Brazilian Journal of Development

A melhoria de sistemas produtivos baseada na diminuição do tempo de setup das máquinas: Um estudo de caso no setor de calçados

Improvement of productive systems based on reducing machine setup time: A case study in the footwear sector

DOI:10.34117/bjdv6n7-467

Recebimento dos originais: 20/06/2020
Aceitação para publicação: 20/07/2020

Elder Olinto de Morais
Mestre em Modelagem Computacional e Sistemas pela Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes
Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes
Endereço: Avenida Dr. Ruy Braga s/n Vila Mauricéia. Cep: 39.401-089 Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Prédio 3. Departamento de Matemática
e-mail: elder.morais@unimontes.br

Kennya de Lima Ribeiro
Mestre em Desenvolvimento Social pela Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes
Instituição: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – campus Araçuaí
Endereço: Fazenda do Meio Pé da Serra s/n BR 367, km 278. Cep 39.600-000 – Araçuaí-MG
email: kennya.ribeiro@ifnmg.edu.br

Narciso Ferreira dos Santos Neto
Doutor em Engenharia de Transporte pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes
Endereço: PPGMCS – Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas – Campus Darcy Ribeiro. Prédio 2 – 2º Andar – sala 1
email: narciso.ferreira@unimontes.br

RESUMO
Observando o mercado mundial, percebemos a competitividade como fator comum a todos os setores econômicos. As empresas vêm buscando promover a padronização de seus processos como forma para redução de tempo de produção e consequentemente diminuição dos custos. Neste artigo objetivou-se demonstrar uma aplicação de melhoria de processos industriais, através de redução do tempo de setup com a aplicação da metodologia Troca Rápida de Ferramentas – TRF. Foi realizado um estudo de caso em uma empresa do ramo de calçados, e foi possível constatar uma diminuição no tempo de setup em um dos processos produtivos da empresa, através da aplicação um método quantitativo com embasamentos matemáticos, associado um processo de simulação no software Arena, testando assim, em diferentes cenários, a fim de analisar o resultado para auxiliar na tomada de decisão no processo decisorial das organizações e para o alcance dos objetivos estabelecidos.

Palavras-chave: Tempo de setup, Produtividade, Simulação de Processo

ABSTRACT
Looking at the world market, we perceive competitiveness as a factor common to all economic sectors. The companies have been seeking to promote the standardization of their processes as a way to reduce production time and consequently decrease costs. In this article we aimed to demonstrate

Brazilian Journal of Development

an application of improvement of industrial processes, by reducing the setup time with the application of the Rapid Tool Exchange (TRF) methodology. A case study was carried out in a company in the shoe industry, and it was possible to observe a decrease in setup time in one of the company's productive processes, through a simulated comparison of the current process and the ideal process through the Arena software.

Keywords: Setup time, productivity, process.

1 INTRODUÇÃO

Com as transformações ocorridas no cenário das organizações em geral, uma das maiores preocupações das empresas é com a competitividade. A busca incessante pela sobrevivência diante das diversas mudanças no mercado se apresenta como um dos maiores desafios para as empresas.

Muitas delas buscam reduzir custos e em consequência reduzir também seus preços de venda. Outras investem em programas relacionados à qualidade, fazem investimentos tecnológicos e lançam mão de várias técnicas com o intuito de atingir o objetivo da máxima produtividade e lucratividade.

Com o intuito de garantir sua ascensão, as empresas devem ofertar produtos e serviços que atendam às necessidades e expectativas do mercado, que sejam úteis, que cubram custos, que garantam lucros e que tenham preços competitivos.

Para que isso aconteça, é preciso conhecer muito bem o mercado que se deseja atender, verificar a melhor estratégia de atuação, recursos e tecnologia necessários para a obtenção de produtos, aquisição e controle de matérias primas, conhecer a atuação dos concorrentes, enfim, garantir que toda a sua cadeia produtiva seja eficiente.

A gestão do tempo se apresenta como um destes desafios, numa realidade onde as empresas são obrigadas a repensar suas operações buscando garantir a máxima produtividade. A necessidade de adequação a novos procedimentos, novas legislações e novas obrigatoriedades faz com que o tempo precise ser calculado e economizado ao máximo, principalmente nas atividades relacionadas ao processo produtivo.

Em se tratando de processos industriais, quando se refere ao tempo, é inevitável não comentar sobre o tempo de setup. De acordo com Singh e Khanduja (2010), uma das maneiras de se aumentar a eficiência na produção é através da redução do tempo de setup das máquinas. O setup é o nome dado à atividade que antecede a produção, momento de preparação do equipamento em que o processo se mantém parado. Neste caso, é um tempo de perda, visto que até que se recomece o processo, a máquina permanece ineficiente. Para Cakmakci (2008), quanto menor for o tempo de preparação da máquina, ou tempo de setup, mais eficiente se torna o processo.

Como forma de reduzir o tempo de setup, foi desenvolvida a chamada TRF - Troca Rápida de Ferramentas. Esta metodologia foi idealizada por Shigeo Shingo. Shingo (2008) define TRF como

um conjunto de técnicas que visam a redução do tempo de setup para menos de dez minutos, possibilitando assim uma produção com nível de estoque reduzido, aumento de taxas de utilização da máquina, menor índice de erros de setup e melhoria de qualidade.

Observando a importância da redução do tempo de setup para aumento da produtividade, este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação da metodologia TRF na operação de setup de uma empresa do setor de calçados, com o intuito de agregar ao processo produtivo desta empresa todos os benefícios propostos por esta técnica, principalmente no que tange à eficiência produtiva.

Para o atendimento do objetivo pretendido, este trabalho é norteado por uma revisão bibliográfica apresentando conceitos sobre produtividade, estudo dos processos e sobre a técnica TRF. Após a revisão são descritos os procedimentos metodológicos, onde se compara o processo produtivo antes e depois da aplicação da metodologia TRF, trazendo as análises e resultados da experimentação. E como fechamento, são apresentadas as conclusões a partir da análise dos resultados obtidos.

O método para a análise e comparação do processo produtivo em estudo será a simulação destes processos utilizando o software Arena. O software Arena é uma ferramenta para simulação de eventos discretos muito utilizada no mundo, por possuir um ambiente gráfico integrado além de recursos estatísticos para análise, modelagem de processos, animação e análise de resultados.

2 PRODUTIVIDADE

O estudo da produtividade apresenta-se como uma das maiores demandas dentro das indústrias. Conforme Moreira et al (2008), a produtividade implica no melhor aproveitamento de recursos, sejam eles materiais - como maquinário, matéria prima, combustíveis -, ou humanos para produção ou prestação de serviços. O aumento da produtividade implica na redução de custo por produto produzido e, consequentemente, a empresa será mais competitiva. Para avaliá-la é utilizada a fórmula $Prod=Q/I$ em um determinado período t onde Q representa a produção obtida e I os insumos utilizados. As medidas de produtividade são de suma importância como:

- Ferramentas gerenciais na tomada de decisão;
- Instrumentos de motivação e competição entre unidades operacionais;
- Comparação de desempenho de unidades diferentes da mesma empresa.

A fim de garantir a produtividade, uma das ações necessárias é o estabelecimento da medida de produção. Esta pode ser analisada de duas formas:

- Física, pela quantidade de unidades produzidas;
- Monetária, que pode ser avaliada por: valor das vendas, como última opção por não avaliar os esforços produtivos; valor da produção onde não há computado os valores como descontos na venda, impostos, etc.; valor adicionado obtido com a soma dos insumos externos reduzindo a matéria prima, combustíveis consumidos, etc (CORREA, 2013).

Em um sistema de produção, de acordo com Corrêa (2013), tem que ser previsto o planejamento das necessidades futuras, materiais comprados, níveis adequados de estoque, atividades de produção. Slack et al (1996) acrescentam que mesmo que todas as operações na produção estejam bem gerenciadas sempre podem ser melhoradas. Para tanto, há a necessidade de se fazer um estudo detalhado dos processos e suas atividades.

3 PROCESSOS E TEMPO DE SETUP

Para Juran (1992) processo é uma definição genérica atribuída a uma série sistemática de ações objetivando uma meta. Este conceito é usado da mesma forma, tanto para as forças humanas utilizadas no processo como para as instalações físicas em indústrias. Uma outra definição é a de Harrington (1993) que identifica o processo como um momento de transformação contendo três fases:

- entrada (input);
- agregação de valor (transformação);
- saída (output).

De acordo com Slack et al (1996), para o alcance da produtividade, o estudo sistemático dos processo pode contribuir para os objetivos estratégicos da organização. Para tanto, observa-se a importância na identificação de todos os processos ocorridos dentro da organização. A transformação da matéria-prima em produtos acabados ou a prestação de serviços são sustentados pela execução do processo. Um erro, falha ou um processo mais moroso pode efetivar em um produto ou serviço defeituoso ou mais oneroso deixando a empresa menos competitiva. Dessa forma, identifica-se a necessidade de que a administração do processo seja contínuo e acumulativo. Para Oliveira (2006) a ação de repensar e redesenhar o negócio em todos os seus processos e atividades integrantes é extremamente relevante para a garantir o atendimento às expectativas dos clientes.

Campos (2004) corrobora com este pensamento ressaltando a necessidade do gerenciamento da rotina com as seguintes ações:

- Padronização dos processos;
- Identificação de autoridade e responsabilidade;
- Monitoração dos resultados dos processos;
- Ação corretiva dos processos a partir da monitoração;

Ainda conforme Campos (2004), as atividades devem ser padronizadas como ferramenta na busca da qualidade do processo. Dessa forma há como se atribuir a responsabilidade por cada trabalho atribuindo uma meta para a execução de cada procedimento. A padronização é feita conforme a necessidade de cada processo estudado. Não há a sugestão de um padrão para cada atividade.

Nos setores industriais, uma das melhorias existentes dos processos é o que chamamos de redução de tempo de setup. O conceito de setup pode ser definido como "todas as tarefas necessárias desde o momento em que se tenha completado a última peça do lote anterior até o momento em que se tenha feito a primeira peça do lote posterior" (MOURA, 1996). Este tempo necessário para a preparação das máquinas e equipamentos é considerado improdutivo, e a sua redução implica em maior aproveitamento do tempo e melhoria na produção. Dentre as ferramentas existentes para diminuição do tempo de setup é a chamada Troca Rápida de Ferramentas, a TRF.

4 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

Uma das principais ferramentas na busca da melhoria do setup é a SMED "single-minute exchange of die" que tem em seu conceito a troca de ferramentas em menos de 10 minutos. Conhecido aqui no Brasil como TRF "Troca Rápida de Ferramentas" tem em seu objetivo a redução de tempos na preparação de equipamentos para produção, também conhecido como setup. Desenvolvida pelo Shigeo Shingo em 1950 na fábrica da Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima que tinha a intenção eliminar o congestionamento nas prensas de estampagem de 350, 700 e 800 toneladas.

Para Shingo (2008) a metodologia TRF pode ser vista como uma ferramenta de redução de custo com baixos investimentos no processo produtivo. O autor divide o setup em quatro funções:

- A primeira fase compreende na preparação da matéria-prima, ferramentas de montagem, equipamentos e acessórios ou qualquer outro dispositivo que será utilizado.
- A segunda fase realiza a substituição das matrizes e ferramentas.
- Na terceira fase aplica-se a regulagem e calibragem das matrizes e ferramentas
- Na quarta fase são iniciados os processamentos e ajustes necessários.

Brazilian Journal of Development

Um outro ponto essencial no estudo do Shingo (2008) sobre a TRF é a separação de Setup Interno (SI) e Setup Externo (SE). O setup interno é executado com o equipamento parado enquanto o setup externo é executado com o equipamento em produção. A redução sistemática do tempo de setup ou a transformação do SI para SE é essencial para redução de custo e aumento da produtividade, uma vez que o equipamento permanecerá maior tempo em atividade produtiva. Em seus experimentos, o autor afirma que cerca de 30 a 50% das paradas inevitáveis podem ser reduzidas com a simples organização e separação do SI e SE.

Um exemplo dessa constatação foi o processo desenvolvido dentro da Toyota Motors Company. A fábrica possuía um tempo de setup de quatro horas para substituição dos moldes. Inicialmente, o tempo de setup foi reduzido para 90 minutos após separar o setup em interno e externo. Em um segundo momento o tempo foi reduzido para 3 minutos após aplicação das técnicas de redução de tempo de setup. Nesta fase há uma análise detalhada de todas as atividades do processo de setup interno e externo, objetivando a redução máxima do tempo na operação.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No estudo realizado, foi aplicada a metodologia TRF (troca rápida de ferramentas). A pesquisa em questão também pode ser caracterizada como estudo de caso, pelo fato de serem analisados dados e procedimentos realizados, nos quais serão aplicadas intervenções, uma vez que o objetivo é de aprimorar os procedimentos atuais visando a otimização do processo de setup para um aumento da produtividade.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor de calçados, na etapa de moldagem do produto, realizado em máquinas de prensa. As prensas em questão são as máquinas que através de sistemas hidráulicos transformam os cartuchos de borracha no solado do calçado, sendo que para cada tamanho e modelo é utilizado um molde específico nesta prensa.

Para melhor visualização do processo de setup estudado, será utilizado o software Arena como ferramenta de simulação do procedimento atual e futuro. Em relação ao processo futuro, serão propostas mudanças nos processos de setup aplicando a metodologia TRF, para verificar as possíveis melhorias que podem ocorrer no processo, além da verificação nos resultados de produtividade. O estudo de caso está baseado em uma demanda do setor produtivo para a redução do setup realizado nas prensas. A seguir é apresentado todo o processo.

A cada início do turno de trabalho, a supervisão verifica a programação da produção solicitada, pelo setor de PCP (planejamento e controle da produção) para as prensas, informando basicamente os tamanhos de calçados a serem produzidos, bem como suas quantidades e modelos. De acordo com

Brazilian Journal of Development

o tamanho e modelo é utilizado um molde específico para o processo de moldagem da borracha realizado nas prensas.

Entende-se por setup na prensa o procedimento da troca dos moldes para que seja possível atender a demanda diária de produção. De acordo com a demanda é verificado quais são os moldes montados nas máquinas e analisada a necessidade de troca para que possa ser realizada a produção dos tamanhos e modelos solicitados. Diariamente é realizada uma média de 12 setups para a troca dos moldes, distribuídos entre os três turnos de produção. Estes setups geram 12 períodos de máquina parada, resultando em perda de produção.

Considerando que a produtividade está relacionada com o bom aproveitamento do tempo disponível para produzir, quanto menor o tempo de setup, maior será a produtividade das prensas, possibilitando uma melhor visão do processo no que tange a capacidade e demanda e consequentemente melhores entregas aos clientes internos e externos.

Para a realização da redução do setup foram coletados alguns dados pertinentes ao processo para a atividade de análise e comparação. A Tabela 1 demonstra as etapas para o procedimento de setup na prensa, bem como a sequência e tempo utilizado em cada etapa.

Tabela 1 – Etapas do Setup

Etapa	Descrição	Tempo gasto (minutos)
01	Separar moldes e mascaras conforme setup solicitado	10
02	Preparar moldes colocando puxadores	10
03	Levar moldes, máscaras e antiderrapantes para máquina	02
04	Preparar equipamento para setups	03
05	Retirar moldes	08
06	Retirar antiderrapantes	06
07	Retirar máscaras	03
08	Montar moldes	10
09	Montar antiderrapantes	13
10	Montar máscaras	05
11	Avaliação do setup	03
12	Preparação do equipamento para liberação	03

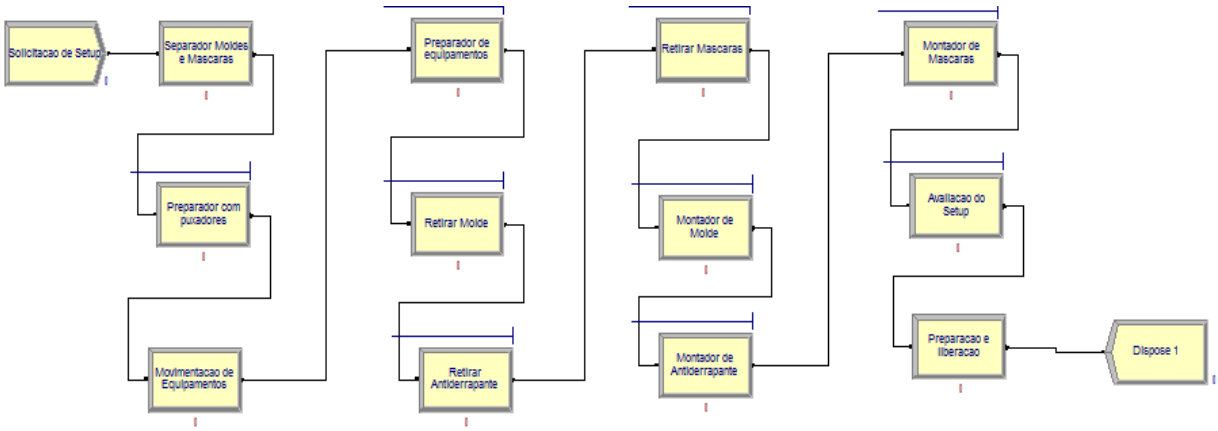
Brazilian Journal of Development

Com a intensão de simular o processo dentro das condições mais próximas da realidade, foi feita uma pesquisa em forma de entrevista com alguns colaboradores da empresa para identificar as características de cada etapa do setup quanto ao tempo gasto, ou seja, se o tempo informado representa:

- Tempo padrão.
- Tempo máximo, e caso seja, qual seria o tempo mínimo e vice-versa.
- Tempo médio, caso seja, qual seria o mínimo e o máximo.

Ainda através da entrevista, foi abordada a questão de comportamento do colaborador no que tange à necessidade de troca de molde e a aceitação quanto à atividade de troca de molde. De posse dos dados informados, foi utilizado o software Arena, que é um programa computacional de simulação da empresa Rockwell Softwares, o Arena apresenta funcionalidades necessárias que foram utilizadas no transcurso do trabalho.. Ao ser utilizado o Arena, levou-se em consideração o conceito do que chama-se de "estações de trabalho", que são os pontos onde o produto ou serviço transita até o término do processo, criando assim, o que se chama de um fluxo, tendo esse conceito, é necessário fornecer informações sobre o que acontece em cada estação de trabalho, e sobre o deslocamento entre essas estações (PRADO, 2009). A análise dos resultados, foi efetuada embassada no que é chamado de Input Analyser e Output Analyser, onde por meios destes, foramefetuadas as análises através dados coletados, já que no processo do Input, foram analisados dados reais do processo, escolhendo a melhor. Desta forma realizou-se a simulação no software Arena com o procedimento do setup inicial, representada na Figura 1, contendo o fluxo do processo de troca de molde, demonstrando o início com a solicitação do setup e em seguida as 12 etapas conforme dados informados.

Figura 1 – Setup Inicial para a troca de molde



Brazilian Journal of Development

Com a simulação realizada, obteve-se um tempo médio de setup de 77,915 minutos. Dando seguimento à proposta sugerida de aplicação da metodologia de troca rápida de ferramenta (TRF), foi realizado o estágio de separação entre setup externo e setup interno, definindo as três primeiras etapas como setup externo e as nove seguintes com setup interno. A Tabela 2 identifica esta separação aplicada.

Considerando que a proposta do estudo de caso é verificar o tempo de máquina parada devido ao setup para a troca de molde, foi realizada a segunda simulação no Arena somente com o setup interno, no qual a máquina se encontra parada. Na figura 2 é apresentado o fluxo do setup de troca, sendo agora o setup atual, somente com setup interno que contempla as nove etapas finais, de acordo os dados informados.

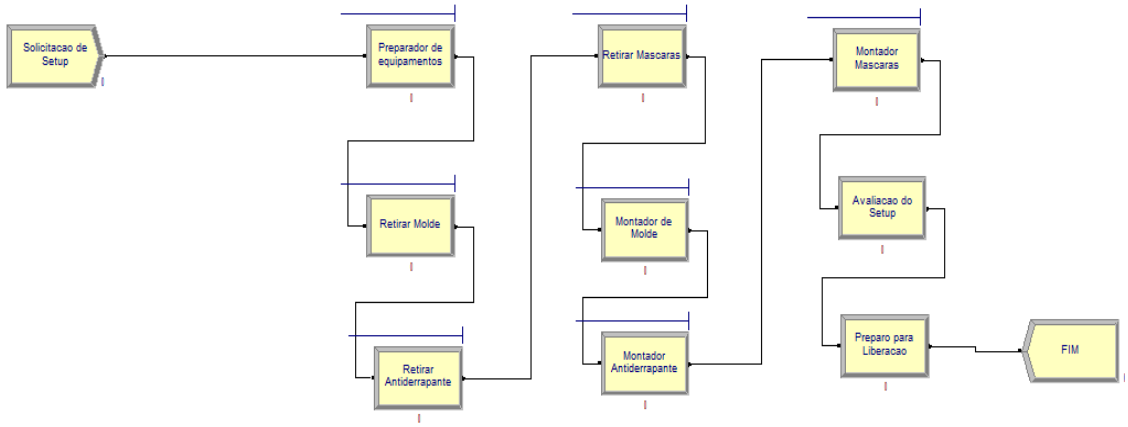
Tabela 2 – Etapas do Setup, Separação entre Setup Interno e Setup Externo

Etapa	Descrição	Tipo de Setup	Tempo gasto (min)
01	Separar moldes e mascaras conforme setup solicitado	Externo	10
02	Preparar moldes colocando puxadores	Externo	10
03	Levar moldes, mascaras e antiderrapantes para máquina	Externo	02
04	Preparar equipamento para setups	Interno	03
05	Retirar moldes	Interno	08
06	Retirar antiderrapantes	Interno	06
07	Retirar máscaras	Interno	03
08	Montar moldes	Interno	10
09	Montar antiderrapantes	Interno	13
10	Montar mascaras	Interno	05
11	Avaliação do setup	Interno	03
12	Preparação do equipamento para liberação	Interno	03

Observando a simulação do setup atual, o qual comtempla somente o setup interno, constatou-se que o tempo gasto para troca de molde com máquina parada foi de 55,920 minutos.

Brazilian Journal of Development

Figura 2 – Setup Atual para a troca de molde – Setup interno.



6 RESULTADO E DISCUSSÃO

Com os valores de tempo obtidos entre o setup inicial – 77,915 minutos – e o setup atual, após a aplicação do estágio um da metodologia de TRF, com a análise somente do setup interno – 55,920 minutos – observou-se assim uma redução entre o setup inicial e o atual de 21,995 minutos, representado 28% no tempo gasto anteriormente. Com base na média de 12 setups realizados diariamente, a empresa teve um ganho de produtividade de 4 horas/dia.

Após análise do procedimento do setup para a troca de molde e com base na metodologia de troca rápida de ferramenta no estágio de racionalização do tempo de setup, foram consideradas algumas sugestões de melhorias para otimizar o processo e obter ganhos no tempo para aumento de produtividade:

- Treinamento da equipe de trabalho para a redução de 1 minuto do tempo máximo gasto nas etapas de retiradas e equipamentos – etapas 4, 5 e 6.
- Adequação dos moldes para troca rápida com pinos de acoplamento, reduzindo assim o tempo das etapas 5 e 8 para a metade do tempo atual.
- Reduzir o processo de liberação – etapa 12 – para 1 minuto.

As sugestões propostas foram simuladas no software Arena obtendo assim um tempo total com setup interno de 43,965 minutos. Com a aplicação das sugestões descritas espera-se obter um ganho de produtividade em relação ao setup atual de 2,4 horas/dia e, em relação ao setup inicial, o ganho a ser alcançado é de 6,4 horas/dia.

Brazilian Journal of Development

7 CONCLUSÃO

A objetivo deste estudo, foi abordar a troca rápida de ferramentas através d a simulação no arena para verificar o fluxo do processo produtivo, e elaborar uma proposta de melhoria no mesmo, com o objetivo de tornar mais eficiente a produção com o aumento da produtivade com a redução do setup.

O modelo de simulação apresentado respondeu os objetivos estabelecidos, gerando resultados para auxiliar possíveis tomadas de decisões sobre o fluxo de produção da empresa estudada com a a redução do setup de máquina, considerando a aplicação da metodologia de troca rápida de ferramenta um custo de investimento muito baixo em relação aos ganhos obtidos com o aumento da produção. Este modelo também, pode ser aplicado como em outras empresas, tendo como base o referencial teórico, o estudo abordado sendo que através dos objetivos propostos foi possível elaborar cenários de produção mais confiáveis, testar diversas variáveis, aproveitando melhor os recursos e verificar a capacidade de produção do setor

É possível também verificar a necessidade de um estudo mais detalhado no sistema como um todo para analisar a viabilidade da aplicação das melhorias através do gerenciamento dos processos realizados na empresa.

REFERÊNCIAS

Cakmakci, Mehmet. *Process improvement*: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. International journal of advanced manufacturing technology, v. 41, n. 1-2, 2008.

Campos, V. F. *Gerenciamento da Rotina do trabalho do Dia-a-Dia*, 8. Ed., Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004

Corrêa, Henrique L. *Planejamento, programação e controle da produção*. MRP H/ERP Conceito, uso e implantação: Base para SAP, Oracle applications e outros softwares integrados de gestão. 5. ed. São Paulo: Atlas 2013.

Harrington, H. J. *Aperfeiçoando Processos Empresariais.* São Paulo: Makron Books, 1993.

Juran, Joseph. Moses. *Planejando para a Qualidade*. 2 ed. São Paulo: Pioneira Editora, 1992.

Moura, R. A. *Redução do tempo de setup*: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas. 1. Ed. São Paulo: IMAN, 1996.

Moreira, L. M. et al. *Aplicação da ferramenta Trabalho Padronizado em uma madeireira*: um estudo de caso. In: Simpósio De Engenharia De Produção. Bauru, 2008. Anais. Bauru, 2008.

Oliveira, Djalma Pinho Rebouças de. *Administração de Processos*: conceitos, metodologia, práticas. São Paulo: Atlas, 2006.

Prado, D. S. *Teoria das filas e da simulação*. 4. ed. Belo Horizonte: INDG, 2009.

Shingo, S. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta*: Uma revolução nos sistemas produtivos. Bookman, 2008.

Shingo, S. *O Sistema Toyota de Produção Do Ponto De Vista Da Engenharia De Produção*. Bookman. 1996.

Singh, B. J., Khanduja, D. *Smed*: for quick changeovers in foundry SMEs. International Journal of Productivity and Performance Managemant, v. 59, n. 1, pag 98-116, 2010.

Slack, Nigel, et al. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1996.