

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS E DO MAPA DO FLUXO DE VALOR: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE CALÇADOS DE PEQUENO PORTE

APPLICATION OF DISCRETE EVENT SIMULATION AND VALUE STREAM MAPPING: A CASE STUDY IN A SMALL FOOTWEAR COMPANY

Thiago Silva Souza¹ Rafael Pinheiro Amantéa² 

Resumo: O objetivo deste estudo foi apontar as falhas de gestão do processo em uma indústria de calçados de pequeno porte por meio das técnicas de simulação de eventos discretos (SED) e do mapa do fluxo de valor (MFV) com vistas a eliminar o desperdício e aumentar a produtividade e, assim, aumentar as receitas da empresa. As metodologias foram baseadas em Rother e Shook (2003) para o desenvolvimento do MFV e em Chwif e Medina (2015) para a construção da modelagem e simulação de eventos discretos. As extrações das informações e dados foram realizadas por meio de câmeras de vídeo, observação direta, indireta e entrevistas informais na empresa. Posteriormente, realizou-se a montagem do estado atual do MFV, modelagem e simulação do modelo, seguido da análise de sensibilidade de três cenários e encerrando com o MFV do estado futuro. O resultado dos cenários obtidos permitiu identificar um aumento de 67,57% no volume da produção, uma redução de 51,02% no *lead time* e uma redução de 23,13% no custo do produto. Ainda houve a homogeneidade no tempo de disponibilidade dos colaboradores e oportunidades de investimentos na empresa por meio da redução dos gastos. Conclui-se, assim, que as técnicas aplicadas na produção auxiliam nas tomadas de decisão tanto para eventos inesperados quanto para o aprimoramento do processo produtivo.

Palavra-chave: Anylogic. Gestão. Indústria. Mapa Fluxo de Valor. Simulação Eventos Discretos.

Abstract: The purpose of this study was to indicate the process management flaws in a small-sized shoe factory through discrete-event simulation (DES) and value stream mapping (VSM) techniques aiming to eliminate waste and improve productivity and, thus, raise company revenue. The methodologies were based on Rother and Shook (2003) for the VSM development and Chwif and Medina (2015) for the modeling building and discrete event simulation. Information and data extraction were done through video footage, direct and indirect observation, and informal interviews. Subsequently, the actual VSM state structuring, modeling, and model simulation were done, followed by the sensitivity analysis for three scenarios and closed with the future state VSM. The results allowed identifying a 65.57% increase in production, a 51.02% decrease in lead time, and a 23.12% product cost reduction. Furthermore, there was homogeneity in employees' time and availability as well as investment opportunities through cost reductions. Therefore, it is concluded that the techniques applied in shoe manufacturing aid in decision-making both for unexpected events and production process improvement.

¹ M. Sc, IETEC – Instituto de Educação Tecnológica, thiagoosilvas0505@outlook.com.

² D.Sc, IETEC – Instituto de Educação Tecnológica, rafaelamantea@yahoo.com.br.

Keywords: anylogic. management. industry. value stream mapping. discrete event simulation.

1 INTRODUÇÃO

No âmbito empresarial, a preocupação em se melhorar o processo de produção é evidente, devido à alta competitividade do mercado, onde a oferta de produtos tornou-se maior do que a demanda entre os segmentos. Assim, no intuito de se manterem ativas no mercado, as empresas têm focalizado na redução de custos, aumento da produtividade e satisfação dos clientes (ABICALÇADOS, 2018; MEDEIROS; SANTANA; GUIMARÃES, 2017).

Atualmente, empresas de micro e pequeno porte no Brasil têm uma participação de 93,9% no mercado, o que, em números, representa 435.583 empresas atuantes (CNI, 2019). Na história da evolução das micro e pequenas empresas, em 2010, estimou-se 3 milhões de ME (Micro Empresa) e 800 mil de EPP (Empresa de Pequeno Porte) existentes, em 2017, passou-se para 4,14 milhões de ME e 1,13 milhões de EPP. Para 2022, há uma projeção de 4,66 milhões de ME e 1,39 milhões de EPP (SEBRAE, 2018).

Entretanto, ao longo dos anos, as cargas tributárias excessivas têm sido um desafio que vem assolando essas empresas. Segundo o Portal da Indústria (2019), em uma pesquisa, os empresários apontaram que esses tributos são prejudiciais em relação à competitividade, sendo que os tributos do Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (Cofins) trazem uma negatividade maior nos setores de calçados (29%), têxtil (27%) e farmacêuticos (27%). A Associação Brasileira das Indústrias de Calçados – Abicalçados (2018) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae (2017) afirmam que, além dos impostos, a forma de gerenciar, incluindo processo, logística, compras, vendas, dentre outros, são considerados desafios enfrentados pelas empresas.

Dentro dos desafios apontados, é possível perceber que os impostos não estão sobre o domínio dos empresários, por outro lado, a aplicação da gestão de forma efetiva se torna uma possibilidade de controle.

No estudo em específico, destaca-se no processo produtivo o desperdício de matéria-prima por falta de planejamento do gestor e ociosidade dos colaboradores, o que ocasiona perda de tempo e incompatibilidade da quantidade produzida de acordo com a capacidade instalada. Sendo assim,

existe o desafio em se aumentar a produtividade com maior alocação dos colaboradores, redução do tempo de produção eliminando a ociosidade e a redução do desperdício de matéria-prima. Além disso, identificaram-se outros pontos que foram melhorados e o quanto foi benéfica em termos de processo e rentabilidade para a empresa, quais foram, reorganização de layout e colaboradores, elaboração de planos na execução de tarefas e aplicação de melhorias por setor.

Na literatura estão disponíveis estudos que visam combater a ineficiência do processo produtivo, buscando obter o aumento da produtividade e redução do tempo de produção na empresa de embalagens flexíveis (RIBEIRO *et al.*, 2019), identificação de gargalos e aumento da produtividade em 19% na empresa de móveis (GAZIERO; CECCONELLO, 2019), redução do tempo de processo de 68,4% em empresa de tabaco (SEHNEM *et al.*, 2017), eliminação de desperdício, aumento da produtividade de 19% e redução da quantidade de matéria-prima na empresa de calçados (LIMA *et al.*, 2016).

Posteriormente, observou-se o sistema *lean manufacturing* (LM) como uma forma de amortecer os impactos das empresas que passam por esses desafios. O LM é composto por várias ferramentas, dentre elas, o mapa do fluxo de valor (MFV), e objetiva na redução dos desperdícios e a melhoria dos processos (LIMA *et al.*, 2016).

No entanto, quando é executado um plano de ação para melhoria de processo são coletadas informações, técnicas certas a serem usadas de acordo com o problema e conhecimentos prévios para alcançar esses objetivos. Contudo, quando são gerados os resultados e analisados por meio do MFV quanto a assertividade, parte-se da condição do problema a qual não permitiu uma tomada de decisão em que todas as variáveis estejam acopladas e estudadas (LIMA *et al.*, 2016). Assim, a simulação de eventos discretos (SED) seria uma das alternativas para um aprofundamento dos problemas (KRENCZYK; OLENDER, 2015; SEEBACHER; WINKLER; OBEREGGER, 2015).

Oliveira e Corrêa (2013) citam a relevância da junção entre o SED e o MFV para prever se as mudanças serão benéficas para diagnosticar a situação

do cenário presente, bem como para simular um cenário futuro que esteja de acordo com o planejamento e com a estratégia.

Sendo assim, a SED deve ser aplicada em momentos de incerteza e busca criar visões dinâmicas. Trata-se de um sistema que alterna o seu estado em pontos discretos com o passar do tempo, de modo que as informações extraídas ajudam no gerenciamento dos cenários gerados, bem como na análise de desempenho do processo, uma vez que os dados inseridos corretamente oferecerem importantes indicadores operacionais e estratégicos (CHWIF; MEDINA, 2015; OMOGBAI; SALONITIS, 2016).

Assim, este trabalho tem por objetivo desenvolver o cenário atual e futuro de uma empresa calçadista de pequeno porte por meio da técnica do mapa do fluxo de valor (MFV). Além disso, modelar e simular por meio da técnica de eventos discretos (SED) o processo dessa indústria a fim de visualizar as falhas e eliminar o desperdício, conseqüentemente aumentando a produtividade e a receita da empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Simulação

A simulação é um método de se estudar a execução de um sistema por meio da formulação de um modelo matemático, sendo representada de alguma forma que se aproxime do sistema original. Depois de modelado e analisado o cenário, esta permite observar fatores como sensibilidade, desempenho, fluxo de materiais, dentro outros, para, assim, diagnosticar o que é relevante ou não para o sistema (LAW; KELTON, 1991). Chwif (1999) caracteriza simulação como redução de custos no planejamento, haja vista que ela permite prever variabilidades e compreender quais são as viabilidades técnicas e econômicas para a implementação.

Os autores Law e Kelton (1991) e Mourtzis *et al.* (2015) apresentam e caracterizam os seguintes tipos de modelos de simulação:

- Estático: representa o estado de um sistema em um instante e nas formulações, não levando em consideração a variável tempo; é apresentado por equações;
- Dinâmico: representa as alterações decorridas do sistema ao longo da contagem do tempo da simulação; as equações se alteram ao longo do tempo;
- Determinístico: não usa variáveis aleatórias;
- Estocástico: usa uma ou mais variáveis aleatórias;
- Contínuo: os estados do sistema variam continuamente com o tempo. São utilizadas equações diferenciais no cálculo das mudanças (CHWIF; MEDINA, 2015);
- Discreto: usado para modelar sistemas que se alteram no decorrer do sistema em pontos discretos, depois da ocorrência de outros eventos simultaneamente (CHWIF; MEDINA, 2015).

Dentro dos tipos de modelo de simulação, Chwif e Medina (2015) citam o método das três fases da simulação de eventos discretos. A Figura 1 ilustra este método.



Fonte: CHWIF; MEDINA, 2015, p. 7.

Analisando a Figura 1, Chwif e Medina (2015) citam o exemplo da xícara de chá, em que no evento (A) é ilustrada uma xícara sendo preenchida com água; no evento (B), o sachê de chá é inserido na água, e, por último, no evento (C), é ilustrado o chá pronto para ser servido. Os eventos ocorrem em

instantes determinados pelo tempo. Assim, para que o SED possa ocorrer, há a necessidade de ações acontecendo no decorrer dos eventos.

Por sua vez, conceituando a simulação de eventos discretos, Chwif e Medina (2015) definem uma metodologia para se obter o resultado da modelagem e simulação de eventos discretos, a qual se divide em três passos: concepção, implementação e análise dos resultados do modelo.

Na concepção do modelo envolvem a coleta, tratamento e inferências, envolvendo teste de aderência e o valor – p dos dados. Quanto na implementação, acontece a verificação e validação do modelo, a qual certifica-se que o modelo do sistema no software está de acordo com o processo real a ser estudado. Por fim, na análise são realizados os testes de cenários e os resultados são averiguados e documentados, além de permitir as conclusões e as recomendações, bem como as alterações, se necessárias, para se chegar ao objetivo proposto.

2.2 *Lean Manufacturing* (LM)

Womack, Jones e Roos (1992) conceituam o LM como um processo de mudanças vinculado a um conjunto de princípios e melhorias de hábitos objetivando uma redução de desperdícios. Shingo (1996), analisando esse processo e para identificar tais desperdícios, categorizou-o em sete elementos que estão classificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Elementos para identificação de desperdícios

Elementos	Características
Superprodução	Produção além da demanda.
Espera	Relaciona-se a máquinas ou trabalhadores que não estão sendo utilizados no tempo de produção.
Transporte	Redução ou eliminação com melhor <i>layout</i> da empresa entre os setores.
Processo	Etapas dentro do processo desnecessárias as quais não agregam valor.
Estoque	Estoque elevado de matéria-prima, material em processo ou produto acabado.
Movimento	Movimentos desnecessários de trabalhadores e, ou, produtos.

Fonte: Do autor, 2020.

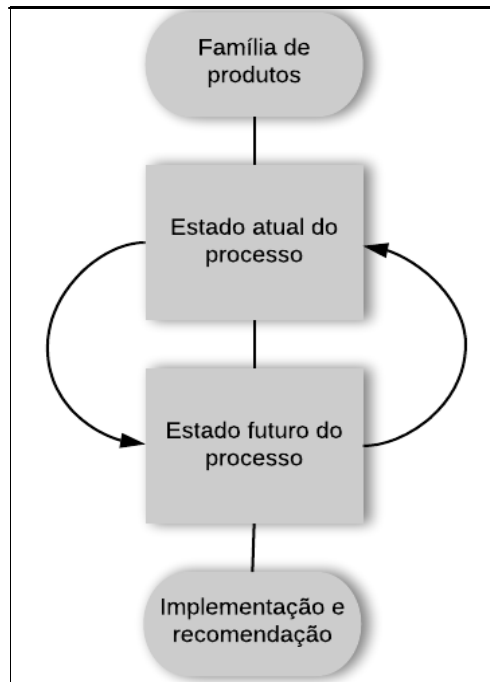
Quando métodos/ferramentas/técnicas são aplicados existem evidências da diminuição de desperdício e aumento da qualidade no percurso do processo. Nesse sentido, os princípios do LM têm direcionado gestores e colaboradores de empresas para mudanças de hábitos que comprometem qualquer tipo de déficit no cenário do processo (SEHNEM et al., 2017).

2.2.1 Mapa do Fluxo de Valor (MFV)

Rother e Shook (2003) caracteriza o MFV como toda ação, matéria-prima, deslocamento, máquinas, dentro outros, do início ao término do processo, o qual busca alcançar o objetivo final do produto, observando os fluxos existentes. Essa ferramenta auxilia na projeção de um cenário futuro no intuito de identificar como a produção deveria fluir, partindo do ponto do estado atual (LIMA et al., 2016; MACHADO, 2014; RIBEIRO et al., 2019; ROTHER; SHOOK, 2003).

Rother e Shook (2003) citam os passos para o desenvolvimento do MFV, elucidados na Figura 2.

Figura 2 – Etapas para o processo do MFV



Fonte: ROTHER; SHOOK, 2003.

Sehnm *et al.* (2017) ressaltam que dentro dessas etapas do MFV serão incluídas, no estado futuro, outras ferramentas, bem como a extração de tempos, que é recolhida para a construção deste cenário.

A seguir estão conceituadas as ferramentas e métodos que auxiliam simultaneamente no desenvolvimento do cenário futuro.

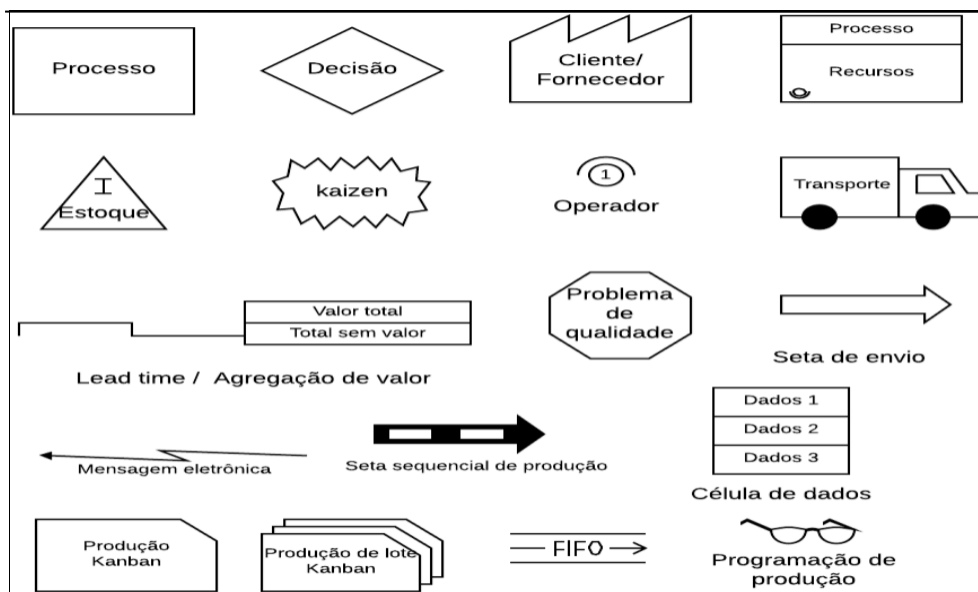
- *Lead time*: identifica o tempo de execução do processo desde a chegada da matéria-prima ao envio do produto acabado. Nesse item considera-se que quanto menor o tempo, menor é o custo de produção (SEHNEM *et al.*, 2017);
- Tempo de ciclo (T/C): período em que a família do produto fica no setor;
- Tempo de troca (T/R): tempo de paralisação para se efetuar alguma modificação na máquina e, ou, processo;
- Kanban: conceitua-se como um “controle visual”, tem o foco na organização, coordenação e alerta na produção para instruções aos colaboradores no andamento do processo (MOREIRA, 2011);
- *Takt time*: define-se como o tempo em que se produz uma peça/produto, relacionando-se com a quantidade de vendas no intuito de atender a demanda dos clientes (SEHNEM *et al.*, 2017).

- Retrabalho: significa a perda por falta de qualidade ou dano devido ao manuseio ou operação indevida durante o processo (ROTHER; SHOOK, 2003).
- Disponibilidade: percentual de tempo em que um equipamento/colaborador é utilizado durante o processo (ROTHER; SHOOK, 2003).
- Tempo de agregação de valor (TVA): tempo efetivo de transformação do produto (ROTHER; SHOOK, 2003);
- Número de pessoas: a quantidade de pessoas no setor (ROTHER; SHOOK, 2003);
- Tempo disponível de trabalho (turno): tempo total disponível de produção sem nenhuma parada (ROTHER; SHOOK, 2003);

No mapa do fluxo de valor são utilizados símbolos, métricas, caixa de diálogo e setas para demonstrar e reconhecer no processo as etapas que são compostas para o desenvolvimento do produto (MACHADO, 2014; VENKATARAMAN *et al.*, 2014). Quanto à observação do cenário atual e futuro, a análise deve ser realizada partindo da parte superior, da direita para esquerda, devendo ser iniciada pelo cliente, em seguida, pelo setor da empresa e, posteriormente, pelos fornecedores, seguindo, então, para o processo de produção (SEHNEM *et al.*, 2017).

Na visualização dos ícones, Rother e Shook (2003) destacam alguns que compõem o mapa do fluxo de valor, o qual é apresentado na Figura 3, a seguir.

Figura 3 – Ícones do MFV



Fonte: ROTHER; SHOOK, 2003.

Nesse sentido, Rother e Shook (2003) e Sehnem *et al.* (2017) apontam que o mapeamento do fluxo de valor auxilia na percepção, entendimento do fluxo de material e de informação no decorrer do fluxo da produção. Assim, o processo torna-se mais definido, o que permite identificar as fontes de desperdícios e auxiliar nas tomadas de decisão.

3 METODOLOGIA

Para realização desta pesquisa foram utilizadas as metodologias proposta por Chiwf e Medina (2015) no desenvolvimento da simulação de eventos discretos e Rother e Shook (2003) na organização do mapa do fluxo de valor.

Quadro 2 – Etapas do processo realizadas na pesquisa

Tema	Etapa	Autores do processo metodológico	Ferramentas e processos
Estudo de caso	Descrição	Pesquisador	Ilustração
SED	Coleta dos dados Tratamento dos dados Inferências	Chiwf e Medina (2015)	120/150 observações Software: Minitab 19
MFV	Escolha da família de	Rother e Shook	Mapa de produção

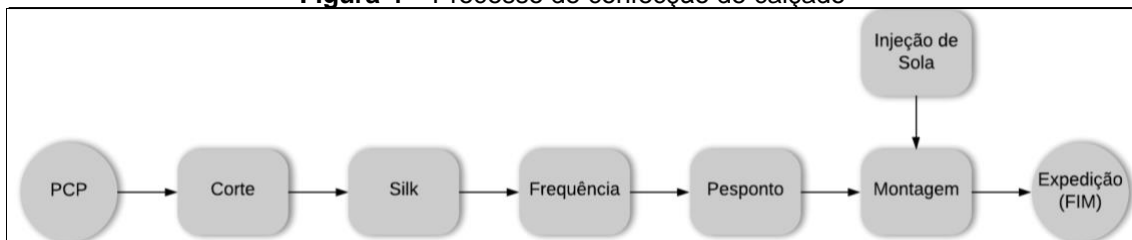
	produtos Direcionamento para o desenvolvimento atual e futuro	(2003)	Software: LucidChart Observação direta/indireta Câmeras de vídeos Entrevistas informais
SED	Programando no software Anylogic	Chiwf e Medina (2015)	Software Anylogic 8.5.2

Fonte: Do autor, 2020.

3.1 Estudo de caso

O foco da pesquisa deu-se na linha de produção de uma empresa calçadista de pequeno porte, a qual contava com 18 colaboradores na produção e quatro no setor administrativo. Os segmentos produzidos pela empresa são tênis esportivos e sapatênis, cuja numeração atende do público infantil ao adulto, dos gêneros masculino e feminino. Ao todo são produzidos 41 modelos diferentes em 336 cores. A Figura 4 demonstra o fluxo de produção, que abrange toda etapa de confecção desses modelos, onde em uma única linha podem ser produzidos todos os modelos e cores.

Figura 4 – Processo de confecção de calçado



Fonte: Do autor, 2020.

3.2 Ajuste dos dados: coleta/ tratamento/ inferências

Os dados da pesquisa foram coletados entre os dias 10 a 13 de Dezembro de 2019. Quanto à quantidade de amostras, foram obtidas:

- Setores corte/ silk/ frequência: 120 observações;
- Setores pesponto/ montagem/ injeção: 150 observações

Para o tratamento dos dados, utilizou-se o *software* Minitab 19, que permitiu extrair as informações necessárias do estudo, sendo, a média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, soma, mínimo, máximo, mediana, moda e assimetria. Posteriormente foram fornecidos ainda pelo software, os histogramas com curvas, o boxplot e as identificações de distribuição por setor.

3.3 Desenvolvendo o mapa do fluxo de valor (MFV)

Seguindo a metodologia de Rother e Shook (2003) para escolha da família de produtos, neste estudo foi analisado um mapa de produção de 700 pares, contendo 5 modelos e 20 cores. As informações foram obtidas a partir da visualização de câmeras de vídeo, observação direta e indireta e entrevistas informais durante o processo. Na construção do MFV do estado atual e futuro foi utilizado o *software* LucidChart.

O mapa do fluxo de valor foi elaborado para descrever as situações decorrentes do processo e serviu de ponto de início para verificação e validação do modelo de simulação. Os métodos utilizados para o desenvolvimento do estado atual foram: tempo de ciclo, disponibilidade, *lead time*, tempo de agregação de valor (TAV), *takt time*, turno e número de pessoas.

Para o desenvolvimento do estado futuro, proposto Rother e Shook (2003), o mesmo foi elaborado após as conclusões obtidas sobre as análises de sensibilidades geradas pela simulação e abordando entrevistas com os colaboradores da empresa para aumento de assertividade das mudanças.

3.4 Verificando e validando o modelo entre o SED e MFV

A verificação e validação da pesquisa ocorreram com base na metodologia de Chiwf e Medina (2015) seguindo os níveis de comparações do espaço amostral e do modelo computacional.

Após a configuração de todos os parâmetros no modelo computacional, realizou-se a rodada do processo no sistema que no fim foram coletadas as informações do tempo de disponibilidade por setores. No MFV atual (FIG. 5),

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.5, n.8, p. 294-01, 294-25, 2020
DOI: 10.21575/25254782rmetg2020vol5n81303

também foram coletados os tempos de disponibilidade que em seguida realizou a comparação dos dados obtidos do SED e MFV como segue na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação do tempo de disponibilidade SED e MFV

Setor	Tempo de disponibilidade (%)		Diferença (%)
	SED	MFV	
Corte	48	46	2
Silk	44	53	9
Frequência	14	26	12
Pespointo	59	69	10
Montagem	41	46	5
Injeção	32	38	6

Fonte: Do autor, 2020.

Quanto na análise da diferença dos tempos no modelo de simulação e no processo real, percebe-se uma diferença que varia entre 2% a 12%. Chwif e Medina (2015) afirmam que no nível de validação do modelo é necessário observa que a diferença desses valores não pode ser discrepante, ou seja, um exemplo seria se em um modelo real são produzidas 400 peças/dias e enquanto no modelo virtual são produzidos 150 peças.

A simulação foi realizada considerando uma replicação para verificação e comparação dos resultados do processo. A avaliação dos resultados ocorreu por meio de um intervalo de confiança de 95% com base na medida de desempenho do processo pela média do *lead time*.

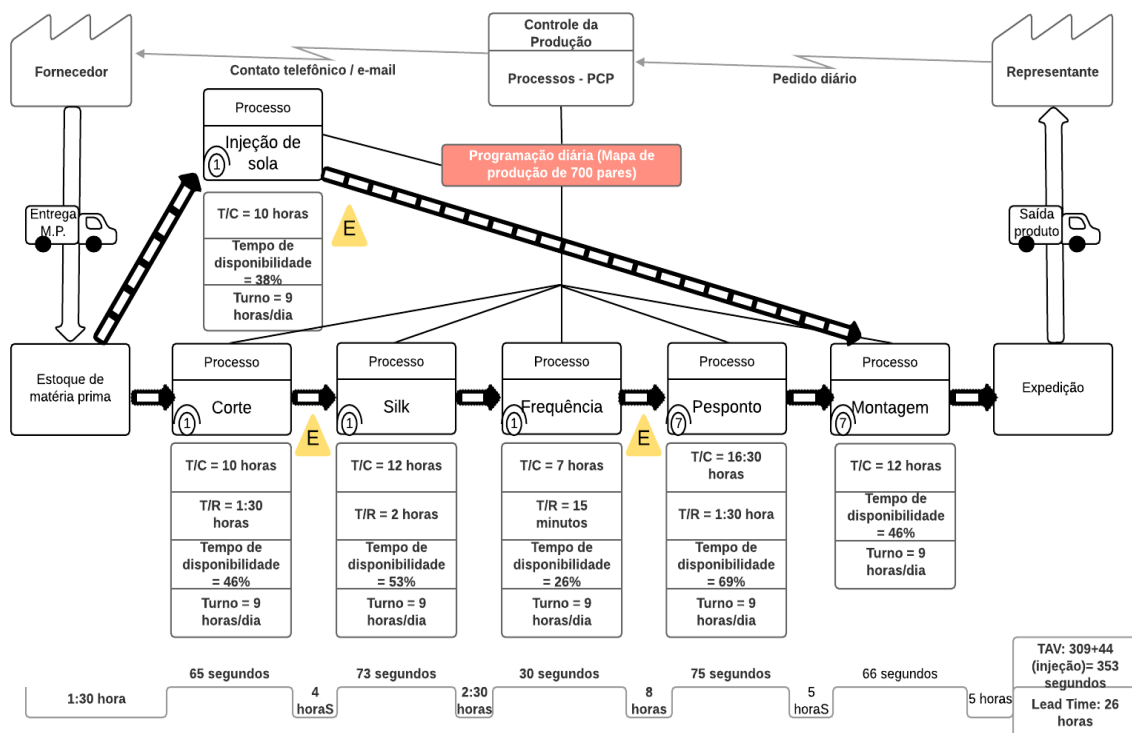
A média do *lead time* foi de 7,848 horas, com uma variação de 0,333 horas. Dessa forma, oscilando de $7,848 - 0,333 < \mu < 7,848 + 0,333$, representando, assim, a margem de erro do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Mapa do Fluxo de Valor atual

O registro do estado atual foi realizado com os dados de cada setor, conforme demonstra a Figura 5.

Figura 5 – Estado atual do processo



Analisando o MFV atual, observa-se o fluxo de materiais que é decorrido de forma empurrada, ou seja, materiais em excesso sem necessidade no momento, bem como vários tempos de troca (T/R) e desperdícios nos setores, como corte, silk e pesponto.

Na parte inferior do fluxo de valor está a linha do tempo, onde está o tempo de agregação de valor (TAV), que foi de aproximadamente 353 segundos. O valor do *lead time* foi de aproximadamente 26 horas. Considerando ainda o mapa do fluxo de valor atual, no Quadro 3 estão identificados os principais desperdícios entre os setores e respectivas causalidades.

Quadro 3 – Análise dos desperdícios por setores

Sector	Desperdício	Avaliação
Corte	Superprodução	Vários retalhos de materiais sobrando os quais ficam armazenados aguardando os próximos mapas de produção a serem utilizados. Tempo fora da máquina para a organização de materiais e posteriormente início do processo de corte. Observa-se perda de materiais que não se adequam com o padrão de qualidade.
	Estoques	
	Espera	
	Peças defeituosas	
Silk	Transporte	Devido à utilização de tinta e solvente em grande quantidade,

	Processo	este setor fica afastado dos demais, devendo estar em um lugar arejado. Porém, o deslocamento até o setor é longo, já que este está localizado no segundo piso do galpão, devendo ser percorridos 35 degraus e ao todo 45 metros de distância do corte até o silk. O problema com a qualidade é considerável, chegando em torno de 30%.
	Movimento	
	Peças defeituosas	
Frequência	Superprodução	Com o histórico crítico para conseguir funcionário capacitado no setor, a empresa utiliza um estilo de modelo que facilita o processo. Assim, o funcionário consegue trabalhar em um ritmo de produção de 120 pares/hora, enquanto os demais setores trabalham, em média, com 70 pares/hora. Em relação a peças com defeito, tem-se um valor próximo de 1,5% ao dia.
	Peças defeituosas	
Pespointo	Espera	Há uma considerável perda de tempo com deslocamento dos colaboradores para as máquinas. Como o número de máquinas é maior do que o número de colaborador há, dessa forma, várias opções de lugares, porém sem padronização, conforme identificado e ilustrado na Figura 10. É perdida, aproximadamente, 1h30min com tempo de troca.
	Processo	
	Movimento	
Montagem	Movimento	O movimento desnecessário aqui é devido ao acúmulo de sola que fica na localidade próxima para facilitar no processo. Por outro lado, um colaborador se desloca 24 metros ida e volta para buscar os produtos em processos. A média de repetição de busca é entre 8 a 20 vezes ao dia, dependendo dos mapas de produção.
	Transporte	
	Movimento	
Injeção	Superprodução	Este setor é semelhante ao da frequência no quesito volume de produção. Como é o único setor independente, a produção gira 100% com a capacidade da máquina. O problema com defeito se refere à mistura da pigmentação (matéria-prima), uma vez que no processo de injeção, quando se injetam solas na cor branca, em alguns pares a sola sai com um aspecto amarelado, sendo necessário descartá-la.
	Peças defeituosas	

Fonte: Do autor, 2020.

4.2 SED

4.2.1 Análise de cenários

Conforme apresentado anteriormente na Figura 5 e Quadro 3, existem pontos de melhoria do processo que devem ser explorados, já que há uma ineficiência quanto à quantidade produzida, o tempo de disponibilidade pelos setores e desperdício de matéria-prima. Os objetivos principais foram distribuir de forma mais homogênea os recursos de tempo de disponibilidade, aumento da produtividade, redução de tempo e os impactos econômicos que refletiriam na empresa.

4.2.1.1 Cenário 1: capacidade máxima do processo

O primeiro teste realizado almejou a capacidade máxima do processo, sendo alterados somente os valores de chegada ao pcp e pcp injeção. Após as rodadas, chegou-se em um valor de 1.173 pares, o que representa um aumento de 67,57% da produção em relação aos 700 pares e as mesmas 26 horas do *lead time* do estado atual.

Com essa alteração de volume de produção, o tempo de disponibilidade alterou-se, sendo que a utilização da mão de obra do setor de pesponto apresentou a capacidade máxima, atingindo os 99% de tempo de ocupação (TAB. 2). Dessa forma, esse setor se tornou o gargalo da produção, não podendo aumentar mais a quantidade de pares devido à ocupação total, ao contrário do que aconteceu em outros setores, que apresentaram uma margem de tempo disponível.

Tabela 2 – Tempo de disponibilidade (cenário 1)

Setor	Tempo de disponibilidade (%)
Corte	81
Silk	73
Frequência	24
Pesponto	99
Montagem	70
Injeção	55

Fonte: Do autor, 2020.

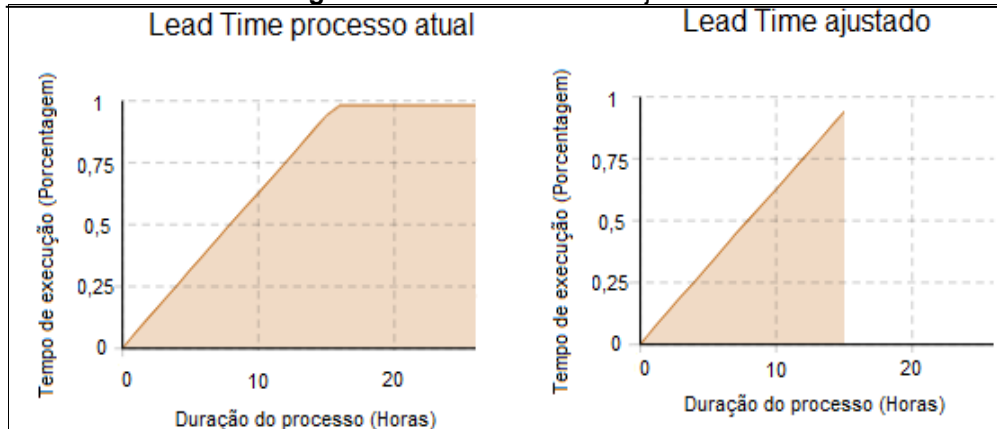
Assim, com o aumento de produção, a empresa teria uma diminuição de aproximadamente 23,13% no custo do produto, o que, em valores, significaria R\$ 4,03. Dentro dessa possibilidade de cenário e visualizando o fator de demanda empresarial, a empresa conseguiria atender os clientes, porém restariam produtos acabados em estoque. Todavia, analisando documentos da empresa, observou-se que 20% dos produtos são vendidos por pronta-entrega.

4.2.1.2 Cenário 2: ajustando o modelo de acordo com o *lead time*

Analisando o modelo atual e o tempo de produção (*lead time*), o intuito foi manter a mesma produção de 700 pares. A Figura 7 representa o *lead time* com o tempo atual (26 horas) e, em seguida, ajustado de acordo com o tempo de simulação.

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.5, n.8, p. 294-01, 294-25, 2020
DOI: 10.21575/25254782rmetg2020vol5n81303

Figura 7 – Lead time atual e ajustado



Fonte: Do autor, 2020.

Percebe-se no *lead time* atual que existe uma ascensão da linha, representando o tempo de produção (eixo x) e o tempo de conclusão (eixo y) do mapa de produção. Quando o pique máximo é atingido, as horas seguintes do tempo de produção permanecem constantes, o que representa as ineficiências do processo, como: ociosidade, tempo de retrabalho por causa dos defeitos, espera dos funcionários, piques de energia, dentre outros.

Por outro lado, quando é ajustado esse tempo de produção, pode-se perceber que somente existe a linha de ascensão. Assim, por meio das rodadas no modelo de simulação, foi encontrado o tempo ideal de 15,682 horas para produção dos 700 pares, o que representa uma queda de 39,68% do tempo de produção.

Dentro da perspectiva de melhoria, sugere-se a capacitação dos colaboradores na tentativa de redução de erros, um planejamento eficaz por parte dos gestores para alocar os recursos nos lugares corretos e, conseqüentemente, haver uma redução de perda de matéria-prima.

Na proposta de redução de custos, pode-se citar o consumo de eletricidade, uma vez que este valor de custo representa, atualmente, R\$ 0,40 por par. Filtrando essa informação, pode-se afirmar que adotando a medida de se retirarem os pontos de ineficiência do processo, a redução de energia e a diminuição do tempo dos operários nas máquinas evitariam um desgaste das peças, prolongando a vida útil do maquinário.

Assim, em outra análise, o tempo de sobra poderia ser reutilizado em outros mapas de produção, uma vez que, como na produção existem vários modelos, os tempos de confecções alternam de setor para setor, onde, em determinados modelos, os gargalos também variam entre os setores.

4.2.1.3 Cenário 3: cenário 2 com ajuste no tempo disponível entre os setores

De acordo com as informações extraídas dos cenários anteriores, o próximo passo de observação envolveu o aproveitamento da mão de obra entre os setores. Como somente o pesponto e a montagem apresentam mais de um colaborador, modificou-se a quantidade de funcionários de acordo com a capacidade demonstrada no Cenário 1, em que havia 99% de utilização do recurso de pesponto e 70% de montagem (TAB. 2).

Dessa forma, retiraram-se 2 colaboradores da montagem e se acrescentou um colaborador no pesponto. O resultado está expresso na Tabela 3, com as modificações no tempo de disponibilidade.

Tabela 3 – Ajuste do colaborador

Setor	Tempo de disponibilidade (%)
Corte	99
Silk	89
Frequência	30
Pesponto	74
Montagem	85
Injeção	67

Fonte: Do autor, 2020.

A partir desse cenário, o quadro de disponibilidade alterou-se. Identificaram-se as alterações atendendo as expectativas estabelecidas desse cenário, onde no corte foi usada toda a sua capacidade, no silk obtendo 89%, a redução do pesponto e aumento da montagem. Por outro lado, mesmo havendo aumentado a capacidade da frequência e injeção, as mesmas ainda estão com tempos disponíveis consideráveis.

Sendo assim, o que se sugeriu foi a adequação do colaborador da frequência e injeção em dar um suporte nas áreas de necessidade no momento de ociosidade destes colaboradores. Além disso, aconteceu simultaneamente a

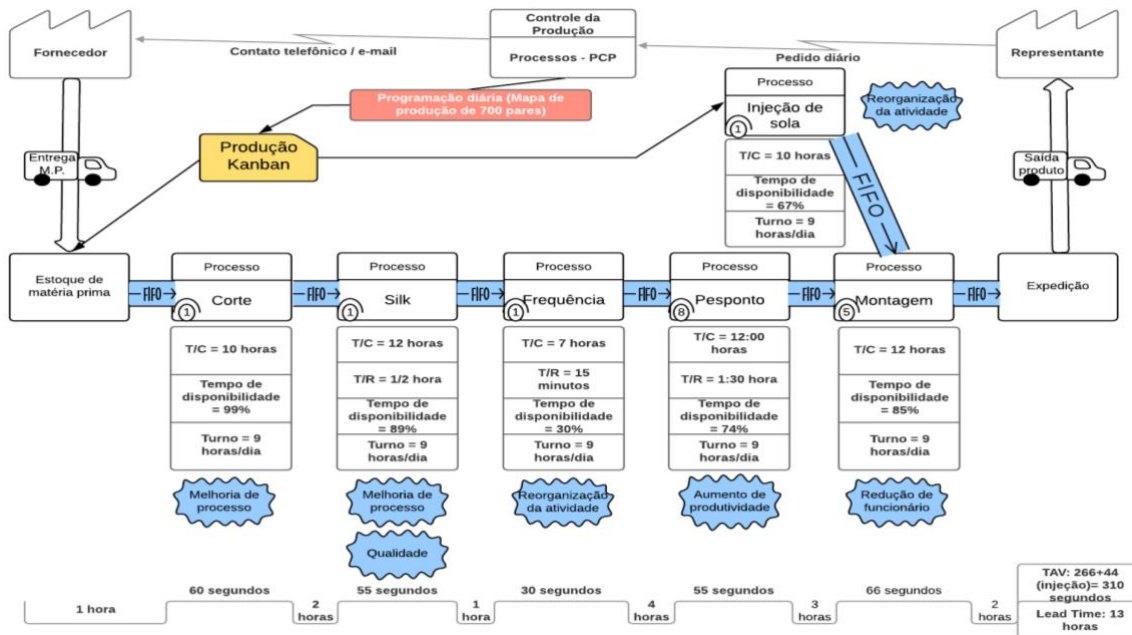
redução do *lead time*, sendo que o Cenário 2 apontava para a quantidade de 15,682 horas, para o novo cenário proposto, o tempo de processamento passou para 12,734 horas, representando uma queda de 18,80% em relação ao Cenário 2 e de 51,02% em relação ao modelo atual.

Portanto, a redução de um colaborador e o ajuste no setor de pesponto possibilitaram mais alternativas de melhorias do processo. Mediante esses resultados é possível verificar diversas maneiras de organização, planejamento e estratégia na gestão de processo, que, de uma forma geral, impactariam os demais setores da empresa, dentre eles, o setor financeiro. Este conseguiria ter um capital de giro menor devido às reduções de custos e maior planejamento nos investimentos dos recursos, como: melhoria no produto para a satisfação do cliente, aumento do lucro entre os acionistas, redução do valor de produto, dentre outros.

4.3 Mapa do Fluxo de Valor futuro

O mapa do fluxo de valor futuro iniciou-se com a implementação da ferramenta Kanban, exposta no processo conectado com a matéria-prima e injeção, a qual, por meio de *software* de cálculo consumo, calcula a quantidade de materiais a serem utilizados em cada mapa de produção. Foi realizada a contagem de estoque inicial e, posteriormente, o controle foi feito dando baixa em cada utilização até se identificar a necessidade de nova ordem de compra da matéria-prima em falta. A técnica *first in, first out* (FIFO) foi aplicada, substituindo a produção empurrada, de modo que os produtos que chegam primeiro são os primeiros a saírem de cada setor. Na Figura 8 é exposto o cenário futuro do processo.

Figura 8 – Cenário futuro



Fonte: Do autor, 2020.

Os valores de tempo de ciclo, tempo de troca e tempo de agregação de valor foram diagnosticados pelas técnicas utilizadas anteriormente, além da identificação dos pontos de melhorias elucidados. No Quadro 4 explanou-se as mudanças.

Quadro 4 – Avaliação do estado futuro implementado

Setor	Avaliação
Corte	Evitando o desperdício de material, mudou-se o processo de dobragem do mesmo, sendo que antes a forma de manuseio era padrão para todos os mapas de produção. Elaborou-se um método para dobrar os materiais, variando de acordo com cada mapa para reduzir o desperdício.
Silk	A distância entre os setores foi mantida por questões técnicas. Por outro lado, o alto índice de defeitos foi reduzido com a substituição do colaborador. Sendo assim, o desperdício caiu de 30% para 2%.
Frequência	Não houve alteração expressiva. Somente um diálogo com o colaborador, tornando-o multifuncional.
Pesponto	Reorganização das máquinas no <i>layout</i> , porém, o tempo de troca manteve-se de 1h30min. Visualizando o cenário, foi detectada a necessidade constante de troca de linhas devido às várias cores existentes, trazendo um atraso. Adicionou-se um colaborador neste setor para dar o suporte onde for o gargalo.
Montagem	Redução de dois colaboradores e melhor ocupação do setor.
Injeção	Mudanças na pigmentação da matéria-prima, o que reduziu a variabilidade de cor. Houve a diminuição de desperdício e padronização na forma de se fazer a mistura da pigmentação antes de ser colocada na máquina.

Fonte: Do autor, 2020.

Dessa forma, a finalização do mapa do fluxo de valor futuro teve por objetivo principal ilustrar e transparecer uma leitura do processo, mostrando os pontos de melhorias para a implementação somado com informações do SED. Pode-se observar que os resultados encontrados quando comparados aos trabalhos correlatos, apresentaram melhorias de processos, havendo eliminação de desperdício, aumento da produção e redução do tempo de processo.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo geral apontar as falhas de gestão de processo em uma indústria de calçados de pequeno porte por meio das técnicas de simulação de eventos discretos (SED) e o mapa do fluxo de valor (MFV), visando o aumento da produtividade e conseqüente aumento das receitas da empresa. Assim, por meio dos resultados obtidos, foi possível observar vários pontos de ineficiências do modelo, para os quais foram propostas melhorias.

O tempo de disponibilidade dos colaboradores e o *lead time* foram os assuntos tratados em específico nesta pesquisa com objetivo de ajustar o modelo proposto para um melhor desempenho e conseqüentemente uma maior rentabilidade para a organização. Os resultados encontrados por meio dos cenários proporcionou um resultado com aumento de 67,57% no volume da produção, uma redução de 51,02% no *lead time* e uma redução de 23,13% no custo do produto.

Buscou-se, sobretudo, a eliminação dos desperdícios e a não sobrecarga dos colaboradores, visando o bem-estar dos mesmos. Assim, por meio de observações e extração de dados minuciosos, descobriram-se ineficiências do processo, de modo a reestruturá-lo de acordo com os resultados encontrados na produção, mantendo a qualidade e conforto da equipe, fundamental para o funcionamento do processo.

Por outro lado, como em todas as empresas existem fatores que não são passíveis de serem analisados por completo devido a fatores externos,

assim, outras análises internas e externas podem ser realizadas de modo a se diminuir o impacto negativo existente.

Como é necessária uma constante tomada de decisão mediante aos cenários, as técnicas do SED e MFV permitiram a identificação de ineficiência e auxiliar na tomada de decisão, uma vez que essas técnicas são bem consolidadas na literatura e no universo real em diversos segmentos.

Como sugestões de trabalhos futuros, sugerem-se: a aplicação do custeio baseado em atividades acoplado com a simulação e avaliar o custo do produto final nos âmbitos administrativos e processos. Por fim, estruturar o modelo em pesquisa de acordo com o processo desejável e adicionar as técnicas de otimização.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADOS. **Relatório aponta a perda de competitividade do setor calçadista**. 2018. Disponível em:

<http://www.abicalcados.com.br/noticia/relatorio-aponta-perda-de-competitividade-do-setor-calcadista>. Acesso em: 01 mar. 2020.

BARIL, C. *et al.* Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: a case study in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 249, n. 1, p. 327-339, 2016.

CHWIF, L. **Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal**. Tese. São Paulo: Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 139f.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações**. 4. ed. rev ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

CNI. **Perfil da indústria brasileira**. 2019. Disponível em:

<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/estatisticas/#myCarousel>. Acesso em: 23 out. 2019.

GAZIERO, C.; CECCONELLO, I. Simulação computacional do fluxo de valor: uma proposta de integração da indústria 4.0 e lean production. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 52-67, 2019.

KRENCZYK, D.; OLENDER, M. Using discrete-event simulation systems as support for production planning. **Applied Mechanics and Materials**, v. 809-

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.5, n.8, p. 294-01, 294-25, 2020
DOI: 10.21575/25254782rmetg2020vol5n81303

810, p. 1456-1461, 2015.

LAW, A. M.; KELTON, D. W. **Simulation, modeling & analysis**. 2. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1991.

LIMA, D. F. S. *et al.* Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, v. 16, n. 1, p. 366-392, 2016.

MACHADO, C. M. L. **Ferramenta computacional para apoio à minimização dos desperdícios do processo produtivo**. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Processos Industriais) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2014. 110f.

MEDEIROS, H. S.; SANTANA, A. F. B.; GUIMARÃES, L. S. O uso dos métodos de custeio nas indústrias de manufatura enxuta: uma análise da literatura. **Gestão & Produção**, v. 24, n. 2, p. 395-406, 2017.

MOREIRA, S. **Aplicação das ferramentas lean**. Caso de estudo (Dissertação). Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2011. 113f.

MOURTZIS, D. *et al.* The role of simulation in digital manufacturing: applications and outlook. **International journal of computer integrated manufacturing**, v. 28, n. 1, p. 3-24, 2015.

OLIVEIRA, R. B. M.; CORRÊA, V. A.; NUNES, L. E. N. P. Uso da simulação computacional com o mapeamento do fluxo de valor para auxiliar na tomada de decisão. **Exacta**, v. 11, n. 1, p. 47-57, 2013.

OMOGBAI, O.; SALONITIS, K. Manufacturing system lean improvement design using discrete event simulation. **Procedia CIRP**, v. 57, p. 195-200, 2016.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **ICMS é o tributo mais prejudicial à indústria, dizem empresários**, 2019. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/economia/icms-e-o-tributo-mais-prejudicial-a-industria-dizem-empresarios>. Acesso em: 1 mar. 2020.

RIBEIRO, D. R. S. *et al.* Mapeamento do fluxo de valor e uso da simulação integrada lean com sistemas ciber-físicos em uma indústria de embalagens flexíveis. **Revista Produção Online**, v. 19, n. 1, p. 346-374, 2019.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute, 2003.

SEBRAE. **Entenda o motivo do sucesso e do fracasso das empresas.** 2017. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/sp/bis/entenda-o-motivo-do-sucesso-e-do-fracasso-das-empresas,b1d31ebfe6f5f510VgnVCM1000004c00210aRCRD?codUf=26&origem=estadual>. Acesso em: 27 jan. 2020.

SEBRAE. **Perfil das microempresas e empresas de pequeno porte.** Brasília: Unidade de Gestão Estratégica, 2018.

SEEBACHER, G.; WINKLER, H.; OBEREGGER, B. In-plant logistics efficiency valuation using discrete event simulation. **International Journal of Simulation Modelling**, v. 14, n. 1, p. 60–70, 2015.

SEHNEM, E. H. *et al.* Utilização dos princípios da manufatura enxuta e ferramenta de mapeamento de fluxo de valor para a identificação de desperdícios no estoque de produto acabado. **Enegep**, v. 18, n. 1, p. 23, 2017.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** Porto Alegre: Bookman, 1996.

VENKATARAMAN, K. *et al.* Application of value stream mapping for reduction of cycle time in a machining process. **Procedia Materials Science**, v. 6, n. Icmpc, p. 1187-1196, 2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Enviado em: 11 jun. 2020.

Aceito em: 04 dez. 2020.

Editores responsáveis: Bianca Neves Machado
Mateus das Neves Gomes.