



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

# BALANCEAMENTO DA MÃO DE OBRA EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA UTILIZANDO UM SOFTWARE DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

## *MANPOWER BALANCE IN A GRAPHIC INDUSTRY USING A COMPUTATIONAL SIMULATION SOFTWARE*

Mateus Santana<sup>1</sup>; Rodrigo Aparecido Flausino Peron<sup>2</sup>; Beatriz Lavezo dos Reis<sup>3</sup>;  
Gilberto Clóvis Antonelli<sup>4</sup>; Aline Menardi Culchesk<sup>5</sup>

<sup>1 2 3 4 5</sup> Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo, 5790, Bloco 19/20, Jd. Universitário, CEP 87020-290, Maringá, PR. [mateus.95.santana@gmail.com](mailto:mateus.95.santana@gmail.com) ; [rferon@gmail.com](mailto:rferon@gmail.com) ; [bia.lavezo@gmail.com](mailto:bia.lavezo@gmail.com) ; [gcantonelli@uem.br](mailto:gcantonelli@uem.br) ; [aculchesk@hotmail.com](mailto:aculchesk@hotmail.com) .

### ARTIGO INFO.

Recebido em: 29/05/2018

Aprovado em: 29/06/2018

Disponibilizado em: 15/12/2018

### PALAVRAS-CHAVE:

Indústria gráfica; Simulação; Balanceamento de linha.

### KEYWORDS:

Graphic Industry; Simulation; Line Balancing

Copyright © 2018, Mateus Santana et al. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons, Atribuição-Uso.

\*Autor Correspondente: Mateus Santana.

### RESUMO

Atualmente, a indústria de impressão sofre uma queda em suas vendas, apresentando a necessidade, dentre outras, de otimizar o uso de seus recursos como exemplo, a mão de obra. Para isso, uma das alternativas para a mudança deste cenário é a utilização da simulação computacional. O presente trabalho objetivou avaliar o uso da mão de obra disponível de uma indústria gráfica durante o período de um mês, propor melhorias por meio de cenários simulados e prever os resultados destes utilizando-se das técnicas de simulação computacional. Os dados para análise foram obtidos pelo *software* ERP da

própria empresa, e para a simulação e construção dos cenários utilizou-se o Flexsim®. Inicialmente, simulou-se o cenário atual da empresa, em seguida, simulou-se dois novos cenários alternativos, um redistribuindo-se as funções entre os funcionários atuais e outro considerando-se um novo funcionário atuando por meio período na empresa. Os resultados possibilitaram à empresa soluções fundamentadas para solucionar o problema de utilização de mão de obra.

### ABSTRACT

Currently, the printing industry has fallen in sales, presenting the need, among others, to optimize the use of its resources, such as labor. For this, one of the alternatives is through computational simulation. The objective of this study was to evaluate the use of the available labor of a printing industry during a month, propose improvements through simulated scenarios and predict their results using computational simulation techniques. The data for analysis were obtained by the company's own ERP software and the software used for simulation and construction of the scenarios was Flexsim®. It was possible to simulate the company's current scenario, as well as an alternative scenario by redistributing roles between current employees and another considering a new employee working part-time. The results enabled the company to provide well-founded solutions to solve its problem of use of labor.

Citação (APA): SANTANA et al (2018). Balanceamento da mão de obra em uma indústria gráfica utilizando um software de simulação computacional, 4(4): 01-23.

## 1 INTRODUÇÃO

Num cenário mercadológico cada vez mais competitivo, os clientes têm exigido, gradativamente, produtos diferenciados, de qualidade elevada e com um baixo custo (XAVIER et al., 2014). Logo, para as empresas conseguirem se manter competitivas, devem atender às necessidades dos consumidores de forma cada vez mais rápida e flexível, dependendo de tecnologias, métodos e ferramentas que auxiliem na busca pelo aumento da capacidade produtiva, pela otimização dos processos produtivos, pela redução de custos e pelo aumento da qualidade (MIRANDA et al., 2010).

Na indústria de impressão, ou gráfica, a situação não é diferente. De acordo com o relatório de 2018 da Associação Brasileira da Indústria Gráfica (ABIGRAF Nacional), o setor apresenta queda na sua produção desde 2013, chegando a atingir um déficit de -13,9% em 2013 em relação ao ano anterior (ABIGRAF, 2018).

Tais números evidenciam a necessidade das empresas do ramo de buscarem por melhorias e soluções para alavancarem suas operações, como a obtenção de diferenciais como fator de competição, sendo uma das melhores formas de alcançá-los, por meio da melhoria contínua de processos e gestão. Dentre as técnicas que podem ser aplicadas, tem-se o balanceamento de linha de produção, que consiste em ajustar a produção às necessidades da demanda, maximizando a utilização dos postos ou estações, buscando unificar o tempo unitário da produção (MOREIRA, 2004).

Contudo, as indústrias têm se deparado com certa limitação de recursos para realizar investimentos em seus processos, a fim de torná-los mais eficientes. Assim, a tomada de decisão não pode ser passiva de erros, para não haver um equívoco na implementação de algo que não atenderá ao resultado necessário (HARREL et al., 2002). Diante disso, a simulação computacional tem sido utilizada para criar cenários e visualizar os impactos de uma mudança, sem alterar, de fato, o processo produtivo da empresa (OLIVEIRA, 2008). Segundo Lago et al. (2016), as empresas que fazem uso da modelagem e simulação conseguem adquirir vantagens competitivas frente à concorrência, por se tratar de uma ferramenta que adiciona criatividade ao processo de resolução de problemas e incorpora a variabilidade que o sistema exige.

Frente ao exposto, neste estudo será abordada resolução de um problema de má utilização de recursos humanos de uma indústria gráfica de pequeno porte. Portanto, teve como objetivo

avaliar o uso da mão de obra disponível da empresa durante o período de um mês, a fim de propor melhorias e prever os resultados a partir das propostas de modificações simuladas.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 INDÚSTRIA GRÁFICA

O processo industrial gráfico pode ser segmentado conforme os diversos tipos de impressões possíveis, os quais se subdividem de acordo com as técnicas e matérias-primas utilizadas. Todavia, qualquer que seja a técnica, para que o processo se complete são necessárias três etapas: pré-impressão (preparação do processo), impressão (transferência da imagem para o meio desejado) e pós-impressão (acabamento), cada qual com características específicas e etapas a serem completadas antes de seguirem o fluxo de trabalho (ABIGRAF, 2003).

O setor da indústria gráfica no Brasil necessita responder às demandas do mercado, a qual tem exigido uma maior variedade de produtos, requerendo que o setor adeque sua produção para pequenos lotes, visto que anteriormente estava voltada à princípio para a produção em larga escala. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), há ainda um grande número de empresas que operam com processos e equipamentos tecnologicamente ultrapassados, que necessitam de adequação para sua sobrevivência.

Não bastasse a complexidade de técnicas, as recentes mudanças na escala de produção e necessidade de investimentos em tecnologia, a indústria gráfica atua com um *mix* de produtos que combina diversas variáveis como: cor, tamanho, matéria-prima, montagem, formato, e acabamento, fazendo com que possa atingir a casa dos milhares de produtos diferentes, produzidos numa mesma linha.

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2015), as atividades da indústria gráfica compreendem a fabricação de embalagens, chapas, e produtos de papel, para uso doméstico ou comercial. Além desses estão os já citados serviços de pré e pós-impressão, e ainda, os serviços de impressão geral (jornais, livros, periódicos, listas e revistas). Desta forma, as combinações de variáveis fazem com que o processo de produção de cada produto final tenha suas particularidades, e sejam necessárias análises complexas de usos de recursos a fim de garantir o melhor uso destes para maximizar o lucro da empresa.

## 1.2 BALANCEAMENTO DE RECURSOS

O desempenho da linha de produção está diretamente em função da distribuição dos postos de trabalho, visto que esses são responsáveis por alocar os operadores que irão realizar as tarefas, sendo assim, muito importantes no cálculo do balanceamento de linha e, conseqüentemente, na melhoria da eficiência do processo produtivo (MOREIRA, 2004).

O balanceamento consiste em atribuir tarefas aos postos de trabalhos, objetivando elevar a utilização de recursos humanos e equipamentos disponíveis e, assim, minimizar o tempo ocioso desses, uma vez que operações com tempo ocioso ou sobrecarregado podem gerar alterações na capacidade produtiva e nos custos unitários de produção (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Segundo Pacheco et al. (2014), dentre as abordagens que o balanceamento de recursos pode adotar, os pressupostos mais relevantes são:

- a) Alocar carga de acordo com a capacidade dos recursos;
- b) Maximizar a utilização dos recursos;
- c) Maximizar a eficiência dos recursos;
- d) Reduzir as capacidades em excesso dos recursos, ajustando-se à demanda;
- e) Garantir o suprimento dos recursos;
- f) Focar as ações nos recursos que não estão atingindo suas capacidades máximas e/ou nos recursos restritivos;
- g) Focar na redução dos custos por unidade, conseqüentemente nos ganhos do sistema.

Nesse contexto, uma vez que, para se realizar balanceamentos de linhas possam ser necessárias mudanças financeiramente significativas e sabendo-se que a simulação computacional pode ser utilizada para a criação de cenários e previsão dos resultados, a partir de modificações no modelo sem alterar de fato, os processos produtivos das empresas simuladas (OLIVEIRA, 2008), tal técnica torna-se viável para analisar e visualizar melhorias relacionadas ao balanceamento de recursos.

## 1.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação computacional teve início na década de 50. Nesta época, devido à dificuldade de compreensão da programação, somente os profissionais da área conseguiam fazer e

compreender seus respectivos resultados. Hoje, os computadores têm competência de operar diversos programas e linguagens ao mesmo tempo e com maior clareza, se beneficiando da simulação visual que facilita a compreensão dos sistemas (PRADO, 2010).

Segundo Schriber (1974), a simulação implica na modelagem de um processo ou sistema de forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorre ao longo do tempo. Contudo, embora seja um dos primeiros autores a estudar acerca do tema e por iniciar uma maior aproximação entre a simulação e programas de computadores, ele não especifica que a simulação deva ser necessariamente computacional (FREITAS FILHO, 2008).

As aplicações de um modelo de simulação são diversas, desde modelos de manufaturas, logística, serviços até mesmo em simulações de processos complexos. Os recursos disponíveis nas empresas quando corretamente empregados podem trazer uma significativa melhoria, tanto em produtividade quanto em qualidade, de acordo com Bateman et al. (2013). Para que isto ocorra, é necessária uma boa base de conhecimento para a tomada de decisão, devido às incertezas envolvidas, momento no qual a participação da simulação computacional vem a contribuir de forma positiva.

Freitas Filho (2008) sugere que o emprego da simulação deve ser considerado quando pelo menos uma das condições abaixo existirem:

- a) Não existe formulação matemática completa para o problema em questão;
- b) Os resultados são mais fáceis de serem alcançados com a simulação do que com o modelo analítico;
- c) Não se encontra competência pessoal para resolução dos problemas por meios numéricos ou analíticos;
- d) É preciso observar o processo do início ao fim, mas sem apego a detalhes;
- e) Analisar e observar alternativas que os sistemas reais ainda não possuem.

Lachtermacher (2007) sugere alguns porquês para se utilizar processos de modelagem e simulação para auxílio na tomada de decisão, como forçar gestores a tornar explícitos seus objetivos, bem como os fatores que influenciam os mesmos; forçar o reconhecimento de limitações; e permitir a comunicação de ideias para facilitar o entendimento entre grupos de trabalho.

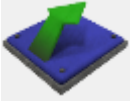
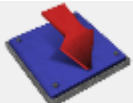
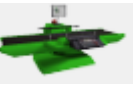


#### 1.4 SOFTWARE – FLEXSIM®

Segundo Lu e Wong (2007), os pacotes de *softwares* de simulação disponíveis comercialmente ganharam popularidade e encontraram inúmeras aplicações nos desafios de engenharia e gestão. Os pesquisadores, após definir qual a natureza dos parâmetros do modelo, como o tipo, as restrições, as variáveis e os objetivos, necessita, ainda, um conhecimento sólido sobre qual *software* de simulação disponível melhor se adequa ao modelo a ser simulado.

A *Flexsim Software Products, Inc.*, inicialmente, fornecia suporte e conduzia treinamentos utilizando *software* de simulação (Taylor II). Em seguida desenvolveu a ferramenta de simulação orientada a objeto 3D (Taylor ED). Posteriormente iniciou o desenvolvimento de uma nova geração de *software* de simulação orientado a objetos 3D chamado Flexsim ®, cujo primeiro lançamento ocorreu em 2003 com a versão 1.0. Atualmente, o *software* de simulação Flexsim ® possui um ambiente orientado a objeto, sendo utilizado para desenvolver, modelar, simular, visualizar e monitorar as atividades e sistemas de processo com fluxo dinâmico, sendo um conjunto completo de ferramentas de desenvolvimento para modelagem e simulação (NORDGREN, 2003).

Os modelos de simulação no Flexsim são construídos usando diversos elementos, sendo os principais: chegada de pedidos (“*Source*”), saída de pedidos (“*Sink*”), elementos de processamento (“*Processor*”) e elementos de fila (“*Queue*”), além dos operadores (“*Operator*”). Suas funções são descritas no Quadro 1.

Quadro 1. Elementos básicos das simulações no Flexsim

<b>Elemento</b>	<b>Nome</b>	<b>Função</b>
	<i>Source</i>	Criar pedidos ou itens a serem processados.
	<i>Sink</i>	Destruir ou remover itens da simulação, como produtos acabados ou rejeitos.
	<i>Processor</i>	Processar itens.
	<i>Queue</i>	Estoque de itens, em processo ou acabados.
	<i>Operator</i>	Representar atividades humanas na simulação, como realização de tarefas e transporte de materiais.

Fonte - Autoria própria, 2018.

Os elementos do Quadro 1 podem então ser relacionados na simulação de forma a reproduzir a operação real que se deseja.

## 1.5 TRABALHOS CORRELATOS

No contexto da simulação computacional, podem ser encontrados diversos *softwares* para construção de modelos, bem como variadas áreas para sua aplicação. Neste trabalho o foco é a indústria gráfica, no entanto Afonso, Xie e Augusto (2015) apresentam a aplicação da simulação computacional para um ambiente hospitalar onde são realizadas coletas de doadores de sangue.

Os autores buscam por meio da simulação otimizar o processo tanto de atendimentos programados, como para chegadas aleatórias, atingindo uma maior assertividade na programação da rotina de trabalho. Afonso, Xie e Augusto (2015) apresentam ao final um comparativo realizado entre a estratégia proposta por eles com mais 10 estratégias, onde pode-

se concluir que o modelo proposto apresenta soluções de qualidade, pois em todos os ensaios estava entre os dois melhores resultados.

Já Aziz, Qasim e Wadji (2017) apresentam uma aplicação no setor rodoviário, mais especificamente em pavimentação de estradas, onde com levantamentos realizados com as equipes e o auxílio do *software* Flexsim atingiram uma melhora na produtividade. Os autores apontam que aliado às melhorias no processo estavam sendo levadas em consideração restrições como recursos humanos, tempo curto para realização do serviço, qualidade e segurança de todos os envolvidos.

A área de manutenção elétrica é abordada por Choudhari e Gajjar (2018), que através do *software* Arena, buscava por meio da simulação reduzir o tempo de espera dos clientes. Essa diferença entre a solicitação e a resposta ao problema ocorria, pois, as necessidades surgiam aleatoriamente, deixando por vezes os colaboradores ociosos e em outras sobrecarregados. Foram propostos cenários no horário normal e de pico, que possibilitaram tomadas de decisão quanto a carga horária trabalhada, percentual de atividades que agregam e não agregam valor, além de tomadas de decisões estratégicas para a organização.

O *software* ProModel é apresentado por Jamil e Razali (2016) em um caso aplicado na indústria automotiva, na montagem de componentes para carros. A linha escolhida para realizar a simulação foi na produção de um filtro de combustível presente no motor, que apresentava baixa eficiência de produção e não atingia a demanda dos clientes. Com a simulação os autores buscaram detectar os problemas na linha e também soluções para torná-la mais eficiente.

Ainda, Kirby et al. (2015) retratam uma simulação para um centro regional de amparo aos desabrigados em caso de catástrofes. Esse modelo no campo da logística humanitária foi desenvolvido usando a ferramenta AnyLogic e busca definir qual espaço, tempo e recursos necessários para dar apoio aos necessitados em casos de desastres naturais ou causados pela população. Concluiu-se, ao final do estudo, que para uma operação de 20.000 desabrigados, seria ideal uma equipe composta com 250 voluntários, assim seriam otimizados tempo, espaço e recursos.

Por fim, Wang et al. (2015) também apresentam um ambiente hospitalar, mas nesse caso no setor de emergência e utilizando as simulações no Arena, para atingir diversas otimizações para o processo de prestação de serviços. Para levantamento de informações, os autores utilizaram o modelo de mapeamento de fluxo de valor ou VSM (*Value Stream Mapping*) e então realizaram a simulação, chegando a conclusão de que o *layout* ideal seria linear, mas ressaltando



as limitações do estudo, como sazonalidade nas emergências e também disponibilidade e preparação técnica dos recursos envolvidos no processo, que poderiam alterar os resultados.

Com os diversos *softwares* encontrados e áreas de aplicação distintas na simulação, foi elaborado um resumo dos trabalhos analisados apresentado pelo Quadro 2.

Quadro 2. Resumo dos estudos realizados no campo da simulação

<b>Autores</b>	<b>Software</b>	<b>Área de emprego</b>	<b>Objetivo da simulação</b>
Alfonso, Xie e Augusto (2015)	GAMS- General Algebraic Modelling System	Ambiente hospitalar - Coleta sanguínea	Redução na carga horária extra trabalhada e aumento na qualidade do serviço prestado
Aziz, Qasim e Wadji (2017)	FlexSim	Infraestrutura rodoviária - Pavimentação de estradas	Aumento de produtividade do setor através de melhorias na produção e redução do tempo de obstrução de estradas
Choudhari e Gajjar (2018)	Arena	Manutenção elétrica	Utilização da capacidade máxima dos recursos e redução do tempo de resposta ao cliente para as reclamações
Jamil e Razali (2016)	ProModel	Indústria automotiva	Aumento da produtividade através da redução dos tempos de parada
Kirby <i>et al.</i> (2015)	AnyLogic	Logística humanitária	Apresentar a distribuição de recursos necessária para amparar desabrigados após uma catástrofe
Wang <i>et al.</i> (2015)	Arena	Ambiente hospitalar - Emergência	Otimização das atividades realizadas por cada colaborador, redução no tempo de espera e melhoria na qualidade dos serviços oferecidos

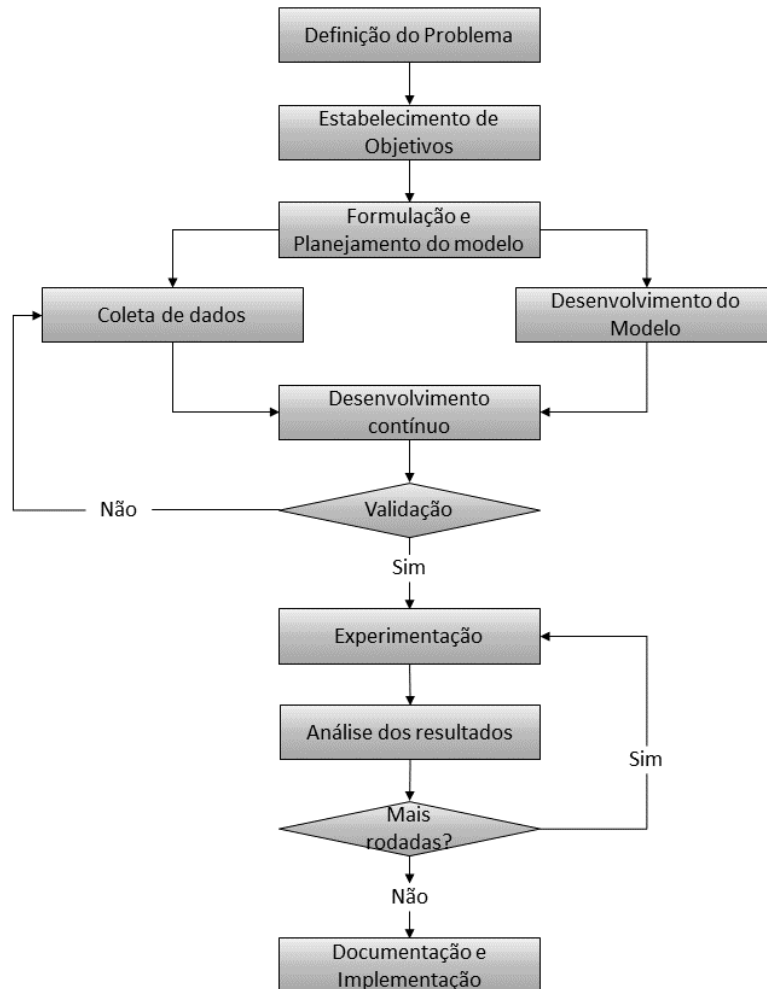
Fonte – Autoria própria, 2018.

Ainda que os trabalhos apresentados no Quadro 2 não se tratem do mesmo *software* abordado o trabalho em questão, salvo o apresentado por Aziz, Qasim e Wadji (2017), há relações na condução das simulações, independente da ferramenta utilizada. Além disso, as diversas áreas apresentadas possibilitam interpretar que a utilização da simulação computacional é válida para otimizar não apenas processos produtivos na manufatura, mas também na prestação de serviços e demais produtos resultantes dos processos apresentados.

## 2 METODOLOGIA

Para se realizar este estudo, seguiu-se a metodologia proposta por Bateman et al. (2013) para condução de pesquisas utilizando a simulação computacional, ilustrada na Figura 1.

Figura 1. Passos para condução de estudos utilizando simulação



Fonte - Adaptado de Bateman et al., (2013).

As etapas da Fig. 1 e como as mesmas foram seguidas neste trabalho encontram-se nos tópicos seguintes.

### 2.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E DOS OBJETIVOS

O presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria gráfica de pequeno porte localizada no norte do Paraná, a qual conta atualmente com 2 funcionários no setor Administrativo, 1 no setor de Impressão e 1 no setor de Acabamento, além do próprio dono da empresa. Fundada em janeiro de 2008, a indústria gráfica produz uma grande variedade de produtos, como cartões,

embalagens, folhetos, livros e pastas, todos sob encomenda e com alto grau de customização. De acordo com o pedido dos clientes, cada produto se diferencia de acordo com sua família, cor, formato e operações de acabamento, conforme ilustra a Fig. 2.

Figura 2. Possibilidades de características dos produtos fabricados

Família	Cor	Formato	Acabamento
Bloco; Embalagem; Envelope; Lâmina; Livro.	Colorido em uma superfície, sem cor em outra; Colorido em ambas superfícies; Colorido em uma superfície, preto em outra; Preto em uma superfície, sem cor em outra; Preto em ambas superfícies;	O formato depende do tamanho de cada produto solicitado e de quantos produtos podem ser impressos em uma folha em branco de forma a maximizar o uso desta.	Blocagem; Furação; Grampeamento; Intercalação manual; Numeração; Picoteamento;

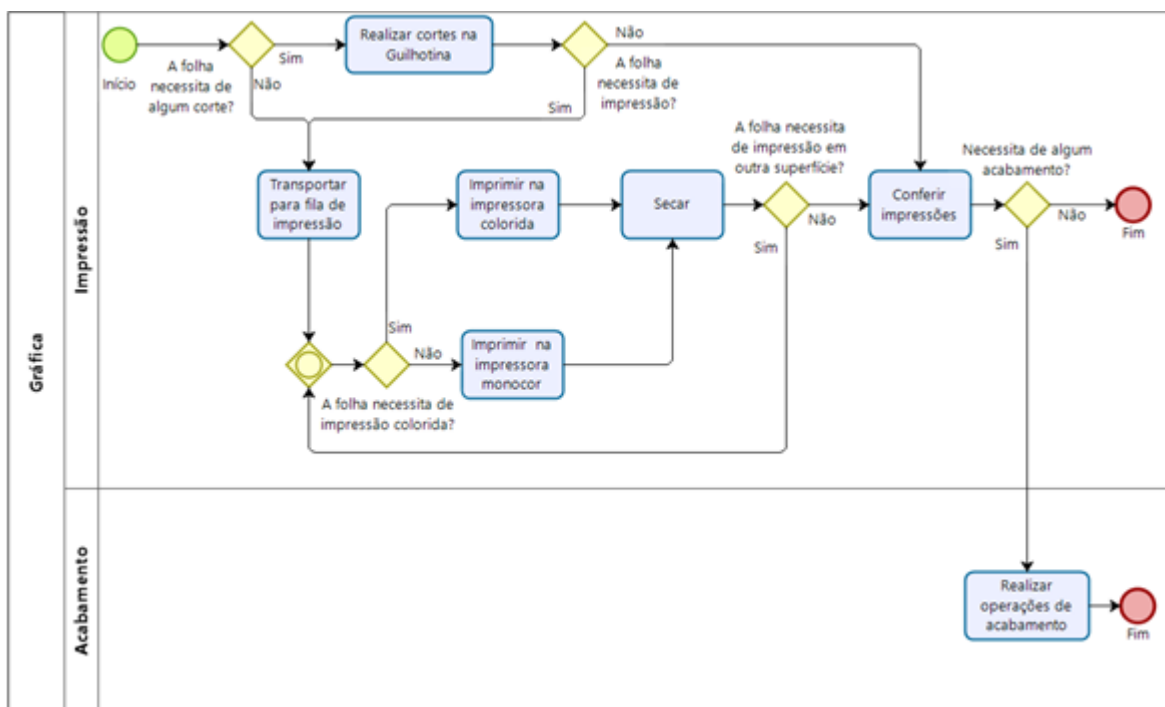
Fonte - Autoria própria, 2018.

Embora a empresa possua equipamentos suficientes para realizar a maior parte do processo produtivo de seus produtos (pequena parte das operações é terceirizada), e disponha de um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*/ Sistema de Gestão Empresarial) capaz de auxiliar nas operações administrativas e na gestão das informações, o proprietário da empresa declarou em reuniões com os presentes autores carecer de conhecimentos gerenciais, como formulação de custos, previsão de demanda e balanceamento de mão de obra. Foi relatado também que um dos motivos dessa lacuna de conhecimentos é a frequente necessidade do próprio dono em realizar diversas atividades operacionais no setor de Impressão. Devido ao desconhecimento da capacidade e ritmo produtivo da fábrica, não tem se conseguido cumprir com os prazos perante os clientes, uma vez que tal setor possui apenas um funcionário. Além disso, segundo o dono, observou-se um desbalanceamento da carga de trabalho entre os funcionários, sendo assim cogitada a possibilidade de se contratar novos funcionários ou remanejar os funcionários atuais a fim de se obter melhor distribuição da carga de trabalho e otimização do uso da mão de obra. A simulação computacional foi então proposta como ferramenta para avaliar tais possíveis soluções.

## 2.2 FORMULAÇÃO E PLANEJAMENTO DO MODELO

Para se realizar a simulação, primeiramente foi necessário mapear o processo produtivo da empresa e esquematizá-lo por meio de um fluxograma. Contudo, conforme pode-se observar na Fig. 3, cada pedido possui características próprias que demandam operações específicas ou tempos de operação diferenciados, de forma que cada pedido possui um fluxograma próprio. Por outro lado, o processo de definição da sequência de operações no setor de impressão para cada pedido segue um padrão de decisões, ilustrado no fluxograma da Fig. 3, o qual foi essencial para a construção da simulação conforme será detalhado na Seção 3.3.

Figura 3. Fluxograma de decisão do sequenciamento de operações para cada pedido



Fonte - Autoria própria, 2018.

## 2.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO E COLETA DOS DADOS

Conforme informado na Seção 1, a simulação deste estudo buscou reproduzir um mês, analisando-se 96 pedidos cujas ordens de produção foram iniciadas durante esse período. Assim, para se desenvolver o modelo da simulação e analisar os cenários propostos foram seguidas 4 etapas, descritas nos tópicos seguintes: sequenciamento das operações de cada pedido; definição do ritmo de chegada dos pedidos; cálculo dos tempos de processamento e *setup* de cada pedido; e definição da jornada de trabalho dos colaboradores.

### 2.3.1 SEQUENCIAMENTO DAS OPERAÇÕES

Com base nas características solicitadas em cada um dos 96 pedidos e seguindo os passos descritos na Fig. 3, as operações necessárias de cada pedido foram identificadas e sequenciadas. No *software* Flexsim, utilizou-se a ferramenta “*Global Table*” para sequenciá-las, definindo a sequência de elementos de processamento (“*Processor*”) e de fila (“*Queue*”) que cada pedido deveria seguir, conforme Fig. 4.

Figura 4. Exemplo de sequenciamento de processos em uma “*Global Table*”

	Fila_Pedidos	Guilhotina	Fila_Impressa	Sec_4Cores	Sec_Mono
Row 1	1	1	1	3	2
Row 2	1	1	1	3	2
Row 3	1	1	1	3	2
Row 4	1	1	2	1	1
Row 5	1	1	1	3	2

Fonte - Autoria própria, 2018.

O sequenciamento de operações utilizando a ferramenta “*Global Table*” ocorre da seguinte forma:

- Cada pedido (linha) possui uma ordem de elementos de processamento (guilhotina e impressoras) e de filas a ser seguido;
- Cada elemento (coluna) possui diversas portas de saída, cada qual conectada a apenas um elemento. Assim, a próxima operação de um pedido após um processo ou uma espera em fila é determinada de acordo com a porta de saída daquela operação.
- Cada elemento de processamento e de fila deve ser configurado para que os pedidos saiam deles seguindo a ordem da “*Global Table*” desejada;

Ressalta-se que a operação de acabamento é realizada pelo setor de Acabamento e não pelo setor de Impressão.

### 2.3.2 DEFINIÇÃO DO RITMO DE CHEGADA

A partir dos dados armazenados no sistema ERP da empresa, foi possível coletar as datas de início de cada ordem de produção. Assim, objetivando refletir o ritmo de chegada mais próximo da realidade, utilizou-se novamente a ferramenta “*Global Table*”, exemplificado na Fig. 5, para

programar a chegada de cada pedido de acordo com o tempo decorrido desde o início da simulação até a sua real data de chegada.

Figura 5. Exemplo de "Global Table" com a ordem de chegada dos pedidos

	Type	Chegada
Row 1	1	0
Row 2	2	0
Row 3	3	0
Row 4	4	259200
Row 5	5	259200
Row 6	6	259200
Row 7	7	259200
Row 8	8	345600

Fonte - Autoria própria, 2018.

### 2.3.3 CÁLCULO DOS TEMPOS DE PROCESSAMENTO E SETUP

O sistema ERP da empresa foi desenvolvido, após estudos prévios da empresa desenvolvedora, caracterizando os tempos de operação e de *setup* de cada máquina da gráfica, de forma que, para cada novo pedido, o próprio sistema calcula o tempo que o pedido demanda de cada máquina e operações manuais (referentes ao setor de Acabamento), dados estes que foram inseridos na simulação por meio da ferramenta "Global Table", exemplificado na Fig. 5. Para os tempos de secagem, utilizou-se 20 minutos por superfície impressa pois, segundo o fabricante das tintas, esse é o tempo demandado para secagem completa, independentemente da cor. A Fig. 6 ilustra um exemplo de "Global Table" com tais tempos.

Figura 6. Exemplo de "Global Table" com os tempos de processamento de cada pedido em cada máquina

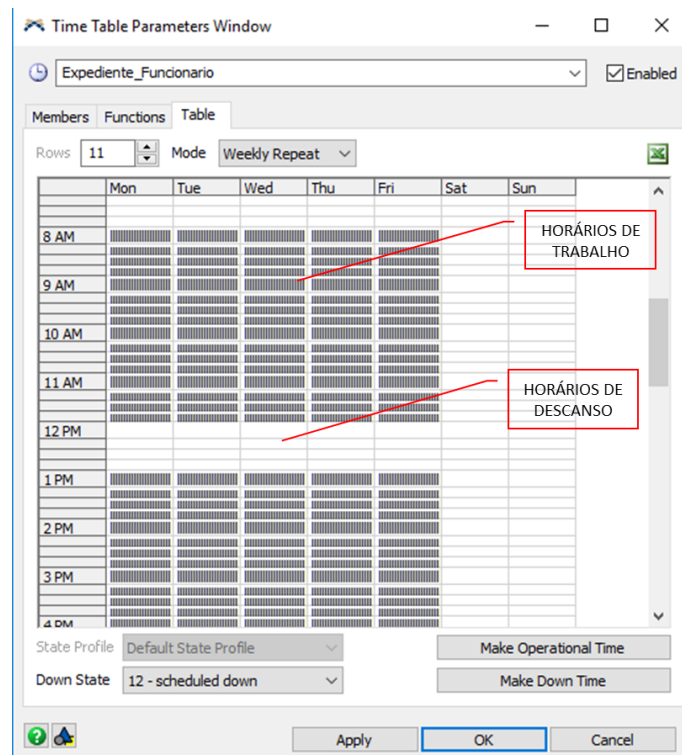
	Item	Guilhotina (s)	Setup_4Core	Imp_4Cores	Secagem_4cc	Setup_Mono	Imp_Mono	Secagem_Mo	Acabamento
1	1	924	3360	981.40	1200	0	0	0	0
2	2	1428	3360	1828.40	1200	0	0	0	0
3	3	1932	3360	2808.40	2400	0	0	0	0
4	4	1041.60	0	0	0	2100	6410.60	1200	16732.80
5	5	924	3360	1199.80	2400	0	0	0	0

Fonte - Autoria própria, 2018.

### 2.3.4 DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

Na simulação, utilizou-se a real jornada de trabalho dos funcionários da gráfica: das 8h às 18h de segunda à quinta-feira e das 8h às 17h às sextas-feiras, com 1h de almoço do meio-dia às 13h. Além disso, durante o período considerado houve um feriado, o qual igualmente foi incluído na simulação como um dia sem operações. Para se realizar tais configurações, utilizou-se da ferramenta “*Time Table*” do software, conforme ilustrada na Fig. 7.

Figura 7. Exemplo de “*Time Table*”, com a jornada de trabalho dos funcionários



Fonte - Autoria própria, 2018.

## 2.4 EXPERIMENTAÇÃO

Uma vez que o trabalho objetiva estudar a melhor utilização da mão de obra, foram propostos 3 cenários para análise: os cenários foram denominados como “Atual”, “Reformulado” e “Contratação”, que serão descritos a seguir.

- No cenário *Atual*, simulou-se o período de um mês com os dois funcionários divididos de acordo com suas funções atuais na empresa;
- No cenário *Reformulado*, simulou-se o mesmo período com os dois operários atuais, porém compartilhando as funções entre os setores de Acabamento e Impressão, como forma de aproveitar o tempo ocioso da funcionária do setor de Acabamento. Porém,

uma vez que o setor de Impressão envolve funções que demandam intenso uso de força física como carregamento de materiais pesados e a funcionária do Acabamento desta gráfica possui alguns problemas de saúde que a impossibilitam de realizar tais atividades, tornando-se a princípio uma opção inviável, por este motivo, simulou-se um terceiro cenário;

- No cenário *Contratação*, considerou-se a contratação de um segundo funcionário no setor de Impressão, trabalhando 4h por dia, das 8h ao meio-dia.

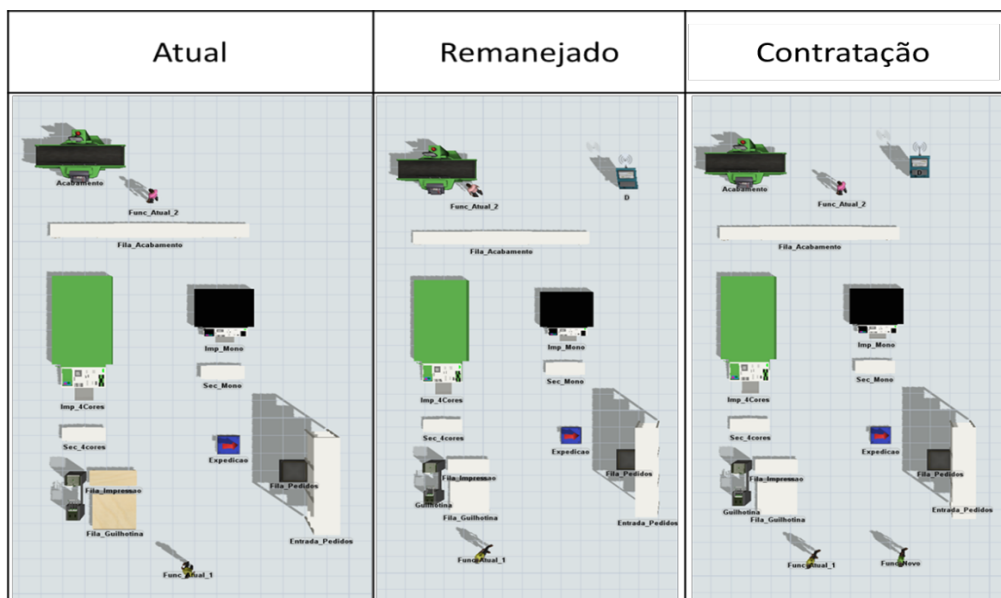
Em todos os cenários, foram utilizadas as distâncias reais entre as máquinas. Após a simulação de cada cenário, foram utilizados gráficos gerados pelo próprio *software* para análise dos resultados da utilização da mão de obra humana e hora-máquina disponíveis e a produtividade de cada cenário.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

As vistas superiores das simulações de cada cenário estão dispostas na Fig. 8.

Figura 8. Modelos dos cenários Atual, Remanejado e Contratação.



Fonte - Autoria própria, 2018.

Após a realização das simulações, foram analisados os resultados quanto à utilização de recursos e a produtividade de cada cenário.

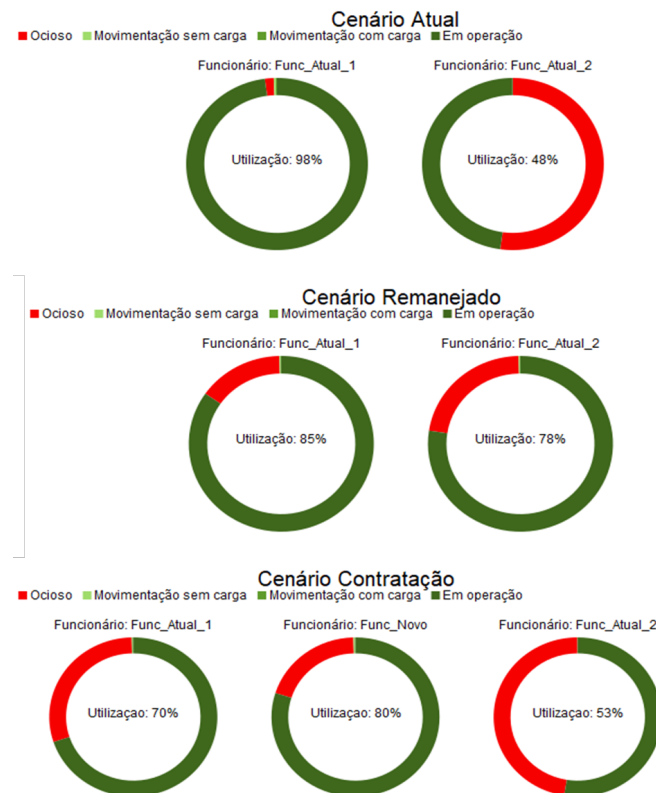


### 3.2 UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS

Os recursos analisados foram a mão de obra humana disponível e as horas-máquina disponíveis. Os gráficos da Fig. 9 gerados automaticamente pelo *software* mostram a porcentagem do tempo disponível de cada funcionário na qual o mesmo de fato estava em operação (cores verdes), sendo o restante composto pelo seu tempo ocioso (cor vermelha). As seguintes denominações foram utilizadas para se referenciar a cada funcionário:

- **Func\_Atual\_1** ou **FA1**: Funcionário do setor de Impressão atualmente trabalhando na empresa;
- **Func\_Atual\_2** ou **FA2**: Funcionário do setor de Acabamento atualmente trabalhando na empresa;
- **Func\_Novo** ou **FN**: Funcionário do setor de Impressão a ser contratado pela empresa.

Figura 9. Uso do tempo disponível de cada operador em cada cenário



Fonte: Autoria própria, 2018.

No cenário *Atual*, conforme apresentado na Fig. 9, o funcionário FA1 apresenta-se sobrecarregado, enquanto o funcionário FA2 possui a maior parte do seu tempo disponível ociosa, conforme previsto. Assim, além da já informada necessidade do dono da fábrica de

frequentemente realizar trabalhos operacionais, nota-se que o funcionário FA2 está gerando um custo para a empresa que, durante cerca de metade do seu tempo disponível, não está sendo convertido em força de trabalho.

Conforme Neumann e Scalice (2015), operações com tempo ocioso ou sobrecarregado geram alterações na capacidade de linha e aumento no custo unitário de produção, sendo um problema a ser solucionado.

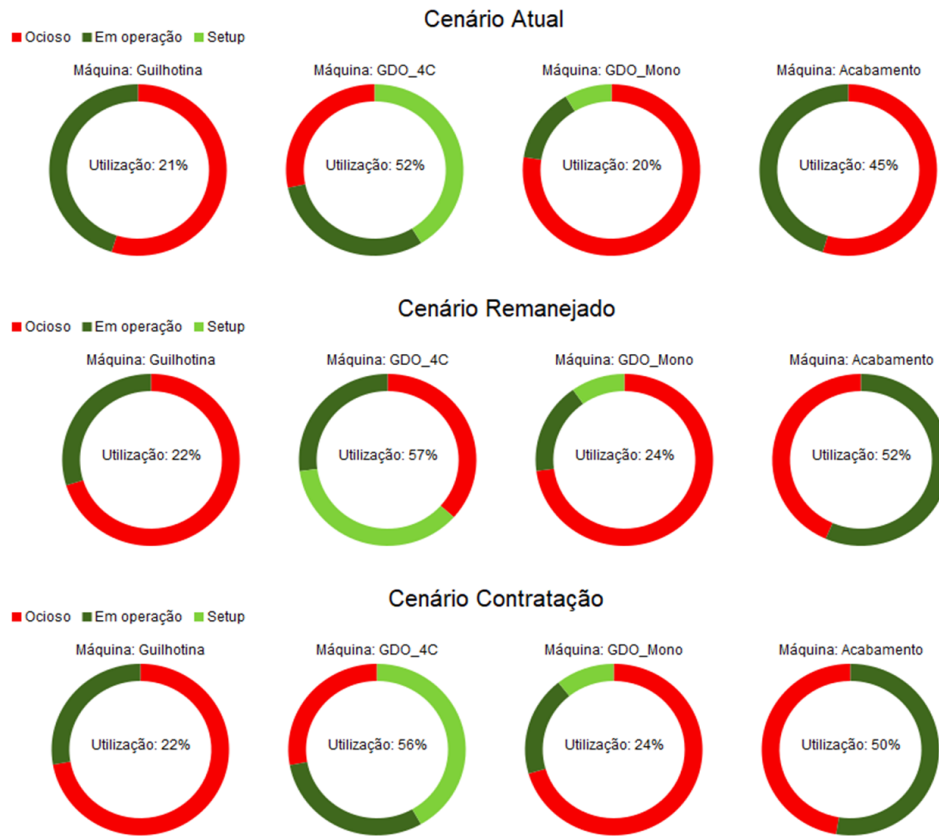
No cenário *Remanejado*, percebe-se um maior equilíbrio quanto ao uso da mão de obra, diminuindo a sobrecarga de trabalho do funcionário FA1 e a ociosidade do FA2, sendo assim, dentre os três cenários, aquele que apresenta melhor resultado nesse quesito. Contudo, por motivos já explicados no item 3.8, tal cenário não é aplicável à realidade da empresa.

No cenário *Contratação*, por fim, observa-se também um maior equilíbrio quanto ao uso de mão de obra dos funcionários FA1 e FA2, porém não tanto quanto o cenário *Remanejado*. Além disso, observa-se que o funcionário FN ficaria pela maior parte do tempo em trabalho, disponibilizando até mesmo uma margem para aumentar a demanda caso desejado pelo dono da gráfica.

Quanto a utilização do maquinário da gráfica, os gráficos da Fig. 10 mostram a porcentagem do tempo disponível de cada máquina na qual a mesma estava em operação (cores verdes), sendo o restante composto pelo seu tempo ocioso (cor vermelha). Ressalta-se que todas as máquinas necessitam de acompanhamento de um colaborador para operarem.

Conforme pode-se observar pela Fig. 10, todas as máquinas apresentam considerável tempo ocioso, principalmente a guilhotina e a GDO Mono, as quais não atingem ao menos metade do seu tempo disponível ao longo do mês. Embora tal ociosidade seja decorrente principalmente por fatores relativos à demanda (tanto das características dos produtos quanto da quantidade solicitada por pedido), isso significa que o maquinário disponível suporta aumentar a demanda quantitativamente e que a quantidade de máquinas não se caracteriza atualmente como gargalo no processo.

Figura 10. Uso do tempo disponível de cada máquina em cada cenário



Fonte - Autoria própria, 2018.

### 3.3 PRODUTIVIDADE

Para estudar a produtividade de cada cenário, analisou-se a quantidade de pedidos concluídos ao término do mês. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Pedidos concluídos durante um mês

Cenário	Quantidade produzida	Percentual da demanda
Atual	77	80,2%
Remanejado	86	89,6%
Contratado	85	88,5%

Fonte -Autoria própria, 2018.

Portanto, como se observa na Tabela 1, ambos cenários alternativos apresentam maior produtividade em relação ao *Atual*. Combinando as análises dos itens 4.1 e 4.2, observa-se que ambos os cenários (*Remanejado* e *Contratado*) proporcionam melhorias nos fatores considerados nas análises.

Observa-se que o cenário *Remanejado*, além de apresentar melhores resultados, não exige investimentos como contratações, porém é inviável de ser aplicado, conforme já explicado anteriormente.

Contudo, ambos cenários alternativos proporcionam uma melhoria em relação ao *Atual*: o ganho de disponibilidade do dono da gráfica para exercer atividades gerenciais e comerciais. Tal melhoria não foi mensurada nas análises deste trabalho pois sua quantificação não cabe ao escopo deste estudo.

O investimento em uma contratação de um funcionário poderia gerar lucro a partir das diversas melhorias administrativas que, segundo o próprio dono, são necessárias, como o melhor entendimento de melhor seus custos, despesas e fluxo de caixa. Além disso, as vendas poderiam ser mais focalizadas nos produtos mais rentáveis, uma vez que essas atividades comerciais são exercidas por terceiros nos períodos que o dono se encontra indisponível, porém, segundo este, nem sempre elas ocorrem de maneira eficiente.

#### 4 CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho, foi possível avaliar o uso da mão de obra disponível de uma indústria gráfica de pequeno porte durante um mês, bem como propor melhorias quanto ao quadro de funcionários e distribuição de funções e prever os resultados de tais melhorias utilizando técnicas de simulação computacional com o *software* Flexsim.

Para a realização deste trabalho houve limitações quanto a consideração de tempos e eventos que poderiam influenciar na disponibilidade e uso real de mão de obra, como manutenções corretivas e paradas não-programadas dos colaboradores. Contudo, ainda assim a simulação computacional mostrou-se como uma ferramenta eficiente para a resolução de problemas de balanceamento de linhas e como apoio para a tomada de decisão.

Como ideias para trabalhos futuros, sugerem-se estudos acerca do custeio dos produtos e dos processos de forma a agregar variáveis financeiras aos cenários propostos. Também se sugerem estudos relacionados à previsão de demanda a fim de simular utilização de mão de obra nos

cenários propostos com maior precisão e por um maior horizonte de tempo a fim de refletir a realidade com maior acurácia.

Finalmente, o grande benefício do desenvolvimento deste trabalho foi a inclusão da palavra *simulação* no cotidiano de uma indústria gráfica de pequeno porte. Sabendo da dificuldade dos donos de pequenas empresas, trabalhos como este, que unem a academia e a indústria, devem ser cada vez mais estimulados. Em geral, os responsáveis pela produção possuem muito conhecimento prático, tomam decisões baseadas em conhecimentos anteriores, e este trabalho vem contribuir para um bom desenvolvimento das tarefas desses profissionais.

---

## REFERÊNCIAS

ABIGRAF. Associação Brasileira de Indústria Gráfica. *Números da Indústria Gráfica Brasileira*. 2018. Disponível em: <<http://www.abigraf.org.br/areas/panoramas-do-setor>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

ALÉSSIO, R. G.; RIBEIRO, F. M. *Guia Técnico Ambiental da Indústria Gráfica*. São Paulo: 2003. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/guia-tecnico-ambiental-da-industria-grafica-versao-2003-pl/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

ALFONSO, E.; XIE, X.; AUGUSTO, V. A simulation-optimization approach for capacity planning and appointment scheduling of blood donors based on mathematical programming representation of event dynamics. In: *Automation Science and Engineering (CASE), 2015 IEEE International Conference on. IEEE*, 2015. p. 728-733. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7294167>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

AZIZ, Z.; QASIM, R. M.; WAJDI, S. *Improving productivity of road surfacing operations using value stream mapping and discrete event simulation*. *Construction Innovation*, v. 17, n. 3, p. 294-323, 2017.

BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A. *Simulação de sistemas: Aprimorando processos de Logística, Serviços e Manufatura*. 1 ed. Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2013.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Guia Técnico Ambiental da Indústria Gráfica*. 2. ed. São Paulo: CETESB. 2009. Disponível em:

<[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/documentos.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos.asp)>. Acesso em: 17 abr. 2018.

CHOUDHARI, S.; GAJJAR, H. Simulation modeling for manpower planning in electrical maintenance service facility. *Business Process Management Journal*, v. 24, n. 1, p. 89-104, 2018.

FREITAS FILHO, P.J. *Modelagem e Simulação de Sistemas*. Visual Books, 2008.

HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J. *Simulação: otimizando os sistemas*. 2 ed. São Paulo: IMAM, 2002.

JAMIL, M.; RAZALI, N. M. Simulation of Assembly Line Balancing in Automotive Component Manufacturing. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2016. p. 012049.

KIRBY, A. M.; DIETZ, J. E.; MATSON, E. T.; PEKNY, J. F.; WOJTALEWICZ, C. Major city evacuation planning using simulation modeling. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, v. 6, n. 4, p. 397-408, 2015.

LACHTERMACHER, G. *Pesquisa operacional na tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LAGO, A.S.; LEMOS, F.O.; ARAÚJO, C.L.K. Análise e simulação do método de troca rápida de ferramentas em uma empresa gráfica. *Produto&Produção*, v. 17, n. 2, p. 1-21, 2016.

LU, M.; WONG, L. Comparison of two simulation methodologies in modeling construction systems: Manufacturing-oriented PROMODEL vs. construction-oriented SDESA. *Automation in Construction*, v. 16, n. 1, p. 86-95, 2007.

MIRANDA, R.C.; FERNANDES, B.C.; RIBEIRO, J.R.; MONTEVECHI, A.B.; PINHO, A.F. Avaliação da Operação de Setup em uma Célula de Manufatura de uma Indústria de Autopeças Através da Simulação a Eventos Discretos. *Revista Gestão Industrial*, v. 6, n. 3, p. 1-21, 2010.

MOREIRA, D. *Administração da Produção e Operações*. 5. Ed. São Paulo: Pioneira, 2004.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. *Projeto de fábrica e layout*. 1 Ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2015.

NORDGREN, W. B. *Flexsim Simulation Environment*. In: 35th conference on Winter simulation: driving innovation. 2003. New Orleans, Louisiana, p. 197-200, 2003. Disponível em: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1030846>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

OLIVEIRA, C.S. Aplicação de técnicas de simulação em projetos de manufatura enxuta. *Estudos Tecnológicos*, v. 4, n. 3, p. 204-217, 2008.

PACHECO, D.A.J.; LACERDA, D.P.; CORCINI NETO, S.L.H.; JUNG, C.F.; ANTUNES JUNIOR, J.A.V. Balanceamento de fluxo ou balanceamento de capacidade? Análise e proposições sistêmicas. *Gestão da Produção*, São Carlos, v. 21, n. 2, p. 355-367, 2014.

PRADO, D. S. *Usando o Arena em simulação*. 4. ed. Belo Horizonte: INDG- Tecnologia e serviços, 2010. v. 3.

SCHRIBER, T. J. *Simulation using GPSS*. Wiley, Nova Iorque, 1974.

WANG, T. K.; YANG, T.; YANG, C. Y.; CHAN, F. T. Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. *Industrial Management & Data Systems*, v. 115, n. 4, p. 678-699, 2015.

XAVIER, C.A.R.; CARVALHO, S.M.; FILHO, F.S.P.; SANTOS, M.C. A Melhoria do *Setup* de uma Empresa de Usinagem: Um Estudo de Caso em Porto Velho, Estado de Rondônia, Brasil. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, v. 8, n. 2, p. 12-34, 2014.