

SIMULAÇÃO EM ARENA DE UMA FÁBRICA DE CIGARROS DE PALHA

SIMULATION IN ARENA A STRAW CIGARETTE FACTORY

Cleyton Luiz Ferreira¹
Felipe do Santos Chaves²
Rogério Ramos de Lima³
Rhadler Herculani⁴

RESUMO

O objetivo desse artigo é elaborar uma simulação em ambiente ARENA do processo industrial de uma fábrica de cigarros de palha situada no interior paulista, para tal estudo utilizamos o método de cronometragem do tempo para concluirmos a simulação de chegada da matéria prima (*Create*), tempo de corte, tempo para aplicação de essência, tempo de embalagem até a saída (*Dispose*). O *software* ARENA é muito utilizado e eficaz para realizar estudos, além de criar todo o processo de maneira simples através de fluxograma, o ARENA traz análises de resultados do processo permitindo uma tomada de decisão mais assertiva. Concluiu-se que o *software* ARENA auxiliou na melhoria do gargalo, sendo de suma importância na tomada de decisão da fábrica de cigarros.

Palavras-Chave: *Software*. Indústria. Tempos. Fluxograma. Gargalo.

-
- ¹ Graduação na Faculdade de Tecnologia de Bebedouro (FATEC). E-mail: cleytonluiz_fer@hotmail.com
² Graduação na Faculdade de Tecnologia de Bebedouro (FATEC). E-mail: felipesantoschaves83@gmail.com
³ Graduação na Faculdade de Tecnologia de Bebedouro (FATEC). E-mail: rogeriolima_29@hotmail.com
⁴ Docente na Faculdade de Tecnologia de Bebedouro (FATEC). E-mail: rhadler.herculani@fatec.sp.gov.br

ABSTRACT

The objective of this article is to elaborate a simulation in ARENA of the industrial process of a straw cigar factory located in the interior of Sao Paulo, for this study we used the timing method to conclude the simulation of the arrival of the raw material (Create), cutting time, time for essence application, time to packing (Dispose). ARENA software is widely used and effective for conducting studies, besides creating the whole process in a simple way through flowchart, the ARENA brings analysis of the results of the process allowing a more assertive decision making. It is concluded that the ARENA software helped improve the bottleneck, being of paramount importance in the decision making of the cigarette factory.

Keywords: Software. Industry. Time. Flowchart. Neck.

1 INTRODUÇÃO

Um sistema de *software* geralmente se relaciona com valores de entradas e saídas ou com soluções.

A simulação através de *softwares* é uma ferramenta poderosa na observação de processos e sistemas relevantes. Tornando possível o estudo, a análise e a avaliação de situações que não seriam possíveis na vida real. Nesse mundo competitivo, a simulação se tem tornado um método indispensável para os tomadores de decisão nas mais diversas áreas (VOGEL et al., 2013).

Para Pereira (2000), a simulação em computadores representa um sistema real através de modelos de grande precisão, o que permite visualizar a dinâmica desse sistema, implementar mudanças, respondendo a perguntas do tipo: “o que aconteceria se” e, assim, economizam-se recursos e tempo.

Segundo Andradóttir (1998), em alguns casos, o procedimento adotado pelo sistema é muito complexo precisando utilizar-se da otimização juntamente com a simulação para averiguar desempenhos de cada valores dos parâmetros de entradas obtidos no conjunto.

O estudo visa a otimização do processo de uma fábrica de cigarros, utilizando simulação através de um *software* que é eficaz para controle de sistemas, planejamentos e projetos. Muito preciso para resoluções de problemas.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Segundo Pegden, Shannon e Sadowski (1990) a palavra simulação é definida como uma projeção computadorizada de um processo existente para realizar estudos para entender o comportamento e traçar estratégias operacionais.

Nesse tópico, será destacado a teorização do conceito específico de simulação e do *software* que é utilizado para simular os processos da fábrica de cigarros, o ARENA.

2.1 TEORIA DE SIMULAÇÃO

Para Hillier e Lieberman (1988), a revolução industrial fez mudanças que trouxe desenvolvimento as organizações deixando notável o crescimento em tamanho e complexidade. Essa revolução trouxe resultados excelentes e problemas, ocasionando a necessidade de resolvê-los, proporcionando a realização de estudos científicos que podemos associar com a pesquisa operacional.

De acordo com Santos (1992), uma utilização da simulação é para estudos do comportamento e reação de forma simples, permitindo através de estudos analisar resultados colocados em situações reais, aumentando a visão para avaliar as estratégias e ações do sistemas.

De acordo Hillier e Lieberman (1988), a simulação, dentro da pesquisa operacional, precisa da construção de um modelo matemático. Que ao invés de apresentar inteiramente o procedimento geral do sistema, o modelo necessita descrever a operação dos sistemas em termos dos fatos individuais de cada elemento do sistema.

2.2 SOFTWARE ARENA

Existe uma variedade de *softwares* para simulação nos dias de hoje, mas para nossos estudos adotamos o *software* ARENA para realizar as simulações.

O *software* ARENA é proveniente da junção de dois outros *softwares*, o SIMAN e o CINEMA. O SIMAN é um sistema de simulação que em 1983 deu nome ao primeiro programa de simulação para PCs (computadores pessoais). O CINEMA, de 1984, foi o primeiro *software* para animação de simulação em PCs e, a partir de 1993, ambos foram transformados em um único *software*, o ARENA (PRADO, 1999).

O ARENA é formado por um conjunto de blocos e módulos que se referem a uma aplicação real e funcionam através de comandos por meio de programação visual. Seus princípios básicos são entidades que representam pessoas, objetos, transações ou que demonstram serviços ou transformações ou que revelam o fluxo que a empresa vai atravessar ao longo das estações (PRADO, 1999).

Sua implantação do Arena traz benefícios às empresas, pois auxilia escolhas e decisões estratégicas. No entanto, atividades que envolvam a utilização do ARENA, precisam ter tempos de execução bem definidos e sistemas muito complexos exigem mais tempo que o idealizado pelo modelo. Assim, se for necessário, deve-se simplificar o processo, embora exista a possibilidade do projeto ser afetado negativamente (AGUILAR et al, 2009).

De acordo com Fioroni (2007) para rodar um modelo no ARENA é preciso fazer da seguinte maneira: a pessoa apresenta, durante a montagem do modelo, todos os dados obtidos, assim como recursos e outros, e também os procedimentos que devem ser seguidos. Quando iniciar a simulação, os dados dinâmicos (entidades) entram no modelo, interagem com os dados estáticos e seguem de acordo com as regras que foram determinadas.

Ele utiliza interfaces que auxiliam e proporcionam facilidades no uso. As interfaces apresentam um grupo de ferramentas para modelagens que permite ao usuário apresentar o procedimento do método em estudo, não somente através da visualização, mas também da interação, sem que haja precisão de programação.

A facilidade da utilização das linguagens de simulação, também traz um alerta, porque de acordo com Fioroni (2007) a facilidade e rapidez na montagem de

alguns sistemas não nos permite a flexibilidade da ferramenta”. Sendo assim, uma interface desenvolvida para montagem de um sistema de indústria dificilmente será usado para montar um sistema ferroviário por exemplo.

O Arena também possui uma ferramentas de grande importância para avaliar os dados, o Input Analyzer. Ele verifica os dados de entrada (dados atuais do processo estudado que são inseridos através de um arquivo de texto), e permite a escolha do melhor modelo de distribuição estatística para aplicar os dados (PRADO, 2010).

2.2.1 Módulos básicos do ARENA

Segundo Paragon (2005), o Arena possui módulos que compõem a criação da modelagem escolhida e são chamados de *templates*, que seriam o conjunto dos elementos que ajudam a desenhar por meio de fluxogramas o cenário desejado.

Segundo Paragon (2005), os *templates* são:

- Módulo *Create*: Cria-se entidades para a simulação;
- Módulo *Process*: As entidades permanecem pelo o tempo de duração das atividades;
- Módulo *Decide*: Utiliza-se quando, em um ponto de fluxo, tem-se várias opções de continuação;
- Módulo *Dispose*: Retira-se as entidades do sistema.

2.2.2 Relatórios básicos do ARENA

Segundo Freitas Filho (2008), após a montagem do modelo, roda-se o *software* e, a partir dessa simulação, são gerados relatórios de vários formatos, que irão apresentar os resultados.

Segundo Prado (2014), nesse artigo utilizou-se os seguintes relatórios:

- *Category Overview*, que mostra todas as entidades que irão sair do sistema;
- *Queues*: Mostra o tempo de filas e as quantidades de entidades em cada fila;
- *Resources*: Mostra a utilização média, mínima e máxima dos recursos.

Cada projetista, segundo Prado (2014), deve verificar cada relatório e sua relevância para contribuir nas tomadas de decisões.

3 DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA

No presente artigo, abordou-se um estudo de caso, foram utilizados métodos quantitativos de pesquisa e estudos de tempos e movimentos. Utilizando uma linha de produção já existente em uma indústria localizada na cidade de Bebedouro-SP, que trabalha com cigarros de palha artesanais e que produz um grande volume de unidades do produto diariamente.

Foram analisados os processos decorrentes somente na empresa, pois ação de enrolar o fumo na palha é feita em unidades prisionais do estado de São Paulo. Os processos analisados foram nos seguintes setores: Controle de qualidade, Corte, Aplicação de essência aromática (Essência) que processa somente 30 % do montante total, e Embalagem. Os setores seguem respectivamente essa sequência.

Foram colhidos, em cada setor, 30 tempos em um período de 04 dias. Utilizando-se o cronômetro de hora centesimal, para depois aplicar os tempos no *software* ARENA versão 15.

Por ser um volume muito alto, a quantidade será dividida em lotes de 100 (cem) cigarros. A fábrica processa diariamente em média 620.000 cigarros ou 6200 lotes com 100 unidades. Os tempos foram tirados baseando-se em, “em quanto tempo uma pessoa processa um lote de 100 unidades em cada setor”. O setor de controle de qualidade tem 08 funcionários, o setor de corte conta com 06 pessoas operando 03 máquinas, o setor de essência tem 08 colaboradores, e o setor de embalagem tem 24 funcionários. Foi escolhido um funcionário por setor para a medição dos tempos. Os tempos ficaram divididos conforme a figura 01.

Figura 1 -Planilha com os tempos de cada setor da fábrica.

Controle de Qualidade de 04 á 5 min.	Corte de 2 á 3 min.	Essência de 13 á 15 min.	Embalagem de 16 á 18 min.
4,1	2,3	13,4	16,2
4,4	2,7	13,9	17,8
4,3	2,8	13,7	18
4,5	2,6	13,3	16
4,9	2,9	13,7	17,5
5,4	3,5	13,9	16,3
4,6	2,9	13,4	16,5
4,8	2,4	13,2	18
4,1	2,1	13,9	17
4,2	2	14,3	17
4,6	2,9	13,5	17
4,8	3	14,9	18
4,7	2,4	13,5	16,9
4,9	2,7	13,7	17,5
4,1	2,9	13,4	17,6
4,3	2,8	13,8	17,9
4	2,7	13,2	18
4,6	2,4	13,5	16,3
4,3	2,8	13,4	16,5
4,5	2,9	13,7	17,6
4,7	2,7	13,8	17
4,1	2,6	14,6	18
4,9	2,4	13,1	18
4,7	2,1	13,9	17,3
5,2	2,9	13,7	17
4,5	3	13,4	16,5
4,8	2,4	13,8	16,9
4,3	2,8	13,7	16,8
4,7	2,4	13,9	17,1
4,1	2,9	14,9	16,1

Fonte: Elaborada pelos autores

3.1 ACOMPANHAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Como já foi mencionado, a fábrica é dividida por setores distintos e com atividades diferentes, mas que se complementam entre si, formando uma linha de produção.

Para realizar a retirada de tempos, foi escolhido aleatoriamente um funcionário de cada setor, e o tempo de processamento de um lote de 100 cigarros. Os tempos foram:

- Controle de qualidade: um lote entre 4 e 5 minutos

- Corte: um lote entre 2 e 3 minutos
- Essência: 30% da produção diária, um lote entre 13 e 15 minutos
- Embalagem: um lote entre 16 e 18 minutos

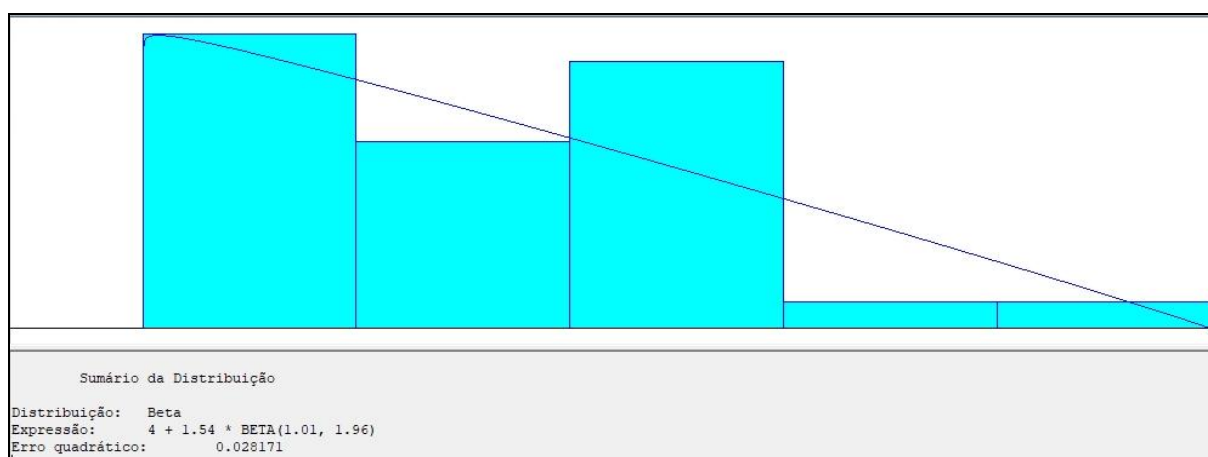
Para processamento de tempos de cada setor, foi utilizada a ferramenta *Input Analyser*, inserindo os tempos em sua base de dados, e calculando a expressão estatística para posteriormente ser lançada no simulador ARENA.

Os tempos dos setores da empresa serão calculados distintamente, cada um irá gerar uma expressão diferente.

3.1.1 PROCESSAMENTO DE TEMPO CONTROLE DE QUALIDADE

No setor de controle de qualidade, que é o início da linha de produção, o processo é feito através de análise da qualidade do produto, pelos próprios colaboradores, em um total de 8 pessoas, onde cada um observa os cigarros, por meio de amostragem, e faz a classificação do produto, em média um lote de 100 cigarros são analisados entre 4 e 5 minutos. Com um total de 30 tempos, a expressão gerada foi : $4 + 1.54 * \text{BETA}(1.01, 1.96)$ conforme a figura 2.

Figura 2 - Tempos do Controle de Qualidade

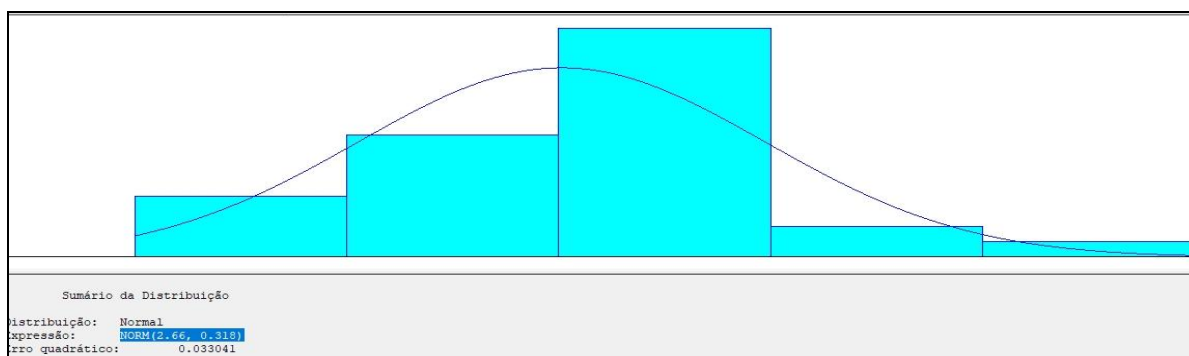


Fonte: Elaborada pelos autores

3.1.2 PROCESSAMENTO DE TEMPOS CORTE

Após o controle de qualidade, os cigarros passam pelo setor de corte onde se realiza o corte das pontas dos cigarros, para que fiquem em tamanho uniforme. Os colaboradores operam máquinas desenvolvidas propriamente para essa função, 06 funcionários operam 3 máquinas, e o tempo médio foi de 2 á 3 minutos para cada lote de 100 unidades. Com um total de 30 tempos, a expressão apresentada através do *Input Analyser*, foi: $NORM(2.66, 0.318)$, conforme a figura 3.

Figura 3 - Tempos do setor de Corte

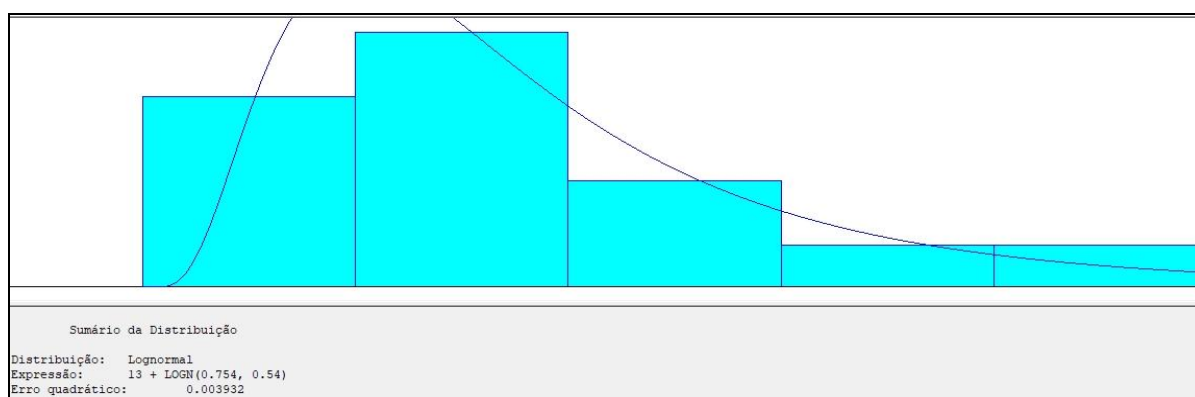


Fonte: Elaborado pelos autores

3.1.3 PROCESSAMENTO DE TEMPO ESSÊNCIA

Após o corte, no setor de aplicação de essência aromática, somente 30% dos produtos da linha são processados, já que só alguns cigarros são produzidos e vendidos com aroma. Somente 186.000 cigarros são processados por dia nesse setor. Um total de 8 funcionários aplica a essência através de borrifadores manuais. A média dos 30 tempos levantados, para cada lote de 100 unidades, foi entre 14 e 15 minutos. Após o processo os produtos seguem normalmente para o setor de embalagem. A expressão apresentada foi: $13 + LOGN(0.754, 0.54)$ conforme a figura 4.

Figura 4 - Tempos setor essência

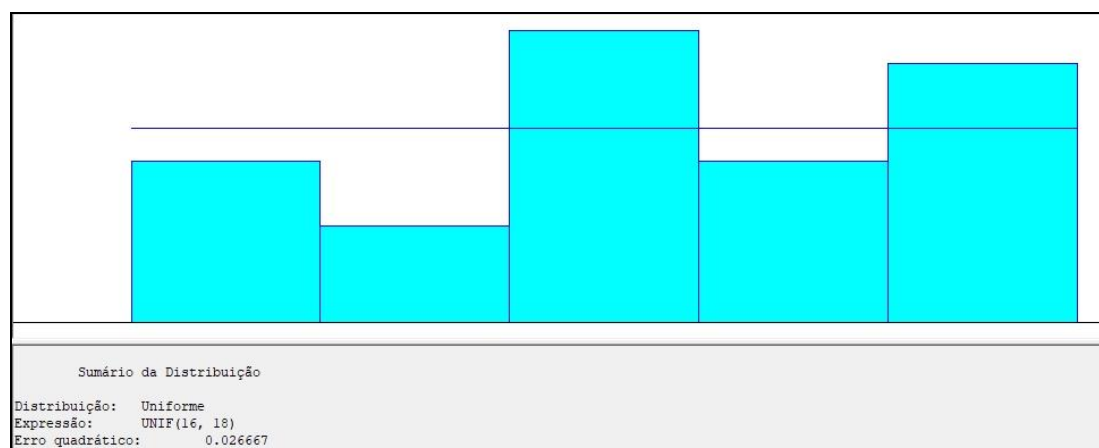


Fonte: Elaborado pelos autores

3.1.4 PROCESSAMENTO DE TEMPO EMBALAGEM

Posterior ao corte e a aplicação de essência, o setor de embalagem conta com 24 funcionários. Cada maço de cigarro vem com 20 unidades, a contagem é feita manualmente. Coloca-se os cigarros em uma embalagem interna de plástico, depois são colocados no próprio maço. Depois, os maços são transferidos para uma embalagem secundária (*displays* com 10 maços), e finalmente para a caixa de papelão (embalagem de transporte). O tempo médio de processo para um lote de 100 unidades foi de 16 à 18 minutos, e a expressão apresentada foi: UNIF(16, 18) conforme a figura 5.

Figura 5 - Tempos Embalagem

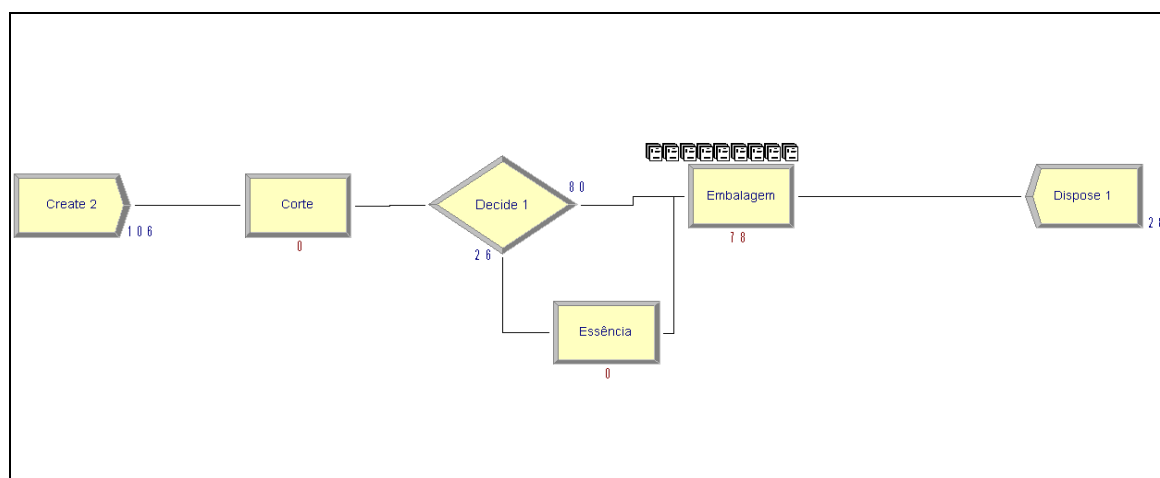


Fonte: Elaborado pelos autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado na simulação realizada no *software* ARENA, obtemos o seguinte *layout* da figura 6.

Figura 6: Simulação rodada no software ARENA



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 6 representa a simulação da linha de produção da empresa, apresentando fila no setor de embalagens. Pode-se identificar a entrada de 106 lotes de matéria prima no setor do controle de qualidade, passando pelo corte e sendo distribuído, 70% diretamente ao setor de embalagem e 30% para o setor de essência, que após a aplicação da mesma é direcionado ao setor de embalagem, aonde ocorre o gargalo da linha de produção, onde 73,5% fica esperando para ser embalado e direcionado a expedição.

Figura 7 – Relatório de filas (Queues)

20:05:26		Queues		junho 21, 2018	
Unnamed Project			Replications: 1		
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	480,00
		Time Units: Minutes			
Queue Detail Summary					
Time					
		<u>Waiting Time</u>			
Corte.Queue		0.00			
Embalagem.Queue		164.70			
Essência.Queue		9.31			
Other					
		<u>Number Waiting</u>			
Corte.Queue		0.00			
Embalagem.Queue		37.10			
Essência.Queue		0.50			

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 8 – Relatório de recursos (Resources)

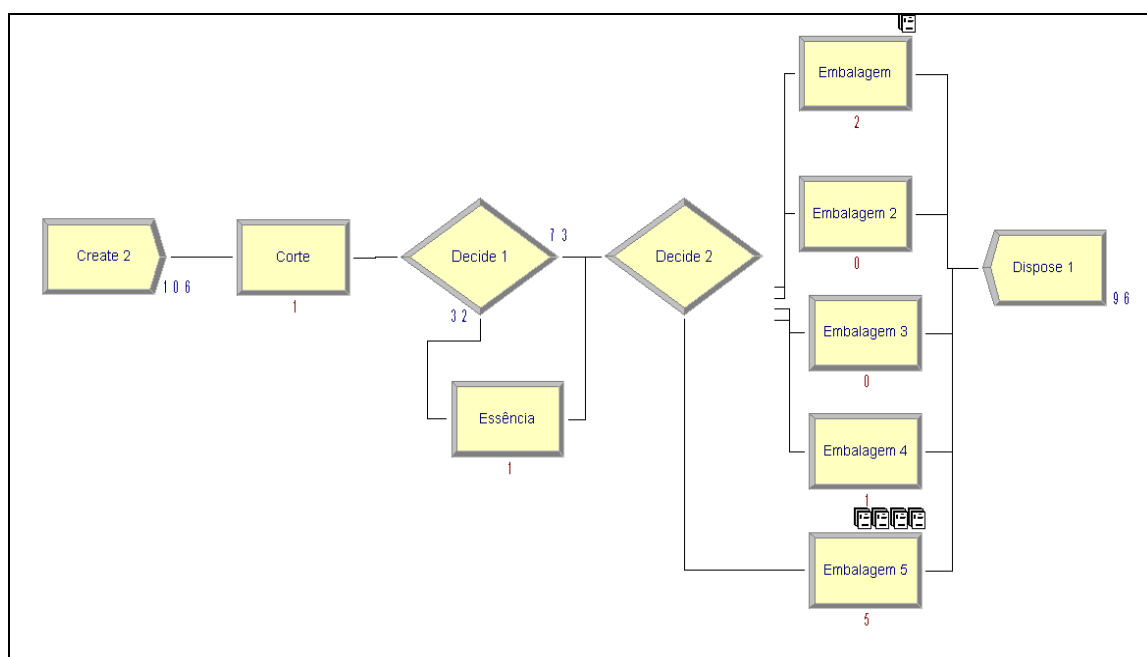
20:07:16		Resources		junho 21, 2018	
Unnamed Project			Replications: 1		
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	480,00
		Time Units: Minutes			
Resource Detail Summary					
Usage					
	<u>Inst Util</u>	<u>Num Busy</u>	<u>Num Sched</u>	<u>Num Seized</u>	<u>Sched Util</u>
Aplicador	0,76	0,76	1,00	26,00	0,76
Embalador	0,99	0,99	1,00	29,00	0,99
Operador	0,60	0,60	1,00	106,00	0,60

Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 7 e figura 8, tem-se o relatório de tempo e quantidade de filas em cada setor e a utilização dos funcionários nos setores da fábrica respectivamente. Pode-se notar que no setor de embalagem, o tempo de fila é de 164.70, criando um imenso gargalo, ocasionando a parada de 37.10 unidades. No setor de embalagem, o funcionário é utilizado em 99%, enquanto no Corte é 60% e no setor de essência 76%. O problema realmente está no setor de embalagem, que acaba ditando um ritmo mais lento para a produção, deixando os outros setores um pouco ociosos.

A partir deste cenário, foi proposto uma mudança na linha de produção, com o intuito de eliminar o gargalo que foi apresentado no setor de embalagem. Conforme apresentado na figura 9, a simulação foi feita adicionando mais quatro setores de embalagem, a fim de tentar diminuir as filas e deixar o processo mais produtivo, sem que haja a parada de itens na linha.

Figura 9- Simulação de melhoria no software ARENA



Fonte: Elaborado pelos autores

A fila apresentada na primeira simulação (figura 6) diminuiu consideravelmente, fazendo com que todos os setores trabalhem de maneira uniforme, sem sobrecarregar, nem apresentar ociosidade em nenhum deles.

A figura 10 e a figura 11 mostram, respectivamente, os relatórios de quantidade de filas, e a utilização de recursos.

Figura 10- Relatório de filas melhoria (Queues)

20:01:50		Queues		junho 21, 2018	
Unnamed Project			Replications: 1		
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time	480,00
		Time Units: Minutes			
Queue Detail Summary					
<u>Time</u>					
		<u>Waiting Time</u>			
Corte.Queue		0.00			
Embalagem 2.Queue		11.22			
Embalagem 3.Queue		4.12			
Embalagem 4.Queue		9.07			
Embalagem 5.Queue		23.43			
Embalagem.Queue		18.29			
Essência.Queue		42.18			
<u>Other</u>					
		<u>Number Waiting</u>			
Corte.Queue		0.00			
Embalagem 2.Queue		0.49			
Embalagem 3.Queue		0.13			
Embalagem 4.Queue		0.36			
Embalagem 5.Queue		1.16			
Embalagem.Queue		0.88			
Essência.Queue		2.81			

Fonte: Elaborado pelos autores

Observando a figura 10, pode-se entender que o tempo de espera no setor de embalagem foi distribuído entre os cinco setores de embalagem, diminuindo a quantidade de produto parado na linha de produção. Assim o processo produtivo fica mais dinâmico e rápido, sem deixar os funcionários ociosos, como se pode observar na figura 11.

Figura 11- Relatório de recursos (Melhorias)

20:03:56		Resources		junho 21, 2018	
Unnamed Project			Replications: 1		
Replication 1		Start Time: 0,00	Stop Time: 480,00	Time Units: Minutes	
Resource Detail Summary					
Usage					
	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
Aplicador	0,90	0,90	1,00	32,00	0,90
Embalador	0,79	0,79	1,00	23,00	0,79
Embalador 02	0,74	0,74	1,00	21,00	0,74
Embalador 03	0,54	0,54	1,00	15,00	0,54
Embalador 04	0,65	0,65	1,00	19,00	0,65
Embalador 05	0,71	0,71	1,00	21,00	0,71
Operador	0,59	0,59	1,00	106,00	0,59

Fonte: Elaborado pelos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizando o *software* ARENA pode-se identificar o gargalo da linha de produção da fábrica de cigarros de palha.

A solução encontrada foi adicionar mais 4 setores de embalagens para atender o fluxo de materiais acabados, vindos dos setores de corte e essência e diminuir o gargalo.

Mesmo com o acréscimo de mais setores de embalagem, ainda é possível visualizar uma pequena fila no setor, e se conclui que não há necessidade de um novo setor, pois o mesmo ficaria obsoleto, e que o acréscimo dos 4 novos setores de embalagem já é uma melhoria de destaque.

Antes da melhoria o gargalo era de 73,5% e após a melhoria o gargalo é de 4,7%. A redução do gargalo é evidente e ajudará em novas melhorias que necessitam ser realizadas no processo de produção da fábrica.

Portanto, o *software* ARENA auxiliou no processo de otimização do gargalo que se encontrava no setor de embalagem, cumprindo com o objetivo do artigo e demonstrou que a empresa, mesmo melhorando o nível de serviço por reduzir o

gargalo, ainda precisa melhorar seu processo, mantendo uma política de melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

ANDRADÓTTIR, S. **Simulation Optimization. Handbook of Simulation, New York**: John Wiley & Sons, ed. Jerry Banks, 1998.

AGUILAR, S. M. S. et al. **Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software Arena 10.0, em uma empresa de transporte ferroviário.** XXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção – A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, Bahia, 2009.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial.** 5ª ed. Porto Alegre/SC: Bookman, 2006.

FIORONI, M. M. **Simulação em ciclo fechado de malhas ferroviárias e suas aplicações no Brasil: Avaliação de alternativas para direcionamento de composições.** Monografia (Tese de Doutorado). POLI-USP, São Paulo, SP 2007.

PARAGON. **Introdução à simulação.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre: ENGENEP, 2005.

PEREIRA, I. C.,. **Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes.** Monografia (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Itajubá: Itajubá, 2000.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

_____. **Usando o arena em simulação.** 4. ed. Nova Lima: INDG-Tecnologia e serviços, v.3, 2010.

_____. **Usando o arena em simulação.** 5. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014, p.111.

SANTOS, S. L. **Uma aplicação de modelos de simulação em sistemas de apoio à decisão.** 1992. Dissertação (Mestrado em Administração). Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo: São Paulo, 1992.

VOGEL, C. C. et al. Aplicação de técnicas de simulação e de ergonomia ao processo de paletização de caixas de leite UHT: um estudo de caso. **Revista Scientia Plena**, v. 9, n.6, 1-10, 2013.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.L. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

PEGDEN, C.D.; SHANNON, R.E.; SADOWSKI, R.P. **Introduction to simulation using SIMAN**. Editora McGraw-Hill, Inc., New York, 1995.

Recebido em 4/12/2017

Aprovado em 20/12/2017