

SIMULAÇÃO DE LAYOUT UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA: O CASO APLICADO A INDUSTRIA DE PERFILADOS

LAYOUT SIMULATION USING SOFTWARE ARENA: THE CASE APPLIED TO INDUSTRY PROFILES

Nathan Nogueira Freitas (UnB) nathan.nfreitas@gmail.com

Resumo: o processo decisório do layout fabril é algo bastante complexo, por envolver diversas variáveis e problemáticas que afetam a construção de um novo layout. Dessa forma, é cada vez mais comum a utilização de ferramentas para auxiliar gestores na definição do layout industrial. Uma das ferramentas que vem se destacando é a simulação de procesos, onde é possível simular o sistema e verificar possíveis problemas e tratá-los. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é estudar, analisar e propor melhoria no layout fabril, utilizando a simulação de processos. Para tanto, utilizou-se a metodologia proposta por Andrade (2004), construindo e verificando os resultados através do software Arena. Como resultado, obteve-se um modelo de simulação útil para construção do layout fabril.

Palavras-chaves: Layout; Simulação; Software Arena.

Abstract: the decision-making process of the factory layout is quite complex because it involves many variables and issues affecting the construction of a new layout. Thus, it is increasingly common to use tools to assist managers in defining the industrial layout. One of the tools that has stood out is the simulation of open cases, where it is possible to simulate the system, check for possible problems, and treat them. In this sense, the objective of this work is to study, analyze and propose improvements in plant layout, using the simulation process. Para end, we used the methodology proposed by Andrade (2004), building and checking the results through the Arena software. As a result, we obtained a useful simulation model for construction of the factory layout.

Keywords: Layout; Simulation; Software Arena.

1. Introdução

O acirramento competitivo entre as empresas associado a imprevisibilidade do mercado e aumento das exigências dos clientes, faz com que as organizações apresentem crescente preocupação para aumento da sua eficiência organizacional. Neste contexto, torna-se cada vez

mais comum o uso de ferramentas e técnicas de otimização de processos, duas delas podem ser associadas para otimização dos processos empresariais: projeto de layout e simulação de processos.

O layout de recursos depende do volume de produção e da variedade produzida, onde o posicionamento adequado traduz em aumento de produtividade, redução de custos, diminuição dos riscos de movimentação e esforços, o que gera um diferencial competitivo para organização (D' AGOSTINI et al., 2014).

Segundo Prado (2014) a simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema. Assim, a simulação é uma ferramenta útil para o trabalho de melhoria da qualidade, gerenciamento da produção e tomada de decisão. Através do modelo simulado é possível verificar as ocorrências do sistema, permitindo identificar eventuais problemas e conseqüentemente trata-los (ARAGÃO, 2011).

Assim, “com o propósito de aumentar a competitividade, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos e serviços, ferramentas de simulação foram desenvolvidas para estudar o impacto das mudanças” (MONTEVECHI; DUARTE; NILSSON, 2003, p.15).

Portanto, a inserção de ferramentas computacionais, em especial a simulação, pode auxiliar na geração de alternativas de arranjo físico, na documentação de restrições e na análise de alternativas.

Levando em consideração a importância da simulação, o presente trabalho tem como objetivo geral estudar, analisar e propor sugestões referentes ao layout fabril, por meio da simulação de sistemas, utilizando a unidade fabril da Gravia localizada no Setor de Indústria e Abastecimento (SIA) em Brasília.

Para alcance do objetivo deste trabalho, foi utilizada a proposta dada por Andrade (2004), na qual o projeto de simulação envolveria os seguintes passos: formulação do problema e coleta dos dados; identificação das variáveis e condições do processo; construção do modelo; validação do modelo com dados históricos; realização dos experimentos e análise dos resultados.

Portanto, a problemática deste trabalho gira em torno da construção do layout fabril auxiliado pela simulação de sistemas. A hipótese, neste caso, consiste em que ao empregar essa ferramenta, as informações possam auxiliar gestores na tomada de uma decisão otimizada, principalmente na empresa estudada.

2. Referencial teórico

2.1. Arranjo Físico/Layout

Segundo Slack (2009) arranjo físico de uma empresa ou unidade produtiva diz respeito ao posicionamento de todos os equipamentos, máquinas, instalações, setores e departamentos, a fim de otimizar o fluxo de materiais e informações ao longo do processo.

O arranjo físico também pode ser entendido como a forma como os centros de trabalho estão estabelecidos dentro de uma organização, portanto corresponderia a qualquer coisa que ocupe espaço dentro de uma empresa (MOREIRA, 2013).

A definição do layout correto é fundamental já que ele representa a forma e aparência da empresa, sendo um dos fatores responsáveis pelo bem estar da equipe e dos clientes, sendo ferramenta peça fundamental para aumentar o mercado e manter a empresa viva diante das complexidades, competitividades e exigências do mercado atual (SLACK, 2009). Portanto, o layout correto influencia nos processos internos e externos das organizações, sendo essencial planejá-los de acordo com a estrutura da organização.

Para que seja efetivo o projeto de layout, segundo Neumann e Scalice (2015), deve obedecer os seguintes princípios: integração; mínima distância; obediência ao fluxo das operações; racionalização de espaços; satisfação e segurança; flexibilidade.

Tendo em vista a importância do layout, e o alcance dos seus princípios, a disposição física dos recursos deve estar adequada de acordo com às necessidades de produção (NEUMANN e SCALICE, 2015). Para isso, as organizações utilizam quatro tipos básicos de layout:

- a) Layout posicional: busca otimizar a localização dos centros de recursos ao redor de produtos de grande porte que tem uma sequência complexa e longa de atividades;
- b) Layout por produto: tenta maximizar a eficiência do operário agrupando as atividades de trabalho em estações sequenciais que fornecem uma alta utilização de mão de obra com o mínimo tempo de ociosidade;
- c) Layout por processo: tem o objetivo aproximar setores com maior intertráfego para minimizar os custos de transporte de materiais;
- d) Layout celular: busca otimizar a formação de famílias de peças e máquinas, aumentando a flexibilidade do processo.

Portanto, segundo Lee (1998), o conhecimento do layout e do seu tipo, pode ser a essência da produção eficiente, pois ao tratar a posição global até as estações de trabalho, a empresa integra os processos internos e externos, mas para que isso ocorra é fundamental a elaboração do projeto mais adequado a realidade da organização.

2.2. Simulação

Pode-se entender a simulação como um processo amplo que engloba, não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue, a qual busca: descrever o comportamento do sistema; construir teorias e hipóteses de relacionamentos entre as partes do mesmo, considerando as observações efetuadas; e usar o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação (PARAGON, 2015).

Prado (2014) a utilização da simulação auxilia gestores no conhecimento da quantidade correta de prestadores de serviços, melhoria do *layout* e melhor definição do roteiro de fluxo dentro do sistema analisado, propiciando um funcionamento eficiente ou otimizado, ou seja, um atendimento com custo adequado e clientes satisfeitos.

Para Chwif e Medina (2010) as razões que justificam a simulação seriam: permitir à análise do sistema de implantação, otimiza o sistema existente, possibilita a melhor compreensão do sistema, e permite o controle do processo. Law (2015) ainda destaca as vantagens de utilizar a simulação permitindo estimar o desempenho e estudar as propostas de análise de sistemas, comparando diversos modelos, a fim de identificar aquele que melhor atende a um requerimento específico. Contudo, para este autor a simulação tem como desvantagem a reprodução apenas estimada de um modelo, não sendo possível retirar conclusões imediatas antes de executar o modelo diversas vezes.

Assim, para obter o máximo de vantagens e o mínimo de desvantagens, a construção de um modelo de simulação presume um bom entendimento sobre os equipamentos envolvidos no estudo, os insumos, dados de produtividade entre outros fatores.

2.3. Software arena

O *software* Arena é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados. Apresentando como vantagens melhorar a visibilidade de um sistema; explorar oportunidades para novos procedimentos e métodos; diagnosticar e resolver problemas; reduzir ou eliminar gargalos; reduzir custos operacionais; melhorar a previsão financeira; reduzir tempos de entregas; administrar melhor os recursos (PARAGON, 2015). Através de uma interface amigável, o Arena utiliza módulos para descrever um sistema real. Tais módulos funcionam como comandos de uma linguagem de simulação e são estruturados de maneira que a construção do modelo seja muito similar à elaboração de um fluxograma do sistema, facilitando muito a construção do modelo computacional do sistema. Cada módulo possui uma série de

parâmetros configuráveis de acordo com as especificações do modelo estudado. (PRADO, 2014).

Além de ser um *software* de simulação o Arena possui outras ferramentas muito úteis, sendo elas: o *Input Analyser*, que permite uma análise estatística dos dados coletados para determinar qual curva de distribuição melhor aproxima dos dados reais através de testes como o Qui-Quadrado e o Kolmogorov-Smirnov; e o *Output Analyser*, que permite análises estatísticas dos resultados da simulação; e o OptQuest, que permite otimizar o modelo de acordo com os parâmetros desejados.

3. Metodologia

Segundo Baldam, Valle e Oliveira (2014) as metodologias são passos ou tarefas a serem seguidos em um projeto ou atividade a fim de atingir um objetivo específico. O objetivo deste trabalho é analisar e propor sugestões referentes ao layout fabril, por meio da simulação de sistemas.

Dado o ambiente de aplicação e os resultados alcançados, em relação à natureza da pesquisa, esta pesquisa classifica-se como aplicada, de acordo com a tipologia estabelecida por Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 26). Segundo os autores, a pesquisa aplicada “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”.

Do ponto de vista da abordagem do problema, para Kauark, Manhães e Medeiros (2010), a pesquisa pode ser considerada qualitativa. Na pesquisa qualitativa a interpretação dos fenômenos e de atribuição de significados são básicas, não exigindo o uso de métodos e técnicas estatísticas. Nesta abordagem, segundo Godoy (1995) apud Zanella (2006) busca-se entender os fenômenos do estudo, a partir das pessoas envolvidas, que nesse caso são organizações. Kauark, Manhães e Medeiros (2010) a pesquisa qualitativa lida com fenômenos cujo sentido existe apenas num âmbito particular e subjetivo.

Já em relação aos objetivos, Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 28) a pesquisa é caracterizada como exploratória, pois “objetiva a maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito, ou à construção de hipóteses”.

Quanto à estratégia, segundo Kauark, Manhães e Medeiros (2010), o trabalho é um estudo de caso, por envolver o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos para obter um amplo conhecimento.

O método utilizado neste trabalho segue as seis etapas propostas por Andrade (2004), para construção e análise de modelos de simulação, que são:

- a) Formulação do problema e coleta dos dados;

- b) Identificação das variáveis e condições do processo;
- c) Construção do modelo;
- d) Validação do modelo com dados históricos;
- e) Realização dos experimentos e análise dos resultados;

4. Aplicação do método proposto

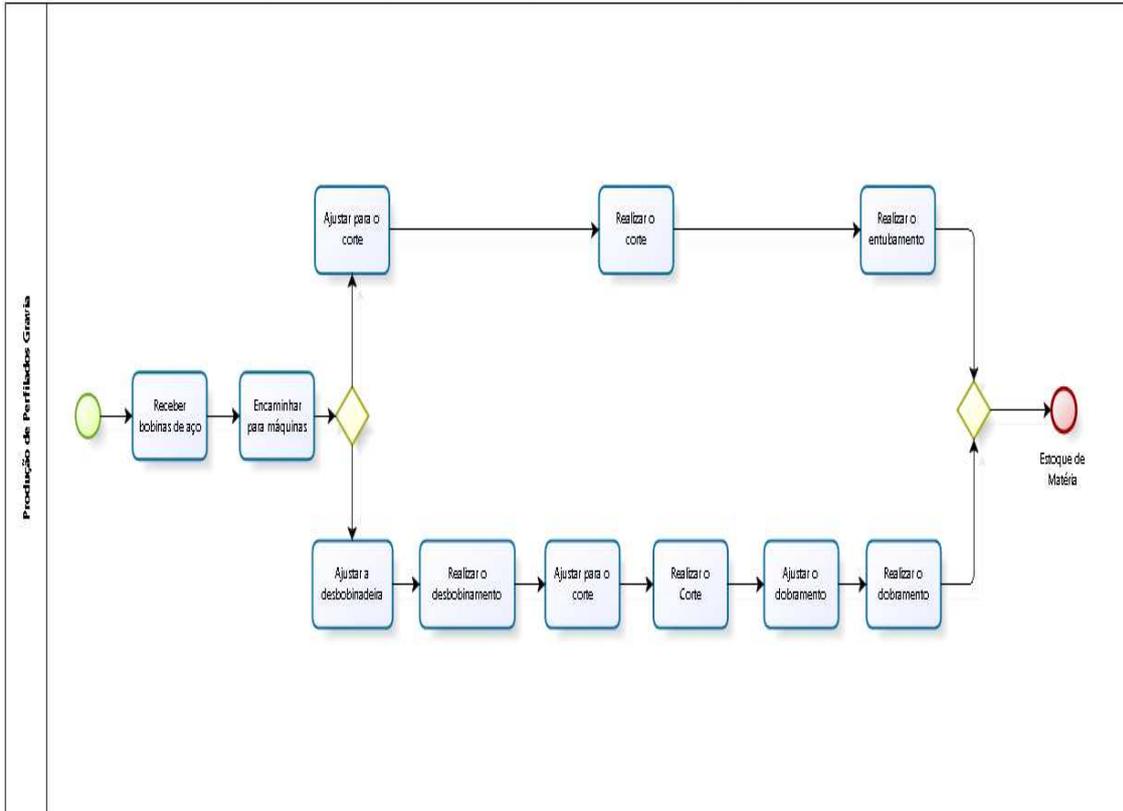
4.1. Formulação do problema e coleta de dados

A Gravia é o maior grupo metalúrgico do centro-oeste brasileiro e uma das marcas que mais cresce nos segmentos de perfilados de aço e esquadilhas metálicas. O grupo Gravia conta com três unidades fabris no Distrito Federal, sendo duas responsáveis pela produção de tubos e perfis estruturais e uma pela fabricação de postes e braços para iluminação pública.

No âmbito deste trabalho, o estudo será realizado na unidade produtiva localizada no Setor de Indústria e Abastecimento (SIA), particularmente envolvida na indústria de perfilados. A empresa, atualmente, apresenta uma grande preocupação com a segurança dos seus colaboradores possuindo desde 2012 o selo OHSAS 18001:2007, certificado internacional cedido a empresas cujas práticas funcionais e processos operacionais atendem requisitos específicos de saúde e segurança do trabalho, a fim de otimizar a segurança e obter um melhor fluxo do seu processo a empresa solicitou um trabalho de relay layout fabril. Portanto, o problema estudado neste trabalho é a definição do layout levando em consideração a otimização da segurança e do processo de fabricação de perfilados.

Definido o problema, partiu-se pro levantamento e coleta dos dados para o estudo. Para isso foi feito o desenho do layout atual e o mapeamento do processo, com o auxílio dessas ferramentas foi possível entender o tipo de layout utilizado e possíveis problemas em sua configuração.

Figura 1 - Mapeamento do processo de fabricação da Gravia



Fonte: elaborado pelo autor.

Fonte: elaborado pelo autor.

No mapeamento ficou evidente que a fabricação de perfis de aço era bem mais complexa que a fabricação de tubos, envolvendo maior quantidade de ajustes e máquinas em sua produção. Além disso, foi possível identificar que a Gravia utiliza basicamente o layout por processo, onde as máquinas são agrupadas de acordo com sua função. Uma das principais desvantagens deste layout é o alto volume de tráfego de transporte de componentes entre departamentos, fato que prejudica a segurança dos trabalhadores envolvidos, principalmente por envolver produtos com várias toneladas.

Para coleta dos dados das máquinas, a empresa disponibilizou os dados de fabricação e ajuste de cada equipamento nos últimos dois meses, onde foi possível acompanhar a real produção dos tubos e perfis.

4.2. Identificação das variáveis e condições do processo

Nesta etapa foram identificadas e definidas as variáveis relevantes para realização do estudo. Em primeiro momento, ficou claro a importância das variáveis peso, tempo e distância na análise do problema, uma vez que ela define a capacidade de processamento das máquinas.

Também foram criadas as variáveis para os recursos disponíveis, tais quais: desbobinadeira, tesoura, máquina de tubos, corte de dobra.

Após identificação das variáveis, e da consolidação dos dados de cada variável, foi feita a análise das suas características através da ferramenta *input analyser* do *software* Arena. Através desta ferramenta, conseguiu-se obter as expressões abaixo:

Tabela 1 - Expressão das operações do processo

Operação	Expressão
Chegada de Bobinas	$0.57 + 4.43 * \text{BETA}(1.22, 2.1)$
Ajuste da Tesoura	UNIF(30, 138)
Corte	$20 + \text{GAMM}(281, 0.542)$
Ajuste Tubo 1	$35 + \text{WEIB}(57.7, 0.435)$
Fabricação Tubo 1	$70 + \text{WEIB}(231, 0.527)$
Ajuste Tubo 2	$27.5 + 83 * \text{BETA}(0.348, 0.598)$
Fabricação Tubo 2	$49.5 + 91 * \text{BETA}(0.274, 0.306)$
Ajuste Desbobinadeira	$9.5 + \text{GAMM}(7.16, 1.48)$
Desbobinação	$20 + 230 * \text{BETA}(0.889, 1.62)$
Corte de Chapas	$2.5 + \text{WEIB}(11.7, 0.919)$
Ajuste Dobradeira	CONST(2)
Dobradeira	$4 + \text{WEIB}(27.8, 0.663)$
Tempo de Transporte	$9.5 + 91 * \text{BETA}(0.624, 0.929)$

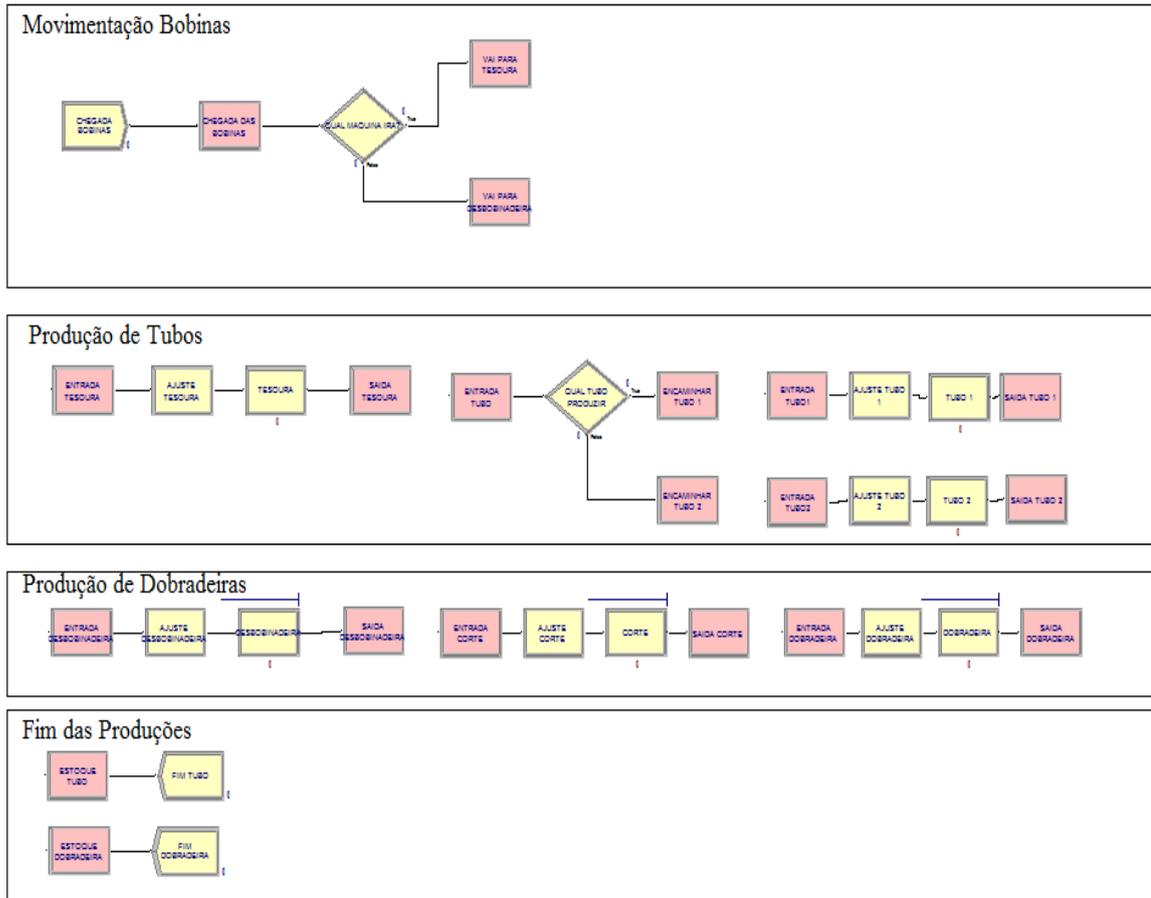
Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados de processamento e entrada do modelo estão representados em horas, tendo em vista a característica das operações.

4.3. Construção do modelo

As etapas anteriores foram cruciais para entender o funcionamento do modelo e analisar os dados para que os mesmos pudessem ser inseridos na simulação. Para realizar o modelo de simulação foi utilizado o *software* Arena 14.7. Este *software* possui um conjunto de blocos que são utilizados como recursos que facilitam a lógica de programação. Os processos básicos desse processo estão caracterizados na figura 2.

Figura 2 - Modelagem do processo atual



Fonte: elaborado pelo autor.

Para facilitar o entendimento foram feitas quatro divisões no modelo: movimentação de bobinas, produção de tubos, produção de dobradeiras, fim da produção.

Conforme descrito na tabela 1 as bobinas chegam em uma expressão $0.57 + 4.43 * BETA$ (1.22, 2.1) e são encaminhadas para a produção de tubos ou dobradeiras. Com base nos valores obtidos na coleta dos dados, constatou-se a porcentagem de fabricação por tipo de produção, assim o módulo *decise*, nomeado com “Qual Máquina”, distribuiu probabilisticamente as bobinas, onde 75% era encaminhadas para produção de tubos. Além deste, foi utilizado outro dispositivo de decisão entre a máquina de tubo 1 e 2, no qual observou-se que 70% das demandas eram encaminhadas para máquina de tubo 1.

Após a distribuição através do módulo *decise*, o chamado é encaminhado ao respectivo processo de fabricação, representado no modelo através do bloco *process*. Após fabricados os materiais são estocados em diferentes espaços da fábrica para que sejam encaminhados as lojas responsáveis pela distribuição, no modelo são representados pelo bloco *dispose*, nomeado por “Fim Tubo” e “Fim Dobradeira”.

Os blocos em vermelho *enter* e *dispose*, foram incluídos no modelo para facilitar o entendimento da entrada e saída dos materiais, e incluir o tempo de transporte em diferentes etapas. Infelizmente, a empresa não possuía os tempos individuais e não permitiu o estabelecimento do tempo, através da medição, tendo em vista o tempo de execução do trabalho. Assim, foi utilizado o tempo geral de movimentação entre as máquinas no qual obteve-se a seguinte equação $9.5 + 91 * \text{BETA}(0.624, 0.929)$.

Em linhas gerais, o modelo descreve o processo de fabricação de tubos e perfis, desde a chegada da matéria prima até o seu estoque. Há de destacar, que o modelo não descreve a saída dos chamados do estoque para a venda, já que a empresa não tinha esses dados coletados.

4.4. Validação do modelo com dados históricos

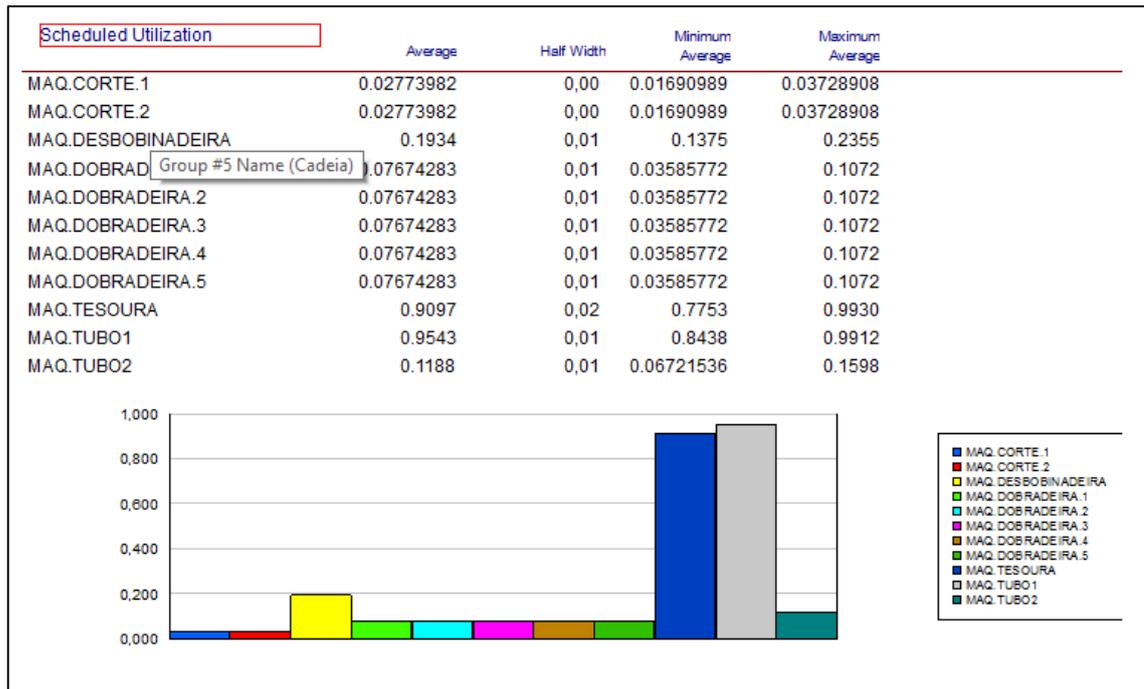
Para execução desta etapa foi essencial a correta parametrização dos dados históricos gerados pelo sistema Arena. Assim, para analisar os dados foi fundamental o uso da ferramenta *Input Analyser* do *software* Arena, sendo possível obter uma boa aproximação estatística com o sistema atual.

Assim, com o intuito de validar o modelo realizou-se a simulação do cenário utilizando os dados fornecidos pela ferramenta *Input Analyser*, durante o período de 60 dias, na qual sinaliza aproximadamente 2 meses de trabalho, comparando-o com os dados reais. Além disso, os resultados foram apresentados para os gerentes de produção que concordaram com os dados simulados e permitiram que a pesquisa continuasse.

4.5. Realização dos experimentos e análise dos resultados

Após configuração do modelo, realizou-se o experimento, que neste caso resumiu a execução do modelo no Arena. Como dito anteriormente, esta simulação foi feita com limite de 60 dias, correspondendo a aproximadamente dois meses de trabalho na Gravia. Além disso, a simulação foi configurada para 8h por dia com pausa de 1h de almoço, onde foi obtido os seguintes dados:

Figura 3 - Análise Arena modelo atual



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse fenômeno ocorre, principalmente, pela distribuição de fabricação entre tubos e perfis e também pela quantidade de máquinas disponíveis para fabricação. Também deve-se destacar o fato de haver grande utilização das máquinas, justifica a formação de diversos estoques intermediários no processo, o que acaba gerando custos ao longo da cadeia produtiva.

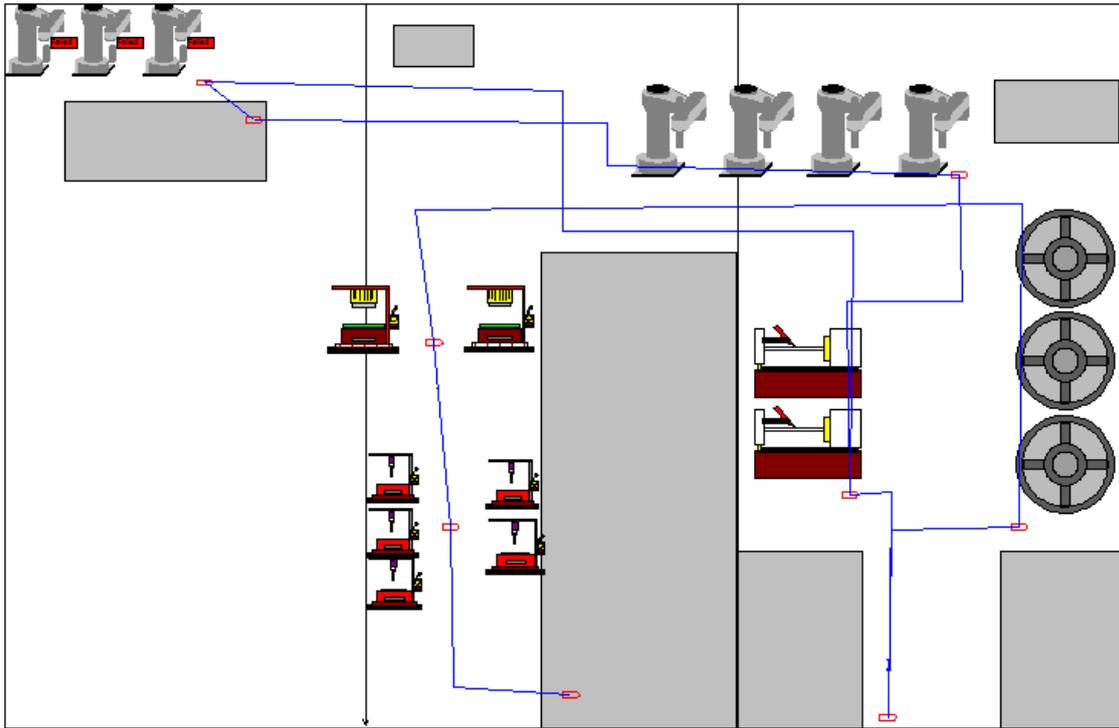
Portanto, levando em consideração a utilização das máquinas, a necessidade de adequar o layout para otimizar a segurança e a melhoria do fluxo de materiais, foi proposto diferentes cenários que serão discutidos a seguir.

4.5.1 Cenários Propostos

Com base nos resultados obtidos, percebeu-se que a utilização dos recursos é especialmente alta na máquina Tesoura e na máquina de Tubo 1, processo responsável pela fabricação de 52% dos produtos. Assim, essas máquinas foram o foco das mudanças de disposição do layout de maneira a diminuir os tempos de movimentação dos materiais até a chegada na entrada do processo.

Portanto, a sugestão de melhoria baseou-se na mudança da tesoura, deixando-a mais próxima a entrada de material, onde seria possível diminuir a movimentação entre a chegada e o processamento.

Figura 4 – Primeira proposta Gravia



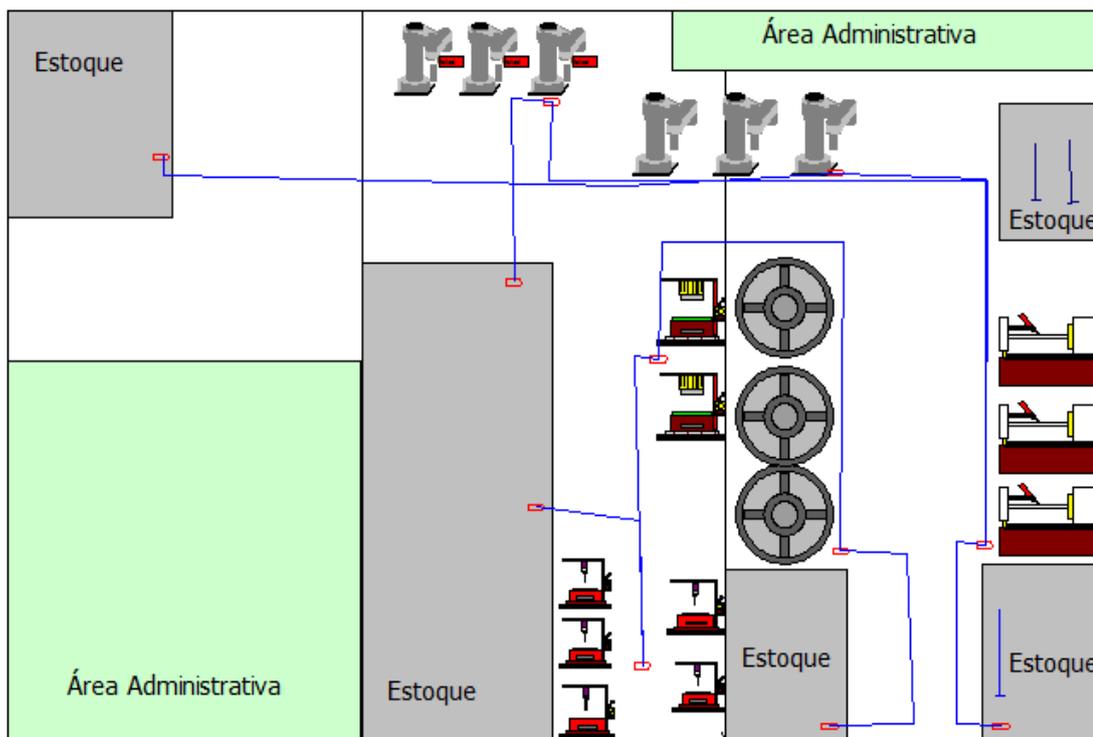
Fonte: elaborado pelo autor.

Após construção do layout, o modelo foi encaminhado aos gestores e funcionários para que fosse realizado a crítica do modelo, onde as principais foram:

- a) Alguns estoques não poderiam mudar de local, já que as bobinas são armazenadas na entrada da fábrica;
- b) A questão da movimentação fosse revista evitando a interseção entre diferentes caminhos.

A partir de todos os pilares definidos, foi construída uma segunda proposta, na qual pretendeu-se o estabelecimento de um layout misto, abordando características do layout celular e linear, o que diminuiria principalmente a interseção entre a movimentação de material, ficando da seguinte forma:

Figura 5 - Segunda Proposta Gravvia



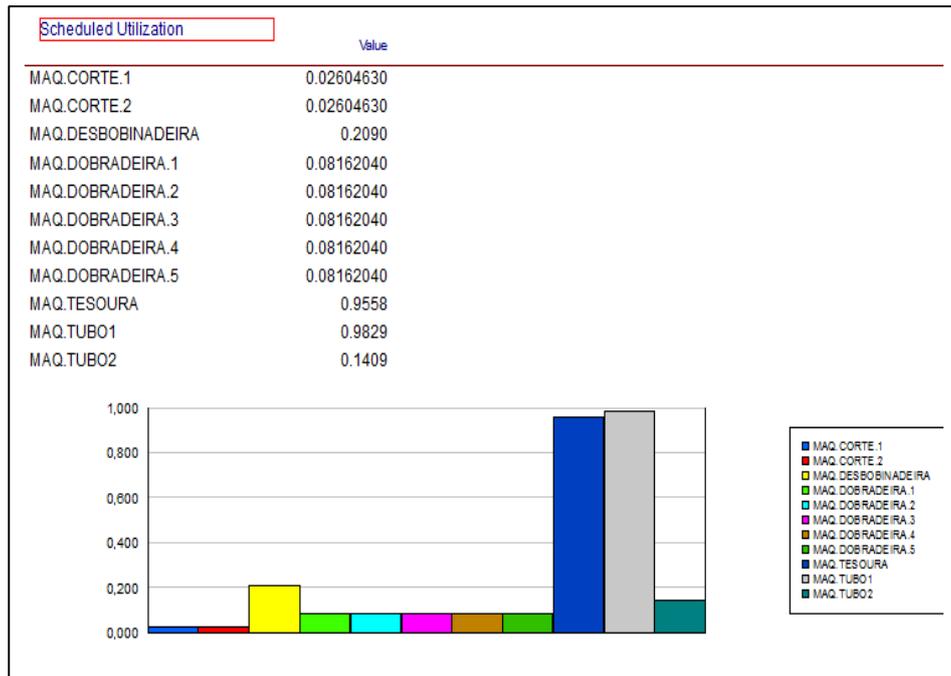
Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, no modelo proposto foi possível atender a diferentes critérios tais quais:

- Aproximação da máquina tesoura com a entrada, diminuindo o transporte das bobinas e a tesoura;
- Aproximação da tesoura com a máquina de tubo 1, já que cerca de 52% dos processos são feitos por essas máquinas;
- Aproximação da desbobinadeira com o processo de corte, diminuindo a movimentação neste processo;
- Minimização da interseção entre diferentes caminhos.

Após construção da segunda proposta, a mesma foi encaminhada aos gestores para validação, após validação foi realizada a simulação deste modelo, para visualizar os possíveis ganhos desta sugestão.

Figura 6 – Resultados Esperados



Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dos resultados é possível verificar um aumento na ocupação das máquinas devido ao menor tempo de movimentação dos materiais para as máquinas. Isso também acompanha uma menor possibilidade de acidentes, por criar um caminho contínuo pelas laterais do galpão e pela redução dos passos de movimentação, reduzindo colisões.

Em complemento a sugestão também foi sugerido a empresa que se pense em ações para otimização dos tempos de ajuste para as máquinas, bem como medidas para redução de movimentação entre as máquinas, diminuindo desperdícios e aumento a capacidade produtiva da empresa.

5. Conclusão

A simulação é uma ferramenta útil para auxiliar gestores na tomada de decisões e otimização dos seus processos. Porém, por sua dificuldade em parametrização muitas empresas acabam não utilizando esta ferramenta como forma de melhorar suas atividades. A empresa estudada, por exemplo, não utiliza ferramenta de simulação na tomada de decisão no que tange a melhoria dos processos internos. Contudo, a utilização da simulação mostrou-se eficaz na proposição de layout, otimizando o fluxo de material e segurança do ambiente de trabalho.

A utilização do *software* Arena é utilizado em diversos trabalhos, como demonstra Prado (2014), sendo perfeitamente possível sua utilização em empresas de serviço, como é o caso do conselho estudado. Ferramentas como o *Input Analyser* e geração de relatórios auxiliam no entendimento do processo como um todo, facilitando a modelagem e análise do modelo. Assim,

o uso da técnica de simulação atendeu o objetivo deste trabalho, já que foi possível propor sugestões referentes ao layout fabril, por meio da simulação de sistemas.

Portanto, através da conclusão deste trabalho, é possível afirmar que a simulação é uma ferramenta útil e que pode ser incorporada por gestores da tomada de decisões, contribuindo assim para definição do layout em organizações.

6. Referencial teórico

- ANDRADE, E.L. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 3. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- ARAGÃO, A.P. **Modelagem e simulação computacional de processos produtivo: o caso da cerâmica vermelha de Campos dos Goytacazes-RJ**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goyazes. 2011.
- BALDAM, R.; VALLE, R.; ROZENFELD, H. **Gerenciamento de processos de negócio bpm: uma referência para implantação prática**. Elsevier: Rio de Janeiro, 2014.
- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e prática**. 3. Ed. São Paulo: Leonardo Chwif, 2010.
- D'AGOSTINI, M.; SARTOR, R.S.; TISOTT, P.B.; TONDOLO, V.A.G.; CAMARGO, M.E. **Escolha do arranjo físico de produção: o caso da metalúrgica indústria metal mecânica**. Revista ALCANCE Eletrônica, v.21; n.02 abr./jun. 2014.
- KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.
- LAW, A.M. **Simulation Modeling and Analysis**. McGrawHill. 5.Ed. 2015.
- LEE, Q. **Projeto de instalações e do local de trabalho**. 1. ed. São Paulo: IMAM, 1998.
- MOREIRA, D.A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. revisada e ampliada. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- MOTEVECHI, J.A.B.; DUARTE, P.; NILSSON, G.V. **O uso da simulação para análise do layout de uma célula de manufatura**. Revista Pesquisa & Desenvolvimento em Engenharia de Produção. V.1, n.1, p. 15-29, 2003.
- NEUMANN, C.; SCALICE, R.K. **Projeto de fábrica e layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- PARAGON. **Simulação**. 2015. Disponível em: < <http://www.paragon.com.br> >. Acesso em: 10 nov. 2015.
- PRADO, D.S. **Usando o arena em simulação**. 5.ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.