

## Uso da Simulação como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisões em uma Empresa Metalúrgica: Estudo de Caso

Amanda de Oliveira Santos (UNIS MG) [amanda.001.sa@gmail.com](mailto:amanda.001.sa@gmail.com)  
Gustavo Ferreira Rabêlo Garcia (UNIS MG) [gustavo.garcia@unis.edu.br](mailto:gustavo.garcia@unis.edu.br)  
Alessandro Ferreira Alves (UNIS MG) [alessandro.alves@unis.edu.br](mailto:alessandro.alves@unis.edu.br)  
Nancy Christiane Ferreira Silva (UNIS MG) [nancy@unis.edu.br](mailto:nancy@unis.edu.br)

### Resumo

Este trabalho analisa a criação de cenários no software de simulação ARENA® que mostrem o aumento do nível de utilização dos equipamentos utilizados no processo de estampagem de um determinado produto, mostrando as possibilidades que uma empresa pode ter ao fazer o gerenciando de seus equipamentos, mão de obra e tempo de processamento. O uso da simulação se faz necessário devido às suas vantagens, como o baixo ou inexistente custo financeiro e também a não interferência no dia a dia da empresa, facilitando assim a verificação de hipóteses e tomada de decisões no ambiente virtual. O objetivo é aumentar aproveitamento do poder produtivo da empresa, através do aumento do nível de utilização dos equipamentos nas empresas, buscando reduzir a ociosidade na produção. Assim utilizando a simulação para mostrar e testar as hipóteses que consigam alcançar o melhor resultado possível. Este propósito será conseguido a partir do estudo de caso que se desenvolveu inicialmente por meio de uma revisão bibliográfica sobre sistemas, modelagem e simulação a fim de conhecer as vantagens e desvantagens de se utilizar esses métodos e posteriormente por uma análise do processo de estampagem de metal de uma empresa metalúrgica para a criação do modelo utilizado na ferramenta de simulação computacional. Foram analisados três cenários, tendo como variações, a quantidade de colaboradores, recursos e sequenciamento de produção.

**Palavras-chave:** Ociosidade. Estampagem. Cenários. Simulação Computacional.

## Use of Simulation as a tool to support decision making in a metallurgical company: a case study

### Abstract

This work analyzes the creation of scenarios in the ARENA® simulation software that show the increase of the level of use of the equipment used in the stamping process of a given product, showing the possibilities that a company can have when doing the management of its equipment, hand of work and processing time. The use of the simulation is necessary due to its advantages, such as low or nonexistent financial cost and also the non-interference in the day to day of the company, thus facilitating the verification of hypotheses and decision making in the virtual environment. The objective is to increase the use of the productive power of the company, by increasing the level of use of equipment in companies, seeking to reduce idle production. Thus using the simulation to show and test the hypotheses that can achieve the best possible result. This purpose will be obtained from the case study that was developed initially through a literature review on systems, modeling and simulation in order to know the advantages and disadvantages of using these methods and later by an analysis of the process of metal stamping of a metallurgical company to create the model used in the computer simulation tool. Three scenarios were analyzed, with varying amounts of resources.

**Key-words:** Idleness, Stamping, Scenarios, Computer Simulation.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo decisório é uma constante no processo de gestão das pequenas e grandes organizações, pois a cada decisão tomada uma nova etapa é construída, todo o futuro depende de decisões a serem tomadas. Devido a esse destaque para as decisões, inúmeras ferramentas estão surgindo para auxiliar os gestores, criando formas mais simples e seguras para se decidir sobre algo.

Este trabalho apresenta uma dessas ferramentas, mostrando as possibilidades de se aumentar à utilização dos equipamentos de uma empresa utilizando um modelo de simulação computacional através do software ARENA<sup>®</sup>. Nesse ambiente virtual serão testadas hipóteses que possam chegar a capacidade de utilização ao máximo, eliminando a ociosidade e gerando lucro para a empresa.

Tal abordagem é útil para as empresas devido às vantagens da simulação. Pois a simulação não demanda custos financeiros e também não interfere no dia a dia da empresa, facilitando a verificação de hipóteses no ambiente virtual. Além disso, a simulação computacional faz parte da indústria 4.0, ou que chamamos de a quarta revolução industrial, sendo indispensável futuramente para empresas que almejam permanecer no núcleo econômico.

É importante ressaltar também a importância do trabalho para os gestores das empresas, pois com esse estudo é possível mostrar formas de se aumentar o nível de utilização dos recursos, que contribuiu para o crescimento e lucratividade da empresa. Auxiliando os gestores nas tomadas de decisão e melhorando o aproveitamento dos recursos, criando assim empresas competitivas para o mercado.

O propósito deste trabalho é mostrar através do software de simulação ARENA<sup>®</sup> como aumentar o nível de utilização dos equipamentos de uma empresa, no exclusivo caso, uma empresa do ramo de estamperia de metal. Comparando sua atual produção com modelos simulados através de cenários que melhor usam de seus recursos produtivos, reduzindo ao mínimo possível às horas ociosas dos equipamentos.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. Sendo o primeiro a introdução, no qual se encontra a importância, objetivos e justificativas do estudo. O segundo apresenta a revisão bibliográfica para melhor compreensão dos conceitos de modelagem e simulação computacional. O terceiro capítulo é uma descrição do estudo de caso analisado neste trabalho. Já o quarto capítulo está à aplicação dos conceitos apresentados nos capítulos anteriores. E por fim no quinto capítulo encontram-se as conclusões do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo encontra-se a revisão bibliográfica, que busca um embasamento teórico para a aplicação do tema abordado neste projeto através dos conceitos utilizados durante o desenvolvimento do estudo de caso, utilizando livros, dissertações de mestrado, artigos científicos, manuais, entre outras fontes relevantes para a obtenção de resultados.

Enfatizando que o objetivo deste projeto é mostrar como aumentar o nível de utilização dos equipamentos em uma determinada empresa através da ferramenta simulação, é fundamental entender os conceitos que envolvem a simulação computacional como modelos, sistemas e análise de cenários.

## 2.1 Modelos de Simulação

Buscando a melhor alternativa para desenvolver este estudo, é necessário escolher a ferramenta para análise mais viável que, de acordo com Andrade (2014), são os modelos de simulação. Modelos estes capazes de recriar uma situação real no ambiente virtual, possibilitando a análise das alternativas e proporcionando liberdade e flexibilidade na escolha da hipótese que mais se adapta ao planejado. Estes modelos fazem parte da simulação computacional que é utilizada neste estudo para testar alternativas e criar ambientes futuros que possam trazer soluções convenientes para o estudo. Prado (2014a, p. 11) afirma “a simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital.” De forma semelhante, Pegden (1990) afirma que a simulação é o processo de projeção de um modelo computacional baseado em um sistema real e que é capaz de conduzir experimentos com esse modelo buscando entender seu comportamento e/ou, avaliar suas estratégias de operação.

Para compreender o processo de criação do modelo de simulação, é necessário assimilar os conceitos que constituem a simulação computacional, como: sistemas, modelos, a análise de cenários, o mapeamento de processos e o software Arena<sup>®</sup>.

### 2.1.1 Modelos

Os modelos computacionais para Andrade (2014) são capazes de simular todas as operações de produção, mostrando a simulação do seu estágio atual e proporcionando a simulação de situações futuras, e ainda gerando relatórios que fornecem o rendimento, a viabilidade, a eficiência, entre outros aspectos que auxiliam na escolha da hipótese mais adequada. A importância da interação do modelo computacional com o processo que será simulado nasce a partir da confiabilidade das informações fornecidas que se obtém, promovendo eficácia na análise e na simulação dos resultados.

Por isso, entender o que é um modelo dentro da simulação é crucial para se desenvolver um modelo de simulação apropriado. Quatro etapas são importantes para que um sistema possa ser bem modelado, que segundo Freitas (2008) são: etapa de planejamento, etapa de modelagem, etapa de experimentação e etapa de tomada de decisão e conclusão do projeto.

A etapa de planejamento é composta pela formulação e análise do problema, o planejamento do projeto, a formulação do modelo conceitual e a coleta de macro informações. Esta etapa é crucial, pois todas as informações necessárias, estratégias e propósitos que dão início à simulação são obtidos, classificados e determinados nesta fase. Já na etapa de modelagem, o foco é a criação do modelo que é mapeado e avaliado passando pela coleta de dados, tradução do modelo, verificação e avaliação (FREITAS, 2008).

Na Figura 1, é mostrado um fluxograma ilustrando a construção das etapas do modelo computacional.

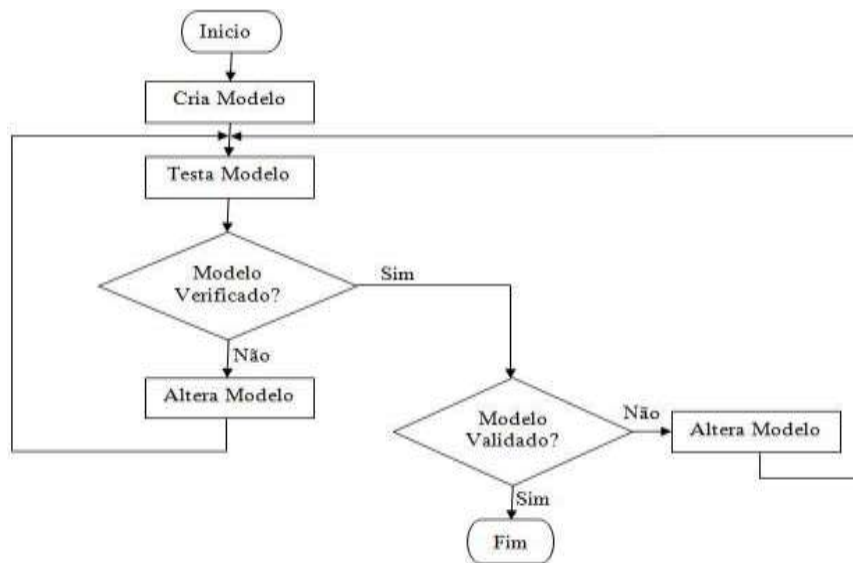


Figura 1 – Fluxograma das etapas de construção do modelo computacional. Fonte: Aragão (2011).

Para criação do modelo, também é necessário à etapa de experimentação que é constituída pelo projeto experimental final, a experimentação e interpretação, e a análise estatística dos resultados. Esta etapa determina se o modelo condiz com a situação real apresentada. E, por fim, a quarta etapa – etapa de tomada de decisão e conclusão do projeto – é possível analisar qual modelo melhor se adapta ao problema, com maior eficiência, através da comparação de sistemas e identificação das melhores soluções, da documentação de todo o projeto desenvolvido e da apresentação dos resultados e implementação, que pode ser considerada como sendo um *feedback* dos resultados (FREITAS, 2008).

### 2.1.2 Sistemas

Dentro dos conceitos de simulação também estão os conceitos de sistemas que são “uma agregação de objetos que tem alguma interação ou interdependência” (PRADO, 2014a, p. 111). Para se elaborar um projeto envolvendo simulação, faz-se necessário classificar claramente o que vem a ser um sistema, pois com base nessa definição é possível identificar quais informações deverão ser retiradas ou incluídas no estudo. Law e Kelton (2000) afirmam que um sistema é definido por ser uma coleção de entidades, isto é, pessoas, máquinas e outros recursos que atuam e interagem juntamente para o cumprimento de alguma sentença final.

### 2.1.3 O processo da simulação computacional

Juntando todos os conceitos de simulação, modelos e sistemas se obtém o processo final da simulação computacional, que é a aplicação da simulação em si. Para Freitas (2008) a simulação não é uma técnica complicada de ser usada. Ao contrário, dentre os métodos matemáticos voltados à solução de problemas, a simulação é a mais intuitiva e fácil de aprender e aplicar. A simulação computacional tem conquistado seu espaço nas questões de melhoria da qualidade e gerenciamento da produção. A utilização dessa técnica possibilita a visualização do funcionamento da produção, facilitando aos especialistas a tomada de decisão (ARAGÃO, 2011).

Prado (2014b) justifica o uso da simulação quando há inviabilidade da interferência com o sistema real. Trata-se daquela situação em que tentar alterar o sistema existente, sem ter uma certeza de que a alteração vai dar certo, pode significar um alto risco de prejuízo.

Aragão (2011) afirma que a simulação tem a vantagem de obter um tempo de resposta mais rápido e mais seguro, entretanto requer o esforço de especialistas na modelagem correta do sistema. A maior dificuldade está no desenvolvimento do projeto e no tempo gasto para chegar-se a um modelo que satisfaça a necessidade do usuário. Essa técnica necessita mais do que a utilização de programas computacionais. Além disso, é preciso ter conhecimento na elaboração do projeto, bem como de cada etapa que compõe o projeto.

## 2.2 Análise dos resultados da simulação

Segundo Freitas (2008) o processo de análise dos resultados de simulações realizadas com um modelo computacional, lida com dados obtidos a partir dos experimentos. Seu principal objetivo é permitir a realização de inferências e previsões sobre o comportamento e o desempenho do sistema real em análise. A principal razão para uma maior atenção é devido ao fato dos modelos apresentarem um comportamento estocástico.

Freitas (2008) ainda afirma que o procedimento de análise dos resultados da simulação inicia com a seleção de variáveis de resposta relacionadas à apreciação do desempenho do sistema. Essas variáveis podem ser contadores de ocorrências, medições de períodos de tempo ou, ainda, aquelas obtidas de resultados de estatísticas.

## 2.3 Mapeamento de processos

Para coletar as informações necessárias para o funcionamento do modelo de simulação, é preciso conhecer o processo que será analisado. Segundo Villela (2000) o mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação, que busca entender os processos a fim de melhorar ou de implantar uma nova estrutura. Com isso, é possível mapear todo o processo produtivo e retirar informações precisas para alimentar o modelo de simulação. O mapeamento de processos busca compreender os processos de negócios existentes ou futuros, a fim de proporcionar uma maior satisfação do cliente e melhor desempenho de negócios.

## 2.4 Software de simulação Arena<sup>®</sup>

Para criação do modelo de simulação computacional é necessário um *software* que atenda as necessidades do modelo que será simulado. O Arena<sup>®</sup> é um *software* de simulação bastante utilizado para simulação de processos produtivos. Para o processo de modelagem no Arena<sup>®</sup> um fluxograma representa um sistema, incorporando seus dados de entrada e gerando dados de saída, os quais são baseados na integração entre o modelo de simulação construído e as distribuições estatísticas dos dados obtidos do processo real inseridos como parâmetros para o funcionamento da simulação (ARAGÃO, 2011).

## 3 ESTUDO DE CASO

A empresa analisada neste trabalho atua no ramo de estamparia de metais, tendo como atividades, a fabricação, comercialização e estamparia de metais, além da locação de andaimes, máquinas e equipamentos de construção. Hoje seus principais produtos são todos voltados para a construção civil. Localizada em Varginha, no estado de Minas Gerais, a empresa vem tentando conquistar o mercado da construção civil. A empresa passou por muitas etapas, desde a fornecedora de peças para montadora de veículos até a sua configuração atual, de uma empresa independente com seus próprios produtos. O galpão da estamparia é composto pelo setor de corte, solda, estoque final e a estamparia. Possui nove prensas excêntricas, uma prensa hidráulica, e máquinas para acabamento (máquina de policorte e de soldagem). Seus principais produtos são o clipe de fixação para telha zipada e o

suporte para pia, o processo de fabricação pode ser visualizado no mapeamento do processo apresentado por meio dos fluxogramas nas figuras 2 e 3.

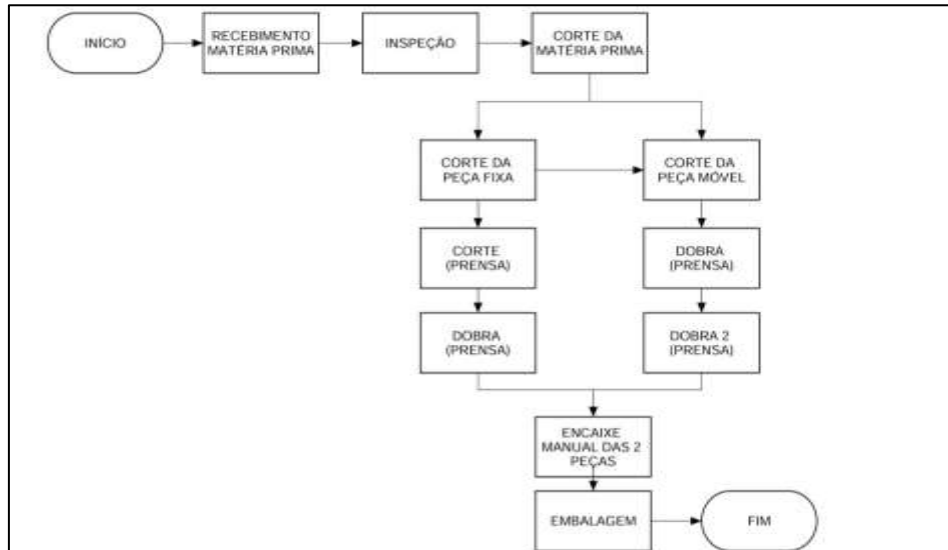


Figura 2 – Fluxograma clipe de fixação para telha zipada. Fonte: O autor.

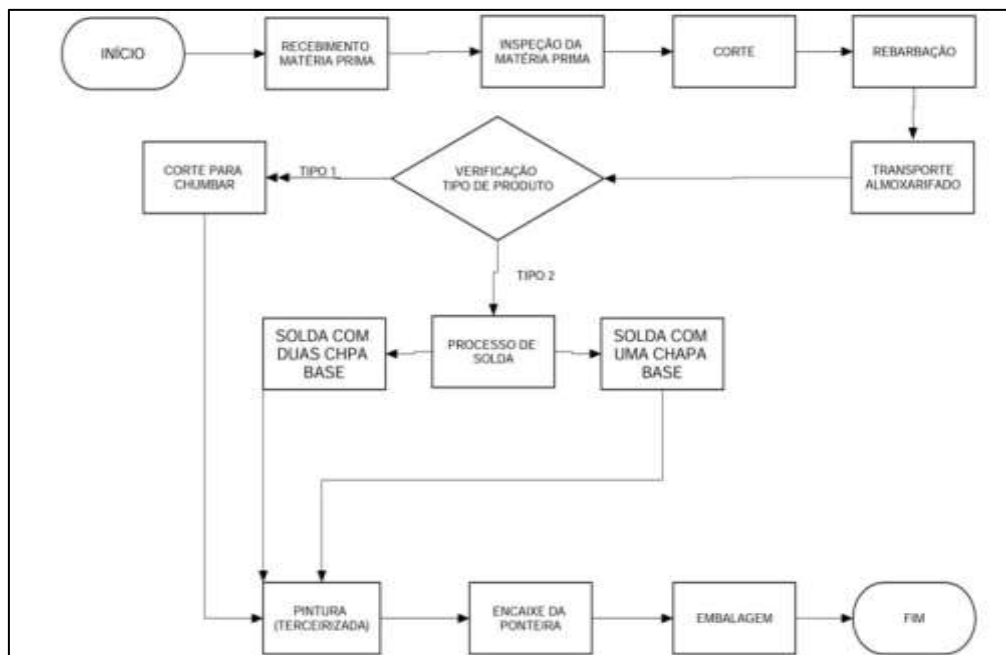


Figura 3 – Fluxograma suporte para pia. Fonte: O autor.

### 3.1 Processo de Estampagem

Foi realizado um mapeamento do processo no setor de estampagem para coleta das informações necessárias para simulação, e assim entender como são utilizados os equipamentos, máquinas e recursos. O processo produtivo da empresa é constituído de diversas etapas produtivas que envolvem a estampagem, conformação, operações de solda,

cortes, entre outros. A estampagem é uma deformação plástica do metal. De acordo com Penteadó (2016) a estampagem da chapa pode ser simples, quando se executa uma só operação, ou combinada. Com a ajuda da estampagem de chapas, fabricam-se peças de aço baixo carbono, aço inoxidável, alumínio, cobre e de diferentes ligas não ferrosas. Devido às suas características este processo de fabricação é apropriado, preferencialmente, para as grandes séries de peças, obtendo-se grandes vantagens, tais como: alta produção, reduzido custo por peça, acabamento bom, não necessitando processamento posterior, maior resistência das peças devido à conformação, que causa o encruamento no material e baixo custo de controle de qualidade devido à uniformidade da produção e a facilidade para a detecção de desvios.

### 3.2 Etapas dos processos produtivos da empresa

Dentre os produtos fabricados na empresa existem três tipos de suporte para pia, o suporte para pia de chumbar, o suporte para pia de bucha com mão francesa e o suporte para pia de bucha sem mão francesa. De acordo com a empresa, a capacidade de produção é de 800 peças/dia. Na tabela constam as especificações de cada tipo de suporte para pia.

Tipo	Matéria Prima	Maquinário	Fornecedores	Observações
<b>SPB</b>	Barra de ferro (metalon), ponteira e barra chata.	Furadeira industrial, máquina de policorte e maquina de solda.	Sulaço e Metal Minas	Mais comum
<b>SPBM</b>	Barra de ferro (metalon), ponteira e 2 barras chata.	Furadeira industrial, máquina de policorte e maquina de solda.	Sulaço e Metal Minas	Suporte mais resistente, pois possui um apoio maior.
<b>SPC</b>	Barra de ferro (metalon) e ponteira	Furadeira industrial, maquina de policorte.	Sulaço e Metal Minas	Básico

Fonte: A empresa, (2017).

Tabela 1 – Características do suporte para pia

Também é produzido na empresa o clipe de fixação para telha zipada, tendo sua capacidade em torno de 1000 peças/dia, segundo a empresa. Suas especificações, etapas de processamento, são apresentadas a seguir.

Tipo	Matéria Prima	Maquinário	Fornecedores	Observações
<b>Clipe</b>	Tiras de aço galvanizado (Kg)	Prensas excêntricas (com diferentes matrizes)	Sulaço e Metal Minas	Formado por duas peças uma fixa e uma móvel de mesma composição. Passam por diferentes processos de prensa. Vendida por Kg.

Fonte: A empresa, 2017.

Tabela 2 – Características do clipe para fixação de telha zipada

## 4 APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO

O Processo de estamparia de metal tem um alto custo com o maquinário, mas com o volume de produção alto e contínuo, é possível ter lucratividade neste ramo. Atualmente a empresa passa por uma fase de baixa produção, sendo que a venda dos produtos tem variado muito. No caso do clipe, por ser um produto ainda novo, sua demanda é bastante baixa. Já o suporte, por ter mais tempo no mercado, está sendo procurado, mas atualmente sua procura reduziu, segunda informações da empresa.

O modelo computacional do sistema produtivo foi baseado nos três tipos de suporte para pia. O clipe de fixação não pôde ser analisado devido à sua baixa produção. Como mostrado no Anexo A, é possível ver o modelo baseado no sistema produtivo real da empresa.

O modelo apresenta as operações necessárias para a fabricação do suporte para pia. No sistema de produção real, as limitações estão nos recursos de maquinário e colaboradores. Pois esse processo é realizado com o auxílio de uma máquina de policorte e um equipamento de soldagem, e o processo é realizado por dois operadores. Tais limitações geram grande oscilação no uso dos recursos de produção, resultando, ora em ociosidade, ora em sobrecarga; tanto dos equipamentos quanto dos dois operadores.

Para aumentar a utilização do sistema produtivo, foram analisados três cenários, detalhados na Tabela 3.

Cenário	Quantidade Produzida	Quantidade de Máquinas	Quantidade de Colaboradores
A	30 peças de SPB	1 Policorte	2 colaboradores
	30 peças de SPBM	1 Máquina de Soldagem	
	30 peças de SPC		
B	30 peças de SPB	2 Policortes	2 Colaboradores
	30 peças de SPBM	1 Máquina de Soldagem	
	30 peças de SPC		
C	30 peças de SPB	2 Policorte	2 Colaboradores
	30 peças de SPBM	2 Máquinas de Soldagem	
	30 peças de SPC		

Fonte: O autor.

Tabela 3 – Apresentação dos cenários.

Como mostrado na tabela 3, os cenários se distinguem pela quantidade de equipamentos, com a intenção de sanar a problemas de ociosidade e sobrecarga, podendo assim gerar a visualização do cenário mais produtivo e vantajoso para a empresa, através no modelo computacional desenvolvido.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse estudo foi possível determinar os vantagens do uso da simulação na tomada de decisão, através da escolha do cenário que mais se adequa a necessidade de empresa analisada neste estudo de caso. Como mostrado na tabela abaixo foram os cenários foram avaliados de acordo com sua porcentagem de eficiência.



A análise dos cenários foi realizada através do modelo computacional, alterando três variáveis, gerando assim os cenários A, B e C. Os cenários foram simulados e replicados 30 vezes no simulador, os resultados obtidos podem ser analisados na tabela abaixo.

Cenário	Quantidade de Peças Produzidas	Tempo Aproximado de Produção (min)
A	75 peças	133 min
B	75 peças	80 min
C	75 peças	67 min

Fonte: O autor.

Tabela 4 – Resultados da Simulação

Com os resultados obtidos na simulação é possível afirmar que o Cenário C é o que gerou o melhor resultado, produzindo a mesma quantidade de peças em um menor tempo possível. Mas na análise de cenários devemos levar em consideração inúmeras variáveis, como custo, rentabilidade, viabilidade, entre outras. Por isso o Cenário C pode não ser o mais viável, devido a necessidade de se obter uma máquina de polícorde e uma máquina de solda a mais do que os recursos que a empresa já tem. No cenário B, encontramos o mesmo empasse, pois exige um planejamento de custo e benefício para a obtenção de novos recursos.

Por isso este estudo demanda de um maior aprofundamento de análises de custo/benefício e viabilidade de novos investimentos, que podem ou não ser vantajosos para a empresa. Podendo em visão futura ser implementado para a criação de um planejamento estratégico de crescimento para a empresa.

## Referências

ANDRADE, E. L. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

ARAGÃO, A. P. *Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de Campos dos Goytacazes*, RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF. 2011

FREITAS F., P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas*. 2ª ed. Florianópolis, SC, 2008.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation modeling & analysis*. 2ª ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. *Introduction to simulation using SIMAN*. McGraw-Hill, NY. 2 ed., 1990.

PENTEADO, Fernando. *Apostila Processo de Estampagem*. 2016

PRADO, Darci. *Teoria das Filas e da Simulação*, 5ª ed. Nova Lima: Falconi, 2014a.

PRADO, Darci. *Usando o Arena em Simulação*, 5ª ed. Nova Lima: Falconi, 2014b.

VILLELA, C. S. S. *Mapeamento do Processo como Ferramenta de estruturação e Aprendizagem Organizacional*. Dissertação de Mestrado. UFSC. Santa Catarina. 2000.

ANEXO A – Modelo computacional do estudo de caso

