

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LEOMAR ULSENHEIMER

**MELHORIA APLICADA AO PROCESSO DE MOLDAGEM DE
COMPONENTES FUNDIDOS COM BASE NO MAPA DE FLUXO DE
VALOR**

MONOGRAFIA

**PATO BRANCO
2017**

LEOMAR ULSENHEIMER

**MELHORIA APLICADA AO PROCESSO DE MOLDAGEM DE
COMPONENTES FUNDIDOS COM BASE NO MAPA DE FLUXO DE
VALOR**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo G. Trentin.

PATO BRANCO

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

MELHORIA APLICADA AO PROCESSO DE MOLDAGEM DE COMPONENTES FUNDIDOS COM BASE NO MAPA DE FLUXO DE VALOR

por

LEOMAR ULSENHEIMER

Esta Monografia foi apresentada em dezessete de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção. O(a) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Marcelo Gonçalves Trentin
Prof.(a) Orientador(a)

Gilson Adamczuk Oliveira
Membro titular

José Donizetti de Lima
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Nada mais justo que agradecer as pessoas que de alguma forma auxiliaram em mais este capítulo de minha formação, sem citar todos os nomes, agradeço imensamente a todos os mestres que além de todo conteúdo transmitido dentro de sala de aula, transmitem o incentivo e o apoio para crescermos cada vez mais. Agradeço de forma especial também, todos os colegas que ao longo do curso se tornaram verdadeiros amigos. Agradeço também a empresa de fundição que forneceu não só os dados para elaboração de trabalhos como este, mas também recursos que auxiliaram na conclusão do curso.

Sou imensamente grato a Deus pela vida e pela família que me deu, sempre me apoiando e me incentivando em minhas conquistas e escolhas.

Agradeço de forma especial também ao colega Rafael Daros e ao professor Marcelo G. Trentin, coautores no artigo *Melhoria aplicada ao processo de moldagem de componentes fundidos*, publicado no *V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção - ConBRepro 2016*, base deste trabalho.

Obrigado!

A genialidade é 1% inspiração e 99% transpiração.

(EDISON, Thomas)

RESUMO

ULSENHEIMER, Leomar. **Melhoria aplicada ao processo de moldagem de componentes fundidos com base no mapa de fluxo de valor.** 2017. 24 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Neste estudo apresenta-se um modelo de melhoria aplicado ao processo de moldagem de componentes fundidos em uma fundição localizada na região sudoeste do Paraná, com o intuito de otimizar o processo, aumentar a produtividade e oferecer maior segurança e ergonomia na execução das funções do processo. Para melhorar a produtividade deste processo, foi proposto um modelo de moldagem em árvore, o qual reduz a proporção areia metal de cada molde, aumentando significativamente o rendimento metalúrgico e o espaço físico ocupado na área de vazamento do setor. Para a viabilidade do projeto foi necessária a alteração do processo de moldagem em areia verde para o processo em areia *Cold-box*, onde um equipamento prepara a areia que é moldada formando um molde rígido, melhorando a qualidade e a ergonomia do processo. O vazamento, antes feito com duas painelas pequenas, neste novo modelo o enchimento de várias peças é feito em um único canal de alimentação, com uma única panela grande com capacidade de 700kg, movimentada com uma ponte rolante e operada por um único operador. Através do mapa de fluxo de valor é possível avaliar o *lead time* do processo, assim como o tempo de processamento e número de colaboradores envolvidos, a partir destes valores é possível concluir a melhoria expressa em percentual de redução.

Palavras chave: Melhoria. Otimização. Fundição. Mapa de Fluxo de Valor.

ABSTRACT

ULSENHEIMER, Leomar. **Improvement applied in the process of cast components molding based on the value stream map.** 2017. 24 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Federal Technology University - Parana. Pato Branco, 2017.

This study presents an improvement model applied to the process of molding of cast components in the one casting located in the southwestern of Paraná, in order to optimize the process, increase productivity and offer higher safety and ergonomics in the execution of the process functions. To improve the productivity of this process, was proposed one model a casting tree, that reduce the proportion of sand and metal in the mold, significantly increasing the yield metallurgical and physical space occupied in the industry leakage area. For the feasibility of the project it was necessary to change the molding process in green sand to the process of sand Cold-box where a device prepares the sand which is shaped to form a rigid mold, improving the quality and ergonomics of the process. The leak before done with two small saucupans, in this model, the filling of several parts is done in feed channel single, with a single large pan with capacity of 700kg, is moved a crane and operated by single operator. Through the value flow map it is possible to evaluate the lead time of the process, as well as the processing time and number of employees involved, from these values it is possible to conclude the improvement expressed in percentage of reduction.

Key-words: Improvement. Optimization. Foundry. Value Stream Map.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	13
2.2.1 Espera.....	14
2.2.2 Defeito.....	14
2.2.3 Transporte e Movimentação.....	15
2.2.4. Excesso de Estoque.....	15
2.2.5 Excesso de Produção	15
2.2.6 Superprocessamento	15
2.3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	16
3 METODOLOGIA	18
4 RESULTADOS	19
5 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Em meio aos processos de fabricação existentes, a fundição se destaca por permitir uma variabilidade na fabricação de peças com formato variado, em contrapartida também se destaca pelo ambiente agressivo e pela dificuldade na automação de seus processos.

“A fundição não encontra paralelo com outros processos de conformação pelo fato de que, em muitos casos, é o método mais simples e econômico e, em outros, o único método tecnicamente viável de se obter uma determinada forma sólida.” (KONDIK, 1973).

O processo de fundição consiste basicamente na fabricação de peças fundidas, onde o metal é aquecido até fundir e passar ao estado líquido, para possibilidade de ser vazado dentro um molde, normalmente, molde este, feito em areia, devido a necessidade de resistência a temperatura e a capacidade térmica, ou seja, a areia deve suportar o metal a uma temperatura em torno dos 1300°C e ainda conservar este calor de modo a fazer com que a peça resfrie de modo controlado, não gerando alterações de microestrutura indesejáveis.

Atualmente a maior parte das chapas de fogão a lenha, encontradas no mercado hoje, são produzidas em ferro fundido por indústrias de fundição. O processo de moldagem destas chapas, analisado neste trabalho, ainda é agravado pelo baixo valor agregado do produto final, isso fez com que por muitos anos o processo de fabricação dos moldes ocorresse de forma manual. O processo consistia na moldagem manual em areia verde, executado no chão, onde a areia era preparada e moldada em duas partes que formariam um molde para uma chapa.

O metal é transportado em painéis de vazamento pequenas, com capacidade de 35kg cada, onde o vazamento do metal para o molde era feito de forma manual em dois canais de alimentação, ou seja, metal precisava ser vazado com duas painéis ao mesmo tempo, sendo necessário quatro pessoas para o procedimento, dois operadores para cada painel.

O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema de melhoria no processo de fabricação de moldes de chapas para fogão à lenha, baseado nos mapas de fluxo de valor atual e futuro. A melhoria consiste em reduzir o esforço físico e quantidade de matéria prima, devido a implantação de um equipamento que prepara a areia, assim como o aumento da produtividade e da qualidade do produto final, devido a

características do novo processo de preparação da areia e montagem dos moldes. A necessidade de melhoria e evolução deste processo se dá pela intensão da redução de perdas, aumento de produtividade e rendimento, assim como a satisfação dos operadores envolvidos.

Este trabalho nada mais é, do que o artigo, Melhoria aplicada ao processo de moldagem de componentes fundidos, de minha autoria, com coautoria do academico Rafael Daros e do professor Marcelo G. Trentin, publicado no *V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção - ConBRepro 2016*, formatado nas normas de trabalho de conclusão de curso.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

O processo de fundição consiste basicamente em derreter o metal e vazá-lo dentro de um molde no formato da peça desejada, porém é claro que dentro desta breve definição existem inúmeras técnicas, formas, métodos e equipamentos que facilitam a viabilidade do processo. O processo de moldagem é uma das maiores variáveis dentro de uma fundição. Existem muitos processos de moldagem diferenciando-se basicamente pela qualidade e custo. O processo de moldagem em areia verde é um dos mais comuns e baratos, consiste em compactar uma mistura de areia silicosa, argila e água, formando a denominada areia verde que pode ser preparada, moldada e desmoldada de forma manual ou mecânica, neste processo a areia é moldada dentro de duas caixas de metal, com auxílio de um modelo, uma caixa molda a parte superior do molde e a outra a parte inferior, que em seguida são montadas de forma a fechar o molde para na sequência ser enchido com metal liquido, após um tempo de resfriamento, que varia com o tamanho da peça, a caixa é desmoldada, o molde de areia é quebrado, a peça retirada e a areia retorna ao ciclo para ser preparada novamente (DEMARCHI, 2008).

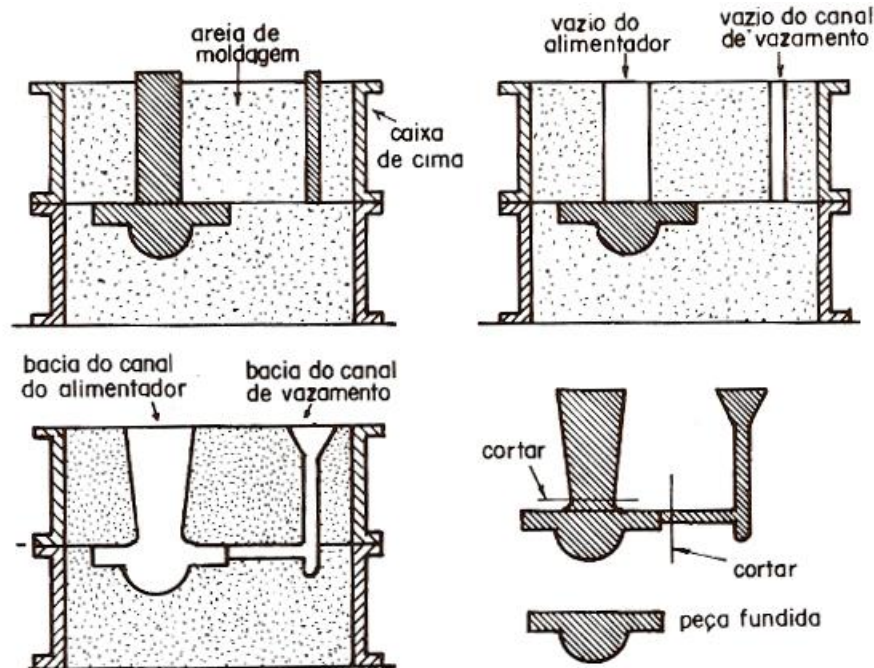


Figura 1 - Modelo de Moldagem em Areia Verde
Fonte: CHIAVERINI (1986)

O processo de moldagem Cura-frio, semelhante ao processo de areia verde, utiliza a mesma areia silicosa, porém neste ela é misturada com resinas, podendo ser do tipo *Pep-Set*, onde duas partes, 1 e 2, e um catalisador líquido, a mistura é feita por um equipamento específico que mistura todos os elementos de forma contínua, após misturada a areia é acondicionada no modelo, a cura é dada pelo tempo, formando um molde rígido, não necessariamente a areia precisa ser acondicionada dentro de uma caixa, como o processo forma um molde rígido, ele pode ser manipulado como bolo solto. A principal vantagem deste processo em relação ao processo de areia verde é a qualidade do molde, facilidade de manipulação e a organização e a ergonomia no setor de moldagem. De forma semelhante, também considerado como processo Cura frio existe o processo *Cold-Box*, que se difere no estado do catalisador que é gasoso ao invés de líquido, suas características em relação ao processo *Pep-Set*, é a rigidez do molde, muito superior, apresentando melhor qualidade porém com um problemas com odores e fumaça (LESSA, 2014).

No processo de fabricação de uma peça fundida, muitos fatores influenciam para uma boa produtividade, desde a escolha do processo de moldagem, projeto do modelo, até o projeto da própria peça. O projeto de um modelo de uma peça fundida, deve considerar os fenômenos que ocorrem na solidificação do metal no

molde, assim como detalhes como linha de partição e ângulos de extração do modelo, para que eventuais defeitos possam ser evitados. Um bom projeto de uma peça fundida é aquele que apresenta um alto rendimento metalúrgico. Segundo Peruffo (2001), O rendimento metalúrgico é um indicador de desempenho que é obtido pela diferença da quantidade ferro total no molde, peça + canais de vazamento + reservas, comparado com o real peso da peça (PERUFFO, 2001). (DEMARCHI, 2008).

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O sistema Toyota de produção também conhecido como sistema de manufatura enxuta foi desenvolvido em meados da década de 50 por Taiichi Ohno, engenheiro e ex-vice presidente da Toyota Motors (GUIMARÃES, 2015), o conceito desse sistema preceitua a eliminação de desperdícios ao passo que a eficiência e a produtividade são alcançados (STRAEHL, 2015).

Ohno (1997) definiu o conceito de manufatura enxuta como:

“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.” (OHNO 1997).

Ainda conforme Dotto (2015) o *Lean manufacturing* é um modo de trabalho que busca eliminar desperdícios e dar dinamismo a empresa e visa à redução de sete tipos de desperdícios, dentre eles estão, a não conformidade em produtos, excesso de produção, estoques de mercadorias a espera de processamento, retrabalho com processos desnecessários, movimento de pessoas e produtos sem necessidade, transporte de mercadorias sem finalidade e tempo de espera (tempo que os funcionários aguardam pelo equipamento para finalizar ou dar seguimento ao trabalho).

Ohno (1997) Menciona os sete desperdícios que não agregam valor ao produto e podem ser visualizados na Figura 2:



**Figura 2 - Os sete desperdícios presentes no Lean Manufacturing.
Fonte: REZENDE (2013)**

2.2.1 Espera

Está diretamente ligada ao desperdício de superprodução, com lotes maiores haverá formação de filas para processar material nas operações subsequentes, o tempo de espera pode ser de funcionários aguardando pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho, linhas de produção paradas aguardando peças, máquinas paradas esperando por troca de matéria-prima ou esperando por reparos (REZENDE, 2013).

2.2.2 Defeito

Ocorrem por falhas de processo, ou matérias primas, resultando em retrabalho da peça ou descarte da mesma, aumentando assim seu custo de produção através de mão de obra, matérias primas e equipamento (VERAS, 2009).

2.2.3 Transporte e Movimentação

Relacionado ao transporte de materiais e movimentação de pessoas, são atividades necessárias, porém não agregam valor ao produto final e devem ser minimizadas, o *layout* deve ser adequado para favorecer a redução de estoques intermediários e movimentações desnecessárias (MOREIRA, 2011).

2.2.4. Excesso de Estoque

Os estoques têm sido utilizados para evitar descontinuidades do processo produtivo, uma medida para solucionar problemas de produção, essa medida além de fazer uma utilização desnecessária do espaço físico, ainda oculta problemas de qualidade, pois, gera independência das etapas do processo produtivo e quebra o fluxo de processo, além de aumentar problemas de *setup* de máquinas, uma vez que lotes grandes compensam a ineficiência dos lotes pequenos (MOREIRA, 2011).

2.2.5 Excesso de Produção

É fazer algo desnecessário para o momento em quantidades desnecessárias, para produtos serem requisitados no futuro. O sistema de produção *lean* inclui a produção apenas do que é necessário.

2.2.6 Superprocessamento

É o desperdício gerado pelo produto passar por processos desnecessários. A produção *lean* investiga e questiona qualquer elemento que adicione custo sem agregar valor ao produto.

2.3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Segundo Batista (2009), o mapeamento do fluxo de valor é utilizado para a descrição e análise do fluxo de valor, onde o mesmo pode ser descrito como todas as ações que agregam valor ou não, que são realizadas desde a chegada da matéria prima até a entrega do produto ao consumidor (cliente). Esta técnica é poderosa para sintetizar o estado atual do processo produtivo e a partir deste estado permite a formação do estado futuro ou o estado ideal, dentre as vantagens da ferramenta estão: *i)* Ajuda a visualizar o fluxo como um todo, além dos processos individualizados; *ii)* O mapeamento ajuda a identificar a fonte dos desperdícios; *iii)* Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura; *iv)* Utiliza uma série de conceitos e técnicas enxutas, dessa forma evita a utilização de técnicas isoladas no fluxo como um todo; *v)* Forma a base de um plano de implementação, onde os mapas futuros do fluxo de valor tornam-se uma referência para aplicação da produção enxuta; *vi)* Permite mapear tanto o fluxo de materiais quanto o de informações isso permite avaliar se existe fluxo de comunicação entre as áreas e se a demanda é ditada pelo próximo processo ou pela área de planejamento e controle de produção; *vii)* Esta ferramenta tem maior utilidade que outras ferramentas quantitativas e diagramas de *layout*, por descrever a forma e o que realmente é necessário fazer para redução dos desperdícios.

Para mapeamento do fluxo de valor, inicialmente deve ser selecionada a família de produtos, em seguida coletar suas informações no chão de fábrica para desenhar o estado atual, envolvendo as pessoas, pois, as mesmas participarão do mapeamento do estado futuro fazendo com que haja o *Kaizen* do fluxo. Elaborando o estado atual, deve-se primeiramente informar o cliente final do produto, deve ser definido o mix de produtos da família selecionada para análise e a demanda de cada item que compõe a família, após isto, mapeiam-se os processos do fluxo inserindo caixas de dados abaixo da descrição de cada processo, em seguida, definem-se os estoques intermediários, em quantidade média de peças e em dias tendo como base a relação quantidade de estoque pelos pedidos diários do cliente.

Na próxima etapa desenham-se as setas do processo, diferenciando as setas do processo puxado que ocorre quando o processo cliente determina a produção nos processos anteriores, das setas do processo empurrado que acontece

quando os processos são controlados com base em uma programação sem levar em conta as necessidades do cliente. O fluxo contínuo ocorre quando uma peça vai diretamente de um processo a outro sem estoques intermediários e interrupções. Para redução de estoques de processos é importante trocar a movimentação de peças em lotes, por movimentação de peças individuais, pois não há espera para completar o lote para que haja a movimentação para o próximo processo.

Em seguida deve ser desenhado o fluxo de informações, esta etapa inclui a programação dos processos, frequência da realização dos pedidos, previsões e solicitações de material.

Para finalizar calcula-se o *lead time* do processo e o tempo de agregação de valor.

Não basta apenas utilizar o MFV como uma ferramenta de mapeamento ao desenhar o mapa de valor do estado futuro, o desenho deve ser implementado e revisado constantemente. O mapa do estado futuro descreve a meta a ser atingida e mesmo após atingida, deve ser realizado uma busca da melhoria contínua.

3 METODOLOGIA

O projeto de alteração foi executado em uma indústria de fundição, localizada no sudoeste do Paraná. Com 15 anos de experiência em fundição, a empresa possui os processos de moldagem em areia verde e Cold-Box, denominados respectivamente neste trabalho como processo atual de moldagem de chapas de fogão (o processo de areia verde), e o processo futuro (o Cold-Box). Para avaliação de viabilidade da alteração do processo foram realizados estudos envolvendo a coleta de dados de processo, como o tempo de processo em cada etapa, o tempo de movimentação, a necessidade de estoques intermediários no processo, o número de colaboradores envolvidos, assim como a quantidade de peças produzidas por dia.

Para efeito de visualização do processo e melhor controle dos tempos de operação e movimentação foi elaborado os mapas de fluxo de valor dos estados, atual e futuro, com eles é possível observar o fluxo do processo com os tempos de processamento e de movimentação em cada ponto, assim como a quantidade de operadores em cada setor.

4 RESULTADOS

A lógica utilizada na elaboração do mapa de fluxo, (ver Figura 3), parte de um pedido do cliente, semanal, na forma de informação eletrônica para o setor de planejamento e controle de produção (PCP), este por sua vez repassa as programações de produção para os devidos setores.

A partir de uma programação diária, o ciclo do processo inicia na separação da sucata e a fusão do metal selecionado, em paralelo a isso, tem-se a preparação da areia e a moldagem, na sequência, ambos, o metal líquido e os moldes se encontram, para isso existem duas situações de deslocamentos: *i)* para o processo de moldagem no estado atual, em areia verde, o molde permanece no setor de moldagem enquanto que o metal líquido é transportado por operadores até o molde, utilizando uma panela de transferência/vazamento manual, assim gerando grandes riscos de acidentes, problemas ergonômicos e lesões; enquanto que *ii)* para o processo de moldagem para o estado futuro em *Cold-Box*, o molde se desloca por trilhos até o setor de vazamento onde o metal líquido é armazenado em uma panela de transferência/vazamento e transportado com uma ponte rolante até o molde, eliminando esforços físicos e reduzindo drasticamente os riscos de lesões. Em seguida para ambos os processos as peças passam para o processo de resfriamento, desmoldagem e quebra de canais onde ocorre a separação da peça do seu canal de enchimento. Ao final da produção as peças são acabadas no setor de acabamento e disponibilizadas para o setor de expedição.

Na Figura 3 é possível visualizar o mapa de fluxo de valor para o processo atual (areia verde), os tempos foram coletados durante a produção de 10 peças.

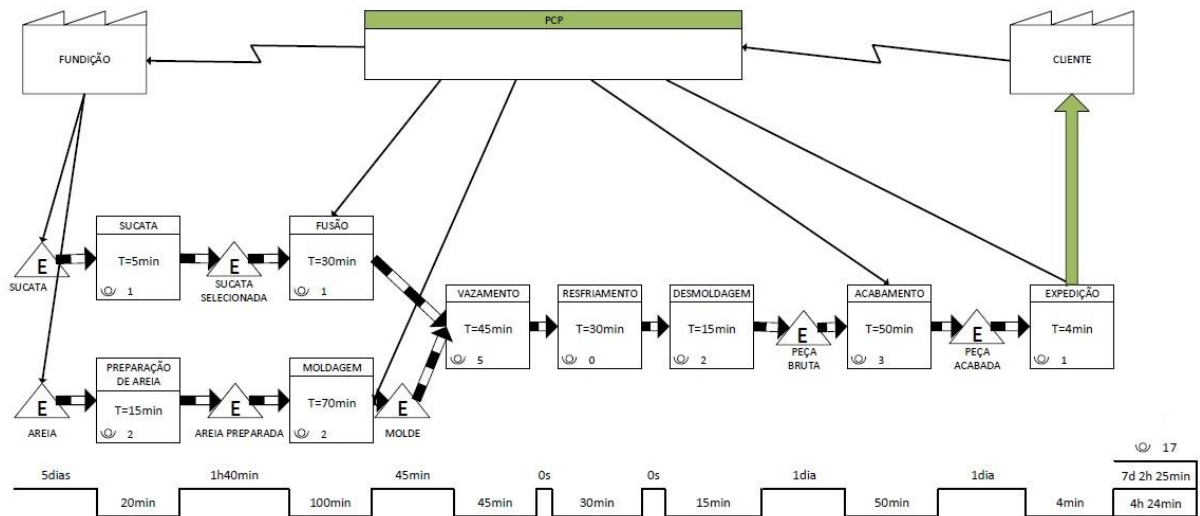


Figura 3 - Mapa de Fluxo de Valor para o estado atual, moldagem em areia a verde.
 Fonte: Autoria própria

Na Figura 4 é possível visualizar o mapa de fluxo de valor para o estado futuro, processo de moldagem *Cold-Box*, os tempos foram coletados durante a produção de 10 peças.

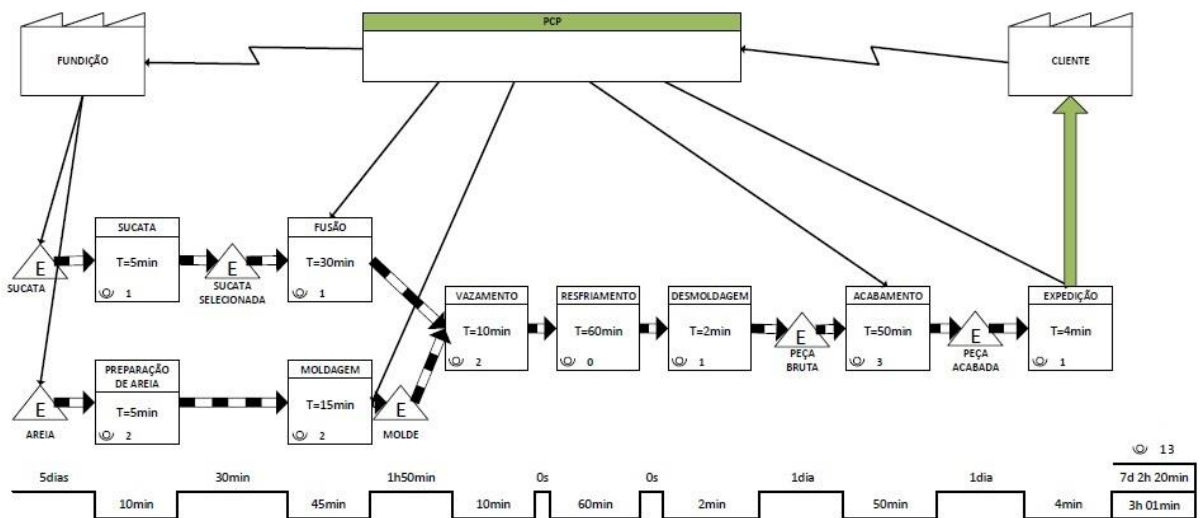


Figura 4 - Mapa de Fluxo de Valor para o estado futuro, moldagem em *Cold-Box*.
 Fonte: Autoria própria

Comparando os processos pelos mapas de fluxo, é possível visualizar a eliminação de um dos estoques, no caso o de areia preparada, visto que no processo *Cold-Box*, a areia é moldada de forma contínua não havendo a necessidade de estoques. Outro ponto que pode ser observado é a quantidade de colaboradores envolvidos no processo em questão, no processo de areia verde são necessários 17 colaboradores contra 13 do processo cura-frio. Os tempos de

processo são relativos quando comparados, pois enquanto um setor contribui para uma redução do *lead time*, outro, por características do processo, contribui para um aumento do *lead time*, porém, na soma total dos tempos, o *lead time* do estado futuro ainda se mostrou ligeiramente melhor, 7 dias, 2 horas e 25 minutos para o processo no estado atual, contra 7 dias, 2 horas e 20 minutos para o processo no estado futuro, diferença de 05 minutos.

Os resultados das técnicas aplicadas na empresa podem ser comparados na Tabela 1, onde resume-se os principais indicadores do estudo do fluxo de valor comprando o MFV do estado atual com o MFV do estado futuro.

Tabela 1 - Comparativo entre mapa de fluxo de valor atual e futuro

	Atual	Futuro	Ganhos
Lead time	7 dias 2h e 25min	7 dias 2h e 20min	Redução de 0,05%
Tempo de processamento	4h e 24min = 264min	3h e 1min = 181min	Redução de 31,4%
Operadores	17	13	Redução de 23,5%

Fonte: Autoria própria

O tempo de processamento teve uma redução de 31,4%, uma redução muito significativa ao processo além do deslocamento de 4 operadores dos 17 para outras funções dentro da empresa.

Na nova situação houve uma pequena redução no *lead time*, o que mais impacta nele é o tempo para recebimento de matéria prima dos fornecedores, que são 5 dias, algo muito superior aos tempos dos estoques intermediários, essa situação pode ser melhorada caso os custos de transporte da matéria prima viabilize entregas diárias.

5 CONCLUSÃO

O mapeamento de fluxo de valor se caracteriza como uma eficiente ferramenta para iniciar o processo de avaliação, identificação e eliminação dos desperdícios.

O estudo através do MFV auxiliou na delimitação dos pontos críticos do processo, além de apresentar notações simples que simplificam o entendimento do fluxo de materiais que ocorrem no processo.

Com relação aos sete desperdícios tratados na metodologia *lean*, o tempo de espera no estado futuro somente é maior para o tempo de desmoldagem, onde é necessário uma superprodução para viabilizar o transporte e movimentação dos moldes. Os defeitos que geram retrabalhos e refugos para o estado futuro serão reduzidos, sendo que a moldagem em árvore proposta reduz a probabilidade de geração de defeitos. Para o superprocessamento e excesso de produção, ambos os processos são semelhantes, não apresentando vantagens entre o atual e o futuro. Após o mapeamento do fluxo de valor para os estados atual e futuro, pode-se afirmar que os objetivos da análise foram atingidos, onde fica proposto a alteração do processo de moldagem que resultará em uma redução significativa no tempo de processamento (31,4%), do lead time, na ordem de 0,05% essa redução só não é mais significativa pelo fato da inviabilidade econômica de se reduzir o tempo de recebimento de matéria prima dos fornecedores, devido ao baixo volume e grandes distâncias de transporte.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta.** Bookman Editora, 2009.

BATISTA, F.L. **Redução de Lead Time através do mapeamento do fluxo de valor em uma indústria farmacêutica.** Trabalho de Formatura, São Paulo, 2009.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica – Processos de Fabricação e Tratamento.** Vol 2, São Paulo SP, 1986. Pag 19.

DEMARCHI, V. **Processos de Fabricação Mecânica. Fundição.** Universidade Santa Cecília - Unisanta. 2008. Disponível em: <<http://cursos.unisanta.br/mecanica/ciclo6/Fundicao.pdf>> Acesso em: 04 maio 2016.

DOTTO, F.B.D, BIANCHI, R. **O Desenvolvimento de Princípios da Lean Production através da Ferramenta Qualidade em uma Empresa de Manufatura em Tecnologia no Aquecimento Solar.** V Congresso de Sistemas LEAN, Florianópolis 17 e 18 de Julho de 2015, p. 93.

GUIMARÃES, L.S, CARVALHO, J.D.A, MEDEIROS, H.S, SANTANA, A.F.B. **A utilização do Diagrama de Identificação de Desperdícios em substituição ao Mapa de Fluxo de Valor: Estudo de caso em uma fábrica de concentrados de refrigerantes.** V Congresso de Sistemas LEAN, Florianópolis 17 e 18 de Julho de 2015, p. 159.

KONDIC, V. **Princípios Metalúrgicos da Fundição.** Editora Polígono (USP), São Paulo - Brasil, 1973.

LESSA, C. **Tecnologia em Processos Metalúrgicos, Resinas de cura a frio.** Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS 2014. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/tecnologiaprocessometalurgico/fundicao-ii>> Acesso em: 05 maio 2016.

MOREIRA, S.P.S. **Aplicação das ferramentas Lean.** Caso de Estudo. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 2011.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala.** Bookman Editora, 1997.

PERUFFO, G. **Ambiente Interno - A Participação e o Envolvimento das Pessoas na Busca do Diferencial Competitivo.** Disponível em:
<<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3823/Gilberto.pdf>>
Acesso em: 05 maio 2016.

REZENDE, D.M. SILVA, J.F. MIRANDA, S.M, BARROS, A. **Lean Manufacturing: Redução de Desperdícios e a Padronização do Processo.** 2013.

STRAEHL, J.B. **Lean Startups: O sistema de produção enxuta como estratégia competitiva.** V Congresso de Sistemas LEAN, Florianópolis 17 e 18 de Julho de 2015, p. 187.

ULSENHEIMER, L, DAROS, R, TRENTIN, M.G. **Melhoria aplicada ao processo de moldagem de componentes fundidos.** In: VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção - ConBRepro, 2016, Ponta Grossa, PR. Anais (on-line). Disponível em:
<<http://aprepro.org.br/conbrepro/2016/down.php?id=2428&q=1>>

VERAS, C.M.A. **Sistema Toyota de Produção (Toyota Way).** São Luis do Maranhão, Março de 2009.