoshinaga (2003) dizem que há preferência de produção “aquela peça cuja máquina já está ou estava preparada”.

Smalley (2005) afirma que a vantagem de se utilizar esse método está no retorno mais freqüente das informações ao processo de produção, indicando o que realmente foi consumido pelos clientes e usando incrementos menores do que o *kanban de sinalização*. Também fornece uma “representação mais visual do consumo do estoque e destaca problemas que surgem no supermercado”.

➤ SMED

A *Troca de Ferramenta em um Dígito* (*Single Minute Exchange of Die – SMED*) é um “processo para troca do equipamento de produção de uma peça a outra no menor tempo possível. O SMED se refere à meta de redução dos tempos de troca para um único dígito, ou menos de 10 minutos”. (LÉXICO LEAN, 2003)

Ele consiste em fazer uma avaliação das atividades que podem ser feitas externamente ou internamente em uma operação de troca da máquina, ou seja, avaliar quais atividades podem ser feitas com o equipamento ainda em operação (como transporte e preparo de um ferramental) e quais necessitam de sua completa paralisação (como a colocação de um ferramental). A intenção é fazer com que o tempo necessário para a realização do setup se reduza cada vez mais ao se separar essas atividades, dedicando um maior tempo para a operação do equipamento.

Assim, o ideal é atingir um *setup* igual a zero, mas quando a linha é compartilhada entre diferentes produtos, pertencentes a diferentes famílias, isso se torna praticamente impossível de ser conseguido. (NISHIDA, 2005)

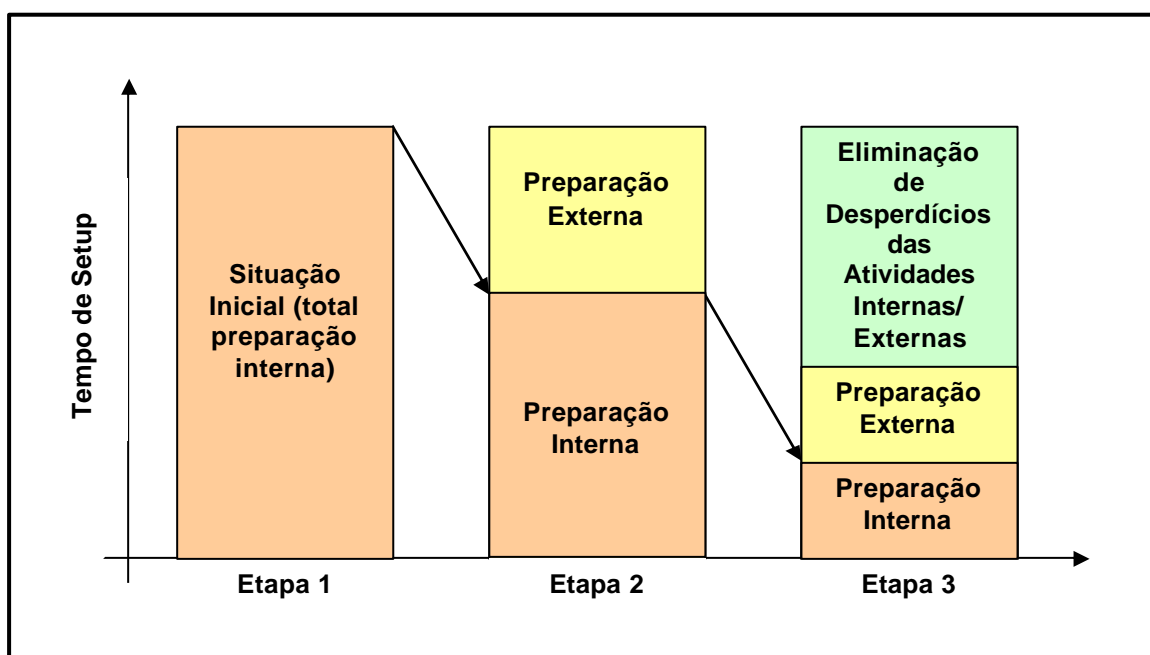


Figura 2.12 – Etapas para a Redução do Tempo de Setup

(Adaptado de YOSHINAGA; YOSHINAGA, 2003)



“Ter um setup rápido é um dos passos fundamentais para nivelar a produção, possibilitando-se assim trabalhar em pequenos lotes e diminuir os estoques, aumentar a flexibilidade e atender rapidamente a demanda dos seus clientes”. (NISHIDA; 2005)

Conforme Smalley (2005), ele também defende a definição de metas para o tempo de *setup* de acordo com o número de trocas necessário, que pode ser obtido diretamente após o cálculo do *takt time* da família de produtos e o nivelamento da produção, ou ainda por meio da seguinte equação, que pode ajudar justamente no nivelamento do mix da produção:

$$\begin{array}{l} \text{Tempo Disponível} \\ \text{para Setups} \\ \text{(período)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Tempo Disponível} \\ \text{para a Produção} \\ \text{(período)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Tempo necessário de} \\ \text{operação para atender à} \\ \text{demanda média no período} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Número de} \\ \text{setups possíveis} \\ \text{no período} \end{array} = \frac{\text{Tempo disponível para setups (período)} - \text{Paradas Não Produtivas}}{\text{Tempo Médio de Setup}}$$

Onde:

Paradas Não Produtivas são todas as outras possíveis paradas que possam vir a acontecer de acordo com o levantamento histórico de paradas da empresa.

Assim, utilizando-se do conceito de nivelamento da produção, o tempo máximo para um *setup* seria o incremento *pitch* para garantir o fluxo contínuo onde o setup não for possível ser igual a 0. Isto afeta diretamente o *lead time de reposição* ao reduzir o tempo de troca e, consequentemente, o dimensionamento do supermercado.

Por exemplo, se o tempo disponível para *setup* for de 120 minutos em um dia de produção, mas forem necessários 10 *setups* para o nivelamento, com tempo médio de 24 minutos, será necessário um estoque de no mínimo 2 ($=10 \times 24 / 120$) dias para suprir a demanda durante o *lead time de reposição* no supermercado. Enquanto que, se o *pitch* e o *setup* fossem de 12 minutos, um estoque de apenas 1 ($=10 \times 12 / 120$) dia será necessário. (NISHIDA, 2005)



➤ TPM

A *Manutenção Produtiva Total* (*Total Productive Maintenance – TPM*) é uma ferramenta da manufatura enxuta que ajuda a reduzir as perdas ocasionadas por falhas nos equipamentos por meio da “quebra-zero”, garantindo que todas as máquinas do processo de produção estejam sempre aptas a realizar as suas tarefas.

“A abordagem é chamada de total por três razões. Primeiro, requer a total participação de todos os funcionários, não apenas do pessoal de manutenção, mas também de gerentes de linha, engenheiros de produção, profissionais da qualidade e operadores. Segundo, busca a produtividade total do equipamento, focando nas seis perdas principais sofridas pelas máquinas; quebra, tempo de troca, pequenas paradas, perdas de velocidade, refugo e retrabalho. Terceiro, concentra-se no ciclo de vida total do equipamento, revisando as práticas e as atividades de manutenção em relação ao estado em que se encontra o equipamento em seu ciclo de vida. (...) Os operadores realizam atividades diárias, como lubrificação, limpeza, ajuste e inspeção do equipamento.” (LÉXICO LEAN, 2003)

Assim, por meio de instruções de trabalho ou lições de ponto único, conseguem garantir pelo menos dois dos *4M*’s da *estabilidade básica* – Máquinas e Métodos – para o sistema de produção enxuta, meio da manutenção autônoma dos operadores.

Tempo de Operação Disponível para o Equipamento			
Tempo de Trabalho Disponível (Carga)			Paradas Programadas
Tempo Bruto de Operação		Paradas Não Programadas	PERDAS
Tempo Líquido de Operação		Perdas de Desempenho	
Tempo de Agregação de Valor	Perdas de Qualidade		

Figura 2.13 – Conceitos de Perdas no TPM (YOSHINAGA; YOSHINAGA, 2003)

➤ GERENCIAMENTO VISUAL E 5S

O Gerenciamento Visual diz respeito à “colocação em local fácil de ver de todas as ferramentas, peças, atividades e indicadores de desempenho do sistema de produção, de modo que a situação possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos” (LÉXICO LEAN, 2003). Assim, todos aqueles que atuam diretamente no processo se sentem mais motivados para o trabalho, pois ele será exercido com mais facilidade por causa das informações necessárias disponíveis a todo o tempo.

Entretanto, como as empresas são organismos vivos e a interação delas com o meio ambiente é muito forte e intensa, há cinco termos, de origem japonesa, que descrevem as práticas necessárias para um ambiente saudável de produção, úteis para o gerenciamento visual, de acordo com Yoshinaga e Yoshinaga (2003).

A ferramenta 5S proporciona a criação desse ambiente de trabalho saudável, tanto no sentido físico, como no sentido lógico e mental, evidenciando os problemas ou perdas de produtividade, que podem afetar na *estabilidade básica*.

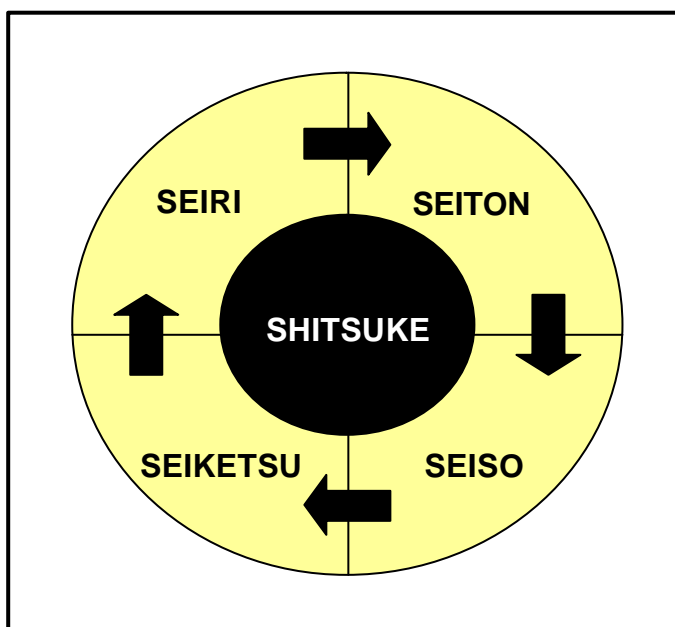


Figura 2.14 – Os Cinco S's (LÉXICO LEAN, 2003)



- **SEIRI (Senso de Utilização)** – Este senso ensina a separar aquilo que é utilizável daquilo que não é utilizável e que deverá ser reaproveitado em outro local, reciclado ou doado. Os itens desnecessários, ou seja, aqueles que não são mais utilizáveis na área, podem ser classificados em itens imprestáveis, itens de valor, itens aproveitáveis, itens de triagem interna e itens recicláveis. Enquanto que os itens mais utilizáveis devem ser classificados quanto ao seu grau de utilização, permanecendo no próprio local de trabalho ou em armários próximos.
- **SEITON (Senso de Organização)** – Este senso ensina a organizar de forma adequada todo o material que é guardado e utilizado, definir locais para os itens utilizáveis e fazendo com que todos conheçam onde encontrar o que necessitam, trabalhando-se com segurança e sem atrapalhar os outros da área de trabalho. Diversas formas de organização podem ser usadas como colocar itens de uso constante em locais mais próximos ao usuário, usar cores e linhas de demarcação, entre outras.
- **SEISO (Senso de Limpeza)** – Este senso ensina a limpar e a manter limpo o ambiente, *pois local limpo não é aquele em que se está sempre limpando, mas aquele em que não se está sujando*. A conscientização é de fundamental importância nesse senso, pois apenas com ela o ambiente é conservado sempre limpo, já que as pessoas envolvidas no local de trabalho tenderão a não suja-lo
- **SEIKETSU (Senso de Saúde)** – Esse senso promove a saúde do corpo e da mente, visando tornar sempre presentes os passos anteriores. A definição de padrões de organização/arrumação permite perceber rapidamente desvios em relação ao estabelecido. Isto pode ser feito de diversas maneiras, como a definição de locais bem sinalizados, colocação de fotos com padrão de excelência, eliminação da falta de segurança, etc.
- **SHITSUKE (Senso de Auto-Disciplina)** – Este senso ensina a praticar constantemente os anteriores: Utilização, Organização, Limpeza e Saúde, incorporando-os como hábitos, através de treinamentos que levam em consideração os padrões estabelecidos.

➤ POKA-YOKE

O Léxico Lean (2003) define os *Poka-Yokes*²⁵ como sendo “métodos que ajudam os operadores a evitar erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente, etc”. Inicialmente, ele foi desenvolvido por Shigeo Shingo para impossibilitar a montagem errada de uma peça, mas logo esse método foi se aperfei ando, prevenindo a ocorrência de falhas ou ainda identificando e eliminando a propagação de defeitos.

O *Jidoka*²⁶ é um dos conceitos utilizados para esses dispositivos, pois ele “fornece às máquinas e aos operadores a habilidade de detectar quando uma condição anormal ocorreu e interromper imediatamente o trabalho, possibilitando que as operações construam a qualidade do produto em cada do processo”. (LÉXICO LEAN, 2003)

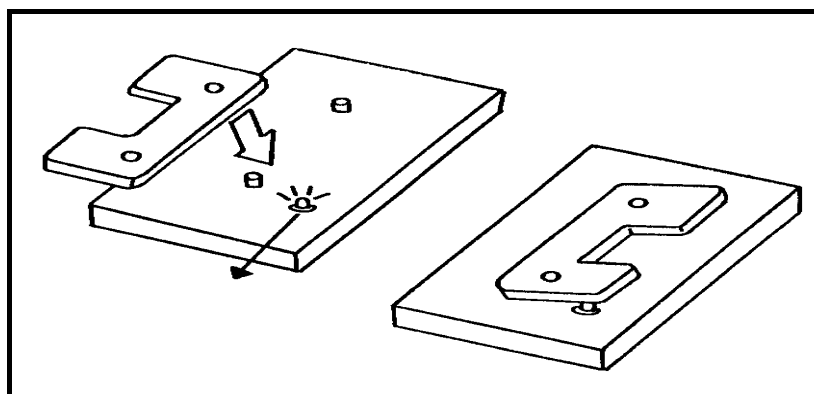


Figura 2.15 – Exemplo de Poka Yoke Preventivo
(Apostila de Treinamento SETEC)

²⁵ **Poka Yokes:** Dispositivos   Prova de Erros.

²⁶ **Jidoka:** Também conhecido por autonomia, pois dá aos equipamentos a habilidade de detectar e prevenir a ocorrência de problemas autonomamente, sem precisar de um monitoramento por parte do operador.

➤ ANDON

Andon é uma ferramenta do gerenciamento visual que ajuda a mostrar o estado das operações em uma determinada área ou ainda avisar quando está ocorrendo algo anormal na produção, nesse caso pode estar relacionado aos dispositivos *Poka-Yokes*. De qualquer maneira ele fornece as informações necessárias às pessoas envolvidas por meio de dispositivos luminosos, como painéis e luzes.

“Um andon pode indicar o status da produção (por exemplo, quais máquinas estão operando), uma anormalidade (por exemplo, parada da máquina, problema de qualidade, erros de ferramental, atrasos do operador e falta de materiais) e as ações necessárias, como a necessidade de trocas. Um andon também pode ser utilizado para descrever o status da produção, em termos o número planejado de unidades, em comparação ao resultado real”. (LÉXICO LEAN, 2003)

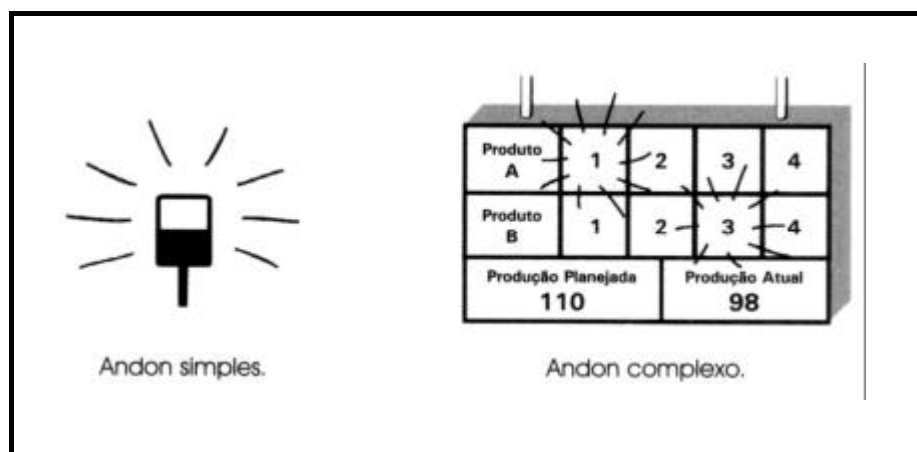
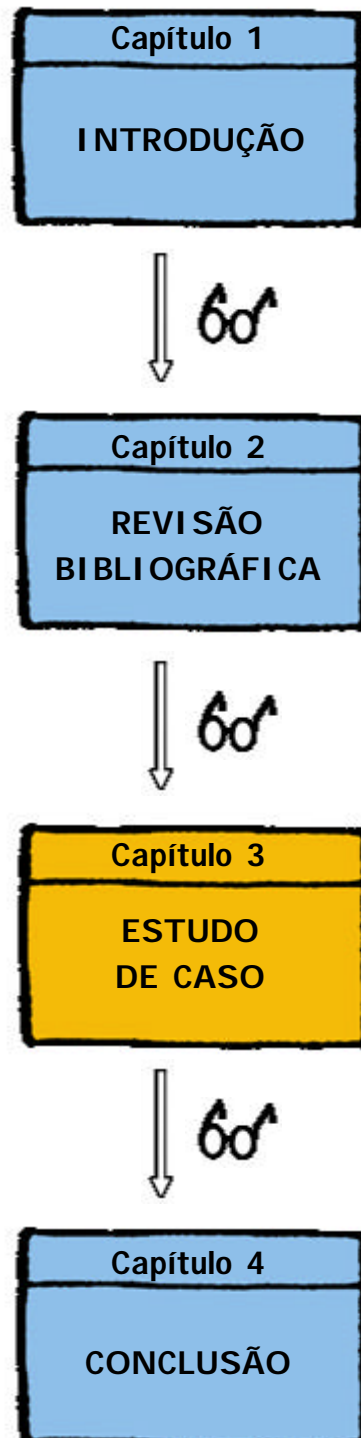


Figura 2.16 – Exemplo de Andon (LÉXICO LEAN, 2003)





3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O estudo para a aplicação do *Value Stream Mapping* em uma Célula de Manufatura deu-se em uma empresa localizada no interior de São Paulo, que será referida nesse trabalho por apenas Empresa.

Ela é uma das maiores empresas fabricantes de componentes automotivos para caminhões e ônibus, atendendo todos os tipos de aplicações em seu ramo de negócio, que será tratado apenas como sendo o de Peças Automotivas.

Fundada nos Estados Unidos, a Empresa iniciou as suas atividades no Brasil em 1977 e, atualmente, os seus produtos equipam os veículos comerciais das principais montadoras e implementadoras do Brasil e da América Latina.

A sua conquista vem da garantia de seus produtos oferecidos aos seus clientes. Prova disso é o fato de ter conquistado também as principais certificações de sua área: ISO 9001:2000 (Sistema de Gestão da Qualidade), ISO/TS 16949:2002 (Requisitos do Sistema da Qualidade para Fornecedores Automotivos) e ISO 14001:2004 (Sistema de Gestão Ambiental), tendo hoje um Sistema de Gestão Integrado.

A Empresa conta também com uma das ferramentas da qualidade mais utilizadas para a redução de custo em um curto espaço de tempo: o *Seis Sigma*. O *Seis Sigma* é uma metodologia que utiliza métodos estatísticos e não-estatísticos integrados em uma sequência lógica usualmente por meio de uma abordagem de gestão de projetos com o objetivo de atingir elevados níveis de desempenho.

O objetivo principal dessa ferramenta é obter uma redução significativa de defeitos, diminuição de custos, redução de tempos de processamento, entre outros. Foi assim que o projeto para a aplicação da manufatura enxuta em uma de suas células de manufatura nasceu.



3.2. ESCOPO DO PROJETO

Conforme mencionado no Capítulo I desse trabalho, a Empresa conta cada vez mais com uma diminuição de sua capacidade ociosa devido ao aumento de suas vendas para o mercado automotivo de uma maneira geral, ou seja, tanto para as montadoras como para o mercado de reposição de suas Peças Automotivas.

O resultado disso foi um aumento de custos, devido à geração de estoques, quebras de máquinas, aumento de absenteísmo, movimentação de materiais, entre outros, que serão analisados mais adiante.

Assim, por meio de uma análise detalhada realizada por ela mesma, chegou-se à conclusão de que a eficiência de uma de suas células, a de usinagem de peças, deveria aumentar a sua eficiência, ou seja, aproveitar melhor os recursos necessários para a usinagem das Peças Automotivas, para obter um melhor retorno financeiro sobre o seu investimento. Mas como obter esse aumento?

A alternativa encontrada a implantação do *Sistema Lean Manufacturing* nessa célula por meio da aplicação do *Value Stream Mapping*, sendo que esse trabalho visa fazer um estudo para essa implementação por meio do Mapeamento do Fluxo de Valor, conforme explicitado no Capítulo 2. Dessa maneira, o desenvolvimento desse trabalho visa proporcionar a criação de um plano de implementação para a manufatura enxuta com propostas de melhoria *lean* para o aumento de sua eficiência.

Nesse momento, para efeito deste Trabalho de Formatura, é importante explicitar quais foram as atividades realizadas pelo autor e quais foram realizadas também por outras pessoas envolvidas na análise. Assim, toda a parte de levantamento de dados deu-se de maneira conjunta entre o autor, a consultoria e a Empresa. Entretanto, a análise para a geração da proposta do Estado Futuro, baseada na Revisão Bibliográfica deste trabalho, para uma implementação de seis meses, conforme duração do projeto, deu-se exclusivamente pelo autor.

O passo inicial foi a realização do Mapeamento do Fluxo de Valor para a situação atual de uma forma macro, levando-se em consideração apenas o principal fluxo de seus processos. Conforme mostrado a seguir:

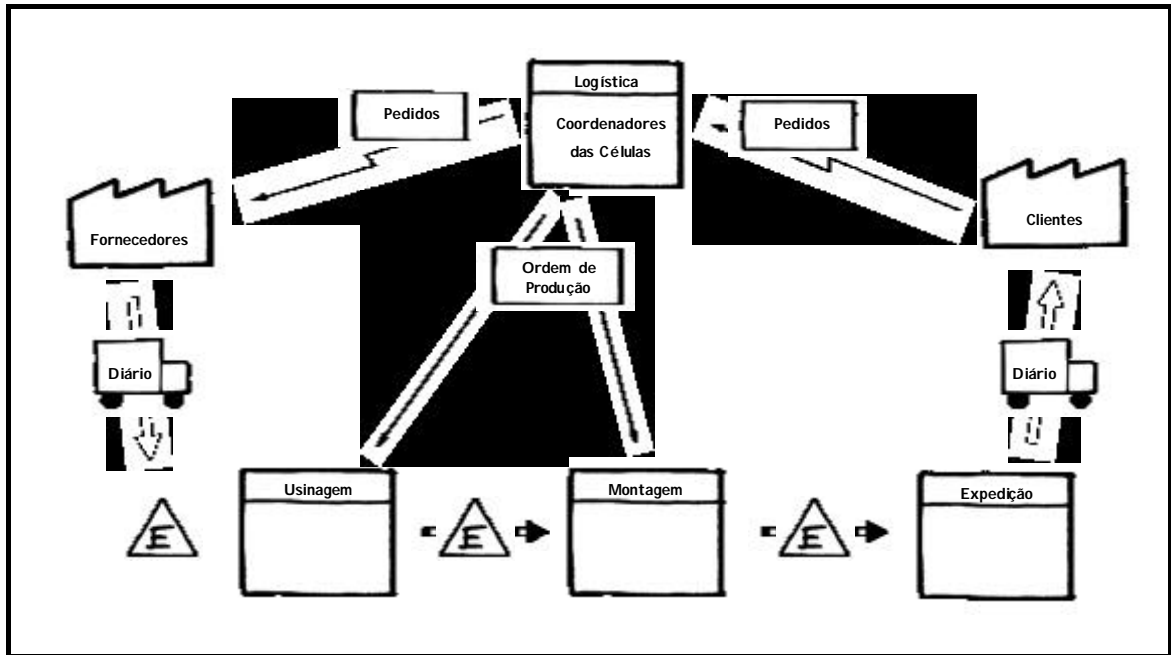


Figura 3.1 – Mapeamento Macro do Fluxo de Valor Atual da Empresa (Elaborado pelo Autor)

3.3. A CÉLULA DE MANUFATURA

A célula de usinagem na qual o estudo foi realizado conta atualmente com 12 tipos de máquinas que fornecem as peças usinadas para a montagem final. Ao todo, são 24 máquinas fornecendo mais de 180 tipos de peças diferentes, dispostas conforme *layout* indicado abaixo:

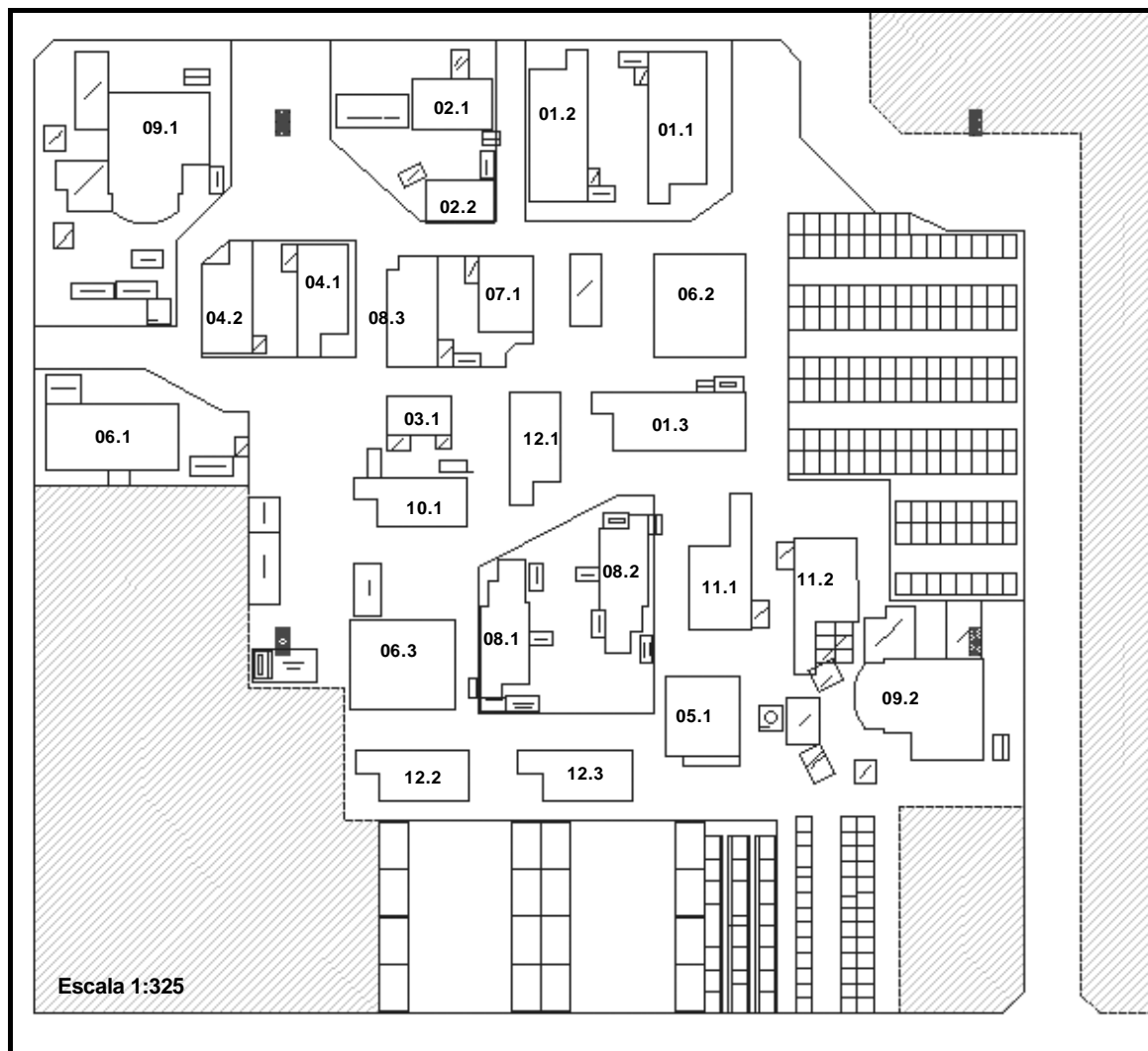


Figura 3.2 – Layout Atual da Célula de Manufatura (Fornecido pela Empresa)



Abaixo, segue a denominação dada às máquinas nesse trabalho, as suas quantidades na célula e o tempo disponível para operação atual, bem como algumas fotos da célula:

Tabela 3.1 – Relação das Máquinas no Estado Atual

DENOMINAÇÃO	QUANTIDADE	TEMPO DISPONÍVEL P/ OPERAÇÃO (ATUAL)
MAQ01	3	3 Turnos
MAQ02	2	2 Turnos
MAQ03	1	3 Turnos
MAQ04	2	2 Turnos
MAQ05	1	2 Turnos
MAQ06	3	3 Turnos
MAQ07	1	3 Turnos
MAQ08	3	3 Turnos
MAQ09	2	3 Turnos
MAQ10	1	2 Turnos
MAQ11	2	2 Turnos
MAQ12	3	2 Turnos



Figura 3.3 – Fotos da Célula de Manufatura (Fornecidas pela Empresa)



Por meio de uma série de melhorias realizadas pela Empresa nessa célula, aplicando o *Kaizen* pontual, ela conseguiu obter certa redução do tempo total de *setup* médio, aplicando algumas técnicas do Gerenciamento Visual. Os gráficos abaixo mostram os efeitos dessas aplicações, de acordo com levantamento de dados realizados:

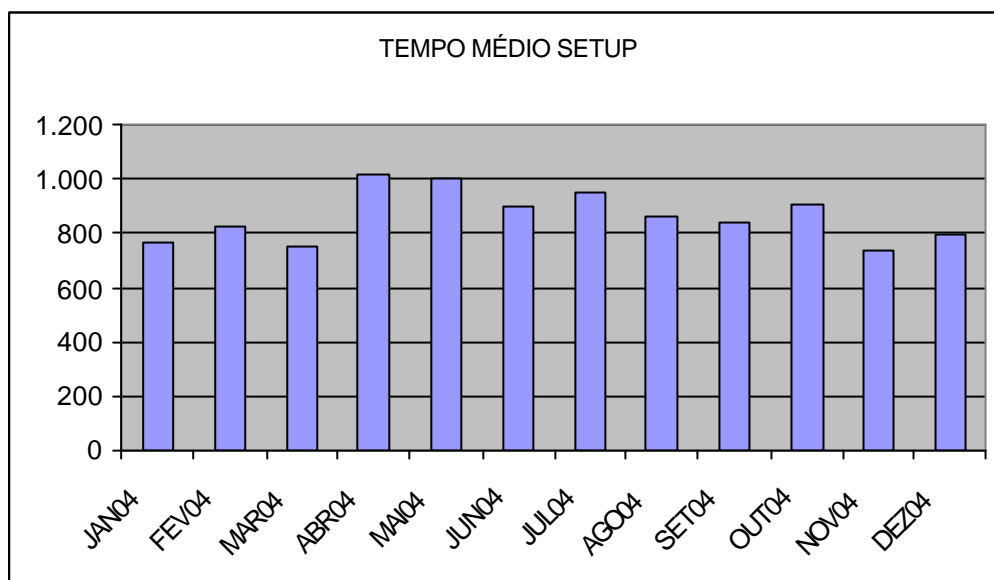


Figura 3.4 – Evolução do Tempo Médio de Setup das Máquinas (Ano de 2004)
(Fonte: Banco de Dados fornecido pela Empresa)

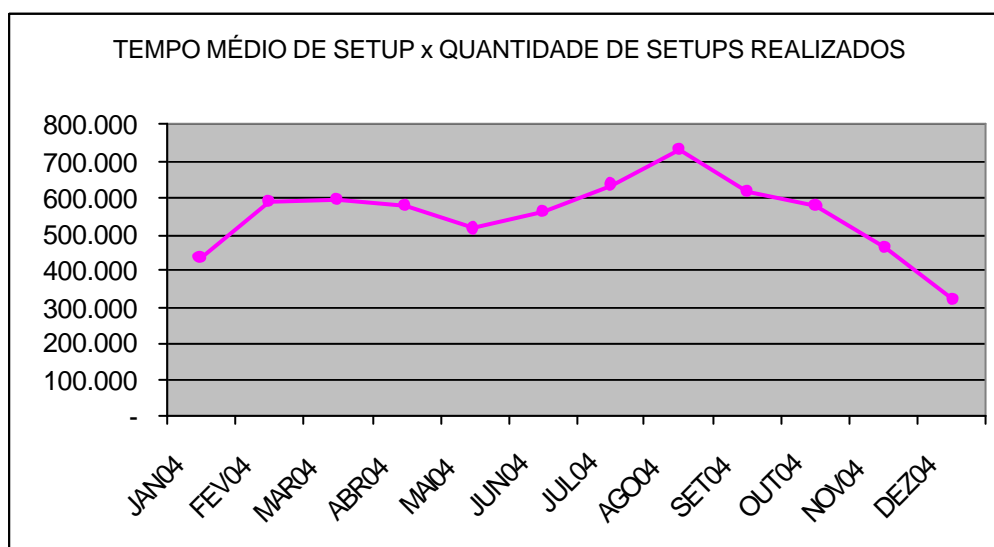


Figura 3.5 – Evolução do Tempo Total de Setups (Ano de 2004)
(Fonte: Banco de Dados fornecido pela Empresa)

Apesar de melhorias como essas terem melhorado um pouco a produtividade, o que é evidenciado com a diminuição do tempo total médio gasto por mês com as atividades de *setup*, isso não é suficiente para proporcionar um aumento de eficiência da célula, como indicado abaixo, devido principalmente às paradas para falta de material, início de trabalho, falta de operador, reuniões, manutenção e *setup*.

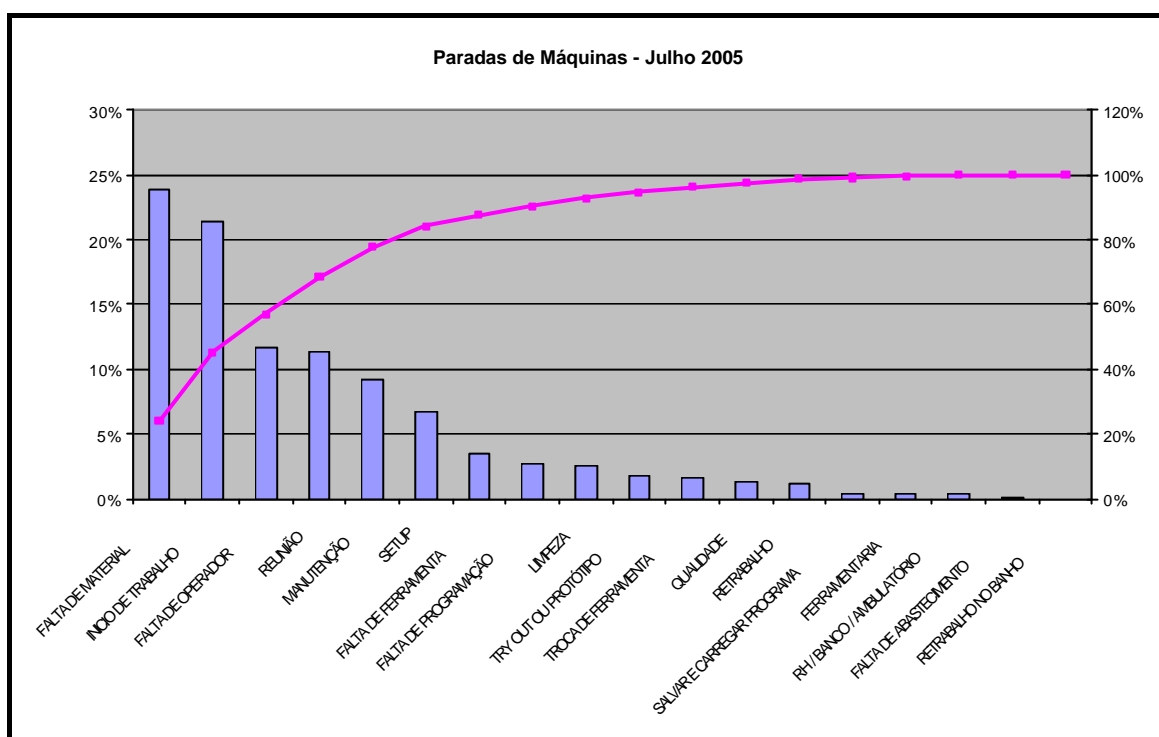


Figura 3.6 – Causas das Paradas de Máquinas (Julho de 2005)

(Fonte: Banco de Dados fornecido pela Empresa)

A Empresa faz a contabilização desses tempos em uma *Folha de Controle da Produção*, na qual os operadores marcam todos os tempos de paradas de máquina, com exceção das paradas para refeições. Entretanto, algumas delas ocorrem não por causa do equipamento, mas que também prejudicam a eficiência da célula devido a uma má programação da mesma, não se devendo, portanto, contabilizar no cálculo da eficiência das máquinas. A tabela abaixo indica quais paradas são programadas e quais afetam a eficiência das máquinas, prejudicando a disponibilidade e a qualidade das mesmas, para o cálculo do OEE.



Tabela 3.2 – Classificação dos Tipos das Paradas de Máquinas

CLASSIFICAÇÃO	TIPO
PROGRAMAÇÃO	FALTA DE MATERIAL
	FALTA DE OPERADOR
	FALTA DE PROGRAMAÇÃO
	INICIO DE TRABALHO
	LIMPEZA
	REUNIÃO
	RH / BANCO / AMBULATÓRIO
	TRY OUT OU PROTÓTIPO
DISPONIBILIDADE	FALTA DE ABASTECIMENTO
	FALTA DE FERRAMENTA
	FERRAMENTARIA
	MANUTENÇÃO
	SALVAR E CARREGAR PROGRAMA
	SETUP
	TROCA DE FERRAMENTA
QUALIDADE	QUALIDADE
	RETRABALHO
	RETRABALHO NO BANHO

Assim, podemos chegar à conclusão de que, embora tenham conseguido reduzir o tempo total de *setup* das máquinas, ele ainda é um dos grandes causadores da perda de eficiência, bem como as manutenções não planejadas, devido às falhas dos equipamentos, por afetarem diretamente a disponibilidade do mesmo.

A tabela a seguir indica qual é a porcentagem de utilização do tempo para cada um dos tipos de máquinas, ou seja, o tempo disponível para operação menos as paradas programadas (inclui todas as paradas de máquina devido à programação), bem como a disponibilidade, o desempenho e a qualidade, para o cálculo da eficiência atual (OEE). Esses dados foram obtidos de acordo com informações levantadas do mês de Julho de 2005, por meio de um banco de dados. Entretanto, para o cálculo do desempenho também foi necessário levantar os tempos de ciclo das peças em cada uma das máquinas, já que ele é dado pela quantidade produzida em função da quantidade teórica a ser produzida no mesmo período de tempo, conforme a Revisão Bibliográfica, para se conhecer a velocidade do processo.

O Anexo D indica os tempos de ciclo (obtidos por meio da cronoanálise durante o Mapeamento do Fluxo de Valor para o Estado Atual para as famílias), bem como o tempo de ciclo médio da máquina para as peças em análise, baseado no cálculo da média ponderada com a demanda média mensal das peças (ver Anexo C).



Tabela 3.3 – Eficiência Atual da Célula de Manufatura - Julho 2005 (Elaborado pelo Autor)

MAQ	UTILIZAÇÃO	DISPONIBILIDADE	DESEMPENHO	QUALIDADE	OEE
MAQ01	85%	95%	71%	99%	67%
MAQ02	81%	99%	68%	99%	67%
MAQ03	86%	94%	67%	100%	63%
MAQ04	63%	98%	68%	100%	66%
MAQ05	71%	91%	77%	98%	68%
MAQ06	71%	95%	88%	99%	84%
MAQ07	84%	98%	70%	100%	68%
MAQ08	85%	98%	68%	100%	67%
MAQ09	87%	92%	95%	100%	87%
MAQ10	85%	83%	81%	96%	65%
MAQ11	69%	97%	74%	99%	71%
MAQ12	79%	99%	76%	100%	75%

O planejamento da produção é realizado diariamente pelos coordenadores das células de produção, entre eles o da célula de usinagem e o da célula de montagem que especifica a sua necessidade com um horizonte de, no máximo, dois dias. Assim, quando não há a peça requisitada em estoque é dada a ordem de produção para as máquinas e, em grande parte das vezes, o que estava sendo produzido por elas é parado e colocado de lado, gerando um estoque intermediário de peças muito grande.

Ao começar a produção das peças, se não há a necessidade de outras, a fabricação delas é continuada mesmo se o volume requisitado pela montagem já tiver sido concluído, até a nova ordem de produção chegar, seja via coordenador da célula, seja via supervisor. Isso gera uma variação muito grande da quantidade de peças fabricadas ao longo dos dias.

Assim, como não há um método eficaz para o gerenciamento dos estoques, a demanda muitas vezes solicitada não é a quantidade que poderia ser produzida devido à sua já existência. Outro caso é a inexistência das peças corretas para a montagem, apesar de existirem grandes estoques de diversas outras peças.

Essa variação da produção proporciona um desconhecimento muito grande por parte da empresa da quantidade de peças produzidas pela usinagem, gerando altos índices de estoque intermediário e final durante a fabricação, como mostrado a seguir:

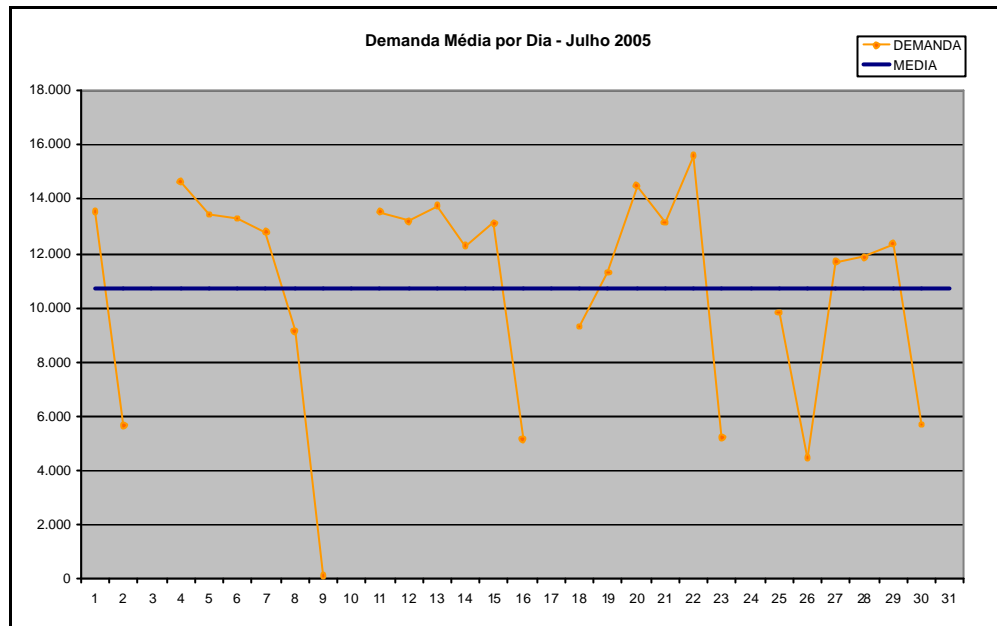


Figura 3.7 – Variação da Quantidade Produzida (Julho de 2005)

(Fonte: Banco de Dados fornecido pela Empresa)



Figura 3.8 – Estoques Intermediário e Final da Célula de Manufatura

(Fotos fornecidas pela Empresa)



O gráfico anterior reflete a variação do volume total da demanda na célula com uma variação muito grande da quantidade produzida ao longo do mês. Uma das causas possíveis é a não existência de pedidos com quantidades regulares feitos pela montagem ao longo de um determinado período, conforme gráfico abaixo que indica a variação do lote de produção para os 10 produtos com maior volume.

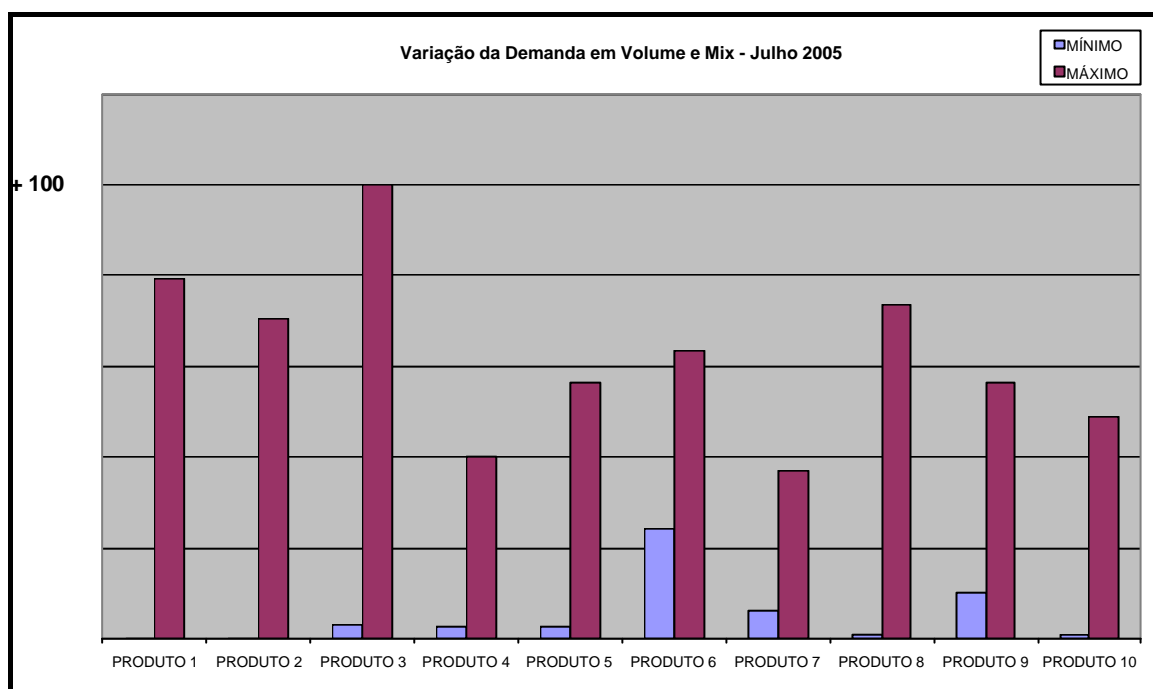


Figura 3.9 – Variação da Demanda em Volume e Mix (Julho de 2005)

(Fonte: Banco de Dados fornecido pela Empresa)

Para tentar resolver esse problema, a Empresa tentou implementar há algum tempo o *kanban* para conseguir obter um melhor gerenciamento dos estoques e do volume de peças que deveria ser produzido, adquirindo para isso cartões e um quadro *kanban*. Entretanto, devido à falta de empenho do pessoal e por não ter uma *estabilidade básica* capaz de suportar essa implementação, conforme mostrado anteriormente com a análise de paradas das máquinas obtidas com a falta de material, falta de mão-de-obra e outras falhas indesejadas, o sistema não obteve o sucesso esperado. Isso fez com que a produção voltasse a ser completamente programada.

Como a variação da quantidade produzida é muito grande, refletindo também no tamanho dos pedidos, o estudo para a implementação da manufatura enxuta deu-se por meio da demanda média mensal para as Peças Automotivas analisadas, ou seja, para 181 itens usinados pela célula (ver Anexo C). Com isso, será necessário, primeiramente, *Adequar a Capacibilidade do Sistema de Produção à Demanda*, conforme a Diretriz 2, para se conseguir obter uma implementação eficaz da manufatura enxuta nessa célula.

Depois da realização dessas análises, o *Mapa do Fluxo de Valor para o Estado Futuro*, seguindo a mesma visão macro utilizada inicialmente, pôde-se ser gerado. Assim, uma idéia do estado que se deseja chegar após a estabilidade do sistema de produção ser garantida, por meio de algumas *lean*, e a aplicação do sistema puxado com o nivelamento da produção, foi obtida:

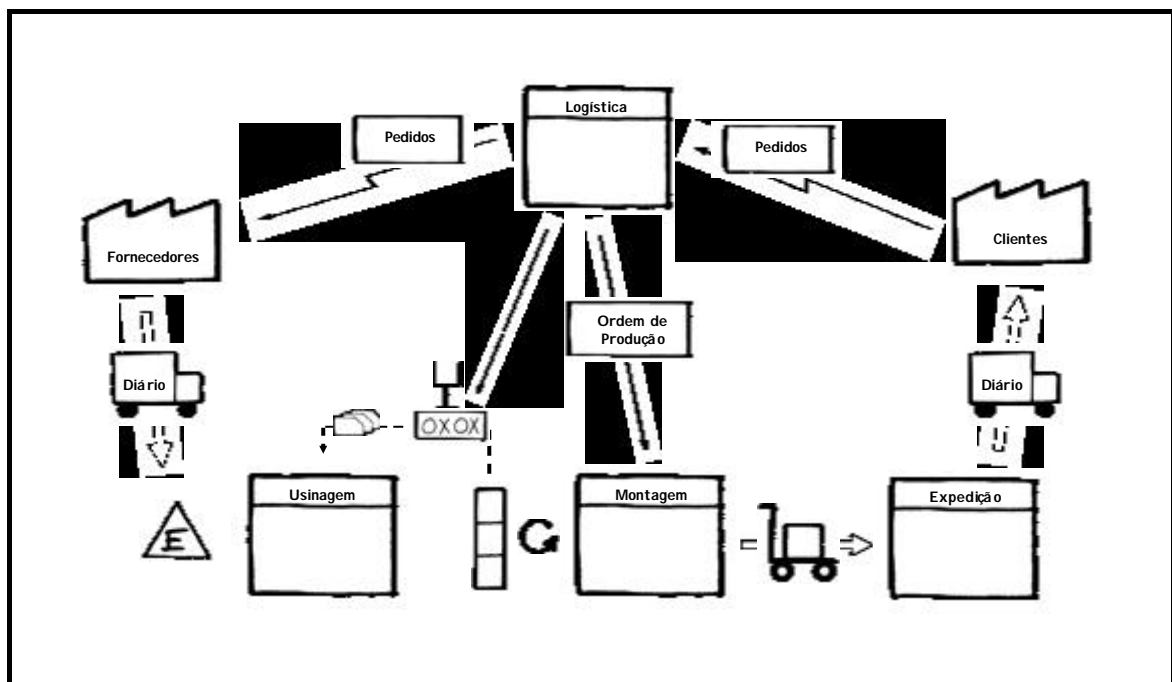


Figura 3.10 – Mapeamento Macro do Fluxo de Valor Futuro da Empresa



3.4. DETERMINAÇÃO DAS EXPECTATIVAS DOS CLIENTES

Para se chegar aos requisitos desse projeto, foi feito um levantamento das expectativas com os envolvidos na célula. Assim, foi possível verificar os seus principais requisitos, proporcionando a criação de valor para os clientes, sejam eles os próprios operadores, os responsáveis pela célula como também a célula de montagem que é o seu cliente.

As principais expectativas levantadas estão listadas abaixo:

- Aumentar o nível de segurança
- Facilitar a manutenção dos equipamentos
- Melhorar a eficiência
- Entregar no prazo
- Reduzir custo
- Melhorar o fluxo de materiais
- Melhorar o reconhecimento dos estoques
- Ter capacidade em reagir à demanda
- Aumentar os espaços entre as máquinas
- Melhorar a programação

Portanto, a partir do levantamento das expectativas dos clientes foi possível determinar as principais especificações do projeto, por meio da utilização do QFD.

Nesse caso, não foi necessário fazer uma análise da concorrência por ela já ser uma das empresas mais importantes do setor, dando uma ênfase maior para as expectativas dos clientes internos da empresa.

A lista de expectativas levantadas e a ordem de importância dada, de acordo com o QFD, estão listadas a seguir:

- Reduzir tempo de paradas não-programadas (devido à programação) (1)
- Melhorar *layout* (2)
- Aumentar OEE (3)



- Puxar a produção (4)
- Reduzir estoque (5)
- Reduzir lead time de produção (6)
- Reduzir tempo médio de troca (7)
- Aumentar tempo operacional disponível (8)
- Diminuir movimentação de materiais (9)
- Padronizar o trabalho (10)

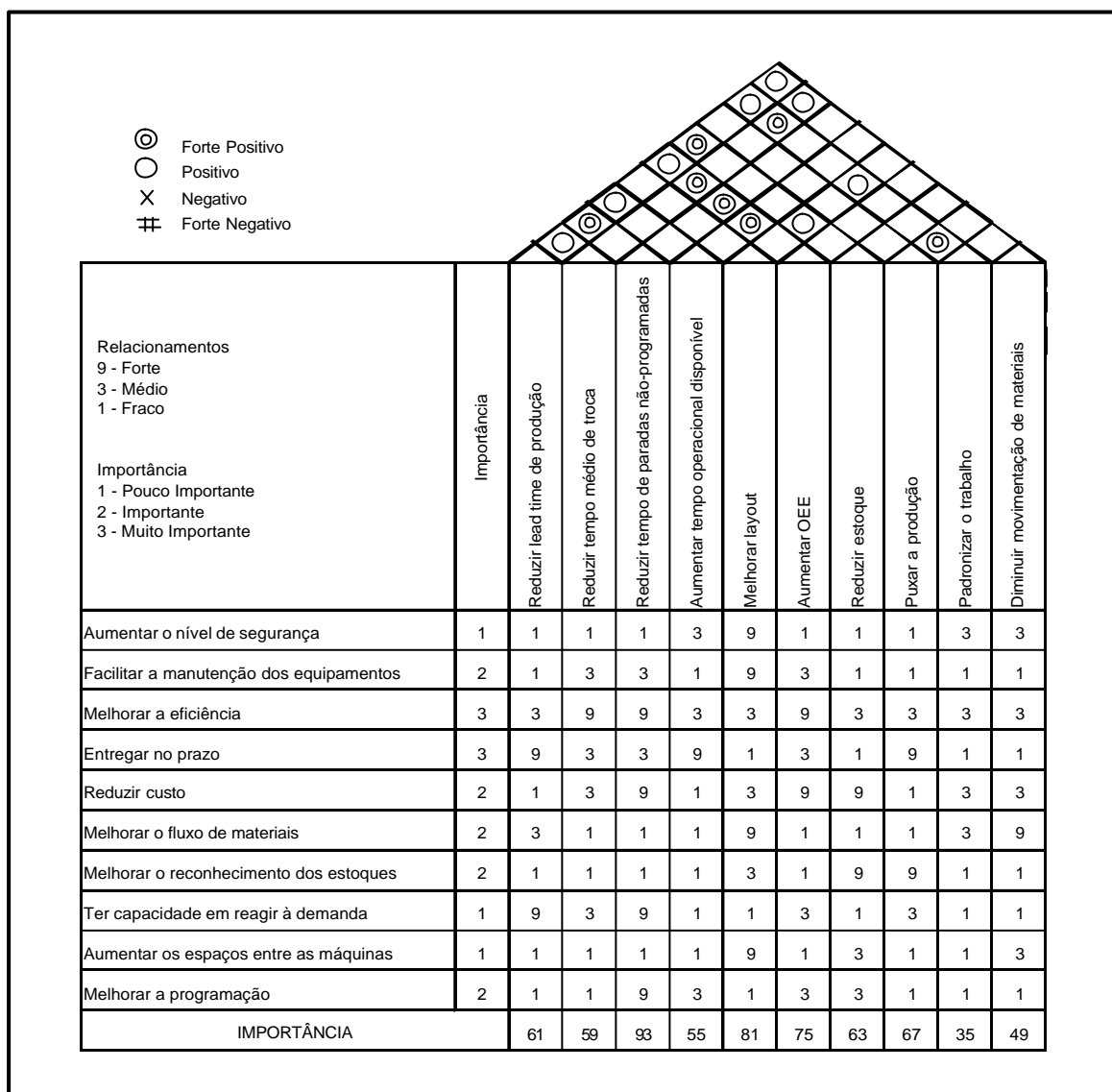


Figura 3.11 – Matriz QFD para as Especificações do Projeto



3.5. DETERMINAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE PRODUTOS

Como a variedade de peças nesse caso é muito alta e os processos de fabricação são bem diferenciados, o método utilizado para a escolha das famílias de produtos para a realização do mapeamento do fluxo de valor para cada uma delas foi o *Algoritmo ROC* e não apenas baseado nos processos de fabricação finais.

As peças definidas para essa análise foram baseadas na demanda pela célula de montagem, sendo que o *part number* será dado por “L000.00”, onde “000” indica um conjunto de peças para um tipo de montagem e “00” o código da peça dentro desse conjunto.

Inicialmente, as máquinas foram agrupadas por semelhança de processamento, ou seja, todas elas que poderiam fazer os mesmo tipos de operações foram segregadas, bem como as peças pertencentes à célula de montagem.

Depois, ao aplicar o *Algoritmo ROC*, treze famílias foram definidas de acordo com a semelhança de seus processos de fabricação e, ao comparar a demanda média para as peças das famílias, chegou-se à conclusão das peças que seriam mapeadas.

O resultado do *Algoritmo ROC* está demonstrado no Anexo B e as peças escolhidas para o mapeamento, baseadas na demanda média, estão indicadas a seguir:

Tabela 3.4 – Peças Utilizadas para o Mapeamento

FAMÍLIA	PEÇA	DEMANDA MÉDIA (UN.)
FAMILIA 01	L110.03	2.303
FAMILIA 02	L110.01	4.390
FAMILIA 03	L110.04	2.297
FAMILIA 04	L080.01	4.223
FAMILIA 05	L270.04	3.585
FAMILIA 06	L290.04	1.226
FAMILIA 07	L310.01	10.028
FAMILIA 08	L110.13	1.048
FAMILIA 09	L340.01	4.648
FAMILIA 10	L280.07	1.920
FAMILIA 11	L300.01	6.207
FAMILIA 12	L230.01	3.302
FAMILIA 13	L270.01	4.524

3.6. O MAPA DO ESTADO ATUAL

Após a determinação das famílias, deu-se início à realização dos mapeamentos de valor para o estado atual de cada uma das peças selecionadas, para a determinação dos desperdícios da produção, conforme o caso da Família 03 a seguir:

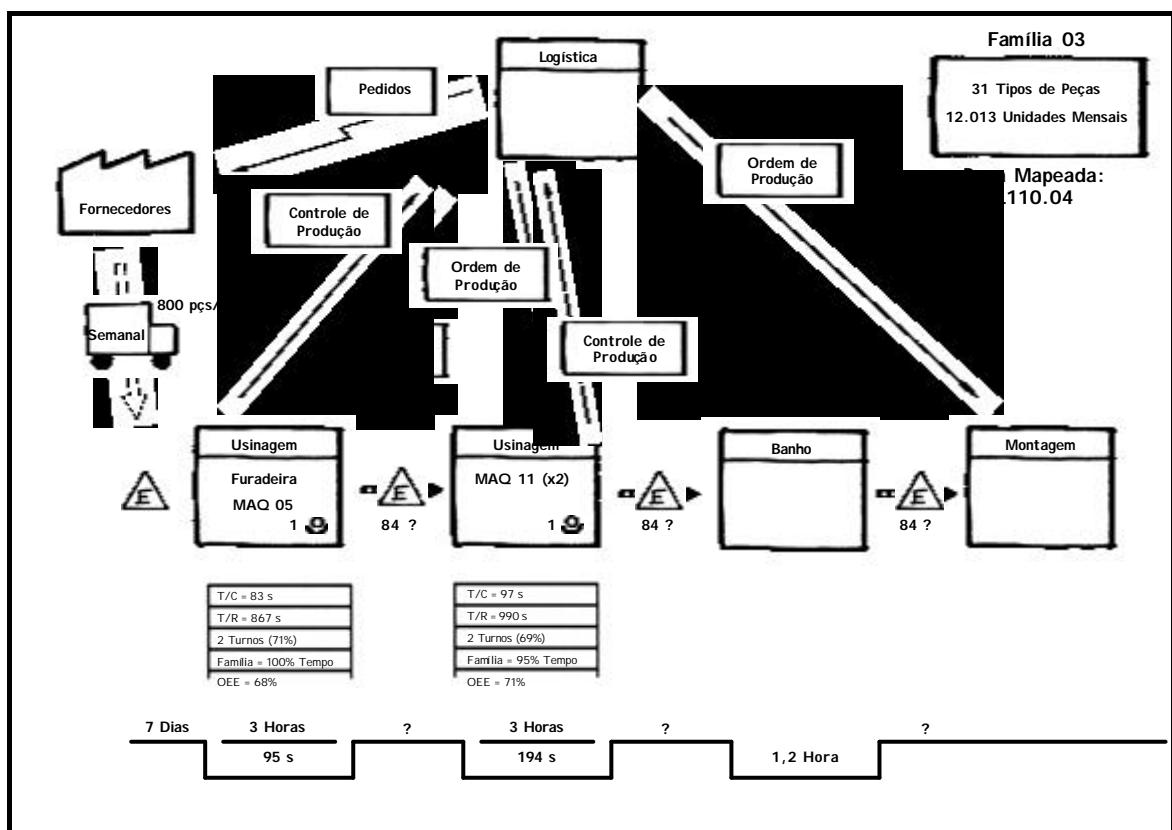


Figura 3.12 – Mapeamento do Fluxo de Valor para o Estado Atual da Família 03

(Elaborado pelo Autor)

Com esse mapeamento é possível enxergar o que acontece ao longo da produção da peça L110.04. Ou seja, desde a aquisição da matéria-prima (estoque para sete dias) até a entrega para a célula de montagem.

Nessa análise, portanto, foram considerados apenas os processos pertencentes à célula de usinagem, ou seja, aqueles que não apresentam uma *caixa de dados* estão fora do escopo de análise, mas para determinar o *lead time total de produção*, foi feita uma estimativa de

valores, baseada no tempo total cronometrado para esses processos, e que serão tratados como agregadores de valor.

Assim, quando o operador da célula responsável por furar e usinar a peça recebe a *Ordem de Produção* pelo Coordenador ou pelo Supervisor, o processo produtivo começa, entretanto, as peças podem ter que esperar até a finalização da usinagem anterior. O tempo de agregação de valor da peça, nesse caso, é de 95 segundos, uma vez que o tempo de ciclo é de 83 segundos para a usinagem na MAQ05 e 12 segundos para furar. Com isso, o tempo de ciclo desse processo é de 83 segundos, pois, enquanto a máquina usina uma peça, o operador faz a furação em uma outra, lembrando que também fazem parte desse tempo o carregamento e o descarregamento da peça na máquina.

Analogamente, para o processo seguinte (MAQ11), o tempo de ciclo é de 97 segundos, mas o tempo de agregação de valor é de 194 segundos, uma vez que duas operações são feitas nessa peça (ver Anexo E) e, para isso, são utilizadas duas máquinas semelhantes para a usinagem, como mostra o *Diagrama Espaguete*:

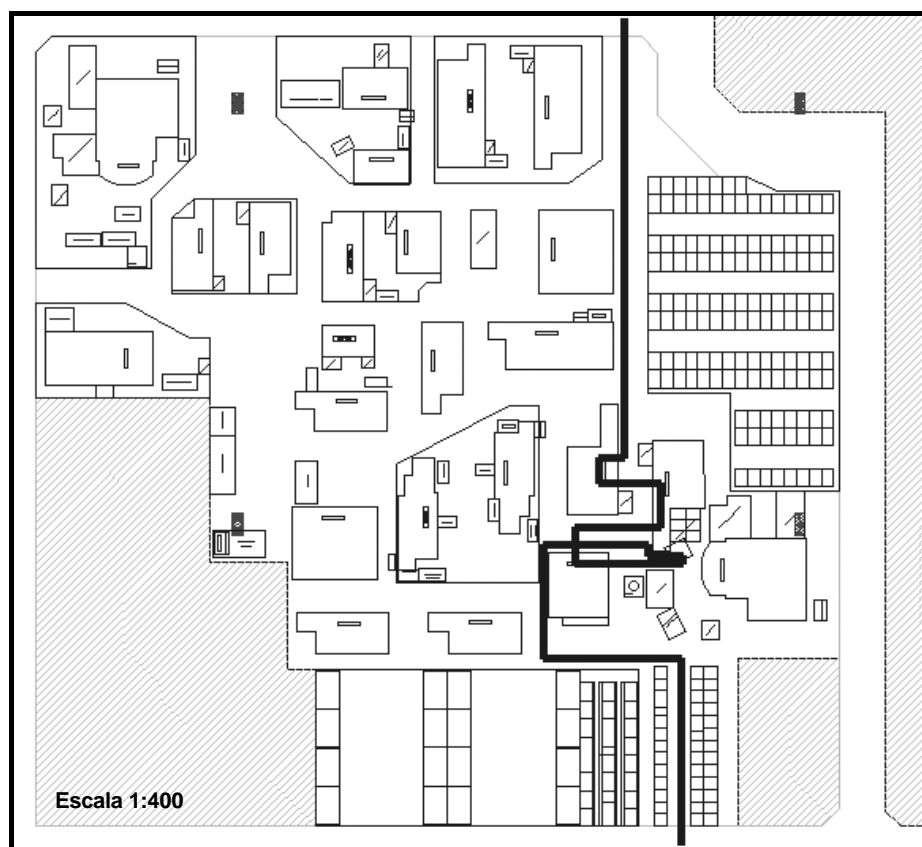


Figura 3.13 – Diagrama Espaguete da Família 03 (Elaborado pelo Autor)



Levantando-se, portanto, os tempos de ciclo por operação (incluindo os tempos necessários para carregar e descarregar a máquina) e a quantidade de operações de cada peça por máquina, pôde-se determinar a *Taxa de Operação das Máquinas por Família* ²⁷, conforme mostrado a seguir:

Tabela 3.5 – Taxa de Operação das Máquinas por Família (Elaborado pelo Autor)

FAMÍLIA	MAQ01	MAQ02	MAQ03	MAQ04	MAQ05	MAQ06	MAQ07	MAQ08	MAQ09	MAQ10	MAQ11	MAQ12
FAM 01										100%		
FAM 02							80%					
FAM 03					100%						95%	
FAM 04		74%										
FAM 05							20%	86%				
FAM 06	8%											
FAM 07			98%					6%				
FAM 08				11%								
FAM 09		26%				36%		8%			5%	
FAM 10	88%					38%						
FAM 11				54%		24%						
FAM 12	4%		2%	35%		1%			86%			
FAM 13						1%			14%			100%

Além disso, aplicando-se o *Diagrama Espaguete* e analisando-se o *Value Stream Mapping* da situação atual para todas as famílias, puderam-se ver algumas atividades que não agregam valor aos olhos do cliente, e que por isso poderiam ser eliminadas do fluxo. De acordo com os desperdícios identificados por Ohno e com o *checklist* sugerido por Nazareno (2003), chegamos à seguinte conclusão, que de uma forma geral apresentam um comportamento semelhante para os *Fluxos de Valores Mapeados* (ver Anexo F):

- **Perda por Superprodução** – Como já identificado anteriormente, o principal problema da célula é a falta de material que proporciona um tempo de parada muito grande. Isso está relacionado diretamente à programação das atividades da célula. Assim, quando não há o material requisitado disponível, a fabricação de um outro é feita, mesmo que não esteja sendo necessário, gerando estoque desse item

²⁷ **Taxa de Operação por Família:** divisão do Tempo de Usinagem Necessário para a Família pelo Tempo Necessário de Usinagem Total na Máquina, incluindo todas as famílias.



caso algum dia seja requisitado. As falhas na programação são as grandes causadoras desse desperdício, devendo-se aumentar a taxa de operação/utilização das máquinas, com a redução das “paradas não-programadas” devido à programação.

- **Perda por Estoque** – Com a superprodução, a geração de estoques é inevitável. Tudo isso porque não há uma programação adequada e tenta-se dessa forma cobrir as variações da demanda. Dessa maneira, é muito difícil estimar quantas são as unidades de peças produzidas por lote, que nesse caso foi feita uma estimativa com base no tamanho da embalagem, mas que nem sempre é real. O número de dias de permanência desse estoque também não é possível estimar com tamanha certeza, justamente por causa da grande flutuação da produção. Assim, no mapeamento, os tempos para esses itens foram indicados por “?”.
- **Perda por Transporte** – Como observado nos *Diagramas Espaguete*, ocorre uma intensa movimentação dos materiais ao longo do mês, isso porque as posições das máquinas não estão dispostas para melhorar o fluxo de materiais de acordo com as famílias de produtos, prejudicando o transporte para a movimentação das peças. Muitas voltas são necessárias até que todas as operações sejam concluídas.
- **Perda por Espera** – Conforme já mencionado, as manutenções corretivas, como troca de correias, a falta de programação e a falta de materiais são as principais causas observadas durante a realização dos mapeamentos, fazendo com que os operadores tenham um grande tempo de espera e paradas durante o turno de trabalho, prejudicando a eficiência da célula.
- **Perda por Movimentos** – Apesar desse tipo de desperdício não ter sido muito observado, vale fazer uma ressalva. Quando é utilizada a furadeira em algumas operações, uma furadeira móvel pode ser usada, entretanto o espaço necessário para operá-la na maior parte das vezes não foi o mais adequado, como verificado, uma vez que era alocada entre as máquinas. Também, como as máquinas não estão dispostas em fluxo, as manutenções acabam sendo prejudicadas, devido à falta de espaço suficiente entre uma e outra. Mais uma vez a questão do *layout* das máquinas aparece como grande causador desse problema.



- **Perda por Insatisfação do Cliente** – O principal cliente dessa célula, a montagem, acaba sendo prejudicado devido à inexistência de uma política de controle de estoques, ou seja, não se sabe quantas peças estão estocadas. Isso gera atraso quando uma solicitação é requisitada.

3.7. DEFINIÇÃO DAS METAS

Com as informações do *mapeamento do estado atual* levantadas e com as expectativas dos clientes definidas em ordem de prioridade, as metas do projeto podem ser traçadas para que se alcance o *estado futuro*.

A tabela a seguir indica as metas definidas para a Família 03, com a análise realizada pelo autor e com as expectativas da Empresa, Para as outras famílias, elas estão identificadas e diretamente no *Mapeamento do Fluxo de Valor para o Estado Futuro* (ver Anexo F).

Tabela 3.6 – Metas para o Estado Futuro

METAS	Atual	Futuro
Turnos de Trabalho	2 Turnos	2,5 Turnos
Taxa de Operação/Utilização	71%	≥ 87%
OEE	68%	≥ 93%
Tempo de Troca	867 s e 990 s	redução de 25% (650 e 740 s ou 695 s com 2 pessoas)
Lote de Produção	Variável	Fixo (84 Peças)
Lead Time de Produção para a Reposição das Peças (por Cesto)	Variável	Fixo (0,67 Dia)
Caminho Percorrido (Diagrama Espaguete)	9.734 metros	15% de redução (8.250 metros)



3.8. O MAPA DO ESTADO FUTURO

O próximo passo para a realização do *Value Stream Mapping* é a realização do *Mapa Futuro*. Conforme descrito na Revisão Bibliográfica, o *Mapeamento do Estado Futuro* pode seguir a orientação proposta pelas seguintes diretrizes:

- **DIRETRIZ 1** – Garantir a Estabilidade Básica
- **DIRETRIZ 2** – Adequar a Capabilidade do Sistema de Produção à Demanda
- **DIRETRIZ 3** – Desenvolver um Fluxo Contínuo onde for Possível
- **DIRETRIZ 4** – Definir o Processo Puxador
- **DIRETRIZ 5** – Determinar o Takt Time no Processo Puxador
- **DIRETRIZ 6** – Padronizar o Trabalho onde há Fluxo Contínuo
- **DIRETRIZ 7** – Distribuir o Trabalho onde há Fluxo Contínuo
- **DIRETRIZ 8** – Utilizar Supermercados onde há quebra do Fluxo Contínuo
- **DIRETRIZ 9** – Nivelar o Mix e o Volume de Produção no Processo Puxador
- **DIRETRIZ 10** – Dimensionar o Tamanho do Supermercado
- **DIRETRIZ 11** – Proporcionar um Layout para Fluxo
- **DIRETRIZ 12** – Atingir o Estado Futuro

Um fato a ser observado é que essas diretrizes terão uma relevância de acordo com a ordem de importância obtida a partir do levantamento das expectativas do cliente. Ou seja, não há uma ordem específica para a aplicação delas.

“O importante é ter uma seqüência de melhorias do fluxo de valor que reflitam as questões chave para o projeto do Estado Futuro”.
(ROTHER; SHOOK, 2003)



3.8.1. IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN

Para atingir o estado futuro de uma maneira eficiente e eficaz com o sistema puxado, por meio da *estabilidade básica*, é recomendado que se implementem primeiramente as seguintes ferramentas *lean* nessa célula:

- TPM
- SMED

Isto porque há uma grande quantidade de pequenas paradas durante o processo produtivo, relacionadas às paradas por falta de equipamento ou de algum material, especialmente para manutenções corretivas e, o que se espera, é o aumento do OEE para se atingir uma eficiência de 88%, como almejado pela Empresa, e demonstrado no item anterior.

Da mesma forma, para se aumentar o tempo disponível apenas para a usinagem das peças (aumentando a taxa de operação) e o OEE, é necessário que, além de diminuir todas as paradas não-programadas, que se diminua também o tempo necessário para o *setup* das máquinas, com a utilização do SMED, mesmo porque é uma das expectativas da Empresa.

A princípio, como ocorre uma variação da demanda distribuída irregularmente durante o período, é interessante também a criação de um estoque de segurança, para garantir os materiais e a matéria-prima necessária pelo menos no começo da implementação *lean*. Isto fará com que o principal problema que causa as paradas de máquina, devido às paradas “não-programadas” da programação, seja reduzido, aumentando a taxa de operação da máquina. À medida que se vai obtendo um melhor conhecimento do processo, com a implementação, esse estoque poderá ser reduzido.

Portanto, antes de se começar a implementação do sistema puxado, com a aplicação do *kanban*, é preciso primeiramente garantir que não irão ocorrer paradas inesperadas durante a produção, sejam elas causadas por falhas no equipamento ou ainda por falhas devido à programação. Métodos de trabalho bem definidos (TPM) e uma redução do tempo de troca (SMED) conseguem aumentar a disponibilidade da máquina e, um estoque de segurança, a taxa de operação da mesma, pois o tempo destinado à fabricação das peças será garantido. Garantindo também a criação do fluxo, um dos conceitos da produção enxuta.

3.8.2. DETERMINAÇÃO DO SISTEMA PUXADO A SER UTILIZADO

Analisando-se a demanda para cada família, o sistema puxado misto é o mais adequado para ser utilizado em todas as famílias, isto porque há peças que não apresentam grande volume de produção, o que iria requisitar um espaço no supermercado para as peças muito alto. Assim, para essas peças, uma programação deverá ser feita pelo coordenador da célula, que será realizada quando houver uma solicitação da célula de montagem.

O Diagrama P-Q a seguir mostra a relação do volume demandado das peças para a Família 03 e as peças que deverão ser produzidas de acordo com o sistema puxado de reposição, por meio do *Kanban*, ou com o sistema puxado seqüenciado, por meio da *Programação*:

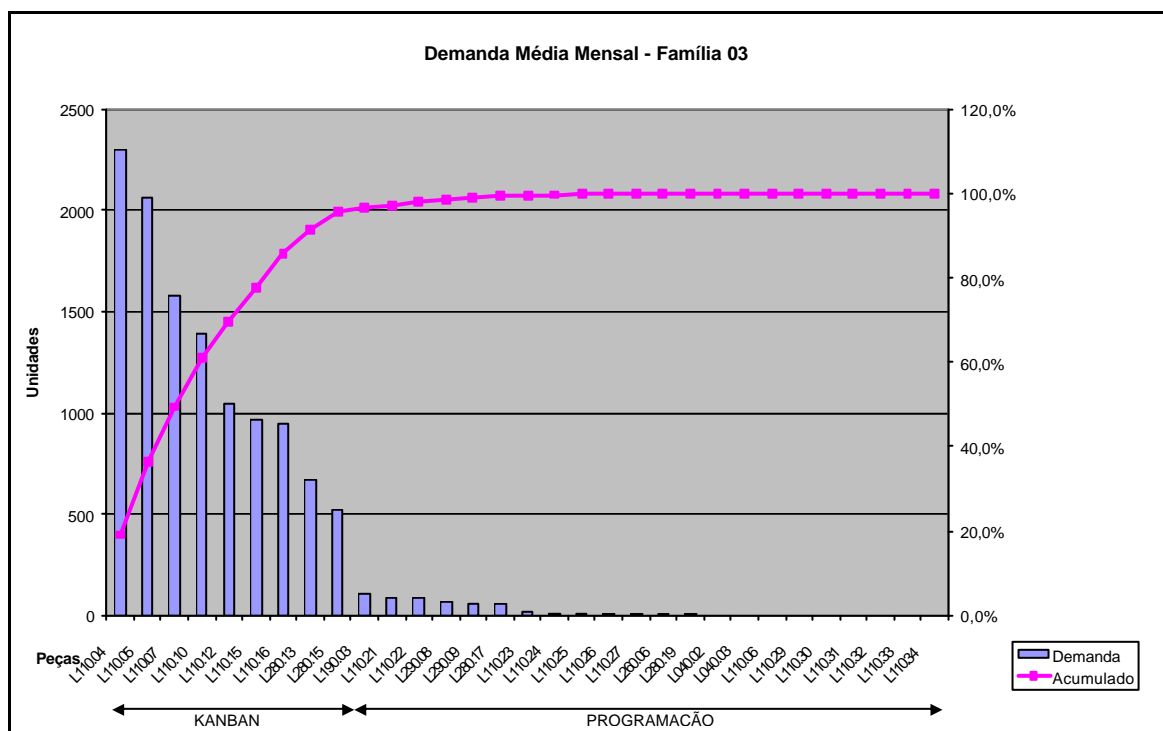


Figura 3.14 – Diagrama P-Q para as Peças da Família 03 (Elaborado pelo Autor)

(Fonte: Banco de Dados fornecidos pela Empresa)

A mesma análise foi feita para as outras famílias, e os resultados encontram-se no Anexo G.



3.8.3. CRIAÇÃO DO FLUXO CONTÍNUO

Para algumas famílias, a criação de um fluxo contínuo entre os processos pode ser atingida. Basta para isso agregar dois processos que antes eram separados, mas é necessário analisar se essa situação é possível, ou seja, verificar a proximidade das máquinas e a quantidade de famílias que necessitam delas são pontos importantes a serem considerados, por exemplo.

Quando muitas famílias utilizam uma mesma máquina, a criação do fluxo se torna difícil, sendo necessário esperar por algum tempo, até que a etapa solicitada fique apta para a operação. Ou seja, nesse caso, não há fluidez dos materiais.

Para a Família 03, esse fluxo pode ser criado ao agregar as máquinas MAQ05, MAQ11 e a Furadeira, uma vez que elas estão praticamente dedicadas a essa família. A figura abaixo ilustra a redução do *lead time de produção* com a adoção do fluxo contínuo para essa família:

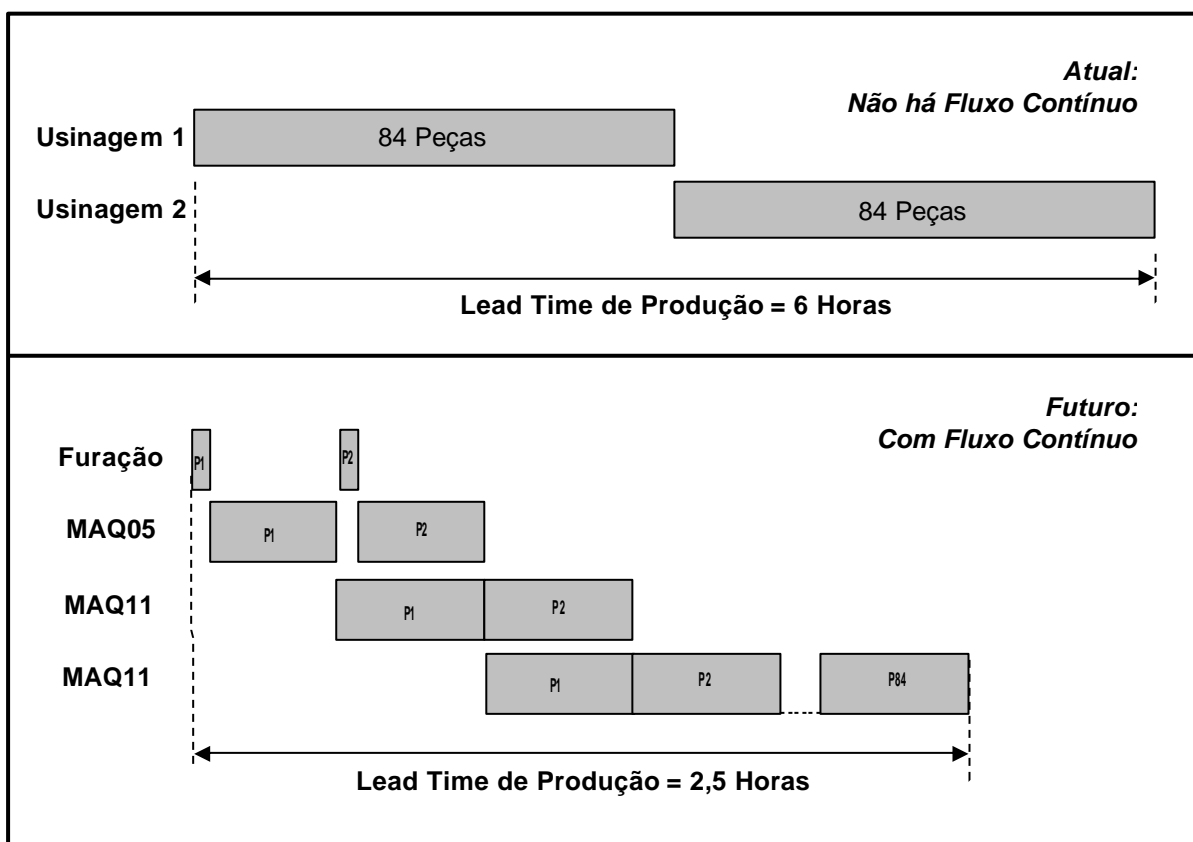


Figura 3.15 – Melhoria com o Fluxo Contínuo em um Processo da Família 03

(Elaborado pelo Autor)

Para as famílias onde a criação desse fluxo pode ser prejudicada por causa da variedade de peças envolvidas na célula, ou seja, com a formação de algum estoque intermediário até que a produção de uma determinada peça termine para começar o processamento da seguinte, a sugestão proposta é que se crie um “supermercado intermediário”. Assim, as peças que estariam aguardando até o início do processamento ficariam em um local reservado, esperando o término do processamento da peça anterior ou até chegar o momento em que a máquina dedique uma parcela do seu tempo à família solicitada. Nesse caso, o operador deve ir ao local e ver se há alguma peça que necessite a sua produção. A figura abaixo ilustra a situação:

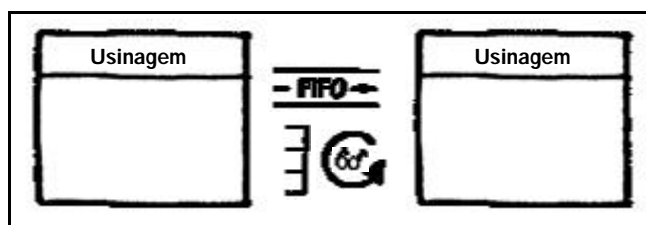


Figura 3.16 – Supermercado Intermediário (Elaborado pelo Autor)

Os mapeamentos do estado futuro para todas as famílias mostram quais fluxos podem ou não serem agregados, bem como as famílias que precisam ou não do “supermercado intermediário” (ver Anexo F).

3.8.4. DEFINIÇÃO DO PROCESSO PUXADOR

Após a determinação dos processos com fluxo contínuo, o ritmo do fluxo também deve ser determinado. Nesse caso, como o sistema puxado misto está sendo levado em consideração para essa implementação, normalmente o processo puxador é aquele localizado no início do fluxo.

Entretanto, como estamos falando de uma célula de manufatura, onde há uma grande variedade de peças que podem utilizar uma mesma máquina para serem usinadas, manter o mesmo ritmo em dois processos pode ser dificultada por causa da alocação do tempo



disponível para cada família na máquina. Esse tempo pode variar de um processo para outro enquanto a demanda permanece constante.

Para solucionar esse problema, o *takt time* foi calculado para todos os processos relevantes do fluxo. Assim, mesmo que haja algum tempo de espera entre duas etapas, o ritmo necessário para fazer com que o processo como um todo flua deverá ser mantido desde que o ritmo estabelecido para cada um, individualmente, seja mantido. Assim, o tempo necessário para a entrega das peças também será cumprido no prazo.

O *takt time* para o processo puxador da Família 03 está indicado abaixo:

$$\text{Takt Time} = \frac{A \times B \times C \times D \times E}{F} = 105 \text{ segundos/peça}$$

Onde:

A = Dias do Mês Disponíveis para a Produção = 21

B = Número de Turnos Diários = 2,5

C = Jornada de Trabalho (em segundos) = 8 x 3600

D = Taxa de Operação da Máquina = 87%

E = Taxa de Utilização para a Família 03 = 95%

F = Demanda Média Mensal (unidades) = 12.013

OBS: O cálculo do takt time para cada um dos processos relacionados à usinagem com fluxo contínuo deve ser determinado pelo menor takt time das máquinas, conforme Rother e Harris (2002).

Os cálculos do *takt time* para as outras famílias estão mostrados no mapeamento futuro, conforme indicado no Anexo F.

3.8.5. DETERMINAÇÃO DAS MÁQUINAS A SEREM UTILIZADAS

Inicialmente, foi estimado quais seriam os possíveis equipamentos e bancadas que poderiam ser eliminados do *layout* por meio de um esboço inicial, para proporcionar uma melhor movimentação para o estado futuro das máquinas, conforme mostra a figura a seguir, onde o vermelho e o verde indicam as possíveis eliminações, e o azul ressalta as máquinas que podem permanecer na célula:

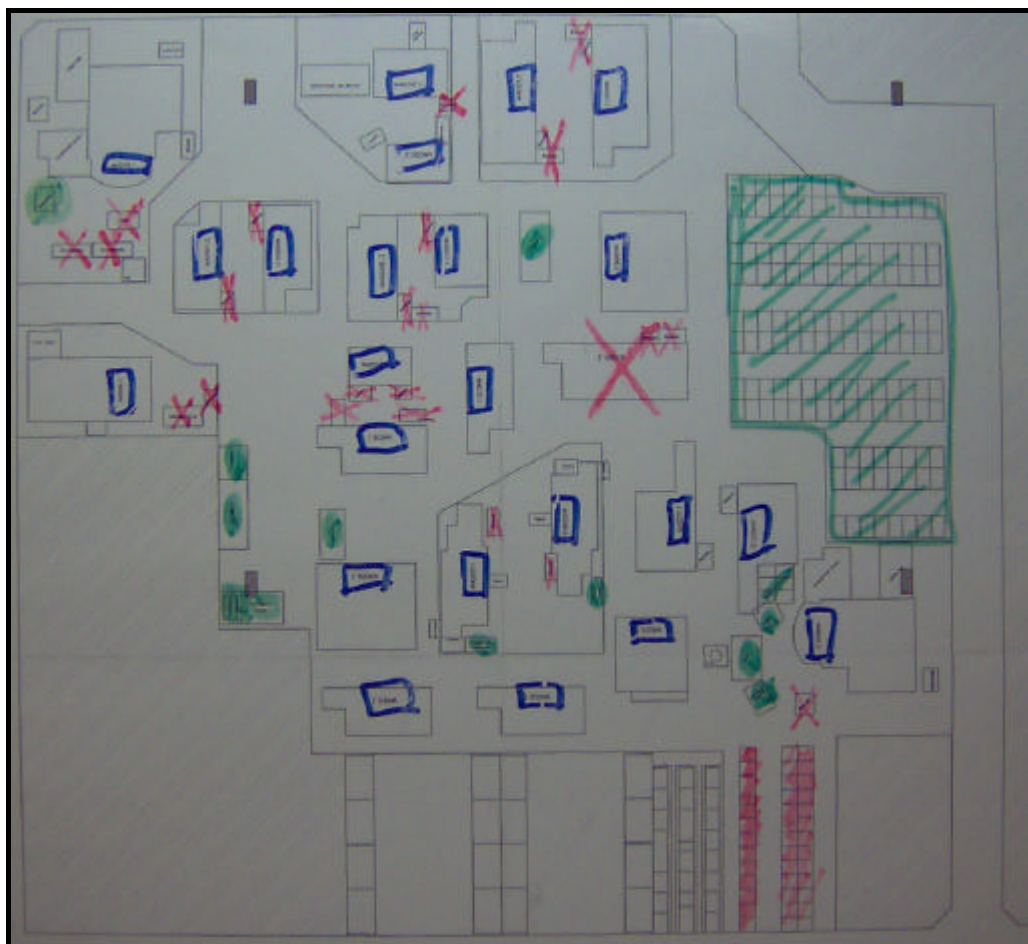


Figura 3.17 – Esboço Inicial dos Equipamentos a Serem Eliminados
(Elaborado pelo Autor)

Assim, para obter mais espaço para a movimentação dos materiais e dos operadores, uma parte das bancadas deverá ser eliminada, isso porque elas deverão ser substituídas pela área de *setup* externo, ou seja, parte dos equipamentos e aparelhos que atualmente ficam ao



lado das máquinas, mas que não são necessários estar nesse lugar, deverá ser movido para essa nova área.

Outro fato a se notar é sugestão da eliminação de uma das máquinas, sugerida pela própria empresa, pertencente à família MAQ01. Entretanto, ao se fazer as análises de tempos de processamentos necessários para atender a demanda, foi verificado que essa máquina não deveria ser eliminada, pois acarretaria justamente no seu não atendimento para as condições de dias e turnos de trabalho estabelecidas para o estado futuro, conforme Tabela 3.7.

Para o cálculo da quantidade de máquinas necessárias, foi levado em consideração o tempo de ciclo das peças e o *takt time* da família, com uma equação semelhante à de determinação do número de operadores, pois de acordo com Rother e Harris (2002), pois “o tempo de ciclo de cada máquina deve ser consideravelmente menor do que o *takt time*, se quisermos atingir o fluxo contínuo”. Como a apresentada a seguir:

$$\text{Número de Máquinas} = \frac{\text{Tempo de Ciclo por Operação} \times \text{Número de Operações na Máquina}}{\text{Takt Time}}$$

Assim, ao aumentar o número de máquinas, automaticamente o *takt time* também irá aumentar, pois a demanda deverá ser dividida entre as máquinas, enquanto o tempo disponível para cada uma permanece constante. Isso fará com que o tempo de ciclo seja menor do que o *takt time*.

Para a Família 03, por exemplo, uma vez que o *takt time* é de 105 segundos por peça, o tempo de ciclo na MAQ05 é de 83 segundos e o tempo de ciclo na MAQ11 é de 194 segundos, uma vez que são feitas duas operações por peça nessa máquina, são necessárias duas máquinas MAQ11 e uma máquina MAQ05 para o atendimento da demanda. Fazendo essa análise para as outras famílias e identificando a relação entre o tempo de ciclo necessário para as peças de todas as famílias que são usinadas em um tipo de máquina, garantindo que esse tempo fique abaixo do *takt time*, pôde-se chegar à seguinte conclusão:



Tabela 3.7 – Dados para o Estado Futuro das Máquinas (Elaborado pelo Autor)

TIPO	QUANTIDADE	DIAS/MÊS P/ PRODUÇÃO	TURNOS/DIA	TAXA OPERAÇÃO	MÍNIMO OEE REQUERIDO
MAQ01	3	21	2,5	85%	89%
MAQ02	2	21	2	85%	85%
MAQ03	1	21	2,5	88%	76%
MAQ04	2	21	1,5	88%	97%
MAQ05	1	21	2,5	82%	80%
MAQ06	3	21	2,5	85%	85%
MAQ07	1	21	2,5	87%	90%
MAQ08	3	21	2,5	78%	80%
MAQ09	2	21	3	91%	91%
MAQ10	1	21	1,5	91%	97%
MAQ11	2	21	2,5	87%	93%
MAQ12	2	21	1,5	87%	90%

Essa tabela indica o número de máquinas necessário para atender a demanda média mensal, para vinte e um dias de produção em todas as máquinas e para uma quantidade de turnos estabelecida. Por meio de uma estimativa da taxa de operação necessária para cada uma delas, baseada nos intervalos programados, foi possível determinar um OEE mínimo requerido, para cada tipo de máquina:

$$\text{OEE min} = \frac{\text{Tempo Necessário p/ Produção da Demanda}}{\text{Tempo Disponível p/ Operação}}$$

Onde:

Tempo Necessário p/ Produção da Demanda = $\dot{a}_{\text{familias}}$ (Tempo de Ciclo x Número de Operações na Máquina por Peça x Demanda Média Mensal)

Tempo Disponível p/ Operação = Quantidade de Máquinas x Dias/Mês x Turnos/Dia x Taxa de Operação

Assim, espera-se obter uma eficiência mínima de 88% nessa célula, que é a média dos OEE mínimos calculados anteriormente.



3.8.6. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE OPERADORES

Como se trata de uma célula de usinagem, há a necessidade de operadores para operar as máquinas. Entretanto, um mesmo operador pode operar mais de uma máquina de uma só vez, desde que para isso elas estejam em um *layout* adequado que proporcione uma movimentação eficiente dentro da *mini-fábrica*, conforme Nazareno (2003).

Dessa maneira, o número de operadores para cada um dos processos pertencentes às famílias foi definido de acordo com o balanceamento das atividades e de acordo com as orientações da DIRETRIZ 6, conforme mostra a tabela a seguir para a Família 03.

Tabela 3.8 – Elementos do Trabalho para o Processo Puxador da Família 03

Atividades	Tempo Observado (s)
Pegar a peça e furar - Operação 10	12
Colocar a peça na MAQ05 e iniciar o ciclo de processamento- Operação 20	12
Retirar a peça da MAQ05	11
Colocar a peça na MAQ11 e iniciar o ciclo de processamento- Operação 30	5
Retirar a peça, mudar o tipo de usinagem na MAQ11, colocar a peça e iniciar o ciclo de processamento novamente – Operação 40	11
Retirar a peça, limpar com ar comprimido e colocar no cesto	15

$$\text{Número de Operadores} = \frac{\text{Conteúdo Total de Trabalho}}{\text{Takt Time}} = \frac{66}{105} = 0,63$$

Assim, para o processo de usinagem da Família 03, onde deve haver um fluxo contínuo entre a furadeira e as máquinas de usinagem, são necessários 0,63 operadores para atender a demanda solicitada, de acordo com o *takt time*. Ou seja, como o *conteúdo total de trabalho* é menor do que o *takt time*, apenas um operador é necessário nessa “mini-fábrica” para atender a necessidade do cliente, e não dois como estão sendo utilizados na situação atual, pois eles acabam esperando o ciclo da máquina finalizar para começar a realizar as suas atividades, o que não deveria acontecer segundo Rother e Harris (2002)



Vale ressaltar que o tempo utilizado para esse cálculo diz respeito apenas aos elementos do trabalho dos operadores, ou seja, todos aqueles que são feitos manualmente por eles, como a furação das peças e os tempos necessários para carga e descarga das mesmas na máquina.

O número de operadores necessários para as outras famílias foi feito de uma maneira similar a essa. O resultado encontra-se mostrado diretamente nas *caixas de processos* dos mapeamentos para o *estado futuro* (ver Anexo F).

3.8.7. MIX E VOLUME DE PRODUÇÃO

Conforme mencionado anteriormente, algumas peças foram escolhidas para serem produzidas de acordo com o sistema puxado seqüenciado, por meio da programação feita pela logística (coordenador da célula), e outras de acordo com o sistema puxado de reposição. De qualquer forma, todas elas deverão ter um lote com uma quantidade fixa de peças para serem produzidas, que é o tamanho da embalagem.

O nivelamento da produção, portanto, deverá ser dado pela quantidade de peças em uma embalagem e, para cada embalagem, um *cartão kanban* será definido. À medida que eles forem sendo colocados no quadro/posto, a produção deverá ser feita, baseada na peça solicitada, sendo que, para as peças do sistema puxado de reposição, o próprio movimentador de materiais será responsável pelos cartões e para o caso das peças do sistema puxado seqüenciado, o supervisor ou o coordenador da célula deverão colocar os cartões solicitados conforme o pedido do cliente. Dessa maneira, a produção conseguirá garantir que os pedidos estejam disponíveis para o cliente no momento solicitado.

O número de *cartões kanbans* necessários para cada peça, deverá garantir um *lead time de reposição* de quatro dias para as peças do sistema puxado de reposição, estabelecido pela Empresa. Para as peças do sistema puxado seqüenciado, o tempo de reposição deverá ser de, no máximo, um dia.



Figura 3.18 – Posto Kanban (Foto fornecida pela Empresa)

Com isso, primeiramente, foi necessário dimensionar o tamanho do supermercado com a demanda média para esses quatro dias mais um pulmão de 5%, para garantir alguma variação nesse período. Depois, levando-se em consideração o número de peças que podem ser colocadas em cada cesto, o tamanho da embalagem, foi possível determinar o número de embalagens/cestos necessários e, com isso, a determinação do número de *cartões kanban* necessário para atender a demanda média nesse período.

A tabela abaixo indicada o total de *cartões kanban* necessários para cada uma das peças da Família 03, bem como o *lead time de reposição* para cada cesto. O resultado total dos *cartões kanban* requerido para cada peça está no Anexo H.



Tabela 3.9 – Número de Kanbans e Lead Time de Reposição (Família 03)
(Elaborado pelo Autor)

PEÇA	SISTEMA	DEMANDA DIÁRIA	LEAD TIME REPOSIÇÃO (DIAS)	ESTOQUE SUPER-MERCADO	TAMANHO EMBALAGEM	CARTÕES KANBAN	LT REPOS. P/ 1 CESTO (DIAS)
L110.04	KANBAN	110	4	462	84	6	0,67
L110.05	KANBAN	99	4	416	60	7	0,57
L110.07	KANBAN	76	4	319	84	4	1,00
L110.10	KANBAN	67	4	281	84	4	1,00
L110.12	KANBAN	50	4	210	30	8	0,50
L110.15	KANBAN	47	4	197	84	3	1,33
L110.16	KANBAN	46	4	193	84	3	1,33
L280.13	KANBAN	32	4	134	80	2	2,00
L280.15	KANBAN	25	4	105	80	2	2,00
L190.03	PROGRAMAÇÃO	6	-	-	100	1	1,00
L110.21	PROGRAMAÇÃO	5	-	-	84	1	1,00
L110.22	PROGRAMAÇÃO	5	-	-	84	1	1,00
L290.08	PROGRAMAÇÃO	4	-	-	45	1	1,00
L290.09	PROGRAMAÇÃO	3	-	-	90	1	1,00
L280.17	PROGRAMAÇÃO	3	-	-	80	1	1,00
L110.23	PROGRAMAÇÃO	2	-	-	84	1	1,00
L110.24	PROGRAMAÇÃO	1	-	-	84	1	1,00
L110.25	PROGRAMAÇÃO	1	-	-	84	1	1,00
L110.26	PROGRAMAÇÃO	1	-	-	84	1	1,00
L110.27	PROGRAMAÇÃO	1	-	-	84	1	1,00
L260.06	PROGRAMAÇÃO	1	-	-	1	1	1,00
L280.19	PROGRAMAÇÃO	1	-	-	80	1	1,00
L040.02	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	36	1	1,00
L040.03	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	45	1	1,00
L110.06	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	84	1	1,00
L110.29	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	1	1	1,00
L110.30	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	84	1	1,00
L110.31	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	84	1	1,00
L110.32	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	84	1	1,00
L110.33	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	84	1	1,00
L110.34	PROGRAMAÇÃO	0	-	-	84	1	1,00

Assim, deve-se ter no supermercado um espaço reservado para a armazenagem de, pelo menos, 295 cestos, ou seja, para as peças do sistema puxado de reposição. Para as peças do sistema puxado seqüenciado, como serão produzidas apenas quando solicitadas pelo cliente, não será preciso manter um espaço pré-determinado para cada uma delas, pois elas deverão ser entregues prontamente. Com isso, o supermercado deverá conter um espaço para a armazenagem de 300 cestos (= 10 corredores x 10 localizações x 3 posições), e o *cartão kanban* dever conter todas as informações pertinentes para a eficácia do sistema puxado escolhido para implementação, como as operações a serem realizadas (onde o operador deverá marcar as finalizadas), número e tamanho do lote, entre outras, como apresentado a seguir:

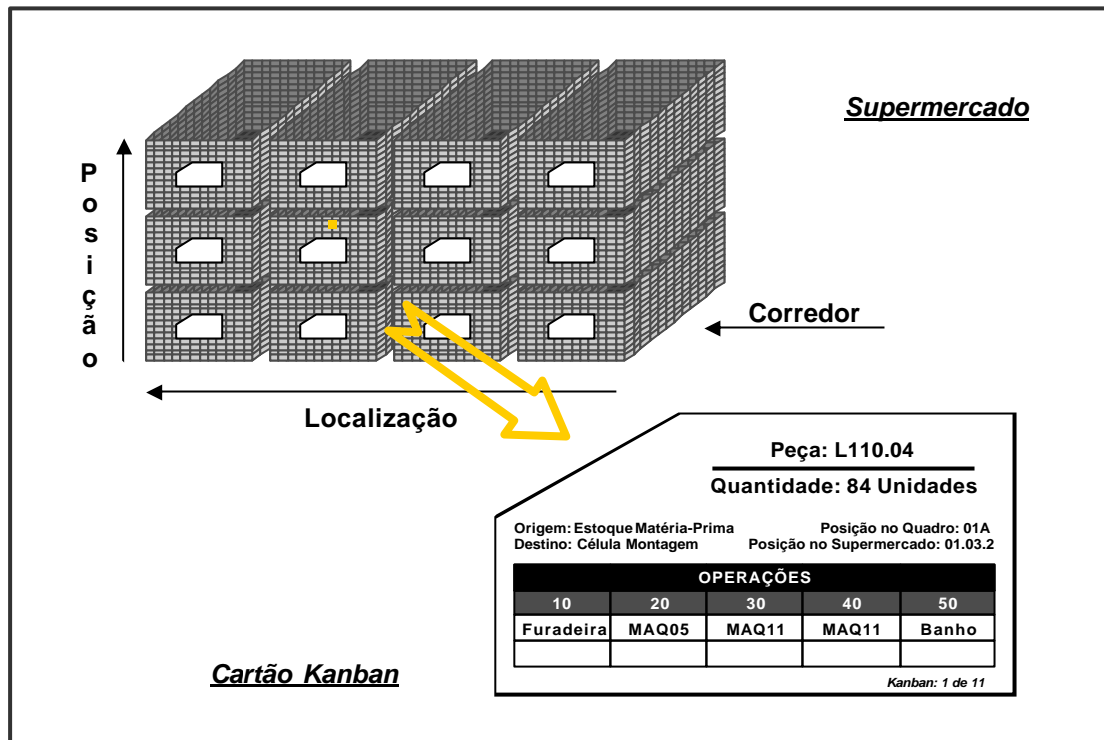


Figura 3.19 – Modelo de Supermercado e Cartão Kanban (Elaborado pelo Autor)

3.8.8. MUDANÇA DE LAYOUT

De acordo com as expectativas dos clientes levantadas e de acordo com os levantamentos dos desperdícios realizados com o mapeamento do estado atual, o layout apresentado pelas máquinas não está definido para a criação de um fluxo de materiais.

Isso gera uma movimentação muito grande por parte do movimentador de materiais dentro dessa célula. Assim, duas propostas de *layout* foram geradas para escolher a que melhor se adapta ao *sistema lean* esperado.

Os seguintes requisitos foram levados em consideração:

- Melhorar a movimentação do material e o fluxo de produção e aumentar espaço para a movimentação de carrinhos.
- Ter maior segurança para os operadores e facilitar a manutenção.
- Não mudar as MAQ09 de posição devido à fundação existente.

- Ter área para *setup externo* e para peças que necessitam de banho, bem como área para supermercado/kanban e “supermercado intermediário”.

Inicialmente, foi gerada a matriz com os coeficientes de similaridade entre as máquinas, levando-se em consideração as peças em comum. Entretanto, como os volumes demandados entre as peças são bem diferentes, a determinação desse coeficiente apenas com o número de produtos comuns não seria eficaz. Não forneceria uma boa base para a determinação da quantidade de produtos em comum. Assim, a alternativa viável para a determinação desses coeficientes foi a utilização da quantidade demandada para cada produto, e não apenas a do número de peças semelhantes, conforme a matriz Máquinas x Peças (Anexo B). Além disso, também foi estimado o coeficiente de similaridade entre as máquinas para cada uma das famílias (ver Anexo D), conforme mostra a tabela a seguir:

Tabela 3.10 – Coeficientes de Similaridade entre as Máquinas (Elaborado pelo Autor)

[illegible]



Outro fato importante a ser considerado na escolha do novo *layout* foi a alocação das máquinas com maiores fluxos de movimentação nos corredores principais. Para isso, foi necessário estimar o número de “viagens mensais” por família necessário para a produção média mensal solicitada. Isso se deu por meio da demanda média mensal para cada uma das peças dividida pelo tamanho da embalagem. Assim, uma viagem é o transporte de uma embalagem completa durante o fluxo de produção pelo caminho determinado nos Diagramas Espaguete. A Tabela 3.9 indica o número de viagens total por família, para a demanda média mensal.

Desse modo, levando-se em consideração os coeficientes de similaridade com os produtos em comum e a quantidade de máquinas necessárias definidas anteriormente, pôde-se fazer o *Diagrama de Inter-Relações* entre as máquinas. Também, com o número de viagens em mente, pôde-se procurar alocar as máquinas nos “corredores principais”, de acordo com os maiores fluxos de produção:

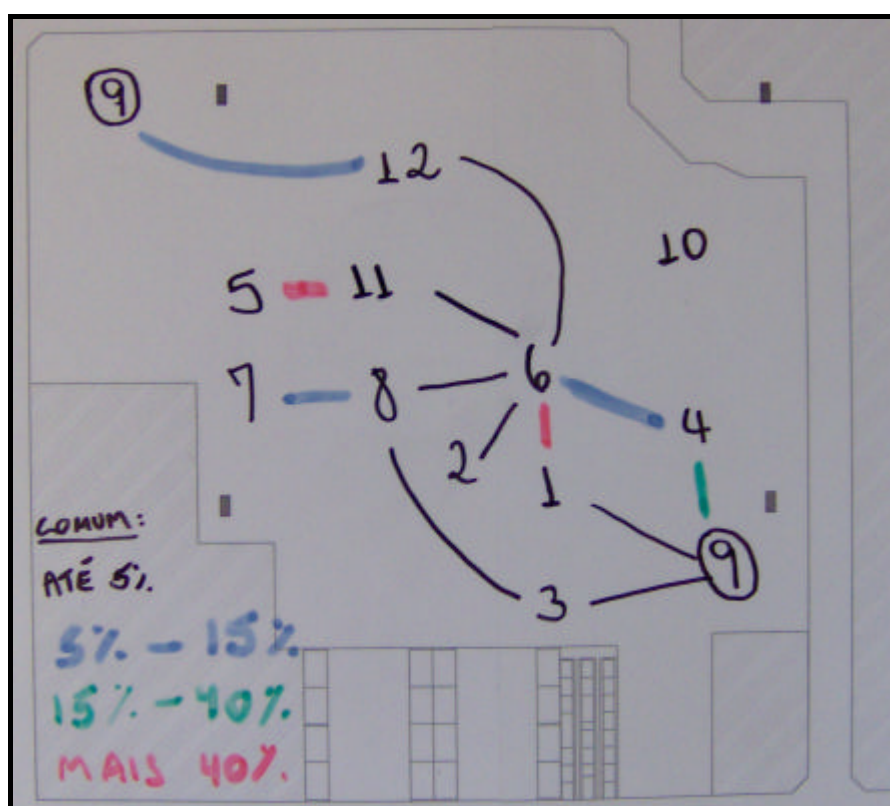


Figura 3.20 – Diagrama de Inter-Relações (Elaborado pelo Autor)

O próximo passo para a geração das propostas de *layout* foi o posicionamento das máquinas por meio da utilização de *templates*²⁸, visando agrupar as máquinas com processos e/ou produtos em comum, levando-se em consideração também as famílias que poderão ser alocadas em cada máquina, de acordo com as Taxas de Operação das Máquinas por Família. Depois, foi possível desenhar também o layout em CAD, para verificar com os requisitos de entrada estabelecidos, e também calcular as movimentações para cada uma das famílias, baseado nos Diagramas Espaguete gerados para o *estado futuro*, conforme mostra o Anexo J. As figuras a seguir indicam o estudo realizado para a confecção das propostas de *layout*:



Figura 3.21 – Templates da Proposta 1 (Elaborado pelo Autor)

²⁸ **Templates:** método de representação visual de arranjos físicos, flexível e ajustável. São modelos bidimensionais impressos dos equipamentos. (MUTHER, 1978)



Figura 3.22 – Templates da Proposta 2 (Elaborado pelo Autor)

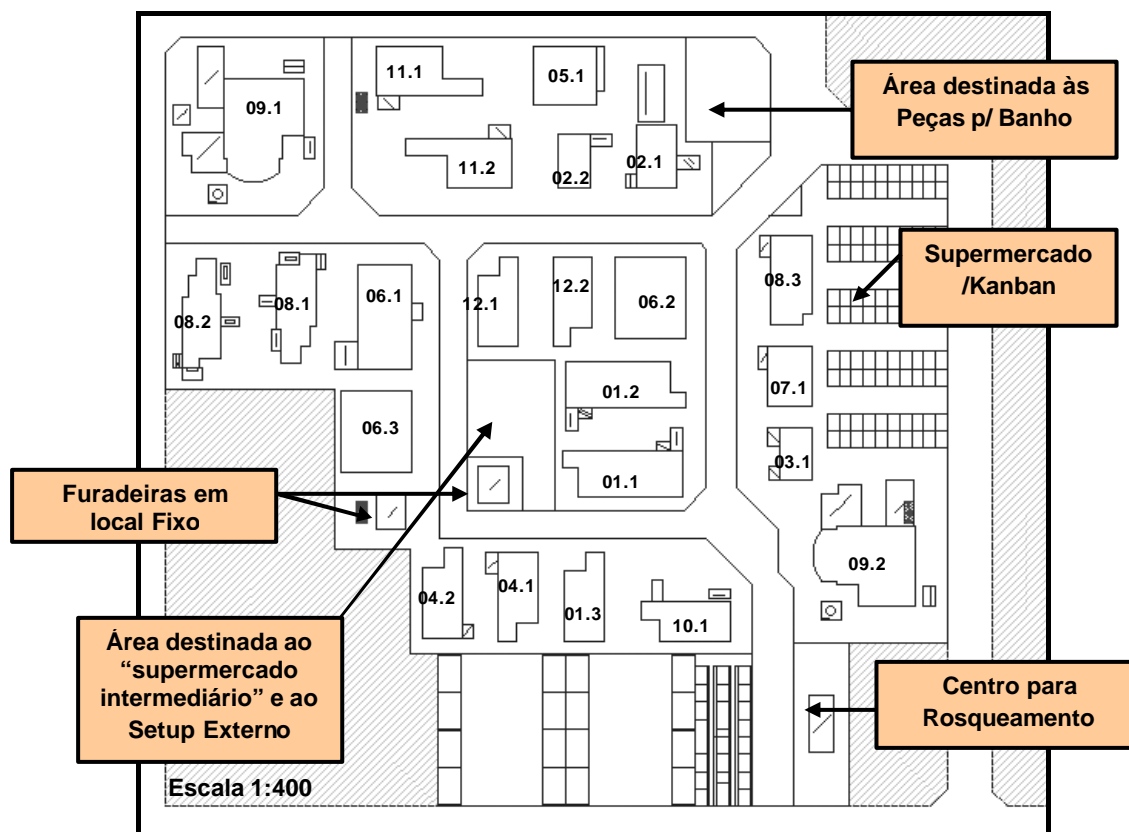


Figura 3.23 – Desenho em CAD da Proposta 1 (Elaborado pelo Autor)

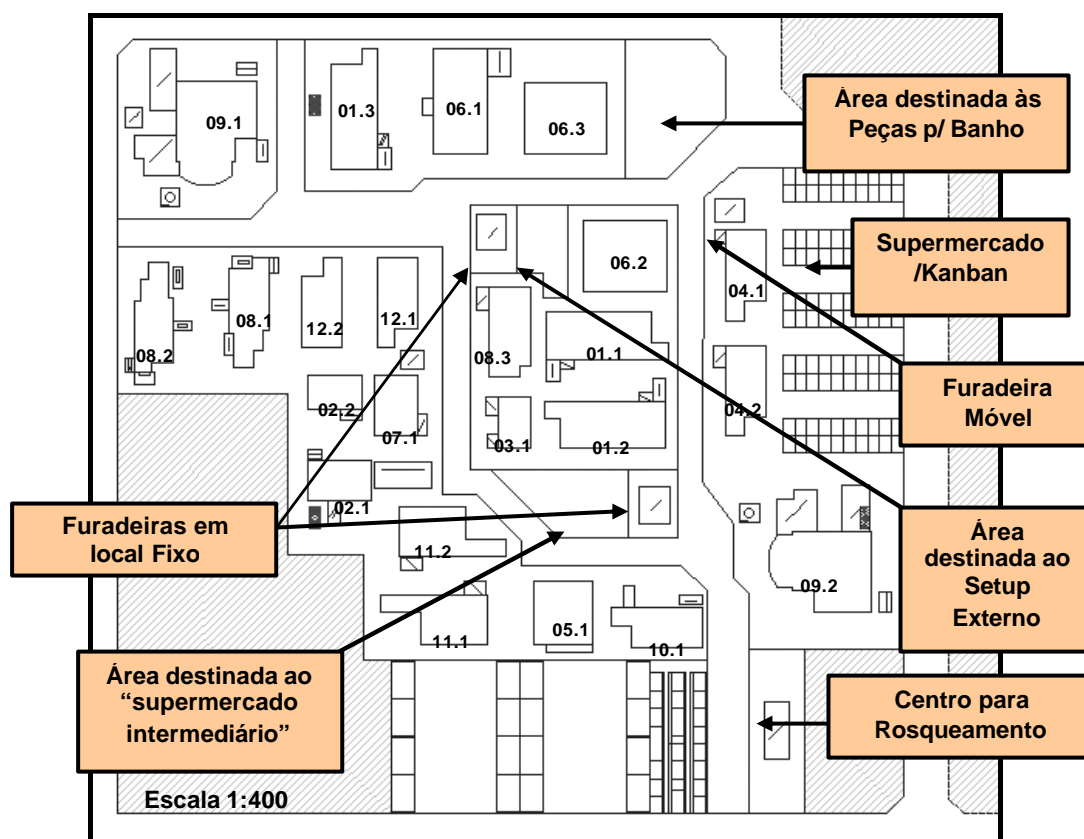


Figura 3.24 – Desenho em CAD da Proposta 2 (Elaborado pelo Autor)

Tabela 3.11 – Comparação entre as Distâncias Totais Percorridas (Elaborado pelo Autor)

FAMILIA	VIAGENS	DISTÂNCIA TOTAL PERCORRIDA (m)		
		ATUAL	PROPOSTA 1	PROPOSTA 2
FAMILIA 01	15	615	573	593
FAMILIA 02	44	3.705	2.759	2.064
FAMILIA 03	192	9.734	14.362	11.462
FAMILIA 04	35	1.897	1.173	1.950
FAMILIA 05	122	6.076	3.941	5.575
FAMILIA 06	21	1.006	1.203	851
FAMILIA 07	51	3.045	1.683	2.356
FAMILIA 08	18	1.454	1.035	900
FAMILIA 09	145	7.903	7.584	5.858
FAMILIA 10	332	30.577	13.413	14.907
FAMILIA 11	39	3.561	2.718	2.204
FAMILIA 12	230	10.833	8.303	8.165
FAMILIA 13	87	6.873	6.577	4.594
TOTAL		87.278	65.323	61.477
REDUÇÃO DE			25%	30%



Portanto, ao avaliar as propostas de layout, a escolhida para a implementação deve ser aquela que melhor satisfaz aos requisitos pré-estabelecidos. Não apenas a alternativa que tem uma menor movimentação deve ser levada em consideração na escolha, como também as expectativas e requisitos levantados inicialmente.

Como a Proposta 2 é a que melhor se adapta tanto às necessidades levantadas no começo da análise, como também por ter uma menor quantidade de movimentação, baseada na distância total percorrida, ela deve ser a proposta escolhida para implementação. Questões decisivas, como a melhor área localizada para os “supermercados intermediários” e o espaço destinado às furadeiras móveis, caso em que elas são melhores adaptadas para os processos com fluxo contínuo, portanto, também são importantes no momento da escolha do *layout* mais adequado.

3.8.9. DESENHO DO MAPA FUTURO

Com todas essas informações em mente, o desenho do mapa futuro para cada um das famílias pôde ser elaborado (ver Anexo F). Conforme o indicado a seguir para a família 03:

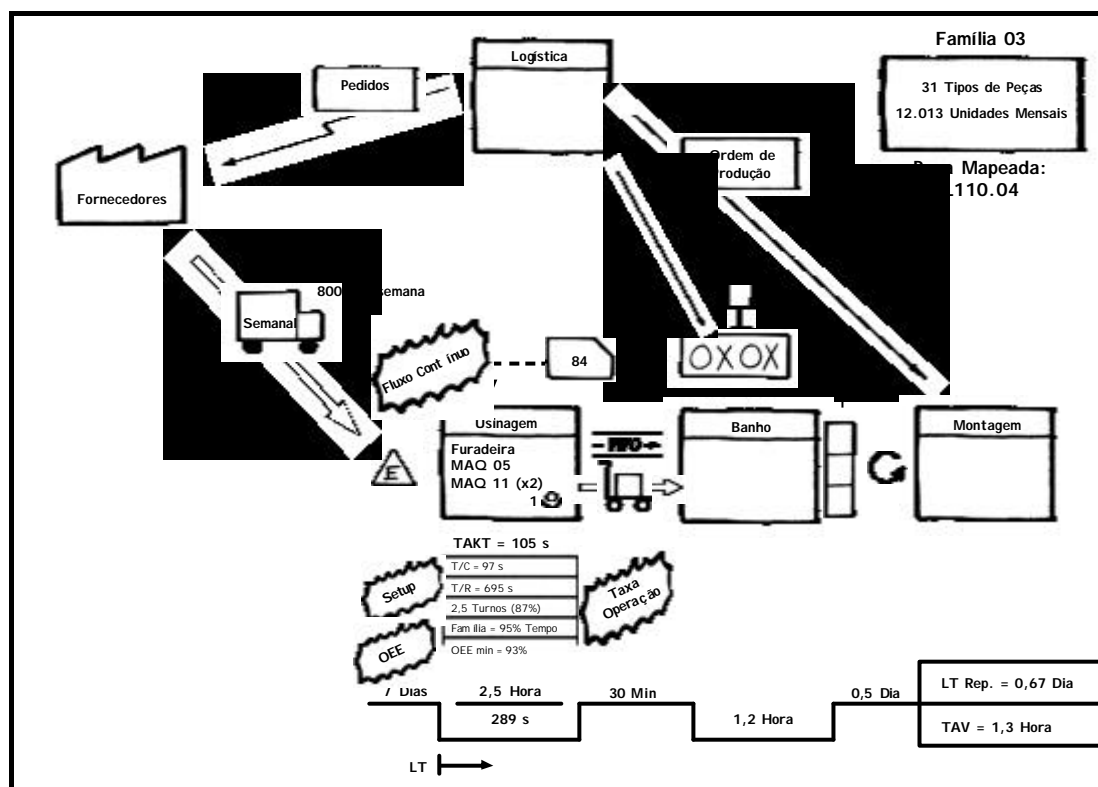


Figura 3.25 – Mapeamento do Fluxo de Valor para o Estado Futuro da Família 03
(Elaborado pelo Autor)

Além de melhorar o *layout*, proporcionar processos em fluxo, diminuir o *lead time de produção* por meio da redução do tempo de *setup* e outros tempos de paradas, e implementar a produção puxada, espera-se também diminuir o tempo causado pela falta de material, um dos principais causadores da baixa taxa de operação das máquinas, por meio do aumento da frequência de entrega das peças por parte dos fornecedores, e também por meio de uma melhor programação por parte da logística, que deverá adequar o estoque de segurança com o passar do tempo, na medida em que se vai tendo um maior domínio sobre o processo. Isto poderá ser feito pelo menos semanalmente, a princípio, e não mensalmente, como acontece para algumas famílias, o que proporcionará um melhor controle dos estoques de matéria-prima, muito falho atualmente.



3.9. ATINGINDO O ESTADO FUTURO

Apesar de todas essas análises para a implementação da manufatura enxuta nessa célula de manufatura terem sido realizadas, o mapa desenhado do estado futuro mostra apenas onde se deseja chegar, segundo Rother e Shook (2003), ou seja, não basta apenas desenhá-los, é preciso torná-los realidade.

Por isso eles ainda sugerem a adoção de uma outra ferramenta, capaz de gerenciar essa implementação, o plano de implementação. Ele deve conter:

- O que se planeja fazer e quando.
- Metas quantificáveis.
- Pontos de checagem claros com prazos reais e o avaliador definido.

Assim, a partir dessas análises por meio do *Value Stream Mapping*, é possível determinar um plano de implementação para o *Sistema Lean Manufacturing* para o caso em estudo, dado por uma visão macro para todas as famílias, conforme determinado pelo gráfico da página seguinte.

Com esse plano, é possível ver a importância do SMED e do TPM nessa implementação, ao proporcionar um aumento da disponibilidade das máquinas, para se conseguir obter a *estabilidade básica*. Uma mudança de cultura pode até ser alcançada, já que ela fornece aos operadores uma maior capacidade de manusear os seus próprios equipamentos, por meio de métodos e instruções estabelecidos. Ficando mais aptos para o novo sistema produtivo.

À medida que esse treinamento vai ocorrendo, pode-se fazer em paralelo as atividades para a mudança do *layout* e a agregação das máquinas, transformando os processos existentes em processos com fluxo contínuo. Assim, é possível implementar o sistema de produção puxado, já que os *4M's* vão estar preparados para fazer com que as peças *fluam*.

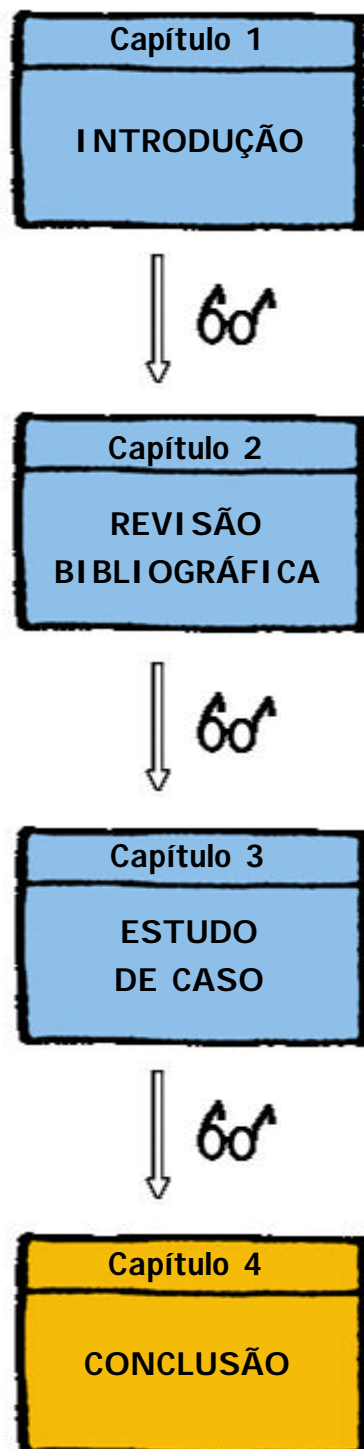
Ao término da implementação, deve-se fazer uma validação do projeto, verificando se as metas estabelecidas pelo Plano de Implementação foram alcançadas com sucesso.



PLANO SEMESTRAL DO FLUXO DE VALOR

PRINCIPAIS OBJETIVOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO	OBJETIVO DO FLUXO DE VALOR	META	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	RESPONSÁVEL
Reduzir Tempo de Paradas Não-Programadas Melhorar a Eficiência Melhorar Layout Reduzir Lead Time de Produção Reduzir Estoques Diminuir a Movimentação de Materiais	Aplicar Kaizen para garantir a estabilidade básica por meio do TPM, SMED e melhor gerenciamento dos materiais.	Taxa de Operação = 87% Redução de Setup = 25% OEE = 88%							Coordenador da Célula
	Mudar Layout	Implementar Proposta de Layout Redução de Movimentação = 30%							Coordenador da Célula
	Proporcionar Fluxo Contínuo	Agregar processos de modo a obter um fluxo contínuo, de acordo com VSM. Definir o número de operadores, de acordo com VSM.							Coordenador da Célula
	Implementar Produção Puxada	Fixar tamanho dos lotes de produção (kanban) Estabelecer lead times de produção							Coordenador da Célula

VALIDAÇÃO DO PROJETO





Esse capítulo do trabalho é dedicado às conclusões resultantes do levantamento dos conceitos e técnicas do *Sistema Lean Manufacturing* e também do estudo de caso realizado em uma empresa de manufatura.

4.1. REVISÃO DOS CONCEITOS LEAN

Com a revisão das principais idéias do *pensamento lean*, foi possível fazer um estudo para a implementação da *Manufatura Enxuta* em uma empresa do setor de autopeças, seguindo a metodologia proposta por uma das suas ferramentas: o *Mapeamento do Fluxo de Valor*, ou *Value Stream Mapping*.

Por meio de uma pesquisa realizada em diversos materiais e análises feitas com os conceitos que permeiam o *Sistema Lean de Manufatura*, foi possível relacioná-los ao *Value Stream Mapping* de modo a fazer com que essa ferramenta não fique esquecida ao se fazer esse tipo de implementação, conforme explicitado por Womack e Jones (2003).

Assim, ao relacionar as técnicas utilizadas pelo *Value Stream Mapping* com outras ferramentas *lean* e com os cinco conceitos enxutos propostos por Womack e Jones (1996), ou seja, *especificar valor para o cliente, identificar a cadeia de valor, criar fluxo, proporcionar uma produção puxada e buscar a perfeição*, pôde-se propor uma metodologia para a implementação da *Manufatura Enxuta*.

O resultado foi a compilação dos conceitos, idéias e técnicas em doze diretrizes, que podem ser seguidas quando se deseja obter um sistema de produção mais enxuto, contendo apenas atividades agregadoras de valor para os clientes. Dessa forma, é possível determinar de maneira eficaz os desperdícios identificados por Taiichi Ohno.

Entretanto, essas diretrizes representam apenas alguns pontos a serem tratados no momento de traçar o *Estado Futuro*, pois é preciso ter um bom conhecimento do processo produtivo da empresa e procurar saber as expectativas dos clientes para se obter os resultados desejados, transformando-as em exigências do *projeto lean*.



Uma dificuldade pode surgir ao se fazer esse tipo de análise, pois essas expectativas são colocadas normalmente de uma forma mais qualitativa e as metas devem se apresentar de uma forma mais quantitativa para poder avaliar os resultados alcançados de uma maneira eficiente, bem como estabelecer os marcos importantes do projeto. Algumas técnicas podem ser utilizadas para isso, como o QFD, ao realizar um levantamento dos requisitos do cliente e transformá-los em requisitos *lean* para a geração das metas.

Em alguns casos, apesar de se conhecer bem o processo produtivo da empresa, não é fácil decidir quais desperdícios atacar em primeiro lugar, mas, com a utilização dessa metodologia, pode-se obter uma melhor alocação dos recursos e dos esforços necessários para a transformação do sistema de manufatura se tornar mais fácil de ser alcançada.

Embora existam várias ferramentas *lean*, não é preciso utilizar todas elas para se conseguir obter os resultados desejados. É necessário que se analise situação por situação, vendo aquela que mais se adapta ao projeto para garantir que as metas estabelecidas sejam cumpridas dentro do prazo proposto, por meio do *Plano de Implementação*. Dessa maneira, o alcance do Estado Futuro poderá se tornar uma realidade, não parecendo uma idéia difícil de ser alcançada pelos envolvidos.

Portanto, com a aplicação das técnicas do *Lean Manufacturing* de uma maneira eficaz, por meio da utilização do *Value Stream Mapping*, é possível diminuir as perdas geradas em um sistema de produção ineficiente e aumentar mais a capacidade de produção sem a necessidade de novos investimentos em máquinas ou equipamentos. A consequência direta disso é um melhor ambiente de trabalho para os operadores e para a organização, onde se pode enxergar tudo o que está acontecendo, indo desde as atividades realizadas pelos operadores até a determinação do estoque existente e as paradas que possam acontecer no sistema. É o *Sistema Lean*.



4.2. ESTUDO DE CASO

Todo esse estudo pôde ser evidenciado ao se fazer a análise de implementação em uma empresa de manufatura, baseada nas expectativas dos envolvidos em uma de suas células de usinagem de peças automotivas, onde foi possível definir as metas e as etapas para a implementação do *Sistema Lean Manufacturing*.

A empresa do estudo de caso analisada, onde o autor desse trabalho prestou serviços de consultoria durante parte do período de estágio, tem apresentado uma sub-utilização da sua capacidade instalada de produção e uma redução da capacidade ociosa, como evidenciado pelo aumento do crescimento desse setor mostrado no Capítulo 1 desse trabalho.

A principal causa para a sub-utilização é a falta de material, o que acarreta em longos tempos de parada de máquina devido a uma programação ineficiente de suas atividades produtivas. Paradas para manutenção corretiva e longos tempos de *setup* também causam paradas nas máquinas, prejudicando o tempo disponível para a produção. Além disso, altos níveis de estoque e produtos não desejados pelo cliente também são produzidos, gerando uma superprodução.

Esses e outros problemas acabam surgindo ao longo do tempo se uma ação, para a eliminação das atividades não agregadoras de valor, não for tomada para a diminuição dos desperdícios fabris, conforme o diagnóstico da situação atual da empresa mostrado pelo mapeamento do fluxo atual.

A solução encontrada para acabar com esses problemas que inibem a produção, obtendo uma melhor utilização de seus recursos e um aumento de eficiência de suas máquinas, bem como um melhor aproveitamento de sua mão-de-obra, pode ser dada pela aplicação do *Value Stream Mapping*.

Assim, é possível padronizar as atividades para se obter um sistema de produção com métodos definidos, onde as tarefas a serem realizadas se tornem enxutas e agreguem valor para os clientes. Como, por exemplo, a definição do tempo necessário para a fabricação das peças de cada família em cada processo, até então desconhecido pela empresa.

Entretanto, ao se tratar de uma célula de manufatura onde são produzidos diversos tipos de peças, essa aplicação não é tão simples de ser obtida por causa, principalmente, da



dificuldade em se manter o ritmo de produção quando mais de uma família utiliza o mesmo tipo de máquina. Mas, com o estudo de caso realizado, foi mostrado que essa técnica também pode ser utilizada nessas situações, ao estabelecer um *takt time* para cada processo individualmente, ou seja, ao fazer com que o *tempo de ciclo* fique abaixo do *takt time* para manter o ritmo de produção necessário. Isso deverá fazer com que o fluxo *flua*, segundo estabelecido pelo mapeamento do fluxo valor.

Assim, com a definição de treze famílias de peças, a determinação dos principais tipos de desperdícios e perdas incorridos pelo sistema de produção atual foi levantada e uma série de metas para cada uma delas foi estabelecida.

Ao ver as possibilidades de melhoria para o estado futuro em cada uma dessas famílias, seguindo a metodologia proposta pelas diretrizes, um Plano de Implementação pôde ser obtido. Entretanto, toda essa análise necessária para a geração do estado atual e determinação do estado futuro não será eficaz se as ações não forem colocadas em prática de modo a atingir os objetivos, por isso a importância da validação final do projeto.

Um fato importante a se notar com o Plano de Implementação desse estudo de caso é a ausência de algumas ferramentas, como o Gerenciamento Visual e o 5S, ou ainda a criação de *Poka Yokes*, pois as peças apresentam um índice alto de qualidade e o local de trabalho já se apresenta sinalizado e organizado de uma maneira geral. Desse modo, os esforços para essas aplicações não precisam ser postos em prática inicialmente.

Isso é possível ser visto com a alocação de uma forma eficiente dos recursos disponíveis, que deve diminuir o número total de operadores necessários para realização das tarefas e aumentar a eficiência da célula com o *estado futuro*. Além disso, as análises do novo *layout* também mostram uma melhor movimentação dos materiais, com uma significativa redução da distância percorrida pelos movimentadores, e uma disposição das máquinas em *mini-fábricas*, melhorando o fluxo de produção.

Portanto, pode-se dizer que o objetivo desse trabalho de formatura foi alcançado com sucesso por meio do estudo de caso realizado, pois, com a revisão dos conceitos que permeiam a aplicação dos *Value Stream Mapping*, foi possível desenvolver um plano de ação que irá garantir a redução de desperdícios fabris e o aumento da utilização da capacidade instalada da célula. A transformação de um sistema empurrado para um sistema puxado e em fluxo será obtida ao se implementar o *Lean Manufacturing*.