MELHORIA DE PRODUTIVIDADE EM UMA LINHA DE PINTURA ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO DISCRETA UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA

Débora Costa Pereira[1*]
Pedro Augusto Godoy Ferreira[*]
Weverton Morais de Sousa Carneiro[*]
Maria Aparecida Fernandes Almeida[2**]

RESUMO

Atualmente, com a crescente competitividade entre as organizações, busca-se reduzir a deficiência dos processos e evitar desperdícios, bem como aumentar a produtividade. O trabalho tem como objetivo avaliar o tempo necessário por cada funcionário, sua taxa de ocupação para realização de atividades em uma linha de pintura que produz painéis metálicos de arame e postes soldados, a fim de melhorar a produtividade do processo. A unidade estudada está localizada na região metropolitana de Belo Horizonte. Com o objetivo de reduzir custos e melhorar a produtividade na linha de pintura, foi utilizado o "*software"* de simulação Arena buscando encontrar possíveis gargalos e/ou ociosidade dos operadores que trabalham no processo, através da técnica de modelagem. Foi possível simular como a linha de pintura reagiria a mudanças em seu escopo, número de operadores e entrada de produtos ("*input'*).

Palavras-chave: processos produtivos, linha de pintura, *software Arena*, tempo de produção.

[1*] Graduandos do curso de Engenharia de Produção na da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG, 28 de maio de 2019.deboracosta.dcp@gmail.com; weverton.msc@hotmail.com; pagf0803@gmail.com.

[2**] Orientadora/Professora do Departamento de Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

IMPROVING PRODUCTIVITY IN A PAINT LINE THROUGH DISCRETE SIMULATION USING ARENA SOFTWARE

ABSTRACT

Nowadays, with a difference between organizations, it is sought to make a dossier of production and production, as well as increase productivity. The work has a required performance rate for each employee, their occupancy rate for carrying out activities on a production line that produces wire gauges and welded powders, in order to improve the productivity of the process. The unit studied is located in the metropolitan area of Belo Horizonte. In order to reduce costs and improve its production capacity, the bottleneck training software and / or the presence of process operators through the modeling technique were used. It was possible to simulate how a painting line would react to changes in its scope, number of operators and input.

Key-words: *production process, painting line, Arena software, production time.*

1 INTRODUÇÃO

O mercado globalizado está vivendo um momento que, conquistar e manter os atuais clientes é fundamental para a sobrevivência de qualquer negócio. Qualidade, competitividade e avanço tecnológico deixaram de ser apenas um diferencial entre as companhias para se tornarem fator de sobrevivência. Otimizar os processos de produção com o intuito de atender a demanda com o menor tempo possível para que não gere atrasos nas entregas de produtos. Um fator importante nesses processos é garantir a qualidade do produto final e reduzir custo de produção. Tornou-se então, necessária, para manutenção da competitividade, a avaliação das atividades referentes ao processo produtivo e otimização de recursos nas instalações industriais.

A exigência contínua de competitividade da organização, melhoria de processos e análise direciona as ações buscando identificar deficiências em processos produtivos, evitar desperdício, solucionar problemas e otimizar a obtenção de melhorias.

Segundo Neumann *et al.* (2015), um dos problemas mais complexos para as organizações é o do projeto de fábrica e layout. Os temas relacionados ao assunto integram um amplo conhecimento e envolve diversas áreas com efeitos que se farão presentes por longo prazo, uma vez que materializam a estratégia da produção e são a base sob a qual a produção é executada. O arranjo físico tem, como principal objetivo, a função de minimizar os custos do processo, associados com o fluxo de recursos transformados ao longo da operação.

Portanto, será estudada a linha de pintura de uma das unidades de uma multinacional que está presente no Brasil há 93 anos, com unidades na Europa, América do Norte, Ásia e Índia, e sediada na Bélgica. Tem como principal atividade da unidade brasileira a trefilação[3], que consiste no processo de conformação mecânica do FM - fio máquina. Este é produzido com aço laminado destinado à produção de arames para pregos, grampos, ganchos, arames recozidos, dentre outros.

O processo a ser avaliado será a linha de pintura eletrostática, processo responsável pelo revestimento em poliéster nos painéis metálicos e postes soldados, com o intuito de dar melhor acabamento e durabilidade ao produto final.

A fábrica em estudo está situada em Contagem e é pioneira na produção de Cercamentos[4] em território brasileiro. O processo de produção inclui a linha de pintura, como uma fase considerada como crítica no processo produtivo. Estudar essa etapa do processo leva em consideração questões influenciáveis em toda a cadeia do processo produtivo como a capacidade do estoque e espaço disponível para o armazenamento; a quantidade consumida de produto ao longo de um determinado tempo, variabilidade de produtos, trocas de programas produtivos, tempos de movimentação, descarga e abastecimento, dentre outros.

A presente pesquisa visa responder a seguinte questão problema: Como é possível melhorar o processo de pintura dos produtos e realizar a sinergia com outras áreas da fábrica otimizando o processo produtivo do equipamento em estudo.

O estudo se deu pela necessidade de melhoria no processo de pintura dos produtos finais e a implementação de um projeto que se difundiu em todas as plantas da empresa a nível mundial; denominado "*Manufacturing Systems*", visando a redução de custos, otimização de processos produtivos e segurança de todo o grupo de funcionários. Em tal ocorrência, foram desenvolvidos vários projetos, como a construção de um "WM-*Workload Model*", onde todo o setor de pintura da empresa em questão foi mapeado e, a partir desta análise, foram apontadas oportunidades de projetos para melhorias na cadeia de valor, visando o balanceamento da linha de produção e redução de custos de produção

Os resultados da sinergia entre os setores poderão afetar diretamente aspectos de produção e de satisfação dos clientes, ao entregar os pedidos com menor prazo.

A coleta de informações para a pesquisa quanto ao tempo de produção, mix de produtos, tempos de movimentação, dentre outros, será realizada pela área de Engenharia e Programação – Setores da empresa que são responsáveis pelos projetos de melhoria, programação da fábrica e pelos processos produtivos. Também será feito um levantamento do tempo gasto com cada atividade pertinente a linha de pintura. Analisando os benefícios e a viabilidade das mudanças, será feito uma análise da situação atual do processo em um determinado tempo, identificando as falhas e gargalos, estabelecendo os pontos que merecem revisão. Podendo assim, atuar em melhorias.

Neste processo, é necessário identificar todas as etapas que necessitam de otimização, ou seja, mapear o processo, identificar a existência de falhas, verificar onde as falhas se localizam e precisam de correção. Para isso, é importante o entendimento de todas as atividades do processo e seus objetivos, a fim de descobrir todos os procedimentos envolvidos, assim como operadores em cada etapa, atividades realizadas pelos mesmos, atividades automatizadas, métodos utilizados, entradas e saídas. Além de identificar e corrigir as falhas, a otimização de processos auxilia na identificação de possíveis melhorias nas etapas do processo, como no desperdício de materiais, tempo e de ferramentas, aplicando uma melhoria na utilização destes recursos.

A otimização de processos aumenta a eficiência na produtividade trazendo muitos benefícios ao processo de produção. Pode-se citar a redução de custos, pois os recursos mal empregados terão destino correto, sendo mais bem empregados na produção, gerando menos desperdício. A redução dos erros e retrabalhos, eliminação das etapas desnecessárias e aumento na produtividade, também resultam na redução de custos e riscos no processo.

O objetivo dessa pesquisa é avaliar o processo produtivo do estudo de caso, evidenciando como ferramentas de simulação podem melhorar o balanceamento de um processo produtivo. As simulações identificam possíveis falhas na forma atual de trabalho, encontrando operações gargalo e/ou ociosidade entre os funcionários que operam a linha de pintura, desta forma é possível balancear a linha ajustando a quantidade de funcionários para a quantidade ideal de forma que não afete a produção e nem a qualidade do produto final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção

De acordo com Slack (1999), a produção é a área responsável por desenvolver produtos ou serviços a partir de insumos (matérias primas, informações, consumidores, etc) através de um sistema lógico, criado racionalmente para realizar essa transformação.

Pode-se entender a produção como a função central das organizações, já que vai se incumbir de alcançar o objetivo principal da empresa, ou seja, sua razão de existir (SLACK *et al.* 2002). Sob esta mesma ótica, Tubino (1997) afirma que a função produção é o centro dos sistemas produtivos, responsável por gerar bens ou serviços comercializados pela empresa, por meio de um ou mais processos de conversão.

Para que toda empresa atinja seus objetivos ela deve calcular e planejar antecipadamente a sua produção, sendo que ao mesmo tempo deve existir também o monitoramento e o controle da mesma (SLACK *et al.* 2002).

Segundo Slack *et al.* (2002), a administração da produção é o termo usado para as atividades, decisões e responsabilidades dos gerentes de produção e envolve todos e os mesmo conjuntos de atividades para qualquer organização independente do seu tamanho. Nesse mesmo sentido, Rocha (1995) a define como a parte da administração que comanda o processo produtivo, a utilização dos meios de produção e os processos administrativos, buscando a elevação da produtividade.

Segundo Moreira (2005), dado um sistema de produção, onde insumos são combinados para fornecer uma saída, a produtividade refere-se ao maior ou menor aproveitamento dos recursos nesse processo de produção, ou seja, diz respeito ao quanto se pode produzir partindo de uma certa quantidade de recursos. Neste sentido, um crescimento da produtividade implica em um melhor aproveitamento de funcionários, máquinas, da energia e dos combustíveis consumidos, da matéria-prima, e assim por diante. Aumentando a produtividade, diminuem os custos de produção ou dos serviços prestados. Assim, a empresa melhora a sua condição de competitividade, aumentará sua participação nesse mercado e consequentemente seus lucros.

Segundo Neumann *et al.* (2015), a competitividade é um conceito holístico. Segundo uma perspectiva sistêmica de análise, a competitividade da empresa não depende apenas de sua conduta individual, mas também de variáveis macroeconômicas, político-institucionais, reguladoras, sociais e de infra-estrutura, em níveis local, nacional e internacional.

Segundo Corrêa *et al.* (2006), a produtividade é uma forma de medir a eficácia com que os insumos de um sistema são transformados em produtos com valor agregado. Atualmente, a busca pela produtividade é constante nas

organizações, vale salientar que é uma medida avaliada pelo cliente e, consequentemente, ela indica até que ponto a empresa satisfaz a qualidade das saídas.

2.2 Processos e operações

A gestão de operações ocupa-se da atividade de gerenciamento estratégico dos recursos escassos (humanos, tecnológicos, de informação e outros), de sua interação e dos processos que produzem e entregam bens e serviços visando a atender necessidades e ou desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes. Além disso, deve também compatibilizar este objetivo com as necessidades de eficiência no uso dos recursos que os objetivos estratégicos da organização requerem (CORRÊA *et al.* 2005)

De acordo com Carlo *et al.* (2013), a competitividade exige dos profissionais um constante aprimoramento das práticas de manufatura e no aperfeiçoamento da logística, utilizando, assim, ferramentas de integração que proporcionem desempenho mais eficaz, seleção de layout mais adequado, entre outros. O posicionamento físico dos recursos de transformação, como homens, máquinas e equipamentos, destaca-se como um dos principais desafios na gestão industrial (FERREIRA; REAES, 2013).

De acordo com Tubino (1997), a perda do poder de competitividade das empresas nacionais deve-se em grande parte a obsolescência das práticas gerenciais e tecnológicas aplicadas aos seus sistemas produtivos, tendo sua origem atribuída a cinco pontos básicos, quais sejam: deficiência nas medidas de desempenho, negligência com considerações tecnológicas, especialização excessiva das funções de produção sem a devida integração, perda de foco dos negócios, resistência e demora em assumir novas posturas produtivas.

O arranjo geral da cadeia de suprimentos segundo Bowersox *et al.* (2007) conecta de modo lógico e logístico, uma empresa e sua rede de distribuidores e fornecedores aos clientes e o processo integrado de criação de valor deve ser alinhado e administrado desde a compra da matéria prima até a entrega do produto /serviço ao consumidor final.

2.3 Projeto de fábrica e “layout”

O balanceamento de linha de fabricação e montagem como método de dimensionamento de capacidade de produção permite obter melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. O balanceamento também mostra-se necessário devido à ocorrência de mudanças nos processos, como inclusão ou exclusão de novas operações, mudanças no tempo de processamento, alteração de componentes e alteração na taxa de produção (NEUMANN, 2015).

Conforme Moreira (2006), qualquer que seja o tipo de negócio em que esteja envolvida a empresa considerada, mas principalmente se ela for indústria, as decisões sobre localização são estratégicas e fazem parte integral do processo de planejamento.

Segundo Neumann *et al.* (2015), o Projeto do Layout de uma unidade produtiva é de grande importância para as organizações visto que é o “layout” que vai assegurar o entrosamento interno e a harmonia no funcionamento da empresa. O projeto do “layout” de uma operação produtiva inicia-se pela análise de todo o conhecimento dos objetivos estratégicos da produção. O projeto de layout definirá como estarão dispostas as máquinas, matérias-primas, estoque e o pessoal dentro da estrutura da empresa, tudo isso com a finalidade de atender as demandas da estratégia de produção.

Uma porcentagem significativa das áreas produtivas construídas de uma organização é modificada anualmente e requerem um replanejamento. A reorganização do layout precisa ser uma atividade constante em qualquer organização que pretenda ser competitiva e eficiente em sua área de atuação, devido principalmente a evolução tecnológica que produzem novas máquinas e equipamentos tornando modelos e métodos obsoletos (NEUMANN *et al.* 2015).

De acordo com Ballou (2011), o layout é a disposição de homens, máquinas e materiais, que permite integrar o fluxo de materiais e o manuseio dos equipamentos necessários de movimentação, para que a armazenagem ocorra dentro do padrão de economia e rendimento.

De acordo com Braga *et al.* (2008) o objetivo do armazenamento é utilizar, de maneira eficaz, o espaço nas três dimensões (comprimento, largura e altura).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi estruturado em uma técnica de estudo de caso de natureza quantitativa em uma empresa siderúrgica, onde o interesse foi obter um conjunto de informações que analisa especificamente o processo de pintura de painéis, telas e postes soldados, bem como eles são administrados dentro das dependências da empresa.

Pode-se dizer que este estudo tem caráter investigativo, com intuito de propor melhorias ao processo produtivo, provando com as simulações executadas em "*softwares"* que é possível analisar e tomar decisões que melhorem o fluxo de operações diante dos recursos e características disponíveis, relacionando as variáveis contidas.

Buscando maior assertividade na tomada de decisão e ilustrar o funcionamento real da linha de pintura, utilizamos o "software" Arena. O sistema operacional possui um conjunto de módulos que são utilizados para descrever a aplicação real, uma interface gráfica para o usuário, também conhecido por "*GUI – e Graphical User Interface"*. A interface é conhecida por possuir ferramentas muito úteis e assertivas quanto à análise de dados de entrada ("*input"*) quanto de saída ("*output"*).

Como a maior parte dos "*softwares"*, o *Arena* visualiza o sistema de modelagem e é organizado por estações de trabalho que prestam serviços a clientes (que são conhecidas como entidades) que se movem por meio do sistema. A movimentação do sistema pode ser feita pelas próprias entidades (estações de trabalho) ou por transportadores (empilhadeiras, correias, e no caso do sistema estudado, pessoas). O "*software"* apesar de muito usado em indústrias, hoje, pode-se ver o aumento de sua utilização sendo possível encontrar estudos nos mais diversos nichos de mercado. A técnica de simulação computacional de sistemas era extremamente complicada pela necessidade da modelagem matemática dos sistemas e implementação de algoritmos em linguagens de programação. Após o surgimento das linguagens orientadas a modelagem de sistemas através da simulação tornou-se mais fácil.

O "*software*" possui recursos para análise estatística, modelagem de processos e análise de resultados. Ele é capaz de unir os recursos de uma

linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador em um ambiente gráfico. Os conceitos de simulação são compreendidos através da modelagem por fluxogramas.

Ao utilizarmos a simulação no *Arena* tem-se por objetivo estudar o comportamento de um determinado sistema através da modelagem, que representam de forma fiel o comportamento do sistema estudado podendo manipular os dados de entrada ("*input"*) buscando entender a resposta da linha de produção e entender em quais condições o sistema trabalha com maior efetividade.

O "software" Arena utiliza recursos gráficos e uma análise técnica que, após a simulação feita através dos tempos cronometrados e coletados, geram resultados que trazem uma visão mais detalhada do processo, facilitando a identificação de necessidades de melhorias e etapas que devem ser eliminadas ou alteradas no processo. Mesmo com o resultado do *"software"* é importante que as pessoas envolvidas no processo sejam consultadas visto que elas possuem uma visão diferente do que pode ser feito para agilizar, elas podem trazer "*insights"* que não foram pensados anteriormente.

Como complemento para o "*software Arena Basic Simulation"*, foi utilizado o "*Microsoft Office Excel 2007"* para elaboração das planilhas onde foi armazenado os dados coletados que foram introduzidos no Arena para simulação.

Também foram feitos "*brainstormings"* entre os pesquisadores e os funcionários, tanto no nível operacional quanto no nível de gestão, para chegar a conclusões do que realmente necessita ser feito para melhoria do processo produtivo. Durante o brainstorming e descrição do processo buscou-se atender às seguintes premissas, baseadas no sistema Toyota de produção e cultura da organização: compreensão básica comum sobre a sequência de produção, meios e métodos, transparência através da padronização, assegurar qualidade e produtividade, construir uma base para melhoria contínua.

3.1 Coleta de dados

Os membros do grupo realizaram duas visitas técnicas na fábrica. A primeira foi realizada com o intuito de entender processo, onde os gestores e operadores envolvidos nas tarefas esclareceram como é desenvolvido e realizada cada etapa do

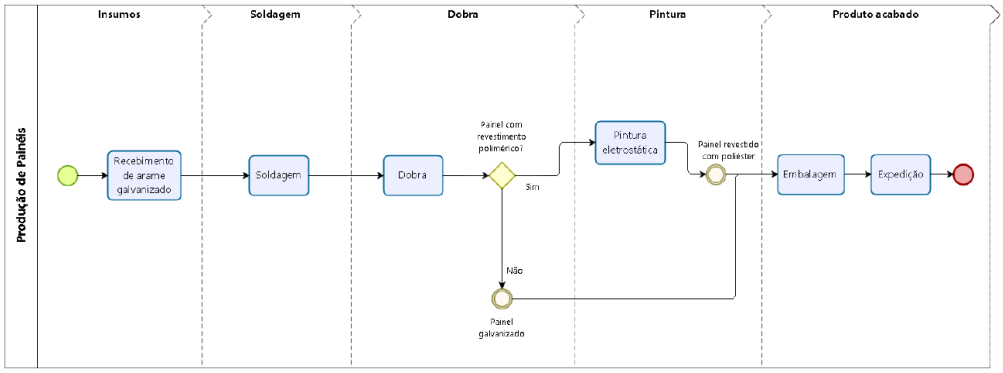
processo de pintura. Houve a apresentação do ambiente onde são realizadas as atividades, foi possível mapear todo o processo juntamente com funcionários da organização. Fez-se o esboço de todo o processo, analisando detalhadamente a etapa de pintura. Na segunda visita foram cronometrados os tempos de abastecimento e descarga dos materiais, tempo de troca de insumos (pó de poliéster, componentes químicos utilizados durante o processo produtivo) e o tempo que cada operador demora para executar determinada função. Foi levado em consideração também o tempo de paradas para manutenção e falhas de equipamentos.

Inicialmente, para a coleta de dados, foi utilizado o método de observação direta, baseado em um histórico e condições atuais. As fontes são primárias e foi coletado o tempo de execução de cada operação realizada no processo da linha de pintura, a complexidade de produtos utilizados no processo, tempo de troca de programa do equipamento, descarga e abastecimento dos materiais. Foi medido a quantidade de produtos que a linha suportava nas condições atuais e com ajuste nos equipamentos de fixação dos produtos qual seria o ganho em eficiência. A ferramenta "*workload model"* (modelo de trabalho) foi utilizada para levantamento de dados consiste em uma cronoanálise de cada etapa do processo produtivo realizada por cada operador, com estas informações foi elaborada uma planilha com os tempos de cada operação e realizado uma estratificação de dados para chegar em um modelo ideal de trabalho.

4 DESENVOLVIMENTO

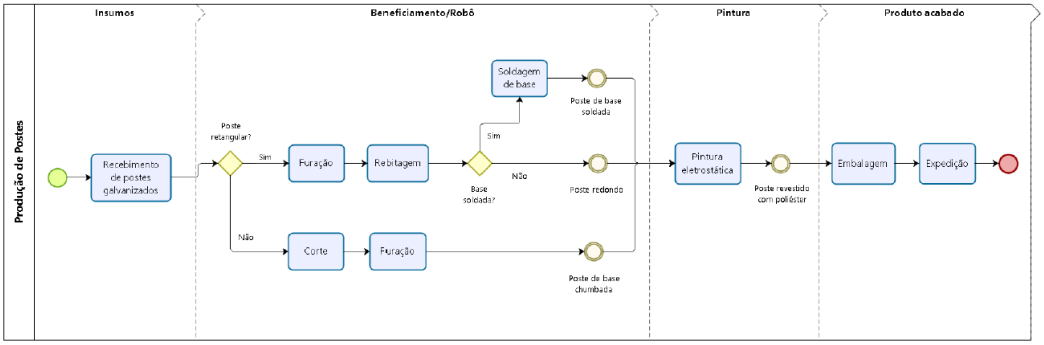
Buscando exemplificar melhor o processo e entendimento do sistema de produção como um todo e onde a linha de pintura se encaixa dentro desse processo, desenhamos três fluxogramas diferentes. Abaixo temos representados nos dois primeiros fluxogramas o processo produtivo de painéis e postes, respectivamente. O terceiro fluxograma caracteriza o processo de pintura e seu funcionamento. Os estudos englobam tanto a pintura dos postes quanto às dos painéis.

Figura 1 - Fluxograma de Produção de Painéis



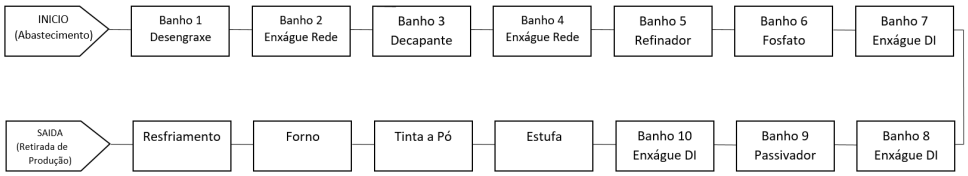
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 2 - Fluxograma de Produção de Postes



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 3 - Fluxograma dos Processos da Linha de Pintura



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Como pôde-se observar no Fluxograma dos processos da linha de pintura (Figura 3), existem várias etapas que constituem o processo. Pode-se descrever cada etapa conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 - Descrição de Etapas de Processo da Linha de Pintura

Etapa	Descrição da etapa do processo
Banho 1	Desengraxante: Retirar resíduos da superfície (óleos e gorduras)
Banho 2	Enxágue: Retirar resíduos químicos do banho anterior
Banho 3	Decapante: Retirar carepa (oxidação) da superfície do material.
Banho 4	Enxague: Este banho é o último que trabalha com água que vem direto da rua (não DI) e é ele que alimenta a cascata de retorno que abastece os banhos 2 e 1.
Banho 5	Ativação: Preparo do material para receber o banho de fosfatização.
Banho 6	Fosfatização: Formação de uma camada fosfatizada na superfície do material (cristais microscópicos).
Banho 7	1ª Lavagem: Recebe todo o arraste trazido pelas peças que saem do banho 6. Por isso, sua acidez total tem uma margem mais alta (até 13 pontos). Valores acima disso pedem a troca do banho e podem indicar contaminação direta pelo fosfato
Banho 8	2ª Lavagem: Funciona como um reforço da lavagem do fosfato, recebendo a peça já enxaguada pelo banho 7
Banho 9	Passivação: Oferece resistência a corrosão.
Banho 10	Lavagem DI: Último banho da linha, a lavagem DI recebe água direto do reservatório DI e alimenta a cascata de retorno
Estufa	Secagem do material e retirada de resíduos líquidos que possam oxidar o material
Tinta a pó	Cabine de pintura onde o pó de poliéster é agregado ao material
Forno	Para que o pó de poliéster possa aderir ao material com a exposição ao calor
Resfriamento	Resfriamento do material para que o poliéster

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Após ter um entendimento de como funciona todo o processo da linha de pintura e a descrição de cada etapa do processo foi feito o levantamento de cada atividade executada pelos operadores relacionados neste processo.

Tabela 2 - Atividades Executadas por Operador

Operador	Atividade
1 e 2	Abastecimento
1 e 2	Auto-gestão
3	Fazer anotações cartão de produção
3	Levantamento de abastecimento nas planilhas
3	Medição de camada
3	Lançamento de medição de camadas
4	Análise de banho
4	Lançamento de resultados análise de banho
4	Abastecimento de pó
4	Teste de aderência
4	Análise do abrandador
4	Regeneração (Abrandador)
4	Regeneração (Água ID)
4	Limpeza do trocador de calor
4	Limpeza do reservatório multicor
4	Calibração do medidor de camada
4	Amostras para Laboratório
5 e 6	Retirada de Produção
7 e 8	Embalagem de papelão
7 e 8	Embalagem de plástico
7 e 8	Auto gestão

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

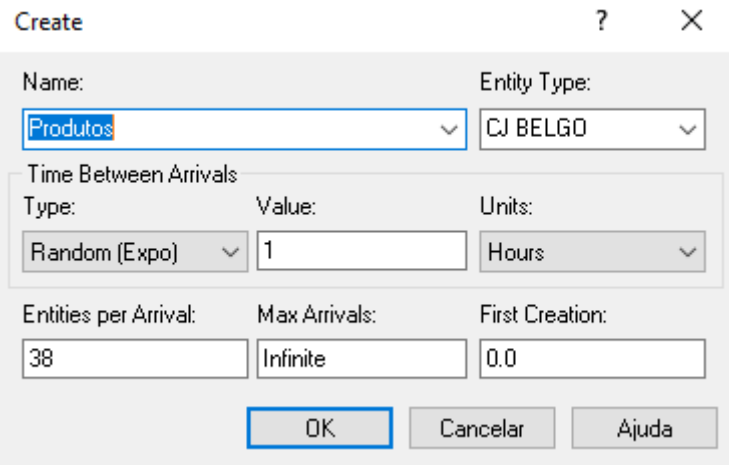
Foi realizado uma cronoanálise considerando o histórico da linha de pintura e o cenário atual, fizemos o levantamento do tempo de execução de cada tarefa conforme o mix de produtos que passam nessa operação, essas informações foram coletadas e analisadas em uma planilha de excel utilizando o modelo de ferramenta "*workload model*", com base nessas informações e o estudo da linha de produção conseguimos lançar os dados no sistema Arena para execução de simulações e ver qual seria o cenário ideal para balanceamento da linha de produção.

A simulação no Arena foi realizada com base na quantidade de produtos que entram na linha de pintura da fábrica a cada intervalo de uma hora. Para facilitar a visualização da execução das tarefas desempenhadas por cada operador, todas as funções desempenhadas pelos mesmos, foram agrupadas. A simulação então, será composta dos seguintes operadores: 1 e 2; 3; 4; 5 e 6; 7 e 8.

4.1 SIMULAÇÃO NO ARENA

Na simulação, considerou-se a análise do processo a cada intervalo de uma hora. Foi identificado que de uma e uma hora, entram 38 peças na linha de pintura. Sendo assim, foram inseridos os dados de entrada ("*input*"), conforme representado na figura abaixo.

Figura 4- Simulação -Create



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A simulação foi realizada considerando o número de operadores e processos que os mesmos estão envolvidos. Algumas tarefas são executadas em conjunto pelos operadores, sendo assim, o tempo de realização destas operações foram somados e relacionados aos operadores que as executam.

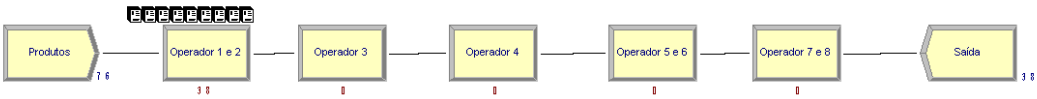
Ao realizar a coleta de dados, constatou-se que na realização das tarefas existem variações de tempo, portanto, assumimos o "*Delay Type*" de todos os processos como triangular.

Nesta simulação, foram realizadas 5 replicações, considerando a duração da replicação de 40 horas e 24 horas por dia.

4.2 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Por meio de relatórios emitidos pelo "*software*" Arena, foi possível visualizar as informações pertencentes ao sistema modelado. Observou-se uma saída de 38 e entrada de 76 produtos por hora, o que caracteriza uma saída de 304 e uma entrada de 608 produtos por turno de 8 horas, conforme representado nos resultados da modelagem.

Figura 5 - Resultado da Modelagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Para análise dos dados observou-se, primeiramente, os tempos de fila, representados na figura abaixo (Figura 6). Observou-se que informações dos tempos relacionados às funções desempenhadas por cada um dos operadores. Percebeu-se que o abastecimento, função desempenhada pelos operadores 1 e 2 são as que geram maior tempo de espera e consequentemente uma fila maior.

Figura 6 - Relatório de Tempo

23:19:10 **Entities** maio 28, 2019

Unnamed Project Replications: 5

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 2.400,00 Time Units: Minutes

Entity Detail Summary

Time

	NVA Time	Other Time	Total Time	Transfer Time	VA Time
CJ BELGO	0.00	0.00	29.91	0.00	4.98
Total	0.00	0.00	29.91	0.00	4.98

Other

	Number In	Number Out
CJ BELGO	1,558	1,520
Total	1,558	1,520

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

No relatório de tempo, foi identificado que o tempo médio de atendimento das entidades é de 4.98 minutos. Ainda é possível verificar que o tempo de espera na fila é de 24.92 minutos. De acordo com o “Total Time”, cada unidade leva cerca de 29.91 minutos para ser processada.

O “*Number In*” mostra que houve a entrada de 1.558 peças na linha e foram produzidas 1.520 peças conforme o “*Number Out*”.

Figura 7 - Relatório de Processo

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 2.400,00 Time Units: Minutes

Process Detail Summary

Time per Entity

	Total Time	VA Time	Wait Time
Operador 1 e 2	26,19	1,34	24,85
Operador 3	0,24	0,24	0,00
Operador 4	0,74	0,74	0,00
Operador 5 e 6	1,36	1,32	0,04
Operador 7 e 8	1,38	1,33	0,04

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Na figura 7, é possível verificar o tempo de atendimento para cada entidade (*"VA Time"*). O "*Wait Time*" mostra que existe uma fila de 24,85 minutos no processo executado pelos operadores 1 e 2.

Figura 8 - Relatório de Tempo Acumulado

Accumulated Time

	VA Time	Wait Time
Operador 1 e 2	2.041,29	37.769,40
Operador 3	365,21	0,00
Operador 4	1.125,28	0,00
Operador 5 e 6	2.002,45	57,80
Operador 7 e 8	2.027,87	66,59

Other

	Number In	Number Out
Operador 1 e 2	1.558,00	1.520,00
Operador 3	1.520,00	1.520,00
Operador 4	1.520,00	1.520,00
Operador 5 e 6	1.520,00	1.520,00
Operador 7 e 8	1.520,00	1.520,00

Na figura 9 é mostrado o tempo durante todo o processamento, ou seja, o tempo total de atendimento e de fila durante todo o processo para cada entidade.

Figura 9 - Análise das Filas

Unnamed Project Replications:

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 1,00 Time Units: Ho

Queue Detail Summary

Time

	Waiting Time
Operador1 e 2.Queue	0.19
Operador3.Queue	0.00
Operador4.Queue	0.02
Operador5 e 6.Queue	0.00
Operador7 e 8.Queue	0.00

Other

	Number Waiting
Operador1 e 2.Queue	7.67
Operador3.Queue	0.02
Operador4.Queue	0.68
Operador5 e 6.Queue	0.00
Operador7 e 8.Queue	0.00

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O segundo passo da análise foi observar as taxas ocupacionais de cada operador em seu posto de trabalho, representada na figura 10. Percebeu-se que os operadores 1 e 2, 5 e 6, e 7 e 8 estão com taxas ocupacionais muito altas (com valores em torno de 80%) e o operador 3 está com a taxa muito baixa (15%)e o operador 4 com uma taxa de ocupação média (47%) se comparada aos demais.

Figura 10 - Análise das Taxas Ocupacionais

Unnamed Project Replications:

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 1,00 Time Units: H

Resource Detail Summary

Usage

	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
OP 1 E 2	0,42	0,85	2,00	40,00	0,42
OP 3	0,15	0,15	1,00	38,00	0,15
OP 4	0,47	0,47	1,00	38,00	0,47
OP 5 E 6	0,42	0,84	2,00	38,00	0,42
OP 7 E 8	0,42	0,85	2,00	38,00	0,42

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Como a taxa de ocupação do operador 3 está muito abaixo do esperado pela organização ao analisarmos produtividade, foi simulado com o processo com o Operador 4, na figura abaixo representado pelo operador 3, desempenhando as funções que já eram de sua responsabilidade e também as do operador 3 visando entender qual o impacto de retirarmos o operador ocioso da linha de pintura, notou-se que o operador 4 pode desempenhar ambas as funções sem que fique sobrecarregado.

Figura 11 - Análise das Taxas Ocupacionais sem o OPERADOR 3

Unnamed Project Replications:

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 1,00 Time Units: H

Resource Detail Summary

Usage

	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
OP 1 E 2	0,43	0,85	2,00	40,00	0,43
OP 3	0,63	0,63	1,00	38,00	0,63
OP 4 E 5	0,84	0,84	1,00	38,00	0,84
OP 5 E 6	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
OP 6 E 7	0,85	0,85	1,00	38,00	0,85

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

5 CONCLUSÃO

Com o aumento da competitividade no mercado e necessidade de otimização contínua dos processos produtivos, percebe-se a importância de se utilizar "*softwares"* que auxiliem na caracterização do sistema e na tomada de decisão. Pode-se constatar a eficiência do *Arena* na identificação de gargalos e auxílio na tomada de decisão, demonstrando ser uma ferramenta útil para empresas de diferentes tipos mercados visto que ela auxilia na previsão e avaliação de sistemas de gestão bem como na criação de estratégias para otimizar a eficiência de processos e operação, auxiliando gestores a simular e identificar os possíveis impactos de implementação ou reestruturação de novos processos.

Durante o desenvolvimento do trabalho pôde-se perceber que na busca pela melhoria contínua a interação com o time envolvido é de fundamental importância para entendimento mais claro do processo produtivo. Vê-se a necessidade de usar ferramentas que auxiliem a maximização dos resultados. A escolha da ferramenta e metodologia correta faz diferença no resultado final e na tomada de decisão.

Após análise dos resultados obtidos, concluiu-se que o operador 3 está ocioso, fazendo com que o mesmo possa ser alocado em outro processo dentro da produção dentro da fábrica. Sua função pode ser passada para o operador 4 que tem taxa ocupacional abaixo do que o esperado organização em termos de produtividade. Devem ser avaliados antes de realizar qualquer corte ou realocação de mão-de-obra dentro da fábrica as habilidades distintas que cada funcionário possui e onde ele se sente realizado trabalhando, bem avaliar a saúde dos colaboradores.

Como a cultura da empresa preza pela valorização do colaborador e questões sociais. No cenário atual da empresa, sugeriu-se que o operador 3 fosse realocado em outra etapa do processo produtivo, visto que alguns processos ainda se encontram como gargalo dentro da produção.

REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2011.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. **Gestão da cadeia de suprimentos e logística.** Rio de Janeiro: Boockman, 2007.

BRAGA, L. M.; PIMENTA, C. M.; VIEIRA, J. G. V. **Gestão de armazenagem em um supermercado de pequeno porte**. In Revista P&D em Engenharia de Produção, n. 8, p. 57-77, 2008. Disponível em: Acesso em: 13 mar. 2013.

CARLO, F. D.; ARLEO, M. A.; BORGIA, O.; TUCCI, M. **Layout design for a low capacity manufacturing line:** a case study. International Journal of Engineering Business Management Special Issue on Innovations in Fashion Industry, v. 5, n. 35, p. 1-10, 2013.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e de operações**. São Paulo: Atlas, 2005.

FERREIRA, J.C.E; REAES, P.A. **Performance comparison of the virtual cell layout with cellular and job shop configurations using simulation and design of experiments**. In: 9th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. IEE CASE, Madison, Wisconsin, EUA: IEEE Robotics and Automation Society, p. 795-800, 2013.

MANICA, Carlo Rossano. Estrutura do diagrama da espinha de peixe. Análise de Falhas e Gestão do Conhecimento. Télios, 22 jan. 2015. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=modelo+de+brainstorming&rlz=1C1GCEU_pt-BRBR821BR822&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiGv_WJ_rniAhVFA9QKHXNIAYEQ_AUIDigB&biw=1536&bih=722#imgrc=1LMQy1a_n9wMGM:>. Acesso em: 26 mai. 2019.

MICHIELINI, Roziane do Amparo Araújo. **Artigo científico: formato ABNT**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Pró-reitoria de Graduação.

Sistema de Bibliotecas. Belo Horizonte, 2018. Disponível em <www.pucminas.br/biblioteca>. Acesso em: 28 mai. 2019.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis K. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: Editora, 2015.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró-Reitoria de Graduação. Sistema Integrado de Bibliotecas. **Orientações para elaboração de trabalhos científicos:** projeto de pesquisa, teses, dissertações, monografias, relatório entre outros trabalhos acadêmicos, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 3. ed. Belo Horizonte: PUC Minas, 2019. Disponível em: <www.pucminas.br/biblioteca>. Acesso em: Acesso em: 28 mai. 2019.

ROCHA, D. **Fundamentos técnicos da produção**. São Paulo: Makron Books, 1995.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, Nigel, CHAMBERS, Stuart, JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**: 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.