

**Considerações Teóricas e Práticas para a Implementação do Sistema de Produção Enxuta: Além da Eliminação dos Desperdícios**

**LUIZ EDUARDO SIMÃO**  
UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ (UNIVALI)

# **Considerações Teóricas e Práticas para a Implementação do Sistema de Produção Enxuta: Além da Eliminação dos Desperdícios**

## **RESUMO**

Este artigo tecnológico apresenta o desenvolvimento de um método e sua aplicação na implementação da produção enxuta em um fabricante de equipamentos odontológicos e médicos. Tanto na literatura e prática, os estudos existentes focam apenas na racionalização e melhoria da eficiência de seus processos de produção, através da redução dos desperdícios em grandes empresas. Embora possam ser obtidos benefícios consideráveis com a implementação da produção enxuta, muitas empresas não conseguem implementar as práticas enxutas de forma sustentável. Assim, o desafio é o uso de uma metodologia para implementar a produção enxuta em pequenas e médias empresas, configurando a inovação deste artigo. A racional por trás da metodologia para melhoria da cadeia de valor na manufatura é a possibilidade de eliminar os desperdícios, mais também estabilizar os processos, criar fluxo contínuo, puxar e nivelar a produção, entre outros. Utilizando a pesquisa-ação como método, verificou-se a existência de vários problemas na cadeia de valor analisada. Tais problemas impediam garantir a qualidade e a entrega no prazo dos produtos aos clientes. Dessa forma, este artigo contribui, de forma inovativa, para o desenvolvimento de uma metodologia de melhoria da cadeia de valor baseada em quatro etapas: estabilização, fluxo, padronização e nivelamento. Por meio dessa aplicação, outras pequenas e médias empresas podem adotar a metodologia como um guia para melhorar o desempenho da manufatura com relação a produtividade, a qualidade, o prazo de entrega e a redução de custos.

**Palavras-chave:** Desempenho, estabilidade, enxuto

## **ABSTRACT**

This technological article presents the development of a method and its application in the implementation of lean production in a manufacturer of dental and medical equipment. In both literature and practice, existing studies focus only on rationalizing and improving the efficiency of their production processes, by reducing waste in large companies. Although considerable benefits can be obtained from implementing lean production, many companies are unable to implement lean practices in a sustainable manner. Thus, the challenge is to use a methodology to implement lean production in small and medium companies, configuring the innovation of this article. The rationale behind the methodology for improving the value chain in manufacturing is the possibility of eliminating waste, but also stabilizing processes, creating a continuous flow, pulling and leveling production, among others. Using action research as a method, there were several problems in the analyzed value chain. Such problems prevented ensuring quality and timely delivery of products to customers. Thus, this article contributes, in an innovative way, to the development of a value chain improvement methodology based on four stages: stabilization, flow, standardization and leveling. Through this application, other small and medium-sized companies can adopt the methodology as a guide to improve manufacturing performance in terms of productivity, quality, delivery time and cost reduction.

**Key-words:** Performance, stabilization, lean

## **1.Introdução**

Ser produtivo é sempre importante, mas a necessidade de fazer mais e melhor com o que a sua fábrica já tem é ainda maior quando vivemos um tempo de aperto econômico como o atual. Por isso, este artigo tecnológico tem como objetivo apresentar o processo utilizado no diagnóstico, projeto e implantação de um sistema de produção enxuta (SPE) em uma empresa fabricante de equipamentos odontológicos e médicos.

Com a crise econômica no final do ano de 2014 a empresa viu suas vendas para o mercado doméstico e exportações caírem drasticamente a partir de 2015. Dessa forma, para se manter no mercado, a empresa precisava melhorar a produtividade, pois viu-se obrigada a reduzir os custos de produção. A produção é a responsável por grande parte dos custos e o maior destino de investimentos da empresa. Além disso, é na produção onde a empresa agrega valor aos clientes fornecendo produtos e serviços que contribuem para a sua competitividade através de cinco aspectos de desempenho: qualidade, velocidade, confiança, flexibilidade e custos (Slack, Chambers e Johnson, 2007). Em resumo, esses fatores afetam a satisfação dos clientes e a competitividade da empresa, ou seja, o desempenho da produção pode quebrar uma empresa ou contribuir para o seu lucro.

Os gestores da empresa objeto de estudo compreenderam que nesse mundo globalizado como o atual, a competitividade é que determina a sobrevivência das empresas e essa competitividade, só é alcançada utilizando plenamente todos os recursos de produção ou 4M's (máquinas, mão-de-obra, materiais e método) de forma eficiente e eficaz (Denis, 2010), o que não estava ocorrendo devido à grande quantidade de desperdícios identificados quando foi feito um diagnóstico no sistema de produção da empresa.

Assim, a melhoria do sistema de produção da empresa foi o principal foco do projeto e a solução indicada para efetuar essa melhoria foi o uso do sistema de produção enxuta (SPE), cujo principal objetivo é a busca pela eliminação dos desperdícios, ou seja, eliminar ou reduzir qualquer atividade que absorve recursos, mas não cria valor ao cliente, apenas custos. Nesse sentido, Saurin, Ribeiro e Marodin (2010) realizam um levantamento a respeito do processo de implantação do SPE em 47 empresas do Brasil e do exterior. O levantamento apontou que os principais motivos das empresas para a adoção do SPE foram a necessidade de melhorar a sua competitividade e a percepção da efetividade do SPE no combate a problemas críticos de produção, entre eles os desperdícios.

Infelizmente, diferente dos problemas comuns da produção em empresas industriais, as metodologias para melhoria da produção parecem ter sido criadas, em sua maioria, para grandes empresas, que dispõem de caixa suficiente para suportar os investimentos necessários na sua implantação. Mas como ficam as pequenas e médias empresas? Como as pequenas e médias empresas podem melhorar o seu sistema de produção de forma acessível? Ou ainda, como iniciar a implementação de melhorias no sistema de produção dessas empresas? Este artigo foi desenvolvido para buscar responder a essas perguntas. E a resposta central aqui proposta está pautada em uma antiga estratégia de sobrevivência: a adaptação as contingências.

## **2. Contexto e a realidade investigada**

O presente estudo de caso foi realizado em uma empresa industrial de médio porte do setor de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos (EMHO). A indústria foco do estudo tem origem nacional, foi fundada em Santa Catarina há 40 anos e é produtora de equipamentos médicos e odontológicos, além de periféricos e acessórios. Devido a cláusula de sigilo, iremos identificá-la neste artigo apenas como empresa Alfa.

A empresa Alfa tem uma rede de revendas espalhadas no Brasil em São Paulo, Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia Minas Gerais e no exterior nos Estados Unidos da América, além de uma rede de assistência técnica em todos os estados brasileiros. A empresa vende para

o mercado interno, cujos principais clientes ficam no sudeste e sul, e para exportação para mais de 100 países, cujos principais mercados são Colômbia, EUA, Austrália e Canadá.

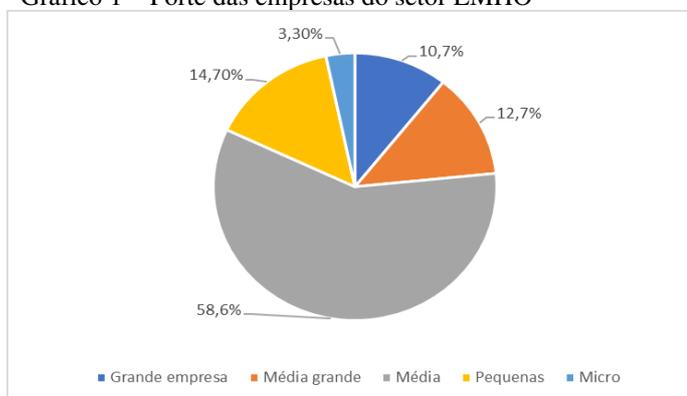
Em 2019 a empresa produziu 2.325 equipamentos e vendeu no varejo 2.224 equipamentos, com *market share* de 25,7% do mercado brasileiro.

No Brasil, o setor de EMHO, a cadeia produtiva do setor da saúde representa aproximadamente 2,7% do PIB industrial, um mercado da ordem de R\$ 8,5 bilhões, com a geração de 54,5 milhões de empregos diretos e indiretos (ABIMO, 2019). O setor de EMHO no Brasil teve um faturamento em 2018 de R\$ 843 milhões com importações de R\$ 63 milhões com exportações (ABIMO, 2019).

O setor de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos (EMHO) tem fundamental importância para o suprimento do mercado de produtos de Saúde. As indústrias que compõem o setor possuem mundialmente um elevado grau de inovação de conhecimento científico e tecnológico, o que lhes conferem dinamismo quanto ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e à competitividade (MORELLI, FIGLIOLI & Oliveira, 2010).

O gráfico 1 mostra a distribuição do porte das empresas do setor de EMHO (ABIMO, 2019).

Gráfico 1 – Porte das empresas do setor EMHO

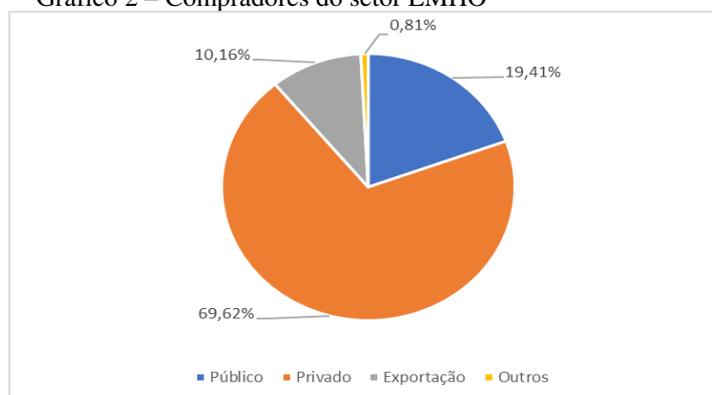


Fonte: ABIMO (2019)

Observa-se no gráfico 1, uma grande predominância de empresas de médio porte (58,6%), considerando um faturamento anual de R\$2,4 milhões a R\$6 milhões. As micro e pequenas empresas (MPEs) juntas correspondem a 18% das empresas, o que mostra sua importância para o setor.

Observa-se que o setor privado é o grande cliente do setor, o qual corresponde a 69,62% do total de compras do setor. O setor público também tem boa representatividade com total de 19,41% das compras do setor.

Gráfico 2 – Compradores do setor EMHO



Fonte: ABIMO (2019)

O setor de EHMO está inserido em um ambiente altamente dinâmico e competitivo, o qual exige que as empresas invistam fortemente na inovação dos seus produtos e processos para manutenção da competitividade frente às grandes empresas estrangeiras.

Entretanto, a crescente competição entre empresas tem dificultado a manutenção de vantagens competitivas duradouras em diversos mercados (MCGRATH, 2013). Por isso, as empresas buscam a constante diferenciação de seus produtos e serviços perante a concorrência, com o objetivo de atrair cada vez mais os consumidores. Para tanto, grande atenção é dada à área de produção.

Nesse contexto, as abordagens de excelência na manufatura desempenham um papel importante nas respostas das organizações à concorrência cada vez maior, agora em escala global.

Uma das abordagens de manufatura mais populares é a produção enxuta (DOOLEN & HACKER, 2005; HOLWEG, 2007; VINODH, ARVIND, & SOMANAATHAN, 2011). Assim, empresas pertencentes a diferentes negócios e setores em todo o mundo implementaram o conceito de produção enxuta em busca de maior desempenho organizacional (BHASIN & BURCHER, 2006; TAJ & MOROSAN, 2011; PANWAR et al., 2015; CHAY et al. 2015; NARAYANAMURTHY & GURUMURTHY, 2016).

A literatura fornece evidências de que a implementação bem-sucedida de práticas de produção enxuta cria um sistema simplificado e de alta qualidade que produz produtos e serviços com aumento da produtividade, custo reduzido, prazos de entrega reduzidos e maior flexibilidade de volume, o que melhora o desempenho das organizações (SHAH & WARD, 2003).

Pode-se afirmar que a base da produção enxuta está fundamentada em princípios enxutos, incluindo (LIKER & MEIER, 2007): o foco no cliente, a melhoria contínua, a qualidade através da redução dos desperdícios e a forte integração entre os processos.

Várias definições de produção enxuta estão identificadas na literatura, como apontado pelo estudo de Pettersen (2009). A produção enxuta é entendida como um caminho (STORCH & LIM, 1999; HOWELL, 1999), um conjunto de princípios (WOMACK & JONES, 1998), um conjunto de ferramentas e técnicas (BICHENO, 2004), uma abordagem (TAJ & MOROSAN, 2011) ou uma filosofia (COX & BLACKSTONE, 1998; COMM & MATHAISEL, 2000; ALUKAL, 2003; LIKER, 2005; DE TREVILLE & ANTONAKIS, 2006; HOLWEG, 2007). Para Pettersen (2009), a produção enxuta é um sistema de gerenciamento focado na identificação e eliminação de desperdícios ao longo do fluxo de valor de um produto. Já Radnor, Holweg e Waring (2012, p. 365) definem a produção enxuta como “Uma prática de gerenciamento baseada na filosofia de melhorar continuamente os processos, aumentar o valor ao cliente ou reduzir as atividades sem valor agregado (*muda*), o processo de variação (*mura*) e más condições de trabalho (*muri*).”

As práticas de produção enxuta são as práticas implementadas e as mudanças feitas para eliminar o desperdício e criar valor (DAL PONT, FURLAN & VINELLI, 2008; SHAH & WARD, 2003). A literatura sugere que as organizações devem introduzir um conjunto de práticas de produção enxuta multifacetadas que funcionem de forma sinérgica para minimizar o desperdício e, assim, implementar com sucesso um sistema de produção enxuta (BORTOLOTTI, BOSCARI & DANESE, 2015; FURLAN, DAL PONT & VINELLI, 2011; SHAH & WARD, 2003; SHAH & WARD, 2007). Essas práticas de produção enxuta incluem, mas não se limitam as práticas como fabricação em layout celulares, força de trabalho multifuncional, redução de tamanho de lote, *Just-in-time* (JIT), delegação de trabalho, manutenção produtiva total (TPM), redução de tempo de preparação (TRF), gerenciamento de qualidade total (TQM), produção em fluxo contínuo, estratégias de produção ágil, programas de melhoria de segurança, medidas de capacidade de processo e gerenciamento de recursos humanos (SHAH & WARD, 2007).

## **2.Contexto e Realidade Investigada**

A empresa Alfa é uma fabricante de equipamentos odontológicos e médicos brasileira. É uma empresa de porte médio com cerca de 150 funcionários e um volume de produção semanal de 50 equipamentos, incluindo os vários tipos de equipamentos odontológicos, além de equipamentos médicos, periféricos e acessórios. Possui um *market share* de 25% do mercado brasileiro, com vendas distribuídas em cerca de 50% dos seus produtos exportados para mais de 100 países. No Brasil, a empresa possui mais de 60 revendas credenciadas.

Com a crise econômica no final do ano de 2014 a empresa viu suas vendas para o mercado doméstico e exportações caírem drasticamente a partir de 2015. Para se manter no mercado, a empresa precisava melhorar a produtividade, pois viu-se obrigada a reduzir os custos de produção. Assim, em 2015 iniciou um projeto de implantação de um sistema de produção enxuta (SPE) nos processos de produção de equipamentos odontológicos, a principal linha de produtos da empresa, responsável por mais de 60% das vendas.

Contudo, embora benefícios consideráveis possam ser obtidos com a implementação da produção enxuta, muitas empresas não têm êxito na implementação de práticas enxutas (PAVNASKAR et al., 2003; PAPADOPOULOU & OZBAYRAK, 2005; ACHANGA et al., 2006; SCHONBERGER, 2007). Nesse sentido, muitas falhas possíveis podem ocorrer ao tentar implementar a produção enxuta, essas barreiras se enquadram nas seguintes categorias (MEJABI, 2003): (i) Questões executivas; (ii) Questões culturais; (iii) Questões de gerenciamento; (iv) Problemas de implementação e (v) Problemas técnicos. Mejabi (2003) afirma que "cada uma dessas categorias é importante, e, se não levadas em consideração, pode causar possíveis obstáculos no caminho da manufatura enxuta", uma vez que todas essas questões têm pontos correlatos entre si.

Geralmente, essas falhas de implementação ocorrem porque não há um entendimento claro de que a produção enxuta é um sistema (uma série integrada de peças com uma meta claramente definida) e não um kit de ferramentas (LIKER & MEIER, 2007; DENNIS, 2010) e falta de suporte gerencial (WOMACK & JONES, 1998; WICKRAMASINGHE & WICKRAMASINGHE, 2017).

Além disso, vários artigos indicam uma ligação importante entre a melhoria contínua necessária a criação do SPE com as pessoas (Genchi Genbutsu e Trabalho em equipe), enfatizando a importância de incluir pessoas no processo de solução de problemas por meio da melhoria contínua (BHASIN, 2012; EMILIANI, 2008; COETZEE, VAN DER MERWE e VAN DYK, 2016).

Uma vez que a empresa decidiu pela implantação de um sistema de produção enxuta, o projeto foi dividido em três etapas: (1) diagnóstico da situação atual, (2) projeto do novo sistema de produção e (3) implantação do novo sistema de produção, conforme apresentado a seguir.

### **3. Diagnóstico da Situação-Problema**

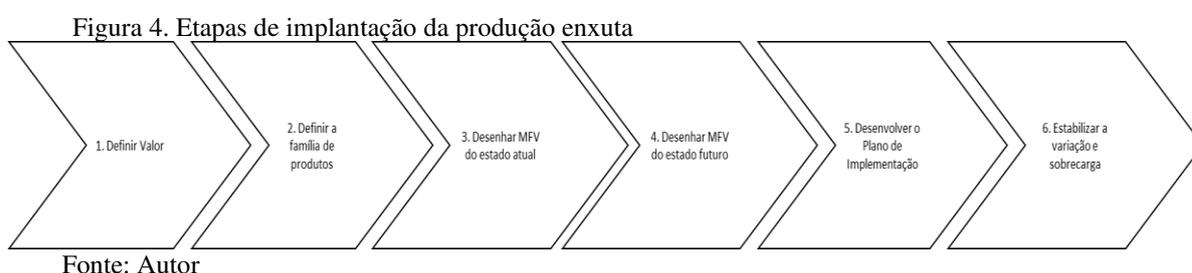
Para diagnóstico da situação problema na empresa objeto de estudo, a pesquisa-ação foi utilizada como método, considerando ser o mais adequado quando pesquisadores assumem o papel de influenciar e mudar os agentes do processo (GUMMESSON, 2005). Esse estudo foi realizado na empresa Alfa e aborda o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia utilizada para implantação da produção enxuta, iniciado em 2015, que resultou em uma grande melhoria no desempenho e permitiu a continuidade da empresa.

Womack e Jones (1998) determinaram cinco princípios fundamentais para a implementação da abordagem enxuta (lean), são eles: (1) Definir Valor; (2) Identificar o fluxo de valor; (3) Criar fluxo; (4) Programação puxada e (5) Perfeição. Valor é definido apenas pelo cliente e significa aquilo que ele está disposto a pagar (WOMACK & JONES, 1998; LIKER & MEIER, 2007; DENNIS, 2010). A identificação do fluxo de valor permite distinguir entre as atividades necessárias para entregar um produto ao cliente e atividades sem valor agregado. Já criar fluxo implica que produtos e serviços devem progredir de forma constante e consistente através de todos os passos de criação de valor no fluxo de valor sem paradas, atrasos, interrupções,

defeitos, etc. A programação puxada sugere que as empresas devem produzir bens ou serviços somente quando o cliente pede, enquanto a perfeição é usada para sugerir a necessidade de melhoria contínua (WOMACK & JONES, 1998).

Esses cinco princípios podem ser aplicados às empresas quando estas almejam a eliminação dos desperdícios de superprodução, de transporte excessivo, de espera, de processos inadequados, de inventário desnecessário, de movimentação desnecessária, de produtos defeituosos. Recentemente, Liker (2005) incluiu um oitavo tipo de desperdício, que seria o desperdício de criatividade dos funcionários, muitas vezes chamado de desperdício de talento. No entanto, existem três termos usados juntos na Toyota que descrevem práticas desnecessárias a serem eliminadas: *muda* (desperdício), *mura* (irregularidade) e *muri* (sobrecarga). Assim, além de reduzir o desperdício, também é necessário reduzir ou eliminar práticas que gerem variação do processo (*mura*) e sobrecarga de equipamentos e pessoas (*muri*) dos processos da cadeia de valor (LIKER & MEIER, 2007; DENNIS, 2010).

Assim, o projeto do sistema de produção enxuta (SPE) na empresa, seguiu-se as seguintes etapas descritas na figura 4.



Cada etapa da figura 4 é explicada a seguir:

**1. Definir o valor:** a primeira etapa para o início de qualquer jornada enxuta começa pela definição de valor. Para a abordagem enxuta (*lean*) definição do valor só pode ser feito pelo cliente. A definição deste conceito norteia o que é ou não é desperdício em uma empresa, além de permitir entender as necessidades do cliente.

**2. Definir a família de produtos:** após definir o que é valor, é necessário identificar a família de produtos a ser estudada, que no caso desta pesquisa foi a família de consultórios odontológicos (cadeira e equipo).

**2. Desenhar o MFV do estado atual:** a próxima etapa é desenhar o mapa do fluxo de valor (MFV) para a família de produtos selecionada. O MFV é uma ferramenta projetada para avaliar o fluxo de valor de uma empresa e mapear todos os processos de fluxo de informações para verificar a situação real da empresa (ROTHER & SHOOK, 2003; ZAHRAEE et al., 2014). Assim, esta etapa tem como objetivo diagnosticar as práticas e o desempenho atuais do fluxo de valor para identificar e eliminar desperdícios. Para a elaboração do VSM, é preciso ir ao chão de fábrica (*Gemba*) para entender a situação real (*Genchi Genbutsu*). Além disso, segundo os autores, a elaboração do MFV deve começar pelo último processo do fluxo de valor, desde a saída dos produtos acabados (expedição) até a entrada dos materiais (almoxarifado).

**3. Desenhar o MFV do estado futuro:** depois que o mapeamento do fluxo de valor atual for realizado para identificar fontes de desperdício e oportunidades de melhoria, o próximo passo no método é projetar o fluxo de valor do estado futuro, considerando os princípios da produção enxuta.

**4. Desenvolver o plano de implementação:** na penúltima etapa do método, o plano de ação para todas as tarefas é projetado para transformar o fluxo de valor desperdiçado atual no fluxo desperdiçado futuro.

**5. Estabilize a variação e a sobrecarga:** a última etapa do método trata da estabilidade, a base do sistema lean. Esta etapa é necessária antes do início da implementação, pois é necessário identificar e eliminar a irregularidade e variação (*mura*) e a sobrecarga (*muri*) nos 4 M's.

Ferramentas como trabalho padronizado, gerenciamento visual e 5S (estabilidade do método), TPM (estabilidade da máquina), *Heijunka* e *Kanban* (estabilidade do material) e kaizen e trabalho em equipe para pessoas (estabilidade da força de trabalho) devem ser usadas.

A primeira tarefa do projeto foi criar uma equipe multifuncional para definir o propósito do fluxo de valor, ou seja, entender o que é valor para o cliente. Um claro entendimento do propósito do fluxo de valor indica o valor que precisa ser criado para o cliente.

Entretanto, o propósito deve ser sempre analisado sob duas perspectivas: (1) propósito do cliente; e (2) propósito da empresa (WOMACK, 2016). O propósito do cliente nada mais é o que seus clientes querem hoje que a empresa não pode fornecer. Pode ser, por exemplo o preço mais baixo, uma qualidade melhor, respostas mais rápidas aos pedidos, suporte melhor após a entrega dos produtos, projetos de produtos mais robustos e flexíveis. Em resumo, o propósito do cliente significa entender o que você precisa melhorar para satisfazer seus clientes. Por outro lado, o propósito da empresa significa entender o que você precisa fazer melhor para sobreviver e prosperar. Nesse caso pode ser margens mais altas, a habilidade de explorar novas oportunidades para crescer ou uma nova maneira de resolver os problemas do cliente e expandir para o mercado.

Como propósito do cliente foram identificadas duas principais metas: a redução no preço de venda e resposta mais rápida no atendimento aos pedidos. Já o propósito da empresa tinha várias metas iniciais para a família de produtos escolhida, carro chefe tanto em volume como em faturamento da empresa: redução dos estoques de produtos acabados em 50%; redução dos prazos de entrega dos produtos fabricados em 50%; e aumentar a produtividade em 100%.

Após definir com clareza o valor para o cliente e do negócio, chegou a hora de analisar o processo para fornecer o valor que o cliente está procurando. Um processo pode ser definido como “todos os passos exigidos para colocar uma dada quantidade de valor nas mãos dos clientes”. Um processo é simplesmente um fluxo de valor – todas as ações requeridas do começo ao fim, para responder aos clientes, mais a informação controlando essas ações. Nesse contexto, a metodologia proposta por Womack e Jones (1998) indica que seja identificado o fluxo de valor para a família de produtos.

Nesse caso, o mapa do fluxo de valor do estado atual é a melhor ferramenta para avaliar o estado de qualquer processo e identificar onde estão os desperdícios.

Contudo, o mapa deve ser interpretado de forma contingencial, ou seja, conforme o propósito do cliente e do negócio. Dessa forma, o foco deve ser nas etapas e nas questões que são relevantes para o sucesso do cliente e do negócio em análise.

O primeiro passo para desenhar o mapa do estado atual da empresa foi a seleção da família de produtos. Para a empresa objeto de estudo foi escolhida a família de equipamentos odontológicos. Essa família de produtos foi selecionada pelo fato de representar cerca de 60% do faturamento da empresa e com uma média de 240 unidades vendidas por mês.

A Figura 3 mostra o Mapa do Fluxo de Valor (MFV) da família de produtos equipamentos odontológicos em seu estado atual. Para a elaboração do Mapa do Fluxo de Valor (MFV) atual foram identificadas todas as etapas que são representadas por caixas de processo, ou seja, os processos pelo qual o material está fluindo. Em seguida, a equipe percorreu os processos e levantou as informações durante a elaboração do MFV:

- **Demanda** - Para identificar a demanda, foram coletados os dados de vendas dos últimos 12 meses da família de produtos selecionada. A partir desses dados, calculamos a média de vendas por dia, o tempo decorrido (com que frequência um produto é comprado pelos clientes) para a família de produtos analisada;

- **Tempo de ciclo** - Depois que o tempo *takt* foi identificado para a família de produtos, a equipe de melhoria foi ao chão de fábrica para mapear e pesquisar dados sobre a frequência com que uma peça é processada em cada etapa do processo usando o VSM. Quando várias peças / produtos foram processados, o maior tempo de ciclo foi usado como referência;

- **Tempo de troca** - Durante a elaboração do mapeamento do fluxo de valor, foi perguntado ao supervisor / operador qual era o tempo médio de configuração (mudança, ferramentas e moldes) para esse processo. Se várias peças / produtos foram processados, o maior tempo de configuração foi usado como referência;
- **Disponibilidade da produção** - durante a elaboração do mapeamento do fluxo de valor, foi perguntado ao supervisor / operador qual o tempo produtivo real do processo (% de horas de operação das máquinas);
- **Número de máquinas e operadores** - Número de máquinas disponíveis no processo e número de operadores;
- **Tempo total de trabalho disponível** - tempo total disponível por turno para a produção de peças e produtos, sem incluir pausas (lanche, limpeza, treinamento etc.);
- **Percentual de defeito, retrabalho ou sucata** - Indicação para cada etapa do fluxo de valor, também foi solicitado ao supervisor / operador de produção o percentual de defeito, retrabalho ou sucata gerado pelo processo em análise;
- **Rotatividade e absenteísmo**: pergunta do supervisor de operações / supervisor de RH sobre rotatividade de funcionários;
- **Falhas na entrega do material**: Perguntou ao supervisor sobre a taxa de falha do material na linha de produção devido a atrasos ou qualidade;
- **Taxa de falha / perda da máquina**: pergunta ao supervisor de manutenção / produção sobre os indicadores OEE da máquina;
- **Verificação de padrões de trabalho**: verificação da existência de padrões de trabalho nos locais de trabalho e seu uso;
- **Gerenciamento visual e 5S**: verificação da prática 5S e gerenciamento visual nas estações de trabalho.

O fluxo de informações está desenhado na parte superior da figura 3. O fluxo de informação inicia quando a área vendas recebe pedidos diários dos clientes por meio eletrônico que são lançados no sistema de informação pela área comercial. Com base nos pedidos dos clientes.

O Planejamento de Controle da Produção (PCP) gera as ordens de produção (OP) para todas as etapas do processo da cadeia de valor. Com as ordens de produção, o PCP elabora um plano-mestre da produção semanal e, então, envia esse plano impresso para cada um dos 26 processos no nível operacional com frequência semanal.

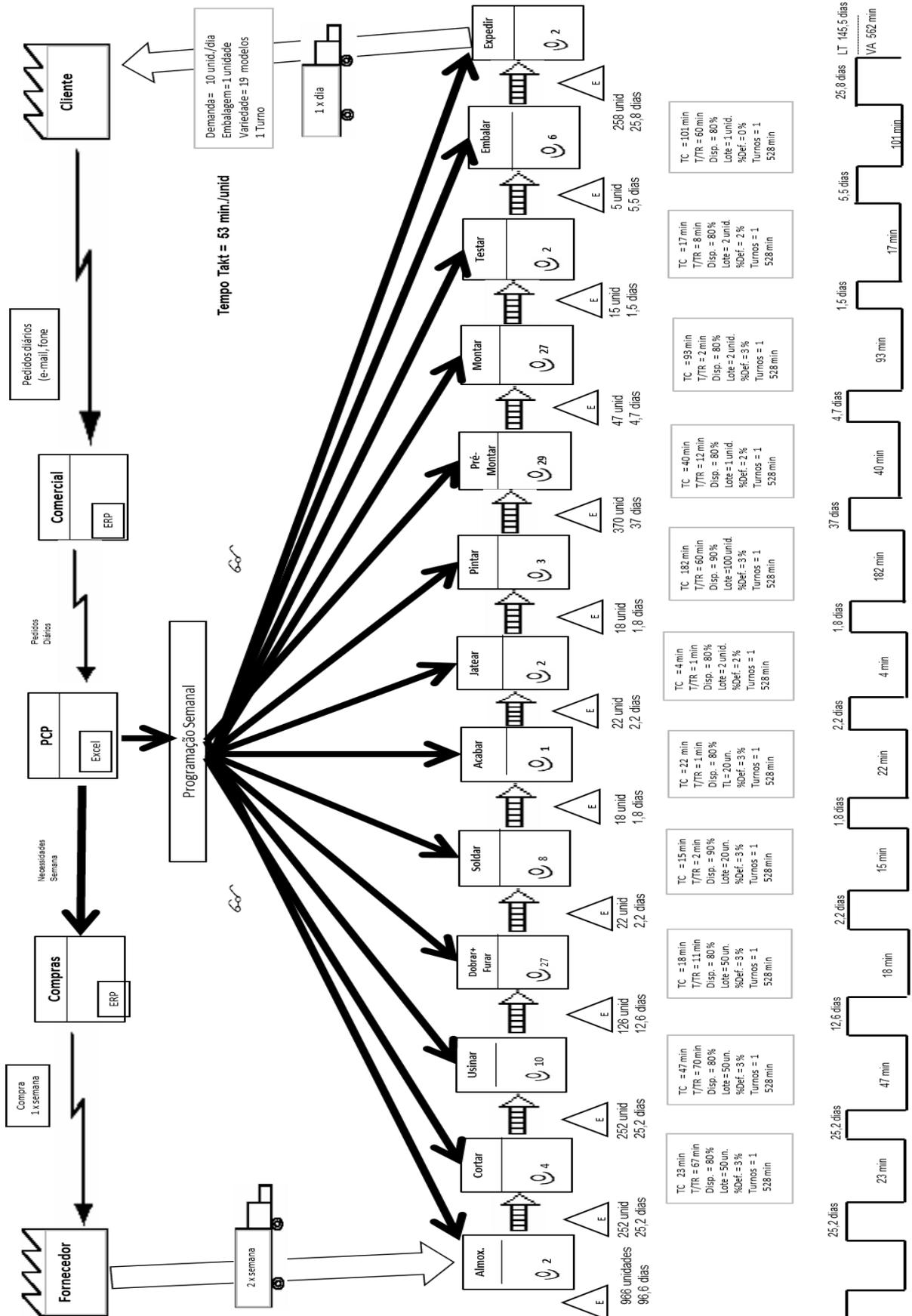
Durante o desenho do mapa verificou-se que a empresa utilizava um layout funcional em toda a planta, e, uma programação centralizada e com grandes variedades de peças e componentes. Nesse sistema de manufatura de produção em massa, o fluxo de materiais é frequentemente interrompido devido à falta de peças, problemas de qualidade e acúmulos de estoques entre processos, o que explica o alto lead time total (145,5 dias) e o baixo nível de atividades que agregam valor (562 minutos) no fluxo de valor, ou seja, a grande maioria das atividades não agregam valor apenas custos.

Além disso, por causa de sua abordagem de produção em massa, a mesma usava uma estratégia de produzir para estoque. Como resultado, o mapa do estado atual mostra um alto nível de produtos acabados em estoque (258 unidades), apesar de todos os produtos serem customizados pelos clientes.

#### 4. Proposta de Intervenção

Uma vez terminada a etapa de diagnóstico, foi iniciada a etapa de projeto do sistema de produção enxuta (SPE). Toda a característica de um processo de produção enxuta envolve conectar todos os processos e atividades que agregam valor em um fluxo contínuo de produção, eliminando todas as formas de desperdícios (atividades que não agregam valor apenas custos), gerando o menor *lead time*, com menores custos e a mais alta qualidade dos produtos fabricados.

Figura 3. Mapa do Fluxo de Valor Atual da família Odontológica



Fonte: Autor

Conforme a quarta etapa do método proposto na figura 4, foi projetado o MFV do estado futuro, que representa uma posição de melhoria do sistema de produção da empresa fazendo com que cada processo fabrique apenas o necessário e quando necessário, evitando o principal desperdício, a superprodução. Para a construção do MFV para o estado futuro da empresa, a equipe de melhoria seguiu os procedimentos de Rother & Shook (2003), num total de oito etapas, conforme apresentados a seguir.

Na primeira tarefa para desenhar o estado futuro otimizado, foi determinado o tempo *takt* que é o ritmo de compra dos clientes, ou seja, é a frequência com que a empresa deve produzir e entregar um produto ao seu cliente final (Rother & Shook, 2003). O tempo *takt* é a relação entre o tempo disponível por turno e a demanda do cliente também por turno. Ele representa o valor de sincronização entre o ritmo da produção e o ritmo das vendas, pois para a abordagem enxuta produzir mais rápido do que o tempo *takt* representa o desperdício da superprodução. Já produzir num ritmo mais lento que o ritmo das vendas representa desperdício pela espera do cliente pelos produtos.

Na empresa objeto de estudo para a família de produtos consultórios odontológicos, verificou-se junto ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) que o tempo disponível por dia era de 528 minutos e a demanda efetiva pelas vendas realizadas nos últimos doze meses indicou uma média de 10 unidades por dia. Assim, o tempo *takt* era de 53 minutos por unidade de produto (528/10).

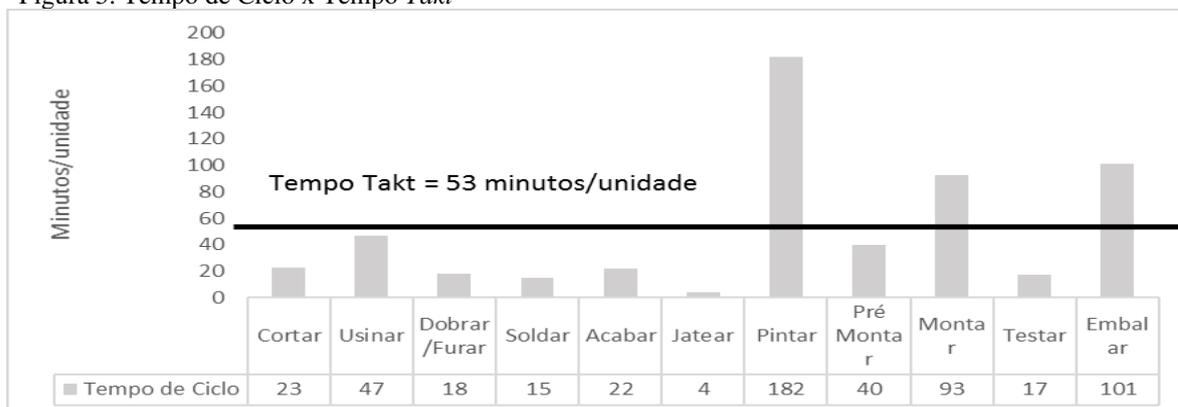
Como o produto é personalizado, a empresa deve montar diretamente para a expedição. Nesse caso, o estado futuro (figura 5) para a empresa prevê um fluxo contínuo entre as operações de montagem (cadeira e equipo), teste de qualidade e a expedição, sem a manutenção de estoque de produto acabado.

Produzir em fluxo contínuo significa produzir uma peça por vez e entregar essa mesma peça diretamente para o próximo estágio do processo produtivo, não envolvendo nenhum estoque (Rother & Shook, 2003). Para responder essa questão elaborou-se um gráfico resumindo os tempos de ciclos totais de cada processo. A figura 5 mostra a comparação entre o tempo de ciclo para cada processo e o tempo *takt*.

Pode-se observar na figura 5 a existência de longos tempos de ciclo (tempo de operação por unidade de produto) para os processos de pintura, montagem e embalagem, em relação ao tempo *takt* (ritmo de compra do cliente). Verifica-se também a existência de ciclos muito rápidos nos processos de cortar, dobrar/furar, soldar, e testar a qualidade dos produtos acabados. Ainda de acordo com a figura 5, o processo de pintura é o gargalo do processo produtivo, o que o impediu de formar um fluxo único com as demais operações.

Assim, para a pintura a solução mais econômica para a empresa foi a criação de um supermercado de peças pintadas, sendo que o mesmo foi dimensionado com um estoque de 5 dias de peças pintadas por critérios de segurança e adaptação inicial, já que a empresa possuía anteriormente aproximadamente 37 dias de estoques no período de realização de coleta de dados para o MFV do estado atual (ver figura 4).

Figura 5. Tempo de Ciclo x Tempo *Takt*



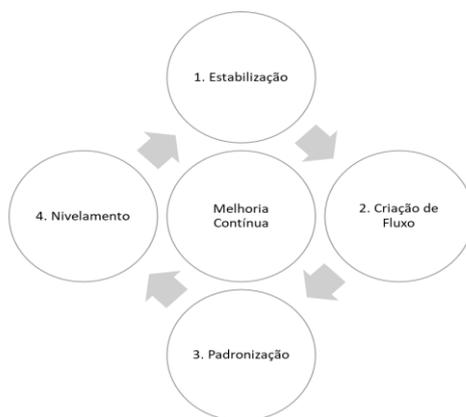
Fonte: Autor



No processo de montagem foram projetadas duas células de produção em fluxo contínuo: uma para montagem das cadeiras odontológica e outra para a montagem dos equipos da cadeira (parte que possui as ferramentas, unidade de água e bandeja), sendo a primeira composta de três operadores e a segunda por dois operadores com uma capacidade máxima diária de 36 unidades.

No entanto, o foco inicial foi a estabilização do fluxo de valor. Isso ocorreu porque, enquanto a teoria indica que a abordagem enxuta deve focar na eliminação do desperdício (*mura*), a base do sistema de produção enxuta é a estabilidade. Portanto, se a implantação começar com a eliminação de desperdícios (*muda*), a irregularidade do processo e do método (*mura*) e a sobrecarga da máquina e do pessoal (*muri*) reduzirão as melhorias feitas pela eliminação de perdas (*mura*) durante a implantação (LIKER & MEIER, 2007). Assim, a criação de processos enxutos exige que o processo seja estabilizado primeiro, caso contrário, não será possível obter fluxo contínuo e puxar a produção. Diz-se que um processo é estabilizado quando é capaz de atender de forma consistente e contínua às necessidades do cliente. Assim, para que as melhorias sejam sustentadas, é necessário estabilizar os 4Ms: homem / mulher (5S, gerenciamento visual, kaizen e trabalho em equipe), máquinas (TRF e TPM), materiais (Nivelamento e Sistema Puxado) e métodos (Trabalho Padronizado, Fluxo e Jidoka), a fim de eliminar também variação (*mura*) e sobrecarga (*muri*), para que não haja instabilidade e esforços para remover resíduos (*mura*) não sejam perdidos. Para isso, foi proposto e utilizado uma estrutura de implantação com foco na melhoria contínua que seguiu o modelo ilustrado na figura 7.

Figura 7 – Modelo de melhoria contínua



Fonte: Adaptado de Liker & Meier (2007)

Após a estabilização, foram iniciadas as alterações no layout para a criação do fluxo nos processos de montagem, teste e embalagem, além da sua padronização e da criação dos supermercados de peças pré montadas que foram dimensionados para garantir a disponibilidade de peças para suprir as células da montagem. Conforme descrito no MFV do estado futuro na figura 6, para abastecer as células de montagem da cadeira e do equipo foram criados três supermercados de peças fabricadas internamente (vacum, injetora, estofaria, além de peças pintadas e as peças provenientes da sub-montagem de cadeiras e equipos).

Assim, todos os supermercados passaram a ser alimentados pelo setor de logística interna. Para a movimentação de materiais criou-se uma equipe de logística que percorre rotas fixas, inicialmente, duas vezes por turno. Para isso, um dos operadores da equipe de montagem anterior foi deslocado para a logística. Os cinco operadores ficaram responsáveis apenas pela montagem final dos produtos. Para as peças compradas usadas para a montagem (peças pequenas), foi criado um supermercado de peças compradas onde foram criadas caixas

individuais com *kanban*, também alimentadas pela logística interna de abastecimento das linhas.

No MFV do estado futuro apresentado na figura 6, o processo de programação da produção diária ficou estabelecido que a programação fosse realizada apenas no processo de montagem final, sendo os pedidos são entregues diariamente no início de cada turno.

Os demais processos foram projetados como puxados com uso de cartões *kanban* a partir dos supermercados de peças fabricadas e compradas de alguns fornecedores. Para as operações subsequentes (testes e embalagem), seguiu-se o fluxo contínuo a partir da saída dos produtos das células de montagem, usando fila FIFO (primeiro que entra primeiro que sai).

Além disso, as células de montagem da cadeira e do equipo foram niveladas no volume diário em 16 cadeiras e na variedade de 19 diferentes tipos de equipamentos, dentro da lógica heijunka (nivelada), preconizada pelo sistema de programação de produção enxuta. Assim, foi recomendado distribuir uniformemente o mix de produtos em ordens de produção de nível, para que o *lead time* e os estoques intermediários pudessem ser reduzidos, assim como o suporte à estabilidade do material. Nesse caso, sugeriu-se nivelar o volume de produção, determinando a quantidade padrão de um produto e o tempo decorrido. Além disso, as células de montagem da cadeira e do equipamento eram niveladas em volume diário para 36 cadeiras e na variedade de 19 tipos diferentes de equipamentos, adaptados às necessidades do cliente. A equipe de projeto uso da lógica de melhoria contínua (*kaizen*), através do acompanhamento, para identificar os pontos do processo que precisavam ser aperfeiçoados para viabilizar o estado futuro planejado. Após a realização do mapa do fluxo de valor do estado futuro, foi criado um plano de trabalho e implementação no formato A3, para que o estado futuro pudesse ser, de fato, atingido. Iniciou-se o processo no loop final, composto pela montagem, teste e embalagem. Após a implantação inicial do projeto, a empresa conseguiu tornar-se mais competitiva e permanecer no mercado. Ela continuou a sua jornada *lean* através da implantação dos mesmos princípios para toda a fábrica, e, até hoje continua fazendo melhorias no fluxo de valor.

A seguir são apresentados os resultados obtidos com a implementação do projeto do sistema de produção enxuta na empresa objeto de estudo.

## **5. Conclusões e Contribuição Tecnológica**

Ao final da implantação, os ganhos foram evidentes, tanto em termos de prazo como em relação à produtividade, redução de estoques de componentes e produtos acabados e na necessidade de área. Os resultados mostraram o impacto no muito grande em termos de aumento significativo da produtividade da mão-de-obra (unidades/homem x hora) nas linhas de montagem (cadeira e equipo), necessários para a formação de um consultório odontológico em cerca de 200%. Com relação ao prazo (*lead time* de) de montagem dos produtos ocorreu uma redução de 60%. Já nos custos com estoque de produtos em processo (componentes e peças) ocorreram uma redução de 50% (através do uso de supermercados de peças e componentes com reposição através do uso de cartões *kanban*) e a redução do estoque de produtos acabados em 100%, pois devido a redução do *lead time* de fabricação e montagem além do aumento da flexibilidade de produzir qualquer produto, a empresa passou a utilizar a estratégia de produção de montagem sob pedido. Por último, um outro benefício da implantação do sistema de produção enxuta foi a redução do espaço ocupado pelas linhas de montagens em 33%.

Ao final, essa melhoria no sistema de produção da empresa contribuiu para que a empresa se tornar mais competitiva pois reduziu os custos de produção e melhorou o nível de atendimento dos clientes com resposta rápida, além da identificação e melhoria no nível de qualidade dos produtos acabados.

Assim, a primeira contribuição desse artigo é que a metodologia proposta para diagnosticar, projetar e implantar um sistema de produção enxuta como uma bússola para mostrar a direção e ajudar gestores e praticantes a estabelecer a sua própria rota. Por isso, esse artigo tecnológico

buscou, primeiro, desmistificar o conceito da produção enxuta e apresenta algumas de suas ferramentas e práticas de gestão. Em seguida, buscou demonstrar as etapas para implantação de um sistema de produção enxuta (SPE) com base nos conceitos propostos por Womack e Jones (1998), Rother e Shook (2003) e Liker & Meier (2007).

Além disso, alguns outros elementos encontrados neste estudo podem ser ressaltados como contribuições a serem consideradas pelos gestores em situações similares como antes da eliminação dos desperdícios (*mura*), a equipe de melhoria deve estabilizar os 4M's, uma vez que não é possível fluir e puxar sem estabilidade em mão-de-obra, máquina, materiais e métodos. Assim, essa é a tarefa inicial em qualquer jornada *lean*. Mas, não se deve esquecer também que o ponto crucial de qualquer projeto enxuto é o envolvimento de todos os funcionários nos projetos de melhoria (*Kaizen*), pois, para adotar a nova filosofia de produção é mais importante a mudança de mentalidade (forma de pensar) do que o uso das ferramentas enxutas. Outra contribuição importante é que para sustentar o esforço de transformação, mecanismos gerenciais precisam ser criados ou modificados e o comportamento das lideranças (diretores, gerentes e supervisores) deve ser condizente com as novas premissas fundamentais do pensamento enxuto.

De forma adicional, a metodologia proposta permite que os gestores potencializem a gestão da produção da empresa que, com processos do fluxo de valor estabilizados, em fluxo, puxados, padronizados e nivelados, podem focar tempo e recursos em formulação de estratégias de mercado em busca de melhores resultados. Contribui-se, também, extrapolando o diagnóstico, projeto e implantar um sistema de produção enxuta de grandes empresas para a pequenas e média empresas, demonstrando, através da pesquisa-ação, o passo a passo para diagnosticar, projetar e implantar um sistema de produção enxuta. Quanto as limitações, importante compreender que a implementação de um sistema de produção enxuta em pequenas e médias empresas deve observar as peculiaridades de cada caso, sendo que as ferramentas no presente caso não representam soluções universais a serem aplicadas em todas empresas de forma arbitrária.

Como sugestão de novos trabalhos, indica-se a aplicação dos procedimentos aqui adotados em pequenas e médias empresa de outros setores, e em ambientes de serviços, para identificar as necessidades dos clientes e empresariais mais relevantes, a fim de realizar um estudo comparativo com o presente artigo.

## 6.Referências

ABIMO - Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos e Hospitalares e de Laboratórios. 2019. Dados Econômicos 2018. Disponível em: <https://abimo.org.br/dados-do-setor/dados-economicos/> Acesso em: 15/07/2020.

Achanga, P., Shehab, E., Roy, R. & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17 (4), 460-471.

Alukal, G. (2003). Create a lean, mean machine. *Quality Progress*, 36 (4), 29-34.

Bicheno, J. (2004). *The Lean Toolbox*. PICSIE Books, Buckingham.

Bhasin, S., & Burcher, P. (2006) Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 17(1), pp.56-72.

Bortolotti, T., Boscarri, S., & Danese, P. (2015). Successful Lean implementation soft practices. *International Journal of Production Economics*. 160, pp.182-201.

Chay, T., Xu, Y., Tiwari, A., & Chay, F. (2015) Towards lean transformation: the analysis of lean implementation frameworks. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 26(7), pp. 1031–1052.

- Coetzee, R.; Van der Merwe, K; Van Dyk, L. (2016). Lean implementation strategies: how are the Toyota Way principles addressed? *South African Journal of Industrial Engineering*. 27 (3), 79-91.
- Comm, C.L. & Mathaisel, D.F.X. (2000). A paradigm for benchmarking lean initiatives for quality Improvement. *Benchmarking: An International Journal*, 7 (2), 118-127.
- Cox, J.F. & Blackstone, J.H. (Eds) (1998). *APICS Dictionary*, 9th ed., APICS – The Educational Society for Resource Management, Falls Church, VA.
- Dal Pont, G.; Furlan, A., & Vinelli, A. (2008). Interrelationships among lean bundles and their effects on operational performance. *Operations Management Research*. 1(2), pp.150-158.
- De Treville, S. & Antonakis, J. (2006). Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. *Journal of Operations Management*, 24 (2), 99-123.
- Dennis, P. (2010). *Produção lean simplificada*. Porto Alegre: Bookman
- Doolen, T. L., & Hacker, M. E. (2005). A review of lean assessment in organizations: an exploratory study of lean practices by electronics manufacturers. *Journal of Manufacturing Systems*, 24(1).
- Furlan, A., Dal Pont, G., & Vinelli, A. (2011). On the complementarity between internal and external just-in-time bundles to build and sustain high performance manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 133(2), pp.489-495.
- Gummesson, E. (2005). Qualitative research in marketing: Road-map for a wilderness of complexity and unpredictability. *European Journal of Marketing*, 39(4), 309-327,
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), pp.420-437.
- Howell, G.A. (1999). What is lean construction-1999. Proceedings Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction, University of California, Berkeley, CA, July 26-28.
- Liker, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. (L. Belon, Trad). Porto Alegre: Bookman.
- Liker, J. K.; Meier, D. (2007). *O Modelo Toyota: manual de aplicação; tradução Lene Belon Ribeiro – Porto Alegre: Bookman*.
- McGrath, R. G. (2013). Transient advantage. *Harvard Business Review*, 91(6), pp.62-70.
- Mejabi, O. O., (2003), Framework for a lean manufacturing planning system, *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 5, issue 5/6, p. 563-578.
- Moreli, E. C., Figlioli, A., Oliveira, J. P. L., Porto, G. S. *Cenários Internacional e Nacional do Setor de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos*/ E. Moreli, A. Figlioli, J. P. L. Oliveira; coordenadora G. S. Porto. – Ribeirão Preto: [s.n.], 2010. 36 p. Disponível em: <http://citrus.uspnet.usp.br/ingtec/htdocs/uploads/8f6bc036-8ce7-2e50.pdf>; Acesso em: 10/07/2020.
- Narayanamurthy, G. & Gurusurthy, A. (2016). Leanness assessment: a literature review. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(10), pp.1115-1160.
- Panwar, A., Nepal, B.P., Jain, R. & Rathore, A.P.S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 26 (7).

- Papadopoulou, T.C. & Ozbayrak, M. (2005). Leanness: experiences from the journey to date. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16 (7), 784-807.
- Pavnaskar, S.J., Gershenson, J.K. & Jambekar, A.B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41 (13), 3075-3090.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *TQM Journal*, 21 (2), 127-142
- Radnor, Z. J.; Holweg, M.; Waring, J. (2012). Lean in healthcare: the unfilled promise? *Social Science & Medicine*, v. 74, n. 3, p. 364-371.
- Rother, M. & Shook, J. (2003) *Aprendendo a enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- Saurin, T. A; Ribeiro, J. L. D. & Marodin, G. A. (2010). Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior. *Gestão e Produção*, 17(4), pp. 829-841.
- Shah, R. & Ward, P.T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), pp.129-149.
- Shah, R. & Ward, P.T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, pp.785-805.
- Shingo, S. (1996). *O sistema Toyota de produção – do ponto de vista de Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Slack, N., Chambers, S. & Johnson, R. (2007). *Administração da Produção*. 2.ed. São. Paulo: Atlas.
- Schonberger, R. J. (2007). Japanese production management: an evolution – with mixed success. *Journal of Operations Management*, 25(2), 403-419.
- Storch, R.L. & Lim, S. (1999). Improving flow to achieve lean manufacturing in shipbuilding. *Production Planning & Control*, 10 (2), 127-137.
- Taj, S. & Morosan, C. (2011). The impact of lean operations on the Chinese manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(2), pp.223-240
- Vinodh, S. Arvind, K. R. & Somanaathan, M. (2011). Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13(3), pp 469–479.
- Wickramasinghe, G.L.D. & Wickramasinghe, V. (2017). Implementation of lean production practices and manufacturing performance: The role of lean duration. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(4), pp.531-550.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas*. 7 ed. São Paulo, SP: Campus.
- Womack, P. J., Jones, D. T. & Roos, D. (2004). *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Womack, J. *Caminhadas pelo Gemba*. [Gemba Walks (inglês)]. (2016). Tradução de Tamiris Masetto Manzano. 2 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil. xxv, 326 p.
- Zahraee, S.M., Hashemi, A., Abdi, A.A., Shahpanah, A. & Rohani, J.M. (2014). *Lean manufacturing implementation through value stream mapping: a case study*. *Journal of Technology*, 68 (3).