

ANÁLISE DE TEMPO E MOVIMENTO NO PROCESSO DE MOLDAÇÃO MANUAL

Matheus Cathoud de Barros Chagas (FIC/UNIS) matheuscathoud@hotmail.com
Pedro Henrique Webster Carneiro (FIC/UNIS) phenriquekta30@hotmail.com
Marlon Marinho Machado Pereira (FIC/UNIS) marlonmarinho2@yahoo.com.br
Bruno Pereira Vieira da Silva (FIC/UNIS) brunopvdsilva@hotmail.com
Tiago Bittencourt Nazaré (INSTITUIÇÃO) tiago_bit@yahoo.com.br

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo mostrar a importância do estudo de tempo e movimento visando à otimização do processo de moldação manual e eficiência da simulação computacional utilizando o *software* Arena, a fim de propor uma alteração do *layout* existente. Para tanto, foi realizado um estudo de caso na área de moldação de uma empresa metalúrgica de pequeno porte. A metodologia utilizada baseia-se em estudo sobre tempo e movimento, *layout* e simulação computacional. Com a utilização desta, foi proposta uma alteração no processo estudado baseado em dados obtidos através do *software*.

Palavras-Chaves: Tempo e movimento, *Layout*, *Software* Arena.

1. Introdução

De acordo com Figueiredo (2011), o uso da ferramenta de estudo do tempo e movimento tem como objetivo primordial evitar qualquer tipo de esforço ou movimento desnecessário no momento de execução em um processo de produção, desta forma procura tanto habilitar o colaborador para uma única função e juntamente estabelecer novos parâmetros produtivos em busca de melhoria.

Foi realizada uma visita técnica na empresa, cujo foco inicial foi o processo de moldação manual com utilização dos compostos: areia de sílica com resina, catalisador (função de reduzir o tempo de cura). Porém, foi constatado através do *software* Arena, que o processo produtivo estava sendo pouco eficaz devido ao tempo de transporte da areia até o molde, gerando um alto tempo de espera no processo. Devido à amostragem de dados será necessária uma mudança no *layout*, para que possa ficar de acordo com a análise sintética.

Segundo Bósoli et al. (2009), escolher um modelo de *layout* adequado é uma tarefa difícil e que depende de diversos fatores. Em virtude das restrições encontradas na maioria das vezes, encontrar o melhor arranjo físico pode levar certo tempo além de depender de variáveis e os elementos utilizados. Com base neste cenário utilizar a simulação computacional é uma alternativa para criar, testar, avaliar e tomar a decisão da implantação ou não do modelo de *layout* proposto.

O referido trabalho tem como objetivo geral a realização de um estudo de tempo e movimento em uma empresa do ramo de fundição e metalurgia, cuja finalidade é a produção de peças em ferro fundido nodular, ferro cinzento e aço fundido. Desta forma, procura-se minimizar, controlar e padronizar o tempo de processo em um determinado produto, e conseqüentemente o aumento da capacidade produtiva. Com os dados obtidos através de cronometragem foi feita uma análise de tempo real com tempo sintético.

2. Desenvolvimento

2.1 Metodologia

Foram realizadas pesquisas bibliográficas por meio de livros e internet, também foram consultados artigos científicos. Todas as buscas foram realizadas no período, entre 08 de setembro a 03 de novembro 2015. A escolha dos artigos foi feita em conformidade com o tema proposto. Foi realizada uma visita técnica em uma empresa do ramo de fundição e metalurgia no dia 08 de outubro de 2015. Também foram realizados estudos sobre o processo de fundição, tempo e movimento, e *layout*. E a partir disso, foram realizadas cronometragens para realizações de cálculo de tempo entre a produção de diferentes tipos de peças, a fim de obter uma media entre os valores encontrados. A simulação e construção do processo foram feitas através do *software* Arena 12 *student*, e a construção dos *layouts* foi feita através do *software* AutoCAD 2007.

2.2 A empresa objeto de estudo

Análise foi realizada em uma empresa que atua no ramo de fundição e metalurgia. Esta é considerada de pequeno porte, possuindo aproximadamente 80 colaboradores, divididos entre setores administrativos e produção, atuante no seguimento de fabricação de peças em ferro fundido nodular, cinzento e aço fundido.

O estudo foi realizado no setor Produção/Moldação manual que é composto por um galpão onde a área de produção possui cerca de 22x20 metros, totalizando 440m² de área destinada para a moldação, conforme ANEXO I.

2.3 Processo de moldação

Macharia é o processo onde se fabrica os machos (peças confeccionadas em areia), podendo ser areia de resina ou areia Shell e cuja finalidade é moldar o perfil interno da peça. Pois, onde o macho é acoplado não existe caminho ao qual o material líquido (ferro fundido) poderá percorrer. Este processo subdivide-se em três etapas, sendo estas, o preparo da caixa de

macho para receber a areia, o processo de enchimento (adicionar areia na cavidade interna na caixa de macho), e o processo de cura (processo onde ocorre a solidificação de areia). Após o processo de cura é necessário retirar os machos da caixa e realizar o acabamento (processo em que se retiram pequenas rebarbas e imperfeições).

Moldação é o processo onde se fabrica os moldes através dos modelos (formato e dimensões da peça ser fundida) que são colocados em caixas de moldagem. Para a realização deste processo devem-se seguir algumas etapas sequencialmente, dentre estas, o preparo da caixa para receber a areia. Após esta etapa, é realizado o transporte de areia, sendo esta transportada do silo (equipamento capaz de armazenar areia, que por meio de um dispositivo elétrico instalado no mesmo, realiza a mistura da areia com os aglomerantes) até as caixas através de um colaborador utilizando o auxílio de um carrinho de mão. Nas caixas de moldagem são depositados areia de moldação, e após a realização do período de cura, o molde adquire formato e dimensões idênticos ao do modelo.

2.3 Processo de fundição

A fundição é um processo de fabricação que possibilita a produção de peças com formas previamente definidas, e com requisitos mínimos em termos de tamanho, forma e complexidade, ou seja, na estrutura mecânica em geral. Existem processos de transformação dos metais e das ligas metálicas e produtos, como: conformação mecânica, soldagem, usinagem, porém, um dos processos mais antigos e rentáveis que existe é a fundição. Devido à versatilidade, ele é o processo que mais se aplica na fabricação de peças. Neste processo, o metal líquido preenche a cavidade de um molde, com o formato e medidas certas a peça que se quer fabricar.

Iniciado com a fusão do cobre, bronze e posteriormente ferro agregado com as descobertas em meados do século XVIII com Revolução Industrial com fornos cubilô, fornos elétricos e ainda com a mecanização dos processos, tornou-se possível chegar à fusão de aço. Desta forma e com os avanços tecnológicos do século XX, o aço se faz presente em vários produtos industriais, desde pequenos eletrodomésticos até estruturas de grande porte.

Uma grande vantagem da fundição se comparado a outros processos de fabricação, é que na maior parte dos processos se utiliza matéria-prima de produtos semiacabados como: chapas, barras, perfis, tubos, fios, arames, tais produtos que necessitam de diversas etapas antes de serem transformados em um produto acabado. Já a fundição parte diretamente do metal líquido, fazendo com que matéria-prima ignore uma série de etapas até se tornar um produto

finalizado. Sendo assim, a partir da utilização do processo de fundição é possível criar peças em formatos internos ou externos diversificados.

Para determinar o processo de fabricação de uma peça a ser fundida, utiliza-se o desenho técnico para auxiliar no projeto de confecção do modelo, e caixa de macho, se necessário. Respeitando sempre as dimensões internas e externas.

Baseando nas informações anteriores, pode-se afirmar que a fabricação de uma peça fundida requer, pelo menos, os seguintes setores: projetos; modelagem, onde se realizam a confecção e reparação de modelos, caixas de macho e elementos de modelo; e de fabricação, que pode se subdividir nas seguintes áreas: preparação de areias para a moldação, moldação, confecção de machos, preparação do metal líquido, vazamento dos moldes e acabamento das peças. Além desses setores e áreas mais diretamente ligados à produção, podemos o setor administrativo, o depósito de modelos, área de expedição de peças e laboratórios para o sistema de qualidade, que deve acompanhar todo o processo de fabricação.

2.4 Tempo e Movimento

O estudo de tempo e movimento tem como objetivo segundo BARNES(1970):

“(1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto para uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.” (BARNES,1970)

O desenvolvimento do método preferido ou ideal parte primeiramente da definição de um problema, onde são criados relatórios com base nas metas e objetivos existentes. Conseqüentemente será realizado a análise de problemas descrevendo todos os métodos incluindo especificações e restrições de produção. Desta forma, com o surgimento de possíveis soluções, são realizadas avaliações objetivando o método que proporciona menor custo e assim menor investimento, contribuindo para um processo de produção mais rápido e eficaz. Com a utilização desta metodologia torna-se possível processar um sequenciamento de operações que se aproximam do “ideal”.

Após a análise e a obtenção de um novo método para operações de produção, deve ser padronizado. A tarefa passa a ser dividida entre em trabalhos ou operações específicas.

Padronizada a operação o passo seguinte será a determinação do tempo padrão, o mesmo visa identificar o tempo que o operador qualificado e treinado deveria gastar para executar certa

operação. Com a coleta destes dados torna-se possível fazer um planejamento e uma programação a qual estimara o custo da mão-de-obra a ser utilizada, ferramenta base para incentivos salariais e ainda como planejamento e controle da produção. E para finalizar o estudo dos tempos e de movimentos o treinamento do operador é de grande relevância para que o operador possa executar suas operações sem maiores dificuldades. (FIGUEIREDO; OLIVEIRA; SANTOS, 2011).

De acordo com Picanco (2011), a padronização das operações e o conhecimento acurado da capacidade produtiva têm influência direta na eficácia do PCP (Planejamento e Controle da Produção) pelo alcance de alguns de seus objetivos como: redução dos *lead times* de produção, possibilidade de cumprimento de prazos e agilidade de resposta diante de alterações de demanda. (PICANCO; FRANCA; CRUZ; SANTOS, 2011).

2.5 Layout

De acordo com Mason (1989), o *Layout* de uma planta é o objeto tradicional da engenharia industrial e joga com relações especiais e sensitivas. É a atividade que atualmente traz “sangue e suor” para a adaptação da estratégia de manufatura. Segundo Monks (1987), um bom *layout* permitirá que materiais, pessoas e informações fluam de forma eficiente e segura.

Mayer (1990) afirma que as exigências futuras de uma instalação podem ser determinadas considerando-se o *layout* dos equipamentos de produção da fábrica. Isso acontece porque, desse modo, a empresa pode estabelecer quanto e qual tipo de espaço será necessário. Mas isso não significa, entretanto, que a empresa somente irá considerar esse problema quando tiver necessidade de determinar as exigências futuras da instalação.

O arranjo físico por processo ou por operações é assim chamado, segundo Slack et al. (1996), porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação dominam a decisão sobre o arranjo físico.

O *layout* proposto, assim como o já existente, é o funcional ou por processo. Esse tipo de arranjo é obtido pelo agrupamento de processos similares em áreas específicas, que possibilita uma divisão de espaço entre diferentes tipos de processos.

2.6 Simulação computacional utilizando o *software* Arena

Segundo Harrel et al. (1997) simulação é o processo em que o cenário ou modelo de um sistema real é utilizado para representar como estes reagiriam às mudanças propostas. A simulação é a maneira pela qual se estuda o desempenho de um sistema através da

modelagem. O modelo produzido é baseado em fenômenos conhecidos o que possibilita realizar variações ou experimentos que auxiliam no entendimento do cenário real.

Conforme Aguilar et al. (2009) a simulação pode ser de grande importância e utilidade para visualização de um novo cenário que ainda não passou por testes e avaliações, o que permite aos envolvidos no projeto tomar importantes decisões. A simulação pode colaborar com melhorias no projeto e solução de problemas nos processos que podem surgir no decorrer do tempo.

Segundo Harrel et al. (2000), em um modelo de simulação computacional podem ser testados diferentes valores para variáveis que podem ser controladas e modificadas pelo projetista. O controle das variáveis possibilita resultados de saída desejados e ou comparação entre modelos. As variáveis normalmente analisadas são: tempo de processamento, *lead time*, índice de utilização dos recursos, quantidade média produzida, tempo de fila, tempo de movimentação, dentre outras. No presente trabalho consideraremos a princípio o tempo de processamento, no qual será utilizado para demonstrar a eficácia de um processo antes e depois do auxílio computacional.

Bósoli et al. (2009) diz que o crescimento de estudos na área de modelagem e simulação computacional e com avanços dos recursos tecnológicos proporcionaram o desenvolvimento de *softwares* mais simples e eficazes que podem ser processados por computadores comuns. O *software* Arena é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos e análise estatística e análise de resultados.

3. Resultados e discussões

A figura 1 constata o número de moldes produzidos (*Number Out*) em um dia de trabalho, totalizando cinco peças. Esse número é relativo ao modelo atual, levando em consideração o tempo de deslocamento referente ao processo de enchimento de areia do molde.

Figura 1: Número de peças produzidas (modelo atual).



Fonte: Os autores.

A análise realizada com base na figura 2 representa o tempo mínimo (*Minimum Value*), médio (*Average*) e máximo (*Maximum Value*) em segundos do processo de moldação manual em um dia de trabalho (8 horas) feito por um colaborador.

Figura 2: Rendimento da jornada de trabalho (modelo atual).

The screenshot shows a 'User Specified' window with a 'Tally' section. It contains a table with the following data:

Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
tempo da tarefa	17356.94	(Insufficient)	14504.20	18738.70

Fonte: Os autores.

A existência de três tempos (mínimo, médio e máximo) se deve ao fato de que o processo não é feito de forma automatizada, portanto existe uma variação que representa a intensidade em que foi realizado cada processo, visto que o colaborador não executa uma mesma tarefa sempre em um mesmo tempo.

O quadro 1 apresenta a comparação dos tempos efetivos de produção em relação ao número de moldes produzidos em relação ao modelo atual. Cada processo executado representa a produção de um molde.

Quadro 1: Comparação de tempo e processos executados (modelo atual).

Relação de rendimento do processo atual			
Tempos de rendimento(segundo)		Horas	Nº de peças produzidas
Tempo mínimo	14504.20	04:17	5
Tempo médio	17356.94	04:49	5
Tempo máximo	18738.70	05:12	5

Fonte: Os autores.

De acordo com estudos realizados, foi sugerido padronizar o tempo de deslocamento do enchimento do molde através da implementação de uma esteira, cuja finalidade seria transportar os moldes até o silo. Desta forma, outro processo foi desenvolvido no *Software* para fins de comparação com o modelo atual.

O modelo proposto foi construído com base no modelo atual, porém não foi considerado o tempo de deslocamento para enchimento do molde com a matéria prima, visto que, com a implementação de uma esteira rolante, este deslocamento não existiria.

A figura 3 representa o número de peças produzidas em um dia de trabalho de acordo com o modelo proposto.

Figura 3: Numero de peças produzidas (modelo proposto).



Fonte: Os autores.

A figura 4 apresenta os tempos mínimo, médio e máximo em segundos do processo de moldação manual em relação ao modelo proposto.

Figura 4: Rendimento da jornada de trabalho (modelo proposto).

User Specified				
Tally				
Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
tempo da tarefa	15643.76	(Insufficient)	12492.93	18345.44

Fonte: Os autores.

O quadro 2 apresenta a comparação dos tempos efetivos de produção em relação ao número de moldes produzidos em relação ao modelo atual.

Quadro 2: Comparação de tempo e processos executados (modelo proposto).

Relação de rendimento do processo proposto			
Tempos de rendimento(segundo)	Horas	Nº de peças produzidas	
Tempo mínimo	12492.23	03:28	6
Tempo médio	15643.76	04:20	6
Tempo máximo	18345.44	05:05	6

Fonte: Os autores.

A partir do levantamento de dados e com base na comparação dos modelos, foi observada uma redução do tempo de total do processo, e em consequência, uma maior produtividade na fabricação dos moldes. A redução do tempo efetivo de produção no modelo proposto foi de 9.87% em relação ao modelo atual.

Também foi feito um novo modelo de *layout* do setor de moldação manual, visto que a implementação da esteira implica em um rearranjo físico do local conforme ANEXO II. Desta forma, o espaço que antes era congestionado pelos moldes, está livre, contribuindo para uma melhor fluidez dos processos e produtos.

4. Considerações finais

Com base em análises através de cronometragem manual e virtual com utilização do *software* Arena, obtiveram-se resultados que indicam “perda” de tempo no processo de moldação. Tal perda se dá ao tempo de espera do enchimento do “carrinho de mão” e de deslocamento do colaborador responsável em transitar com a areia do silo até o molde.

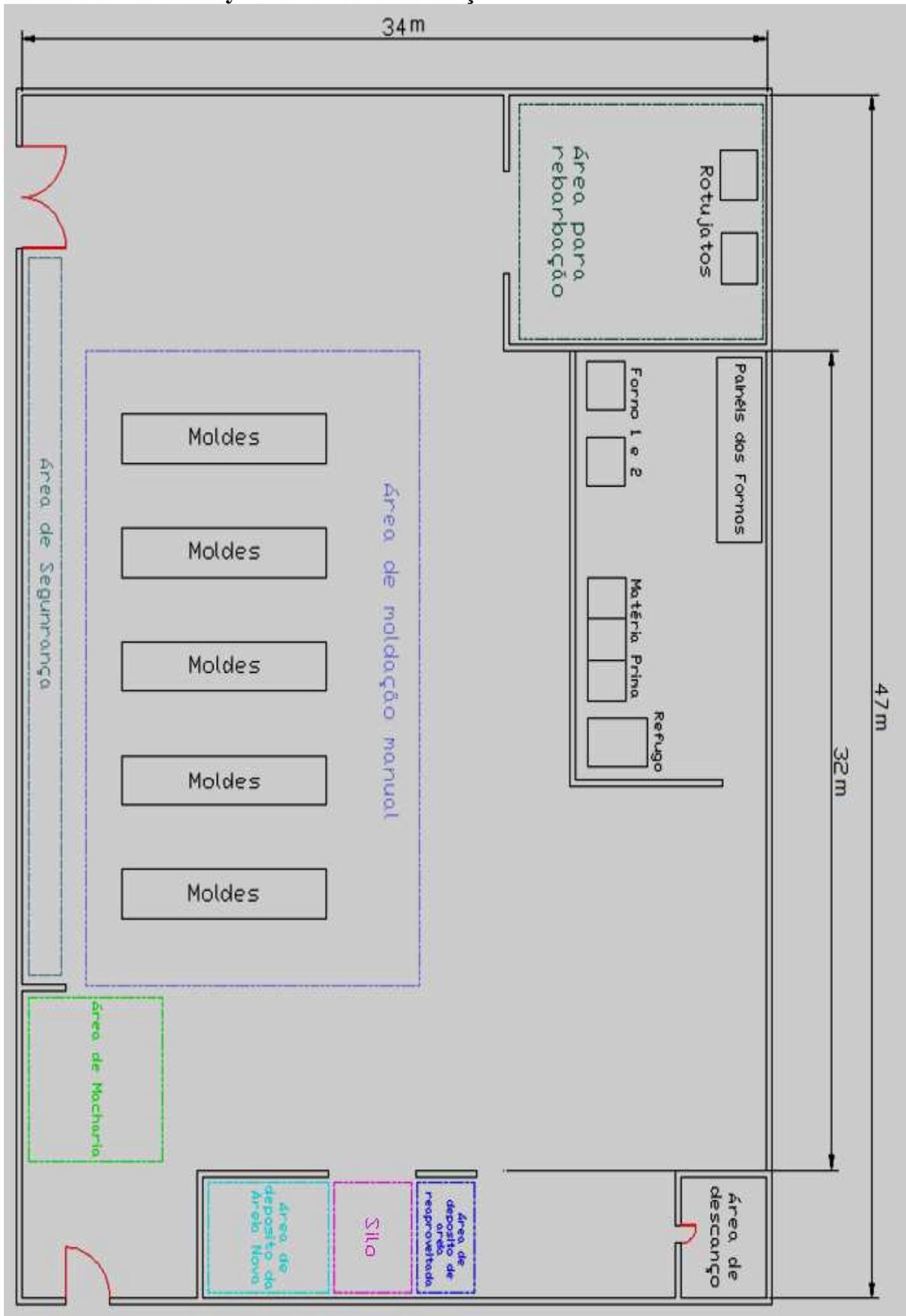
Desta forma, analisando o tempo e movimento do trajeto em questão, constatou-se que com a suposta implementação de uma esteira rolante abrangendo todo o espaço destinado à moldação. Assim, o tempo de deslocamento realizado pelo colaborador será inexistente, dando lugar apenas ao tempo de preenchimento do molde diretamente do silo e a sua locomoção através da esteira dando sequência aos demais processos sem a necessidade de esforço físico, melhorando a qualidade do trabalho e velocidade do processo.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, STÊNIO M S.; GUIMARÃES, IRCE F G.; SCHUCHTER, DAUBER C.; MENDES, LEONARDO G M. **Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software Arena 10.0, em uma 10 empresa de transporte ferroviário. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009.** Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_091_615_12726.pdf >. Acesso em 12/10/2015 às 19:40 h.
- BÓSOLI, GUSTAVO S.; FALLEIROS, JOÃO PAULO B.; FORNARI, VÍTOR Y.; SILVA, JOÃO E; VIEIRA, JOSÉ G VIDAL. **Simulação computacional como ferramenta para reorganização do arranjo físico de uma empresa de produtos químicos. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009.** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_091_620_12819.pdf > Acesso em 01/10/2015 às 12:35h.
- BARNES, R. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho.** São Paulo: Edgar Blücher, 1977.
- FIGUEIREDO Francisca Jeanne Sidrim de; OLIVEIRA Teresa Rachel Costa de; SANTOS Ana Paula Bezerra Machado. **Estudo de tempos em uma indústria e comércio de calçados e injetados LTDA.** - XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, MG, Brasil, 2011.
- HARREL, C. R.; MOTT, J. A. R.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN. **Simulação: otimizando os sistemas.** 5ªed. Promodel Corporation. 1997.
- MASON, E.R., **Plant Layout requirements for the factory of the future.** AIPE Facilities Management, Operation and Engineering January-February 1989.
- MAYER, R. **Administração da Produção.** 1ª ed. São Paulo: Atlas, 1990.
- PICANCO Ailson Renan Santos; FRANCA Fernanda Silva de Assis; CRUZ Leandro Dela Flora; SANTOS Lirha Freitas. **Estudo de padronização e definição da capacidade produtiva de uma indústria de bebidas visando um controle mais eficiente do processo produtivo.** - Belo Horizonte, MG, Brasil, 2011.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1996.

ANEXOS

ANEXO I – Atual Layout do setor de moldação.



ANEXO II – Layout proposto do setor de moldação.

