

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO NO SETOR DE IMPRESSÃO EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS FLEXÍVEIS

Darlan Marques da Silva¹

Gabriel Ribeiro dos Santos²

Jordania Louise Silva Alves³

Ana Maiara Rodrigues Pereira⁴

Giancarlo Ribeiro Vasconcelos⁵

RESUMO: A investigação pelo aumento na produtividade, pela competitividade e pelo destaque frente aos concorrentes se intensifica gradualmente. Nas indústrias de embalagens, destacando as flexíveis, não se mostram distintas em busca de técnicas cada vez mais eficientes para a melhor aplicação de seus recursos. Aliado a esses anseios, se faz o objetivo deste trabalho, que é de analisar a eficiência na produção em relação à meta no setor de impressão. Esta pesquisa avalia o método de impressão flexográfica, que é executado repetidas vezes e em alta velocidade. A impressora é investigada em virtude do dia de trabalho (em turnos) e em prol do desempenho produtivo dos equipamentos. Determinam-se, assim, os fatores mais relevantes para as possíveis melhorias do processo, com o suporte de técnicas estatísticas, tabela ANOVA e avaliação de correlações para os dados coletados durante o período de um ano. Ressaltou-se nas análises que não existem diferenças significativas nas médias das aparas. Com relação aos turnos, pode-se concluir que existe distinção expressiva em relação aos turnos trabalhados, o que foi explicado pela disponibilidade dos equipamentos e pela experiência de operadores. Os fatores sugerem a empresa adotar medidas de treinamento aos operadores e atuar na manutenção preventiva dos equipamentos.

PALAVRAS CHAVE: Eficiência industrial. Impressão flexográfica. Embalagens plásticas.

¹Professor do Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde. Rio Verde, Goiás, Brasil - darlan@unirv.edu.br

²Graduado em Engenharia de Produção. Universidade de Rio Verde. Rio Verde, Goiás, Brasil.

³Professora do Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil.

⁴Professora do Departamento de Administração, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil.

⁵Professor do Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Agregando valor ao produto e atuando como fator crucial de competitividade, o setor de embalagens está em constante evolução para atender os requisitos de seus clientes (TROTT; SIMMS, 2017). Com funções de conter, proteger e ser a identidade de diversas marcas, elas vêm acompanhando a variação de mercado de diversos setores influentes na economia brasileira, uma vez que, estão, diretamente, ligadas ao produto (JORGE, 2013). Dados da ABRE (Associação Brasileira de Embalagens), indicam que após 3 anos apresentando baixo crescimento, esse tipo de indústria voltou a crescer 1,96% no ano de 2017 (ABRE, 2018).

Dentre os tipos de embalagens existentes, destacam-se as flexíveis, seja por seu baixo custo ou por sua praticidade, que proporcionam agilidade no envase e facilitam o transporte (SELKE; HERNANDEZ, 2016). Para essa categoria, o processo de flexografia é um dos mais utilizados para impressão, sendo um procedimento no qual é utilizado um fotopolímero ou uma borracha (clichê) para receber determinada carga de tinta por meio de um cilindro (anilox) e transferi-la para um substrato (DUNN, 2015).

Diante da necessidade de uma produção em larga escala e com enorme gama de produtos e de marcas, busca-se alcançar tais fatores utilizando a principal vantagem da impressão flexográfica que, de acordo com Liu et al. (2019), consegue imprimir repetidas vezes em alta velocidade utilizando uma impressora. No processo de impressão flexográfica, os principais insumos são filmes plásticos, tintas, solventes e clichês, entregando como produto final uma embalagem impressa em forma de bobina (IZDEBSKA, 2016).

Existem especificações em relação aos tipos de placas e de técnicas de preparação no processo de impressão, bem como os parâmetros do rolo anilox, pois impacta diretamente na qualidade do produto (DUNN, 2015; IZDEBSKA, 2016; LIPIAK, 2017). Olmos et al. (2019) destacam que existem três fatores que interferem na rapidez da produção de impressão flexográfica: o molde da chapa, o molde da resina e os equipamentos. Fazendo, desse modo, que se consiga produzir de forma mais robusta e com baixo custo.

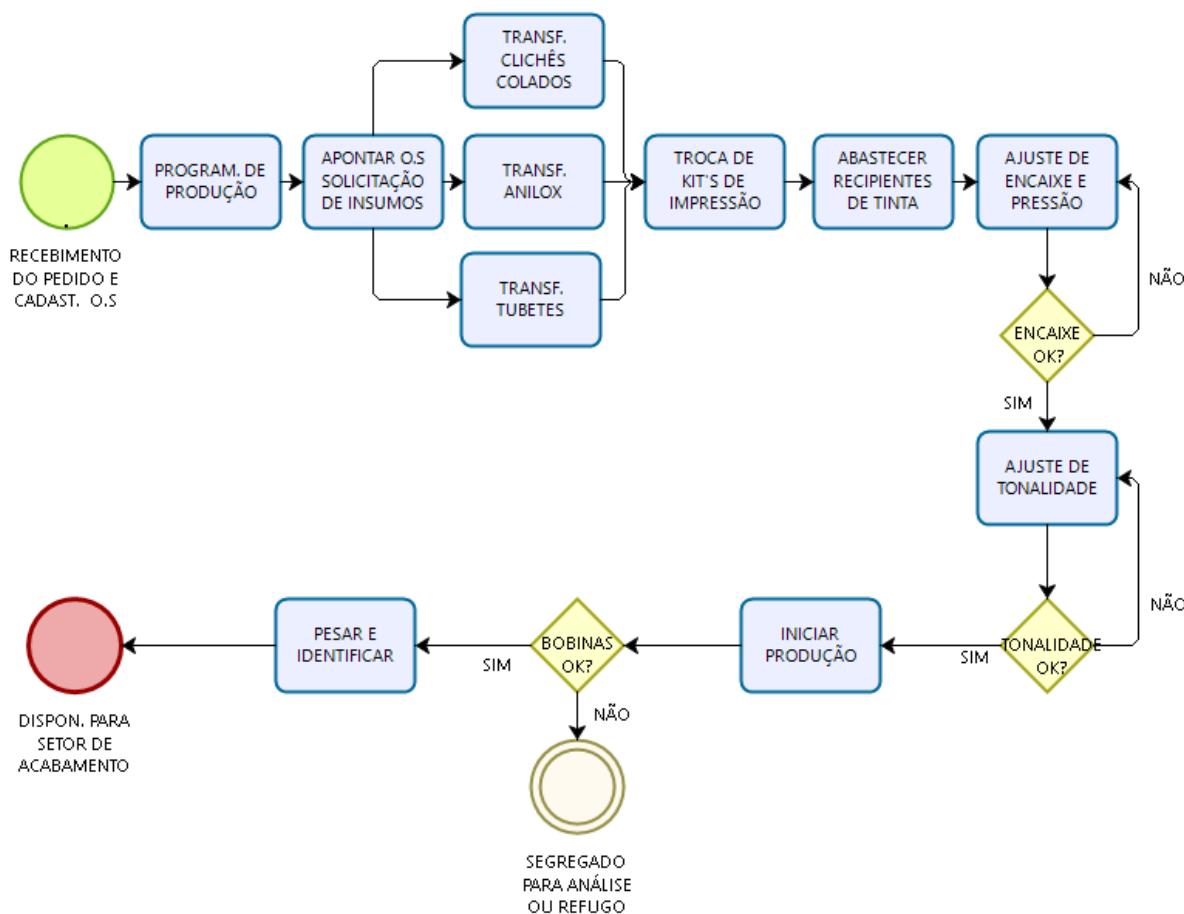
Segundo Mullor (2019), falhas em equipamentos podem ocasionar sérios episódios em processos produtivos, como paradas inesperadas da linha que afetam a produtividade, que por sua vez podem colocar em risco a segurança dos colaboradores. As falhas das máquinas podem ser evitadas com um bom planejamento da manutenção nas máquinas que envolvem o processo de fabricação, resultando no aumento da confiabilidade média do equipamento. Para Lipiak (2017), é importante medir o nível de eficiência e a qualidade de produtos oriundos do processo de impressão plástica flexível para satisfazer os clientes, aliada a isso, a proposição do uso de ferramentas da qualidade e de indicadores.

Em face do exposto, surgiu a necessidade de investigar uma unidade produtora de embalagens plásticas flexíveis localizada Rio Verde (GO). De início, analisando a eficiência das impressoras flexíveis em virtude do dia de trabalho (turnos) e em prol do desempenho produtivo das máquinas. Seguinte a isso, determinando os fatores mais relevantes para as possíveis melhorias do processo, com o suporte de técnicas estatísticas para os dados coletados durante o período de um ano.

2. PROCESSO DE IMPRESSÃO

É de suma importância conhecer como funciona o processo de impressão em estudo. Sendo assim, esta seção será dedicada às fases deste processo. Conforme a Figura 1, o fluxo inicia-se a partir do recebimento do pedido, cadastro no sistema da empresa e emissão da ordem de produção (O.S.). Baseado na O.S é definido a sua prioridade, de acordo com os demais itens a serem produzidos por meio da programação de produção. Posteriormente, a O.S. indica via sistema para separação os insumos e itens de apoio ao processo.

Figura 1: Fluxograma do setor de Impressão



Fonte: Próprios autores (2019).

É feito o *setup* da máquina, impressora flexográfica, que ajusta as configurações em conformidade com as especificações requeridas pelo produto, após os acertos necessários, os inspetores de qualidade autorizam a produção do item baseando-se em padrões prefixados.

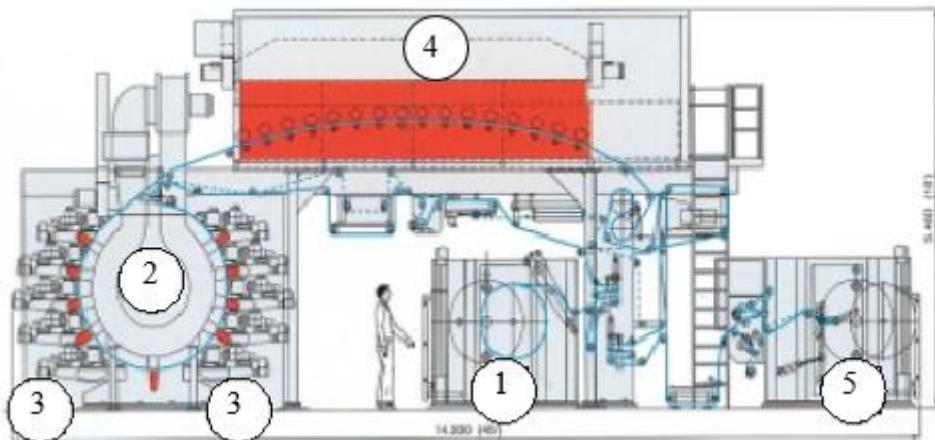
Caso ocorram desvios no processo, o material é segregado para análise, podendo ser liberados ou considerados como refugo. Após a produção do item, suas bobinas são identificadas, pesadas e disponibilizadas para o setor de acabamento.

2.1 IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA

Para o processo de impressão, a impressora é o equipamento em que, efetivamente, ocorre a consumação do ato de imprimir. Observa-se na Figura 2, por exemplo, que um determinado material passa pelos componentes da máquina e o seu fluxo é indicado pelos respectivos números desta figura, em que:

1. O filme passa pelo desbobinador que libera e regula o material para entrada no processo;
2. Chega ao tambor central que abre e estica o material;
3. Entra em contato com os grupos impressores que imprimem de acordo com a sequência de cores, contendo também a secagem entre cores;
4. Passa pela estufa que garante a secagem da tinta;
5. Finaliza no rebobinador que acumula o material em forma de bobina, mantendo a velocidade de acordo com a máquina.

Figura 2: Impressora Flexográfica



Fonte: Bem (2002).

Além de conhecer o escopo do processo de impressão aqui investigado, como se trata de uma pesquisa científica, é notória a necessidade de mostrar a metodologia de pesquisa adotada para tal. Desse modo, serão discutidos, no próximo tópico, os materiais e os métodos do estudo.

3. METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado em uma indústria de embalagens plásticas flexíveis no sudoeste goiano. Faz parte de um grupo que detém unidades produtivas em cidades do sul, sudeste e centro-oeste do Brasil: Rio Verde (GO), Três Rios (RJ), União da Vitória (PR), Várzea Grade (MT) e Videira (SC). Tal indústria possui clientes de médio e grande porte de todas as regiões do Brasil. Os dados foram coletados pelo sistema informatizado, *in loco*, que monitora e registra toda a produção durante o processo de modo contínuo.

A empresa trabalha em um regime diário de 24 horas, 6 dias por semana, dividindo-se em três turnos, sendo eles: 1º turno (T1) das 05h50min às 14h10min, 2º turno (T2) das 14h10min às 22h26min e 3º turno (T3) das 22h26min às 05h50min. É importante ressaltar que a empresa possuía quatro maquinários no início do estudo (janeiro de 2018), entretanto, no decorrer (agosto de 2018) foi inserido mais um equipamento, totalizando cinco máquinas.

O intervalo de coleta de dados registrados foi de um ano (entre janeiro e dezembro de 2018). Foi realizado um comparativo entre as aparas em quilograma (kg), que são os resíduos do processo, de todas as unidades produtivas. Posteriormente, a unidade de Rio Verde (GO) tornou-se foco por ser uma das maiores unidades e deter um processo que despertou o interesse da gerência em executar uma investigação na sua planta produtiva. Salienta-se que o nível de aparas aceitável pela corporação é de 5%, para que obtenha o preço competitivo do seu produto.

Realizou-se um comparativo em relação às máquinas do processo e aos turnos da unidade do sudoeste goiano por meio de testes de hipóteses levantados. Utilizou-se como suporte a técnica da ANOVA e as avaliações de correlações que, eventualmente, poderiam existir. Foi imprescindível o auxílio de dois softwares para compilar os dados: ®Excel e ®Minitab17, que permitiram alcançar os resultados e as conclusões acerca da investigação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção, constam os resultados obtidos de acordo com os dados coletados da unidade produtiva em estudo e confrontando-os com os demais autores que tenham pesquisas contextualizadas na área do estudo ou aplicações das técnicas aqui exploradas.

As organizações anseiam conhecer o quanto uniforme são fabricados os produtos em unidades produtivas. Segundo Alizadegan *et al.* (2018), uma das formas de entregar um produto de qualidade, que atenda a robustez exigida pelo cliente, é mensurada através da quantidade de avarias aceitas de acordo com o índice de confiança da empresa, conjuntamente com baixas variabilidades. Desta forma, o estudo realizou um comparativo entre as unidades produtivas da corporação que produzem os mesmos tipos de produtos (embalagens plásticas flexíveis), sendo essas as cidades de Rio Verde (GO), Três Rios (RJ), União da Vitória (PR), Várzea Grande (MT) e Videira (SC), conforme a Tabela 1. Essa tabela destaca a quantidade de aparas médias em porcentagem (%), bem como as variâncias durante o ano de 2018.

Os resultados obtidos ilustrados pela Tabela 1, indicam que a maior média de aparas, para os doze meses de 2018 concentram-se nas unidades de Videira. Além disso, detém a maior capacidade produtiva com aproximadamente 2.800.000 toneladas/mês de embalagens, que obteve a maior média ($>0,067$) e Rio Verde, concidentemente, a segunda maior capacidade instalada com aproximadamente 1.200.000 toneladas/mês, em média ($>0,055$). Processos produtivos com ausência de defeitos é quase impossível na atualidade, devido aos elevados custos que demandariam, ao elevado grau de confiabilidade do sistema para conseguir tal feito, devendo-se produzir com um menor retrabalho possível e as perdas no processo (SWANEPOEL; ROBINSON, 2019). Isso evidencia que a unidade de Rio Verde (GO) demonstrou ter um processo mais uniforme ($1,32 \times 10^{-5}$), apesar de estar fora do limite permitível de aceitação (5%), pela corporação, em relação as aparas juntamente com a unidade de Videira (SC). Em Várzea Grande (MT) foi onde apresentou o processo menos uniforme ($8,356 \times 10^{-5}$).

Tabela 1: Comparativo entre as aparas das unidades produtivas de embalagens plásticas.

Grupo	Média	Variância
Rio Verde (GO)	0,05585	1,32064E-05
Três Rios (RJ)	0,04075	2,91936E-05
União da Vitória (PR)	0,045341667	2,90663E-05
Várzea Grande (MT)	0,04545	8,35591E-05
Videira (SC)	0,067316667	2,65324E-05

Fonte: Próprios Autores (2019).

O fato mencionado instigou o levantamento de hipóteses sobre as aparas das unidades produtivas. Com isso, a partir de uma comparação das médias (μ), ao qual foi considerado um erro $\alpha = 0.05$ ou 5% e um intervalo de confiança de 95%. As hipóteses levantadas foram:

$$H_0: \mu_{Rio\ Verde} = \mu_{Três\ Rios} = \mu_{União\ da\ Vitória} = \mu_{Várzea\ Grande} = \mu_{Videira},$$

$$H_1: \mu_{Rio\ Verde} \neq \mu_{Três\ Rios} \neq \mu_{União\ da\ Vitória} \neq \mu_{Várzea\ Grande} \neq \mu_{Videira}.$$

Onde H_0 é a hipótese nula, a qual fala que todas as médias são iguais em todas as unidades (Rio Verde (GO), Três Rios (RJ), União da Vitória (PR), Várzea Grade (MT) e Videira (SC)) e H_1 é a hipótese alternativa que, por sua vez destaca que nem todas as médias são iguais (Ver Tabela 2).

Tabela 2: Teste de Hipótese para as aparas por unidade produtiva.

F	p-valor	F crítico
37,80786276	3,47E-15	2,539689

Fonte: Próprios Autores (2019).

Conforme a Tabela 2, p-valor foi de $(3,47 \times 10^{-15}) < 0,05$), logo, conclui-se que nem todas as médias das aparas das unidades são iguais, confirmando o valor F ($37,807 > 2,539$), caindo na região crítica da rejeição de hipótese nula. Para Brandas (2013), Shibani e Fuentes (2017) e Saunila et al. (2019), o comportamento do equilíbrio da produção (bens tangíveis e intangíveis) entre as empresas de uma mesma organização, está intimamente relacionado aos princípios corporativos dos gestores e ao grau de tecnologia/automatização das empresas. Desse modo, convém despertar a empresa em estudo sobre a necessidade de avaliar a equipe de gestão, levando em consideração que automatização das unidades são similares e consideradas modernas.

A unidade de Rio Verde (GO) será aqui evidenciada, pelo fato de ser a segunda unidade, em termo da produção, aliada a sua baixíssima variabilidade produtiva e por atender grandes empresas multinacionais da região do estado de Goiás e fora deste. Assim, para uma verificação mais afincos das aparas na unidade de Rio Verde (GO), realizou-se uma investigação estratificada sob dois prismas: (I) em relação as cinco máquinas produtivas (M-109, M-111, M-112, M-115 e M-116) e (II) em relação aos turnos (Turno 1, 2 e 3). A estratificação se enquadra como uma ferramenta da qualidade que objetiva separar dados obtidos em grupos distintos, o que pode facilitar a identificação de problemas pontuais (Persson et al., 2019).

Com dois testes de hipóteses associados: (I) $H_0: \mu_{M-109} = \mu_{M-111} = \mu_{M-112} = \mu_{M-115} = \mu_{M-116}$ e $H_1: \mu_{M-109} \neq \mu_{M-111} \neq \mu_{M-112} \neq \mu_{M-115} \neq \mu_{M-116}$, verificando se todas as máquinas apresentavam valores médios de aparas (%) iguais, com um erro estimado de 5%.

Para este mesmo α , considerado as aparas, foram delineadas em virtude dos turnos (II) $H_0: \mu_{Turno\ 1} = \mu_{Turno\ 2} = \mu_{Turno\ 3}$ e $H_1: \mu_{Turno\ 1} \neq \mu_{Turno\ 2} \neq \mu_{Turno\ 3}$.

Na Tabela 3, tem-se a análise das aparas em relação as cinco máquinas e no tocante aos três turnos trabalhados. O p-valor associado às máquinas ($0,050029 > 0,05$) ressalta que não existem diferenças significativas nas médias das aparas, considerando um erro $\alpha = 5\%$ ($0,05$), para este mesmo erro e agora considerando o p-valor dos turnos ($0,002059 < 0,05$), leva a concluir que existe diferença significativa em relação aos turnos trabalhados. Mickleson *et al.* (2019) salientam que as mudanças podem afetar, diretamente, a capacidade produtiva, e, além disso, existem fatores determinantes que podem influenciar negativamente, como a forma a qual os recursos são alocados, programados e manipulados. Enquanto que, para Wickwire *et al.* (2017), os trabalhos por turnos podem estar associados a inúmeras consequências negativas para a saúde, como queixas cognitivas e até mesmo o câncer, assim como o impacto na qualidade de vida dos funcionários.

Tabela 3: Testes de hipótese das aparas em relação as máquinas e aos turnos trabalhados.

Aparas	F	p-valor	F crítico
Máquinas	3,284222	0,050029	3,284918
Turnos	4,901093	0,002059	2,557179

Fonte: Próprios Autores (2019).

Dessa maneira, despertou o interesse em investigar os três turnos (1, 2 e 3) para conseguir identificar o que está levando a uma quantidade média de aparas diferente nestes turnos. A Tabela 4 relata que os três turnos trabalharam durante os 12 meses do ano de 2018, apresentando o segundo turno (14h10min às 22h26min) um pior desempenho médio (6460,925kg). O destaque foi para terceiro turno, com a menor quantidade de aparas média (5571,467kg) e, ainda, uma menor variância (363448,8kg), trabalhando de forma mais padronizada. Em detrimento das demais variâncias dos Turnos 1 (987850,3) e 2 (819062,6). Um detalhe observado durante o processo e evidenciado pelos próprios operadores dos equipamentos T1 é o tamanho dos lotes. Tais lotes por serem pequenos e de difícil produção geram maior tempo de *setup*, stress e quantidade de aparas. Outro fator que pode proporcionar um cenário similar é a produção parcial de um item, que ocorrem nos seguintes cenários: alteração de programação de produção, erro operacional, falhas no equipamento e falta de insumos.

Tabela 4: Estudo dos Turnos (1, 2 e 3) em relação as aparas.

Grupo	Média	Variância
Turno 1	6041,567	987850,3
Turno 2	6460,925	819062,6
Turno 3	5571,467	363448,8

Fonte: Próprios Autores (2019).

Na alteração de programação pode ser modificada a ordem dos itens, por renegociação, entregas parciais ou antecipações solicitadas pelo cliente. Normalmente, essa programação é alterada em horário comercial (das 07h30min às 05h18min) afetando em grande parte o T1 e em algumas partes o T2. No erro operacional, o próprio operador realiza um desvio no manuseio de materiais ou equipamentos que podem gerar anomalias no processo. Falhas no equipamento que resultam em problemas elétricos por possuírem vários sensores e pontos de acionamento eletrônico. A manutenção no T3 é a mais prejudicada por contar com uma equipe menor disponível, entretanto as manutenções planejadas são realizadas no T1. Com a falta de insumos podem ocorrer erros de comunicação da equipe de insumos ou material e tintas não conforme disponibilizadas para produção, destacando o T3 por ter menor participação de setores de apoio, já que o horário não os favorece.

Vale ressaltar que ocorrem desvios por parte das equipes durante as trocas de turnos, já que o operador que inicia o *setup* de um determinado item, assume seu refugo mesmo não havendo produção, o que reduz o seu índice de qualidade. Isso os leva a não iniciar o *setup* no tempo restante disponível.

Itens novos têm uma complexidade maior, pela ausência de um padrão pré-estabelecido de tonalidade aceita pelo cliente, sendo assim, os mesmos exigem um acompanhamento maior por parte dos membros da comissão técnica de qualidade. Na grande maioria dos casos, esses produtos são produzidos no primeiro turno do dia (05h50min às 14h10min), podendo impactar na perda de material aumentando o índice de aparas.

A complexidade de itens fabricados está inerente à forma e ao contexto, consistentemente, negativo nas medidas de custo, tempo, qualidade e desempenho de entrega, embora as relações com a qualidade e com o desempenho de entrega sejam menos claras em comparação aos demais fatores levantados (TRATTNER *et al.*, 2019). As indústrias de processo apresentam desafios oriundos de fatores externos de complexidade (legais e políticos) enquanto os internos estão inseridos no contexto da estrutura do produto e da dinâmica tecnológica em indústrias de manufatura discreta (KOHR *et al.*, 2017). Logo, conhecer o produto e a quantidade de itens fabricados, bem como os desafios da produção estão dentro do arcabouço da produção.

A Figura 3 retrata o demonstrativo de produção, apresentando a produção por turno, total (toneladas - t) nos meses de janeiro a dezembro de 2018, meta e a eficiência em relação à meta (EM). Nesse sentido, a eficiência pode ser definida de várias maneiras, opta-se por utilizá-la como a relação da atual produção por um valor pré-determinado (FRANCISCHINI *et al.*, 2018). É válido relembrar que, a partir do mês de agosto, houve uma alteração na meta pelo fato de ter sido introduzida uma nova máquina no processo que elevou a mesma de 400 t/mês para 500 t/mês.

Após o início de produção com o novo equipamento, ocorreram algumas pausas nas demais máquinas (uma por vez), para a realização de limpezas, manutenções e adequações às normas de segurança do trabalho. Assim, justifica-se que apenas a partir do mês de agosto a planta passou a operar com 100% dos equipamentos ativos. Entretanto, a manutenção dos equipamentos prejudicou desempenho a partir do mês de agosto que poderia ser mais eficaz. Além disso, pode-se observar que EM, estão entre 56% e 84% durante esse ano, sendo os meses de máximos e de mínimos, respectivamente, junho e dezembro, a média ao fechar o ano manteve-se em 70%. Com a introdução da nova máquina, passou a partir de agosto, ter a EM um declínio, pela nova adaptação da programação com um equipamento a mais, não absorvendo a nova capacidade planejada do processo.

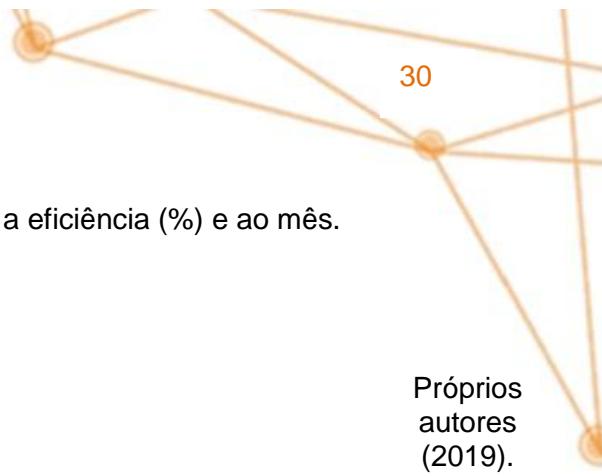
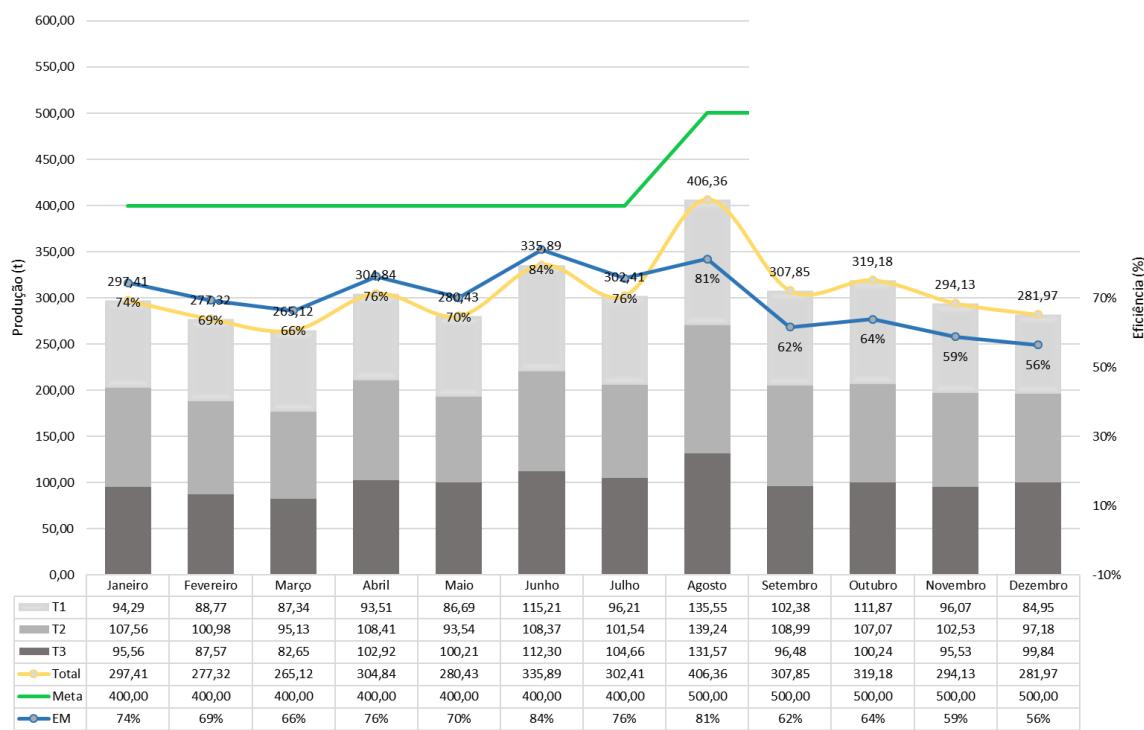


Figura 3: Demonstrativo de Produção (t) relacionada a eficiência (%) e ao mês.

Fonte:



Portanto, a média da produção (t) foi avaliada também sob a ótica estratificada dos dois prismas para os doze meses de 2018: (I) em relação às cinco máquinas produtivas (M-109, M-111, M-112, M-115 e M-116) e (II) em relação aos turnos (Turno 1, 2 e 3):

$$(I) \quad H_0: \mu_{M-109} = \mu_{M-111} = \mu_{M-112} = \mu_{M-115} = \mu_{M-116},$$

$$H_1: \mu_{M-109} \neq \mu_{M-111} \neq \mu_{M-112} \neq \mu_{M-115} \neq \mu_{M-116};$$

$$(II) \quad H_0: \mu_{Turno\ 1} = \mu_{Turno\ 2} = \mu_{Turno\ 3},$$

$$H_0: \mu_{Turno\ 1} \neq \mu_{Turno\ 2} \neq \mu_{Turno\ 3}.$$

Como se pode observar na Tabela 5, pelos p-valores da comparação entre as cinco máquinas ($0,45159 > 0,05$) e do paralelo entre os três turnos ($4,65 \times 10^{-7} < 0,05$), que as produções pelas máquinas (kg) são, significativamente, idênticas com 95% de confiança, enquanto que os três turnos mostram-se produzir (kg) com médias diferentes. A ocorrência pode ser explicada pela disponibilidade dos equipamentos, que no T3 é afetado, no início da semana, em que se prepara o maquinário para a produção semanal e o T1 no qual ocorrem testes e manutenções programadas.

Tabela 5: P-valores relacionados as máquinas e aos turnos.

Produção	F	p-valor	F crítico
Máquinas	0,8144314	0,45159509	3,284917651
Turnos	12,348554	4,6569E-07	2,55717915

Fonte: Próprios autores (2019).

A automação industrial da fabricação de produtos é uma técnica importante para obter vantagens competitivas sustentáveis em indústrias (ACHARYA *et al.*, 2018). Kwok e Wang (2014) destacam que a padronização do produto tem relação com a uniformidade em que se produz. Coube à empresa em estudo fazer uma avaliação no processo para verificar a possibilidade de acabar com a discrepância entre os turnos, o que poderia reduzir a variabilidade e até mesmo diminuir as aparas de forma a ficar dentro da meta pré-estabelecida pela corporação (< 5%).

Destarte, mais uma vez, despertou a investigação dos turnos 1, 2 e 3. A Tabela 6 relata que os três turnos trabalharam durante os 12 meses do ano de 2018, apresentando o segundo turno (14h10min às 22h26min) um melhor desempenho, uma vez que, a experiência de operadores com maiores habilidades e traquejo de operação estavam presentes no T2. Contudo, cabe à gerência tomar medidas referentes à formação dos funcionários dos demais turnos. A melhoria de desempenho de produção só é garantida quando se tem colaboradores bem treinados e que sejam satisfeitos com o ambiente de trabalho (SHEN; TANG, 2018).

Tabela 6: Estudo dos Turnos (1, 2 e 3) em relação à produção (kg).

Grupo	Média	Variância
Turno 1	99402,35	2,21E+08
Turno 2	105877,2	1,4E+08
Turno 3	100794,9	1,53E+08

Fonte: Próprios autores (2019).

Ainda conforme a Tabela 6, as variâncias foram dadas de forma elevadíssima, devido a serem consideradas informações em relação aos dias de todo o ano. Para cada um dos meses e eventuais meses são mais suscetíveis às paradas (programadas e emergenciais), além de *setups* do processo. Para Linnéusson *et al.* (2018), a manutenção apresenta objetivos conflitantes no seu desempenho, destacando a maximização da disponibilidade e a minimização dos custos associados à manutenção e das consequências desta. Lahyani *et al.* (2019) destacam que os *setups* são importantes na otimização da produção e propõem que modelos matemáticos multiobjetivos possam ser incorporados, como um facilitador na identificação de tempos e de ordenação da produção.

Contudo, os turnos despertaram a necessidade de uma investigação mais minuciosa em função das suas diferenças, visto que as máquinas apresentam as mesmas médias significativas. Para tal, fundamentou-se em uma visualização gráfica para cada um dos turnos, com a finalidade de verificar se existia alguma correlação entre o que era produzido (kg) juntamente com as aparas (kg). A visualização gráfica foi, então, realizada para cada turno conforme as Figuras 4 (Turno 1), 5 (Turno 2) e 6 (Turno 3), respectivamente.

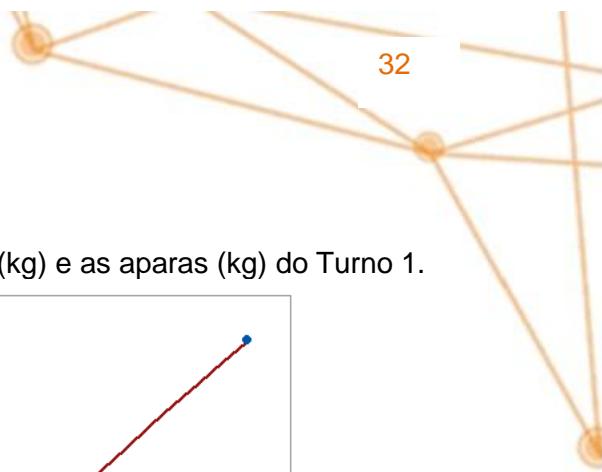
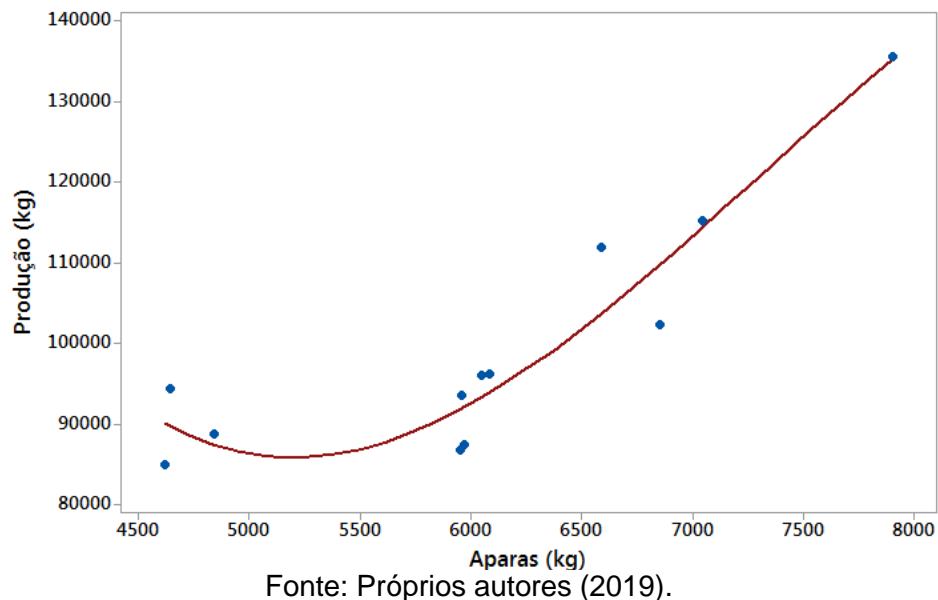
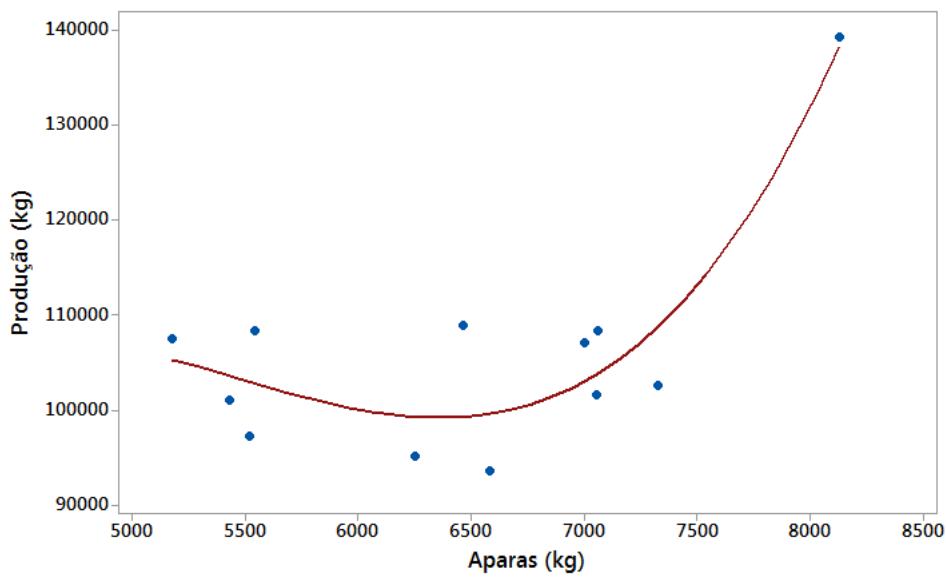


Figura 4: Visualização gráfica da relação entre a produção (kg) e as aparas (kg) do Turno 1.



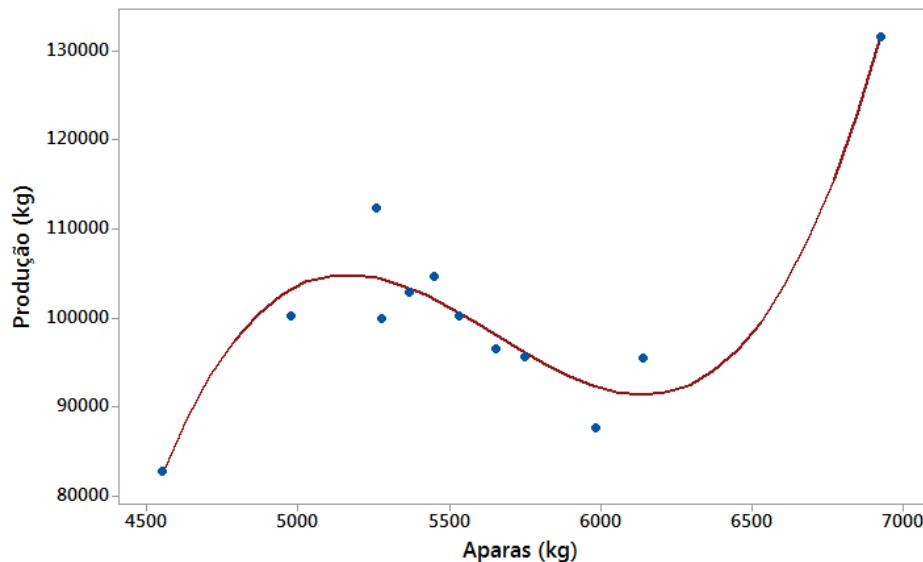
Fonte: Próprios autores (2019).

Figura 5: Visualização gráfica da relação entre a produção (kg) e as aparas (kg) do Turno 2.



Fonte: Próprios autores (2019).

Figura 6: Visualização gráfica da relação entre a produção (kg) e as aparas (kg) do Turno 3.



Fonte: Próprios autores (2019).

Ajustes lineares foram propostos, entretanto os R^2 foram bastante inexpressivos. Entretanto, ajustes não lineares foram testados e obtiveram maior êxito. Para a Figura 4, foi necessário realizar um ajuste cúbico com uma função preditiva: $y = 663648 - 272,6x + 0,0407x^2 - 0,000002x^3$ e um $R^2 = 90,4\%$. Onde, o y representa a produção (kg) e x é a apara (kg). Graficamente, para a maior parte da curva (80%) dos pontos envoltórios, apresentam uma acesso das aparas (kg) com a quantidade produzida (kg). Cunningham *et al.* (2018) ao realizar seus estudos, conclui que o ambiente de corte irá apresentar efeitos significativos na delaminação da superfície e na rugosidade de componentes plásticos, influenciada pela quantidade produzida.

Para a Figura 5, o melhor ajuste ao segundo turno se deu por meio de uma cúbica com uma função preditiva $y = -309499 + 241,6x - 0,04566x^2 + 0,000003x^3$ e um $R^2 = 80,0\%$. No gráfico, o comportamento é bastante similar ao primeiro turno, com um acentuado declínio inicial, região onde se encontra a metade da concentração de dados, e, posteriormente, tem uma aparente correlação positiva. O terceiro turno (Figura 6) ajustou-se, com mais acerto, também, melhor com uma cúbica, $y = -5038929 + 2769x - 0,4937x^2 + 0,000029x^3$ e um $R^2 = 91,6\%$. Para o último turno, o comportamento foi muito variado, com altos e baixos.

Para chegar a uma afirmação mais conclusiva, testes de correlação foram aplicados. A correlação de Spearman foi empregada, em virtude da correlação de Pearson medir correlações lineares, enquanto os gráficos gerados (Figuras 4, 5 e 6), evidenciam que a linearidade pode ser descartada (Ver Figura 7). Wang *et al.* (2019) determina que a correlação de Spearman avalia uma relação monotônica e o ranking (considerados para este trabalho os meses do ano, de janeiro 1º a dezembro 12º).



Figura 7: Teste de correlação de *Spearman* para os três turnos.

Spearman Rho: Turno 1 -Pro; Turno 1 - Apa

Spearman rho for Turno 1 -Pro and Turno 1 - Apa = 0,888
P-Value = 0,000

Spearman Rho: Turno 2 - Pro; Turno 2 - Apa

Spearman rho for Turno 2 - Pro and Turno 2 - Apa = 0,294
P-Value = 0,354

Spearman Rho: Turno 3 - Pro; Turno 3 - Apa

Spearman rho for Turno 3 - Pro and Turno 3 - Apa = -0,007
P-Value = 0,983

Fonte: Próprios autores (2019).

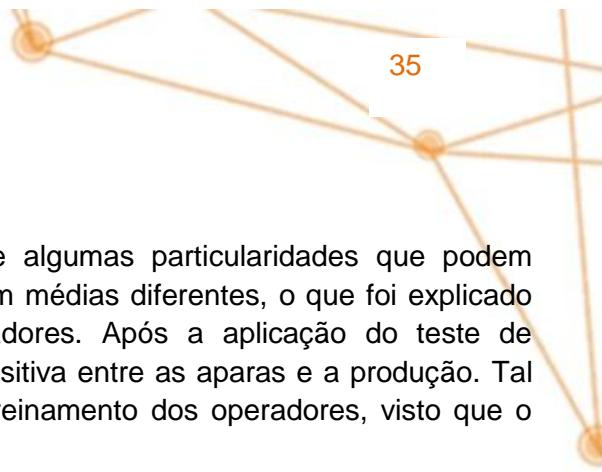
A Figura 7 destaca que os p-valores deveriam apresentar valores $< 0,05$ para poder fazer afirmações significativas ao ρ (rho) de *Spearman*, porém para o Turno 2 ($p\text{-valor} = 0,354$) e 3 ($p\text{-valor} = 0,983$) estes valores excederam, não permitindo realizar afirmações acerca destes. Com um $\rho = 0,888$ e um $p\text{-valor} = 0$, o primeiro turno apresentou evidências de uma correlação positiva entre as aparas (kg) e a produção (kg), considerando um erro 5%. Redlingshöfer *et al.* (2017) e Sajid *et al.* (2018) enfatizam que existe uma tendência sobre a quantidade produzida e as perdas no processo, pois pode haver indícios de correlações positivas entre quantidade e número de avarias, mas a variância já está, intimamente, relacionada ao grau de eficiência e eficácia do processo.

Pode-se assim, verificar a importância e o poder das ferramentas estatísticas, como fator que apoia nas propostas de melhorias em processos industriais. Por fim, conduz nesta pesquisa as considerações finais da investigação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da presente investigação possibilitou analisar e comparar, a partir de estatísticas, o comportamento da produção e das perdas em diferentes unidades fabris, turnos e maquinário de impressoras flexíveis. Buscou-se salientar a importância da eficiência nesse tipo de processo produtivo que, por sua vez, necessita ter eficácia em suas diversas plantas produtivas para manter-se competitiva em busca de seus resultados agregados. Além disso, permitiu perceber os pontos impactantes no processo e que foram destacados com o decorrer das análises.

De um modo geral, as unidades com maior capacidade produtiva tendem a ter maior média de aparas, porém a unidade analisada apresentou seu processo mais uniforme, o que levou ao levantamento de hipóteses e a serem feitas comparações, evidenciando que nem todas as médias de aparas das unidades são iguais. A investigação da unidade de Rio Verde/GO, que é a segunda unidade em termo de produção, aliada à sua baixíssima variabilidade produtiva, permitiu concluir que não existem diferenças significativas nas médias das máquinas. Para os turnos (Turno 1, 2 e 3), conclui-se que existe distinção expressiva em relação as jornadas de trabalhado, o que foi explicado pela disponibilidade dos equipamentos em relação aos mesmos.



A partir da verificação dos diferentes turnos, notaram-se algumas particularidades que podem justificar a variação no desempenho. Os três turnos produzem com médias diferentes, o que foi explicado pela disponibilidade dos equipamentos e experiência de operadores. Após a aplicação do teste de *Spearman*, apenas o primeiro turno apresentou uma correlação positiva entre as aparas e a produção. Tal fato, pode ser explicado pela elevada produção com a falta de treinamento dos operadores, visto que o primeiro turno não apresenta os operadores mais experientes.

Com os resultados é possível atuar nas causas raízes dos problemas para a melhoria do processo. Treinamento de funcionários com menos experiência, rotatividade de turnos, troca de experiências entre as equipes e a manutenção recorrente dos equipamentos, podem ser aplicados na cultura da organização, a fim de obter melhores resultados. Como trabalhos futuros, sugere-se verificar como a implementação das propostas de melhoria impactam na produtividade da empresa e realizar uma investigação minuciosa das demais unidades produtivas (Três Rios/RJ, União da Vitória/PR, Várzea Grande/MT e Videira/SC).

PRINTING SECTOR PRODUCTION EFFICIENCY ANALYSES ON A FLEXIBLE PLASTIC BOX INDUSTRY

ABSTRACT: Investigation about production growth, market competitiveness, and strategies for becoming a better company in comparison to competitors have increased. In box production industries, more specifically on the flexible box sector, it is no different from that, these companies strive to achieve more efficient techniques to better apply their resources. This article's goal is aligned with this intention, which consists in analyzing production efficiency comparing it to the printing sector goals. The mentioned section utilizes the flexography method in which it is printed, multiple times, and, at high speeds, utilizing one printer, associated to one workday which are divided into shifts to be in favor of the machine's productivity performance. This way, it can determine the most relevant factors to possible improvements in the processes supported by statistical techniques, ANOVA table and evaluation of data correlations from information collected during a period of one year. It is important to state that the results found no significant difference on waste average values for different machines. In relation to the shifts, it was concluded that there is an expressive difference in relation to the shifts worked, this fact is explained by machinery availability and workers experience. The factors suggest that the company adopt training measures for operators and act on preventive maintenance of equipment.

KEYWORDS: Industrial efficiency. Flexographic printing. Plastic packages.

REFERÊNCIAS

- ABRE - Associação Brasileira de Embalagens, 2018. Recuperado em 07 de setembro de 2018, de <http://www.abre.org.br/setor/dados-de-mercado/dados-de-mercado/>
- ACHARYA, V.; SHARMA, S. K.; KUMAR GUPTA, S. **Analyzing the factors in industrial automation using analytic hierarchy process.** Computers & Electrical Engineering, 71, 877-886, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.08.015>
- ALIZADEGAN, A. et al. **Robust H^∞ control of miniaturized optical image stabilizers against product variabilities.** Control Engineering Practice, [s.l.], 80, 70-82, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.08.006>.
- BEM, A. N. D. **Implantação do conceito de troca rápida de ferramentas no setor de impressão flexográfica em empresas produtoras de embalagens plásticas flexíveis,** 2002.
- BRANDAS, C. **Formal representation of corporate governance principles and codes.** Procedia-Social and Behavioral Sciences, 73, 744-750, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.02.113>.
- CUNNINGHAM, C. R.; SHOKRANI, A.; DHOKIA, V. **Edge trimming of carbon fibre reinforced plastic.** Procedia CIRP, 77, 199-202, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2018.08.285>.
- DUNN, T. **Flexographic printing.** Flexible Packaging, 27-37, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-26436-5.00003-5>.
- FRANCISCHINI, A. S.; FRANCISCHINI, P. G. **Indicadores de Desempenho: Dos objetivos à ação—métodos para elaborar KPIs e obter resultados.** Alta Books Editora, 2018.
- MANSO, D. F.; SUTERIO, R.; BELDERRAIN, M. C. N. **Estruturação do problema de gerenciamento de desastres do estado de São Paulo por intermédio do método Strategic Options Development and Analysis.** Gestão & Produção, 22(1), 4-16, 2015. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1105-13>.
- IZDEBSKA, J. **Flexographic printing.** Printing on Polymers, 179-197, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-37468-2.00011-7>.
- JORGE, N. **Embalagens para alimentos.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013.
- KOHR, D.; BUDDE, L.; FRIEDLI, T. **Identifying Complexity Drivers in Discrete Manufacturing and Process Industry.** Procedia CIRP, 63, 52-57, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.290>.
- KWOK, T. H.; WANG, C. C. **Shape optimization for human-centric products with standardized components.** Computer-Aided Design, 52, 40-50, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2014.03.002>.
- LAHYANI, R.; CHEBIL, K.; KHEMAKHEM, M.; COELHO, L. C. **Matheuristics for solving the Multiple Knapsack Problem with Setup.** Computers & Industrial Engineering, 129, 76-89, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.010>.

LINNÉUSSON, G.; NG, A. H.; ASLAM, T. **Relating strategic time horizons and proactiveness in equipment maintenance: a simulation-based optimization study.** Procedia CIRP, 72, pp. 1293-1298, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.219>.

LIPIAK, J. **Methodology for assessing the factors affecting the quality and efficiency of flexographic printing process.** Procedia Engineering, 182, 403-411, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.122>.

LIU, L.; FENG, Y.; WU, W. **Recent progress in printed flexible solid-state supercapacitors for portable and wearable energy storage.** Journal of Power Sources, 410, 69-77, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.11.012>.

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. **Establishment of a maintenance plan based on quantitative analysis in the context of RCM in a JIT production scenario.** Reliability Engineering & System Safety, 127, 21-29, 2014.

MICKLESON, G.; THAI, V. V.; HALIM, Z. **The Influence of Responsibility Shift on Warehousing Performance: The Case of Australia.** The Asian Journal of Shipping and Logistics, 35(1), 3-12, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.03.002>.

MULLOR, R.; MULERO, J.; TROTTINI, M. **A modelling approach to optimal imperfect maintenance of repairable equipment with multiple failure modes.** Computers & Industrial Engineering, 128, 24-31, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.032>.

OLMOS, C. M.; VACA, A., ROSERO, G.; PEÑAHERRERA, A.; PEREZ, C.; DE SÁ CARNEIRO, I.; CUMBAL, L. **Epoxy resin mold and PDMS microfluidic devices through photopolymer flexographic printing plate.** Sensors and Actuators B: Chemical. Elsevier BV, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2019.03.062>.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de manutenção: teoria e prática.** Editora Ciência Moderna, 2019.

PERSSON, T., WIERTZEMA, H., WIN, K. M., & BALES, C. **Modelling of dynamics and stratification effects in pellet boilers.** Renewable energy, 134, 769-782, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.052>

REDLINGSHÖFER, B.; COUDURIER, B.; GEORGET, M. **Quantifying food loss during primary production and processing in France.** Journal of Cleaner Production, 164, 703-714, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.173>.

SAJID, Z.; KHAN, F.; ZHANG, Y. **A novel process economics risk model applied to biodiesel production system.** Renewable Energy, 118, 615-626, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.022>.

SAUNILA, M.; NASIRI, M.; UKKO, J.; RANTALA, T. **Smart technologies and corporate sustainability: The mediation effect of corporate sustainability strategy.** Computers in Industry, 108, 178-185, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2019.03.003>.

SELKE, S. E. M.; HERNANDEZ, R. J. **Packaging: polymers in flexible packaging. Reference module in materials science and materials engineering**, 6652-6656, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.02168-8>.

SHEN, J.; TANG, C. **How does training improve customer service quality? The roles of transfer of training and job satisfaction.** European Management Journal, 36(6), 708-716, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2018.02.002>.

SHIBANI, O.; DE FUENTES, C. **Differences and similarities between corporate governance principles in Islamic banks and Conventional banks.** Research in International Business and Finance, 42, 1005-1010, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.07.036>.

SWANEPOEL, N.; ROBINSON, P. H. **Impacts of feeding a flax-seed based feed supplement on productive and reproductive performance of early lactation multiparous Holstein cows.** Animal Feed Science and Technology, 2019 <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.008>.

MANSO, D. F.; SUTERIO, R.; BELDERRAIN, M. C. N. **Estruturação do problema de gerenciamento de desastres do estado de São Paulo por intermédio do método Strategic Options Development and Analysis.** Gestão & Produção, 22(1), 4-16, 2015. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1105-13>.

TRATTNER, A. et al. **Product complexity and operational performance: A systematic literature review.** Cirp Journal of Manufacturing Science & Technology, 1-15, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirpj.2019.02.001>.

TROTT, P; SIMMS, C. **An examination of product innovation in low-and medium-technology industries: Cases from the UK packaged food sector.** Research Policy, 46(3), 605-623, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.007>.

WANG, B.; WANG, R.; WANG, Y. **Compatible matrices of Spearman's rank correlation.** Statistics & Probability Letters, 2019 <http://dx.doi.org/10.1016/j.spl.2019.03.015>.

WICKWIRE, E. M.; GEIGER-BROWN, J.; SCHAFER, S. M.; DRAKE, C. L. **Shift work and shift work sleep disorder: clinical and organizational perspectives.** Chest, 151(5), 1156-1172, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chest.2016.12.007>.

XAVIER, F. J. C. **Manutenção como atividade de gestão e estratégia: um estudo na empresa alfa do polo industrial de Manaus** (Tese de doutorado). Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.