



USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL

USING SIMULATION SOFTWARE FOR INDUSTRIAL IMPROVEMENT

USO DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA LA MEJORA INDUSTRIAL

Argelio Lima Paniago¹, Lucas da Silveira¹, Emilly Zeuri¹

e534914

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i3.4914>

PUBLICADO: 03/2024

RESUMO

A utilização de *softwares* tem se mostrado uma importante ferramenta para solução de problemas, aprimoramento e eficácia de processos industriais entre outros. O uso desta ferramenta permite de modo simples e prático aplicar modificações e ideias para a solução de problemas, obtendo um relatório completo dos resultados e observando se tais mudanças obtiveram um resultado positivo ou negativo na planta, provando a eficácia, planejamento e aprimoração do processo estudado. Com esse mesmo intuito de simulação, esse trabalho possui como objetivo é a análise da linha de produção da empresa de médio porte fabricante de plástico. Com a utilização do *software* ARENA[®] para simular o trabalho mensal dela a fim de determinar parâmetros de produção como lead time, determinação do gargalo da linha de produção, análise probabilística dos processos e simulação de possíveis alterações no processo industrial para obter melhor eficácia e resultado. Todo o processo de levantamento dos dados foi realizado através de acompanhamento da linha de produção, tempos cronometrados dos processos, horas de trabalho e intervalos dos funcionários, quantidade de matéria prima, quantidades e capacidade das máquinas disponíveis e informações disponibilizadas pelo setor de venda e produção com relação a ordem de pedido de um importante cliente.

PALAVRAS-CHAVE: Análise da linha de produção. *Software* Arena. Produção de embalagens.

ABSTRACT

The use of software has proved to be an important tool for problem solving, improvement and efficiency of industrial processes, among others. The use of this tool allows simple and practical application of modifications and ideas for solving problems, obtaining a complete report of the results, and observing if such changes have obtained a positive or negative result in the plant, proving the effectiveness, planning and improvement of the studied process. With the same purpose of simulation, this work aims at the analysis of the production line of the medium-sized plastic manufacturer. Using the software ARENA[®] to simulate the monthly work of the same to determine production parameters such as lead time, determination of the bottleneck of the production line, probabilistic analysis of the processes and simulation of possible changes in the industrial process for better efficiency and result. The entire data collection process was carried out through production line follow-up, timed process times, working hours and employee intervals, quantity of raw material, quantities and capacity of available machines and information made available by the sales and production sector with respect to the order of an important customer.

KEYWORDS: Analysis of the production line. Arena software. Packing production.

RESUMEN

El uso de software ha demostrado ser una herramienta importante para la resolución de problemas, la mejora y la eficacia de los procesos industriales, entre otros. El uso de esta herramienta permite de forma sencilla y práctica aplicar modificaciones e ideas para la resolución de problemas, obteniendo un informe completo de los resultados y observando si dichos cambios obtuvieron un resultado positivo o negativo en la planta, demostrando la efectividad, planificación y mejora del proceso estudiado. Con el mismo propósito de simulación, este trabajo tiene como objetivo analizar la línea de producción de la mediana empresa fabricante de plásticos. Con el uso del software [ARENA] ^ (®) simular su trabajo mensual con el fin de determinar parámetros de producción como tiempo de entrega, determinación del cuello de botella de la línea de producción, análisis probabilístico de procesos y simulación de posibles cambios en el proceso industrial para obtener mejor eficiencia y resultado. Todo el proceso de

¹ IFSP - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL
Argelio Lima Paniago, Lucas da Silveira, Emily Zeuri

recopilación de datos se llevó a cabo a través del monitoreo de la línea de producción, tiempos cronometrados de los procesos, horas de trabajo y descansos de los empleados, cantidad de materia prima, cantidades y capacidad de las máquinas disponibles e información puesta a disposición por el sector de ventas y producción en relación con el pedido de un cliente importante.

PALABRAS CLAVE: *Análisis de líneas de producción. Software de la Arena. Producción de envases.*

INTRODUÇÃO

O princípio da administração científica (Taylor, 1970) surgiu com o estudo de Frederick Winslow Taylor (1856-1915), pioneiro em propor a utilização de métodos científicos cartesianos na administração de empresas tendo como foco, a eficiência operacional na administração industrial, introduzindo em si as ideias de “gerência científica” (Nelson, 1980). Baseado na melhoria dos processos industriais, Henry Ford (1863-1947) desenvolveu o método conhecido como fordismo, que consiste na linha de produção em massa a fim de obter maior produção com menor custo e menor tempo como observado em Gounet (1999). Por fim, Taiichi Ohno (1912-1990), introduziu o sistema Toyota (Toyotismo) onde se encontra as ideias de aumento da produtividade e a eficiência, evitando o desperdício sem criar estoque, como tempo de espera, superprodução, gargalos de transporte, inventário desnecessário, entre outros ainda visto Gounet (1999).

Observa-se, então, uma busca contínua por um melhor desempenho produtivo em todas as áreas. Neste sentido, a utilização de *softwares* para simulação e modelagem de eventos discretos, torna mais fácil a análise dos processos de diversos setores, investigando uma melhor eficácia, desempenho, solução de problemas e eficiência do processo simulado com menor custo (Silva; Pinto; Subramanian, 2007; Paragon, 2016).

De acordo com Chwif e Medina (2014), a principal intenção de modelar algo é captar o que há de importante para a situação analisada. Segundo Abreu, Barbirato e Morte (2017) a simulação possibilita o estudo da operação por intermédio da análise de vários parâmetros de forma simultânea, com a imprescindível utilização de um fluxograma para representar o processo estudado e verificação de compatibilidade.

Assim, o objetivo deste trabalho é a modelagem da linha de produção de uma empresa de médio porte, por meio do *software* de modelagem e simulação de eventos discretos, obtendo possíveis alterações no processo industrial, de modo a tê-lo mais eficiente.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foi utilizado o *software* ARENA[®] para modelagem e simulação e o módulo *Input Analyzer* disponibilizado pelo mesmo *software*. A empresa em que o trabalho foi realizado é de médio porte, fabricante de embalagens plásticas, localizada na cidade de Cordeirópolis, SP.

Inicialmente foi definido o produto que tivesse o maior número de processos envolvidos na fabricação na empresa estudada, para o levantamento mensal dos pedidos e os processos envolvidos.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL
Argelio Lima Paniago, Lucas da Silveira, Emily Zeuri

Na sequência foi feito o acompanhamento presencial nos processos de fabricação do produto com auxílio de cronometro e bloco de notas para analisar o tempo das atividades, material produzido, chegada da matéria prima, quantidades de bobinas por caixa, quantidade de caixas por pedido, entre outros processos envolvidos na produção.

A partir de, no mínimo, 25 cronometragens de cada processo, com a utilização de uma das ferramentas disponibilizada no *software* de modelagem e simulação utilizado, definiu-se as funções densidade de probabilidade que melhor se ajustavam a cada processo, considerando o menor erro quadrático e valor $p < 0,10$.

Após o processo de determinação da função densidade de probabilidade, foram levantados os dados gerais de trabalho da empresa. Fez-se a modelagem do processo no ambiente do sistema computacional. A validação foi realizada por meio de uma análise estatística conforme descrito por Montgomery (2012). Utilizou-se o teste t de Student, com um nível de significância de 5%, para comparar a média dos *leadtimes* reais do produto ao longo de um período de 6 meses com os valores obtidos por simulação em 20 replicações.

Com os resultados da simulação foram feitas as análises relacionadas a eliminação de restrições no processo e possibilidade de obtenção de maior eficiência operacional.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da verificação inicial, fez-se um fluxograma do processo principal existente, apresentado na figura 1 e detalhado na sequência.

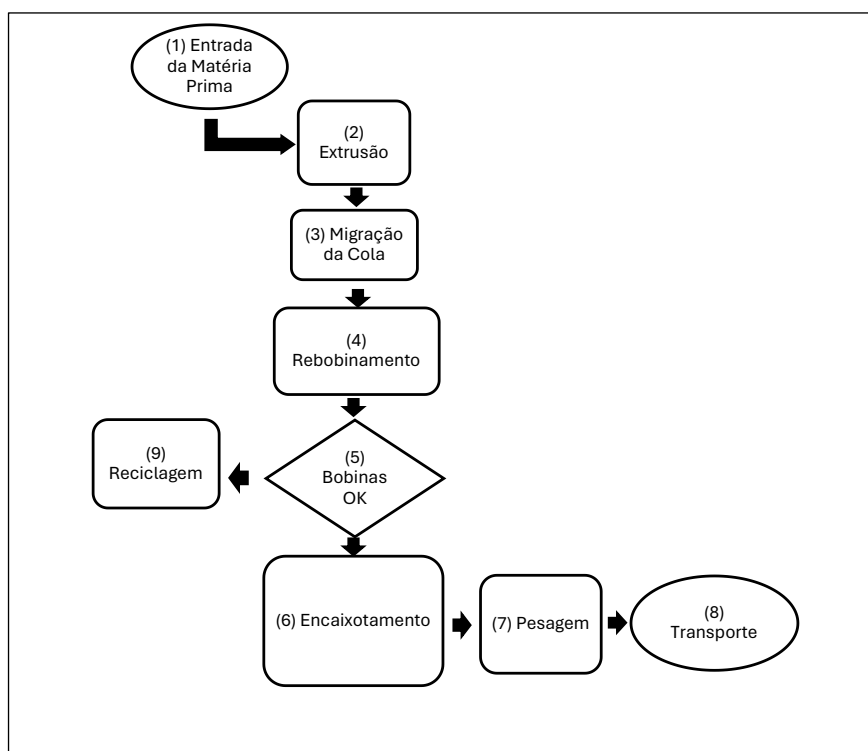


Figura 1 – Fluxograma principal do processo de produção de embalagens plásticas extrudadas.
Fonte: Autores



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL
Argelio Lima Paniago, Lucas da Silveira, Emily Zeuri

- Na etapa (1) é feita a mistura de matéria prima para ser colocada na extrusora, a matéria prima é depositada a cada 30 min para realimentar a máquina;
 - No processo (2) a extrusora, após a alimentação, inicia o processo de fabricação das bobinas de filme plástico, esse processo tem a duração aproximada de 1h e 20 min (80 min) para se completar, com 4 bobinas de filme *stretch* (filme especializado para embalar e/ou paletizar produtos, muito utilizado na indústria de alimentos para conservação e na área de perfis de alumínio para proteção do produto).
 - Após a saída da extrusora, as 4 bobinas devem passar por um processo de migração da cola, processo (3). Esse processo ocorre para permitir a adesão completa uniformemente na colagem, esse processo leva em torno de 3 h (180 min) e as bobinas não devem ser movimentadas;
 - Após o tempo de migração da cola, ocorre o rebobinamento das bobinas de *stretch* produzidas pela extrusora, etapa (4), esse processo ocorre de modo *first-in-first-out (FIFO)*, que consiste em rebobinar a primeira bobina retirada do processo anterior. Este material gera 40 bobinas menores com 60 mm de largura, o processo demora em torno de 30 min, enquanto a primeira bobina é rebobinada, a segunda é posicionada e rebobinada na segunda rebobinadeira da fábrica;
 - O processo de Rebobinamento continua até todas as bobinas que saíram da extrusão serem rebobinadas, cada uma gerando 40 bobinas de 60 mm com 200 g cada, todas as bobinas de 60 são colocadas no depósito;
 - As bobinas que apresentam deformidades ou defeitos de fabricação são separadas, processo (5), para depois serem moídas no moinho, processo (9), e aplicadas na mistura para reciclagem do novo processo;
 - Do depósito, funcionários colocam 75 bobinas de 60 mm em cada caixa, cada uma pesando em média 15kg, como demonstrado no processo (6);
 - Quando são completadas 34 caixas, elas são colocadas em um pallet e pesadas, processo (7), na balança industrial, com o peso de 500kg atingido, as caixas são colocadas no caminhão para transporte, processo final (8);
- O processo se repete até atender o pedido mensal do cliente. A figura 2 apresenta um *lay-out* da área produtiva da empresa. Assim, tem-se um panorama da dimensão onde ocorre o processo descrito.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL
Argelio Lima Paniago, Lucas da Silveira, Emily Zeuri

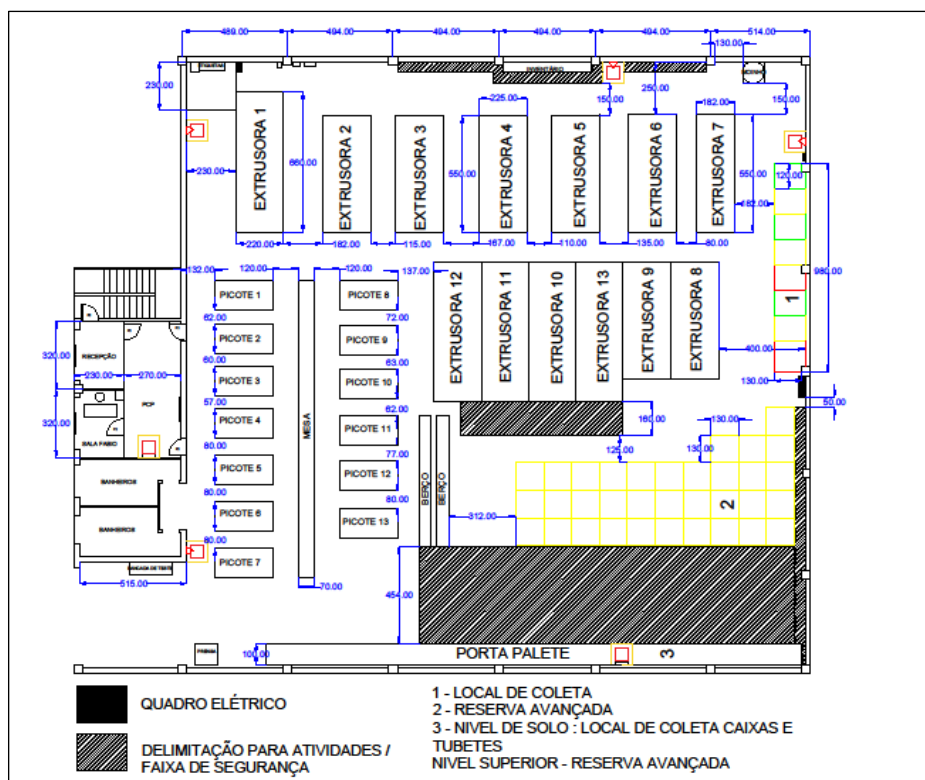


Figura 2 – Lay-out fabril da empresa em estudo. Fonte: Autores

Foram realizadas um total de 26 (vinte e seis) cronometragem de cada processo de trabalho. As funções densidade de probabilidade de melhor ajuste foram identificadas por meio da ferramenta *input analyzer* do software ARENA[®]. Na tabela 1 são apresentados os resultados obtidos:

Tabela 1 - Resultados obtidos através do input analyzer. Fonte: Autores

Processo	Função densidade de probabilidade (min)
Extrusora	TRI (73.5, 81.3, 85.5)
Tempo de migração da cola	TRI (160, 185, 141)
Rebobinamento	NORM (28.5, 3.51)
Pesagem	TRI (6.5, 8, 14.5)

A empresa tem jornada de trabalho de 6 dias na semana. (seg – sáb), 24h de trabalho por dia, 2 turnos por dia, dois intervalos de 45 min por dia de trabalho, sem horas extras, um intervalo de 45 min por turno. Possui em seu processo produtivo 1 extrusora, 2 rebobinadeiras, 1 moinho, 8 funcionários. Já o pedido do cliente consiste em 3 toneladas de bobinas de 60 mm por mês, 6 entregas por mês, cada entrega com 500 kg, total de 34 caixas por entrega, cada caixa contém 75 bobinas de 60 mm com 200g, não é permitido enviar caixas que não estejam completas, o pedido é controlado por



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL
Argelio Lima Paniago, Lucas da Silveira, Emilly Zeuri

peso e não por quantidade de bobinas. A empresa não encaminha caixas de bobinas incompletas, ao todo são realizadas seis entregas mensais.

A Figura 3 mostra a modelagem do sistema estudado neste trabalho. Realizada no *Software* ARENA[®], observa-se que se trata de uma modelagem grande, sendo muito difícil colocá-la em tamanho que se possa ler o texto nas “caixas”, porém se tem uma imagem do desenvolvimento.

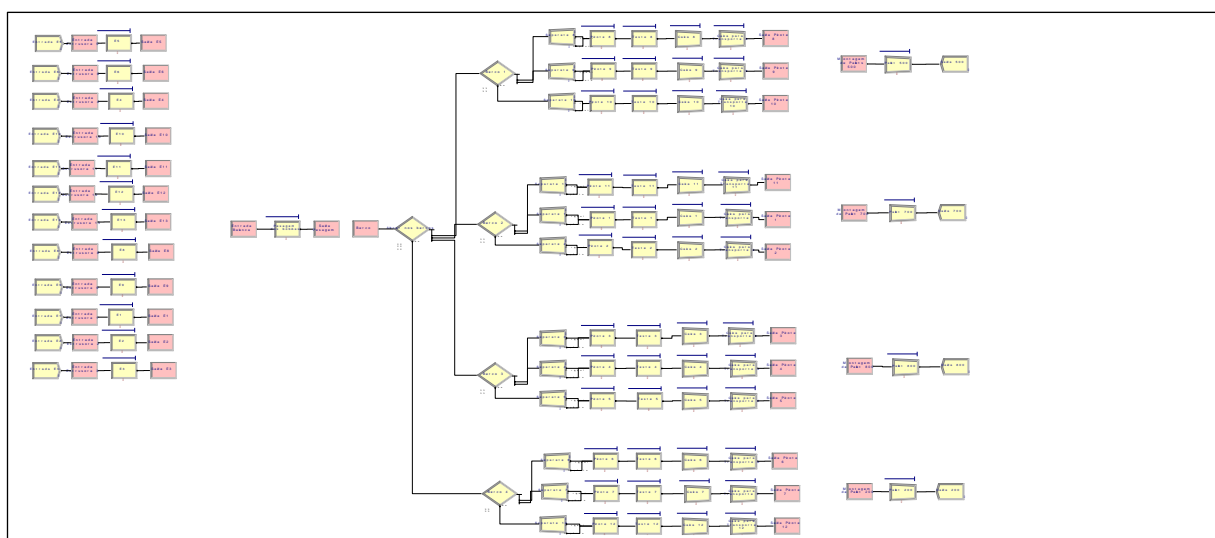


Figura 3 – Modelagem do processo no ARENA[®]. Fonte: Autores

Após realizar a modelagem/simulação para a empresa fabricante de plástico, pôde-se notar que foram necessárias 114 misturas para atender a demanda do cliente.

Quando as bobinas chegam no processo “Bobinas OK”, elas já estão extrudadas e rebobinadas com 60 mm. A partir disto, é observado se não há nenhuma deformidade e/ou irregularidade no material pronto. Pela simulação de 26 dias, foram observadas 2837 bobinas com defeitos, ou seja, 10% da produção total, estas retornam ao moinho e serão adicionadas na mistura novamente. Os 90% da produção (sem defeito), seguem para continuidade da produção.

A validação do modelo foi obtida pelo teste “t” de *Student*, sobre a variável *leadtime* medida em minutos, considerando as variâncias equivalentes (Tabela 2), pois o módulo da estatística “t” (0,699) obtida no teste foi menor que o valor crítico (2,024), conforme tabela 3.

Tabela 2 - Teste-F: duas amostras para variâncias (Fonte: Autores)

	<i>Real</i>	<i>Simulado</i>
Média	69,929	70,150
Variância	0,931	1,074
Observações	20	20
gl	19	19
F	0,867	
P(F<=f) uni-caudal	0,380	
F crítico uni-caudal	0,461	



Tabela 3 - Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes. (Fonte: Autores)

	<i>Real</i>	<i>Simulado</i>
Média	69,929	70,150
Variância	0,931	1,074
Observações	20	20
Variância agrupada	1,003	
Hipótese da diferença de média	0,000	
gl	38	
Stat t	-0,699	
P(T<=t) uni-caudal	0,244	
t crítico uni-caudal	1,686	
P(T<=t) bi-caudal	0,489	
t crítico bi-caudal	2,024	

O tempo de montagem da caixa é de 0.74 minutos. Como a mistura tem um limitante (114 misturas), a extrusora produz 456 bobinas, sendo tal capacidade suficiente para a demanda. A quantidade de bobinas de 60 mm é de 18.240, ou seja, atende também a demanda de 15.000 bobinas do cliente e sobra algumas (103 bobinas) para encaminhar no pedido de outra empresa. Esse valor é aceitável já que uma bobina extrudada deve ser rebobinada por inteira já que cada pedido possui uma mistura específica. Sendo assim as que sobraram podem ser encaminhadas para um cliente que aceite o material ou armazenadas para um próximo pedido, já que a empresa demanda 3 toneladas mensalmente.

Deste modo, nota-se que a empresa consegue suprir a necessidade dos clientes em um tempo adequado, embora ocorram falhas na produção e desperdícios que poderiam ser evitados. Principalmente com relação a quantidade de bobinas descartadas pelo processo de inspeção de qualidade, o que diminui o lucro mensal da empresa. Outra questão é que para pedidos maiores, a empresa analisada possui um atraso no fornecimento causado por problemas na produção e pouca produtividade do atual inventário da empresa. Com o auxílio da simulação efetuada, pôde-se discutir e potenciais soluções para os problemas enfrentados.

Uma maneira de aprimorar a eficiência da produção da empresa é investir na aquisição de uma extrusora adicional, pois é o “gargalo” da produção, além de ter inúmeras paradas para manutenção corretiva. Essa iniciativa visa dobrar a capacidade de produção, atendendo aos pedidos de forma mais rápida. A vantagem adicional é a possibilidade de realizar manutenção preventiva em uma das extrusoras enquanto a outra continua operando, evitando paradas na produção. Contudo, é importante avaliar cuidadosamente os custos e benefícios, considerar tecnologias avançadas, oferecer treinamento adequado aos operadores e implementar sistemas de monitoramento para otimizar ainda mais essa solução.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL
Argelio Lima Paniago, Lucas da Silveira, Emily Zeuri

Um maior tempo de migrar a cola permite uma diminuição na quantidade de bobinas sem cola ou defeituosas, garantindo o menor custo da produção. Outra solução encontrada foi o uso de algumas bobinas que sobram de pedidos anteriores para a calibragem das rebobinadeiras. Esse processo pode ser feito durante o aquecimento da extrusora no início do dia de trabalho, sendo assim não acrescentando maior tempo a produção, evita o estoque acumulado de bobinas que podem deteriorar com o tempo e garante melhor aproveitamento da máquina.

Uma outra solução para o problema de estoque excessivo na fábrica estudada, seria o uso de bobinas que sobraram de a produção serem disponibilizadas para outros clientes que solicitam um produto semelhante ao que foi produzido anteriormente.

Sugere-se, também, a venda das bobinas em excesso para setores especializados em reciclagem, assim como para outras empresas de plástico, desta maneira economizando o custo de reciclagem do material, nesse caso a energia gasta pelo processo e as horas de trabalho ou processamento das bobinas. Além do mais, a proposta apresenta benefícios significativos para a sustentabilidade ambiental. Em primeiro lugar, essa abordagem reduz o desperdício de material, contribuindo para a preservação de recursos naturais. Além disso, ao evitar a necessidade de reciclar internamente, a proposta diminui a pegada de carbono associada ao processo de reciclagem, resultando em uma redução direta das emissões de carbono. A comercialização das bobinas excedentes também promove a economia circular, incentivando a reutilização de materiais e fortalecendo a cadeia de suprimentos sustentável. Por fim, ao envolver setores especializados em reciclagem, a proposta contribui para a promoção de práticas ambientalmente responsáveis e estimula a criação de uma economia mais verde.

Todas as ações de melhoria foram empregadas na simulação novamente, obtendo-se resultados positivos, como um *lead time* de 64,10 minutos, mas com o pedido de 3 toneladas atendidos em 13 dias, o que já era esperado, assim como a porcentagem de bobinas defeituosas reduzindo para 4% da produção.

CONSIDERAÇÕES

Verificou-se que, com o auxílio do *software* ARENA[®], as possíveis soluções e melhorias na produção foram analisadas e processadas com êxito, obtendo resultados positivos às sugestões de melhoria efetuadas, como era esperado. Sendo assim, as mudanças na empresa poderiam ser efetuadas com segurança. Houve dificuldades, no dia a dia, para levantamento de dados, pois havia muitas interrupções do processo, porém entende-se que o trabalho foi assertivo e permite uma continuidade e aprimoramentos no processo de produção da empresa analisada neste trabalho. Conclui-se que o uso de *softwares* para simulação são excelentes ferramentas, pois auxiliam no aperfeiçoamento, não apenas na área industrial, como também em qualquer área envolvendo processos.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA INDUSTRIAL
Argelio Lima Paniago, Lucas da Silveira, Emily Zeuri

REFERÊNCIAS

ABREU, J. A. de; BARBIRATO, J. M. R. C.; MORTE, H. L. B. Simulação omputacional aplicado em diversas áreas: Um estudo teórico. *In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, June, **Anais** [...] 2017.

CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem e simulação de eventos discretos**: Teoria e aplicações. 4. ed. São Paulo - SP: Elsevier Brasil, 2014.

GOUNET, T. **Fordismo e toyotismo na civilização do automóvel**. São Paulo - SP: Boitempo, 1999.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 8. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

NELSON, D. **Frederick W. Taylor and the Rise of Scientific Management**. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1980.

PARAGON. **Introdução à Simulação com ARENA**. São Paulo - SP: [s. n.], 2016.

SILVA, L. M. F. E.; PINTO, M. de G.; SUBRAMANIAN, A. Utilizando o software arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção. *In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, **Anais** [...] 2007.

TAYLOR, F. **Os Princípios da Administração Científica**. São Paulo, SP: Atlas, 1970.