

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA COM ÊNFASE EM
TRANSPORTES**

**ANÁLISE DO FLUXO PRODUTIVO EM SIMULAÇÃO DE UMA
CABINE DE PINTURA DE PEÇAS PRIMÁRIAS**

KLEBER TOLEDO GAMA

Botucatu – SP
Novembro – 2006

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA COM ÊNFASE EM
TRANSPORTES**

**ANÁLISE DO FLUXO PRODUTIVO EM SIMULAÇÃO DE UMA
CABINE DE PINTURA DE PEÇAS PRIMÁRIAS.**

KLEBER TOLEDO GAMA

Orientador: Prof. Msc. Luis Antonio Galhego Fernandes.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo em Curso de Logística: ênfase em transportes.

Botucatu - SP
agosto de 2023

À minha família

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos são primeiramente a Deus, por ter me ajudado a concluir mais uma etapa da minha vida, pois sem a sua ajuda eu não teria conseguido, agradeço a Ele também pela família que me deu, pelos meus pais Ademar e Edilene que sempre me apoiaram e pela minha irmã Karina, pela Thamires, minha esposa, que tem sido o meu ponto de equilíbrio nesse tempo que estamos juntos e que me deu muita força para concluir este curso, pelos amigos que permitiu que eu conquistasse nesses anos de curso e principalmente pela amizade da Amanda, Camila, Felipe, Fabiana e Akneska – nosso grupo inseparável.

Agradeço a todos os professores que tentaram passar seus conhecimentos, que nos serviram de bons exemplos e até ruins em alguns casos, mas que servirão para nós nos anos vindouros.

E em especial, agradeço ao meu orientador Luis Antônio Galhego Fernandes, não somente pela ajuda, paciência e atenção que me deu nesses últimos meses para o desenvolvimento desse trabalho, mas principalmente pela grande amizade que proporcionou a mim e aos demais colegas orientados.

*“Penso 99 vezes e nada descubro. Deixo de pensar,
mergulho no silêncio, e a verdade me é revelada”.*

Albert Einstein.

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Representação esquemática de um modelo de sistema..... | 18 |
| 2. Percentual dos Tipos de Pinturas realizadas na Pintura..... | 25 |
| 3. Exemplificação de um lote que receberá a Pintura 1..... | 30 |
| 4. Resultado do Input Analyzer para a distribuição de probabilidades que melhor se enquadra para formação dos lotes no modelo da simulação..... | 34 |
| 5. Resultado do Input Analyzer para a distribuição de probabilidades que melhor se enquadra para os tempos de atendimento na cabine de pintura..... | 35 |
| 6. Lógica de Entrada de peças, Recursos e Preparação de peças no software Arena.... | 36 |
| 7. Lógicas do Lotes aguardando Liberação dos Recursos Espaço e Pintores da Cabine de Pintura..... | 36 |
| 8. Lógica do Processo da Cabine de Pintura..... | 36 |
| 9. Lógica da etapa de Pré-curagem..... | 36 |
| 10. Lógica da etapa de Pré-curagem..... | 36 |
| 11. Lógica da etapa de Pré-curagem..... | 37 |
| 12. Lógica da Etapa de Acabamento..... | 37 |
| 13. Lógica Etapa de Liberação Final e Saída de Peças..... | 37 |
| 14. Lógica para a utilização de movimentadores dentro do modelo da pintura..... | 39 |

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| RESUMO..... | VIII |
| I. INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 1.1 Objetivos..... | 10 |
| 1.2 Justificativa e Relevância do Tema..... | 11 |
| II. REVISÃO DE LITERATURA..... | 12 |
| 2.1 A Simulação..... | 12 |
| 2.2 Vantagens e Desvantagens da Simulação..... | 14 |
| 2.3 Sistemas e Modelos..... | 16 |
| 2.4 Escolha das Distribuições para os Dados de Entrada..... | 20 |
| 2.5 Etapas de um Estudo Utilizando Simulação..... | 21 |
| III. ESTUDO DE CASO DA PINTURA DE PEÇAS PRIMÁRIAS..... | 23 |
| 3.1 A Empresa..... | 23 |
| 3.2 Etapas de um Estudo Utilizando Simulação..... | 24 |
| 3.3 As Etapas do Processo..... | 25 |
| 3.4 Análise dos Dados das Etapas da Pintura..... | 31 |
| IV. DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PARA O PROCESSO..... | 35 |
| 4.1 Abordagem inicial..... | 35 |
| 4.2 O Modelo de Simulação da Operação de Pintura..... | 35 |
| 4.3 Resultados do Modelo do Processo de Pintura Atual..... | 37 |
| 4.4 Simulação com o Aumento de Pessoas na Preparação..... | 38 |
| 4.5 Simulação com o Aumento de Pessoas na Preparação e a Inserção de Transportadores..... | 38 |
| V. CONCLUSÃO..... | 41 |
| VI. Referência Bibliográfica..... | 43 |

RESUMO

Com todos os avanços que este mundo globalizado tem proporcionado, mas do que nunca as empresas necessitam se adaptar rapidamente as mudanças, seus processos necessitam ser cada vez mais flexíveis e deixam de ser engessados, pois com a velocidade das mudanças e o aumento de novas tecnologias se elas não acompanharem esse ritmo e sua voracidade elas se extinguirão devido à força da concorrência. Dentro desse aspecto é necessário que as empresas encontrem ferramentas mais eficientes para melhores tomadas de decisões, as quais possam auxiliar na gestão, que proporcione menores investimentos e que não atrapalhem seus processos produtivos. Portanto, esse trabalho tenta mostrar que por meio de simulação desenvolvida no software Arena, podem ser criados modelos que se assemelhem ao sistema real de um processo onde encontramos a formação de gargalo e assim nos auxiliar em tomadas de decisões mais precisas no aspecto de investimentos necessários para a área, como a necessidade novas contratações e aquisição de novos recursos, mudanças de layout para o aumento da produção. Esse estudo irá avaliar o processo de pintura de peças primárias de uma empresa do ramo aeronáutico por meio de simulação e avaliar todas as variáveis que interferem nas etapas do processo que visa avaliar o aumento de sua produtividade produção em 25% devido ao aumento nas vendas dos produtos da empresa.

I – INTRODUÇÃO

Com a necessidade dos processos serem cada vez mais rápidos, as estratégias dentro de manufaturas integrando todo o sistema produtivo de uma empresa e toda uma cadeia de fornecimento, visando de redução de custos, redução de perdas, além de diversas outras frentes de melhorias pregadas na filosofia da uma manufatura enxuta fazem com que as companhias busquem constantemente novas vantagens competitivas frente aos concorrentes e, para atingir essas vantagens, o presente trabalho tem como origem a necessidade de avaliar a real eficiência dos recursos produtivos e estudar como melhorar o fluxo produtivo de um setor de pintura de peças primárias.

Por análise, para o desenvolvimento do projeto temos a interligação entre os fatores que atingem diretamente na construção do modelo para a simulação, os quais são: qualidade, movimentação interna de materiais, tempos de ciclo e de etapas do processo, estoques em processo, matéria-prima utilizada, recursos e o fator humano.

O resultado desse estudo deve permitir maximizar os esforços para ganhos em produtividade e otimizar os custos na área de pintura de peças primárias, atuando nos aspectos que sejam considerados prioritários.

Considerando todos os fatores citados e visando sempre a qualidade do produto estabelecida por normas e aumento na produtividade da área em estudo, o resultado apresentado com a aplicação do método avalia se o dimensionamento fabril da área em estudo está adequado às metas estabelecidas prevendo com certa margem de segurança, a capacidade real dos recursos.

1.1 Objetivos

O objetivo desse trabalho é analisar por meio de simulação computacional, utilizando o Software Arena, o processo de pintura de peças primárias, que em consequência gera a necessidade de desenvolver um modelo para simular o sistema real da pintura, e através de alterações no mesmo, poder analisar todo o fluxo de peças neste setor.

Isso ajudará na identificação dos pontos para melhoria do fluxo de peças que auxiliará na tomada de decisão para a reestruturação do processo de pintura de peças primárias que terá a necessidade de aumentar a sua produtividade em 25% para os

próximos períodos, e esta tomada de decisão terá como base os resultados do modelo simulado.

A simulação será utilizada como alternativa de prever o funcionamento do sistema sob a mudança no panorama do setor com o aumento da demanda, e assim poder entendê-lo sob variadas condições e diferentes cenários, testando alternativas e visando o melhor aproveitamento dos recursos, como mão-de-obra e equipamentos, e também avaliar quanto e onde deverá haver um aumento desses recursos no setor.

Portanto, o foco desse trabalho será avaliar todas as variáveis que interferem diretamente no fluxo de peças dentro da pintura, identificando a necessidade, ou não, de alocar mais recursos dentro do sistema para alcançar as metas impostas pela empresa.

É importante salientar que não faz parte do escopo deste trabalho avaliar a metodologia do processo de pintura, mas apenas analisar as variáveis que afetam o fluxo das peças dentro do setor de pintura de peças primárias.

1.2 Justificativa e Relevância do Tema

O aumento na demanda na venda de produtos em curva crescente para os próximos períodos com os recursos disponíveis, se comparado com os períodos anteriores, podem levar ao desequilíbrio do processo com relação a sua capacidade produtiva e a necessidade de maior produtividade devido ao cumprimento de metas estabelecidas. Portanto, se faz necessário a aplicação de métodos que facilitam a identificação das variáveis envolvidas e responsáveis pelo não cumprimento dessas metas.

Não será possível resolver todos os problemas, como as limitações dos equipamentos e operadores com o trabalho proposto, porém, priorizará ações sistemáticas de melhoria contínua nos processos onde as variáveis mais relevantes serão estudadas e tratadas.

II. REVISÃO DE LITERATURA.

2.1 A Simulação

A Simulação é uma grande ferramenta que surgiu na II Guerra Mundial para resolver os problemas em operações militares e atualmente tem se mostrado bastante eficaz na solução de problemas complexos.

Embora a sua aplicação tenha tido maior enfoque nas últimas duas décadas, por propiciar em diversas áreas a possibilidade de inúmeras aplicações, e é no ramo da logística que se observa a sua grande utilização, principalmente pela necessidade de desenvolver e otimizar as cadeias logísticas integrando os diversos modais de transporte, mas também o uso dessa ferramenta pode possibilitar a análise de outros sistemas, principalmente aqueles que envolvem o desenvolvimento de projetos de sistemas produtivos.

No início, a simulação era feita com o uso de fórmulas matemáticas que tentavam apenas imitar a realidade, porém a partir da década de 50 com o surgimento do computador é que começaram a surgir as primeiras linguagens de simulação, e hoje com o advento dos microcomputadores podemos analisar não somente dados mas também a técnica de simulação visual, onde se desenvolve a simulação com a entrada de dados (input) no sistema em análise e também a possibilidade de inserir animações imitando o

sistema e de forma simples, analisar visualmente por exemplo onde se concentra os gargalos, que são os pontos onde ocorrem a formação de filas de um sistema simulado.

Pedgen (1990), apresenta uma definição completa, abrangendo o processo de simulação que “é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”. Assim, devemos entender que a simulação não se trata somente como a construção de um modelo, mas como um processo mais amplo, que visa:

1. Analisar e descrever o comportamento do sistema em estudo;
2. Definir novas metodologias para o sistema através das observações efetuadas com a simulação;
3. Prever quais serão os efeitos e alterações à longo prazo no sistema com o modelo empregado.

Portanto, quando se faz estudos de planejamento, algumas vezes depara-se com problemas, sejam eles de dimensionamento ou de fluxo, onde a solução muitas vezes é complexa.

O estudo pode ser feito em qualquer organização, processo ou lugar, mas, geralmente o objetivo dos estudos são:

1. O melhor roteiro para o fluxo dentro do sistema que está sendo analisado;
2. O melhor layout;
3. A quantidade correta de recursos alocados; sejam eles equipamentos, ferramentas ou pessoas.

Com os itens acima se pode fazer com que o funcionamento do sistema esteja dimensionado e, se dimensionado corretamente, então podemos dizer que o sistema está balanceado, pois estamos alocando os recursos de forma que eles não fiquem ociosos ou acima de suas capacidades de produção.

2.2 Vantagens e Desvantagens da Simulação

Como dito anteriormente, a simulação tem-se mostrado uma excelente ferramenta para análise de sistemas apresentando inúmeras vantagens, mas por outro lado, também apresenta as suas desvantagens.

Para Pedgen (1990) as vantagens da simulação são:

1. Uma vez criado, um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas;
2. A metodologia de análise utilizada pela simulação permite a avaliação de um sistema proposto, mesmo que os dados de entrada estejam, ainda, na forma de “esquemas” ou rascunhos;
3. A simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos;
4. Enquanto que modelos analíticos requerem um número muito grande de simplificações para torná-los matematicamente aplicáveis, os modelos de simulação não apresentam tais restrições. Além disso, nos modelos analíticos, as análises recaem apenas sobre um número limitado de medidas de desempenho. De maneira contrária, as informações geradas pelos modelos de simulação, permitem a análise de, praticamente, qualquer medida concebível;
5. Uma vez que os modelos de simulação podem ser quase tão detalhados quanto os sistemas reais, novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, etc., podem ser avaliados sem que o sistema real seja perturbado;
6. Hipóteses sobre como ou por quê certos fenômenos acontecem podem ser testadas para confirmação;
7. O tempo pode ser controlado. Pode ser comprimido ou expandido. Permitindo reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhor estudá-los;

8. Pode-se compreender melhor quais variáveis são as mais importantes em relação à performance e como as mesmas interagem e com os outros elementos do sistema;
9. A identificação de “gargalos”, preocupação maior no gerenciamento operacional de inúmeros sistemas, tais como fluxos de materiais, de informações e de produtos, pode ser obtida de forma facilitada, principalmente com a ajuda visual;
10. Um estudo de simulação costuma mostrar como realmente um sistema opera, em oposição à maneira com que todos pensam que ele opera;
11. Novas situações sobre as quais se tenha pouco conhecimento e experiência poder ser tratadas, de tal forma que se possa ter, teoricamente, alguma preparação diante de futuros eventos. A simulação é uma ferramenta especial para explorar questões do tipo: o que aconteceria se?

Embora as inúmeras vantagens, o processo de simular apresenta algumas dificuldades, como as que são listadas abaixo:

1. A construção de modelos requer treinamento especial. Envolve arte e, portanto, o aprendizado se dá ao longo do tempo, com a aquisição de experiência. Dois modelos de um sistema construídos por dois indivíduos competentes terão similaridades, mas dificilmente serão iguais;
2. Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação. Uma vez que os modelos tentam capturar a variabilidade do sistema, é comum que existam dificuldades em determinar quando uma observação realizada durante uma execução se deve a alguma relação significativa no sistema ou a processos aleatórios construídos e embutidos no modelo.
3. A modelagem e a experimentação associada a modelos de simulação consomem muitos recursos, principalmente tempo. A tentativa de simplificação na modelagem ou nos experimentos objetivando economia de recursos costumam

levar a resultados insatisfatórios. Em muitos casos, a aplicação de métodos analíticos (como a Teoria das Filas, por exemplo) pode trazer resultados menos ricos e mais econômicos.

2.3 Sistemas e Modelos

Para se entender melhor o que é simulação, precisa-se entender também as definições do que seriam sistemas e modelos.

Um sistema é um conjunto de elementos distintos, que exercem entre si uma interação ou uma interdependência.

Para Taylor (1970), Sistemas podem ser definidos como "um conjunto de objetos, como pessoas ou máquinas, por exemplo, que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou um propósito lógico".

Portanto, muitos são os sistemas que são passíveis à aplicações de simulações, como por exemplo:

1. Sistemas de Transporte e Estocagem:

- a. Redes de distribuição;
- b. Armazéns e entrepostos;
- c. Frotas, etc.

2. Sistemas de produção:

- a. Manufaturas e montagens;
- b. Movimentação de peças e matéria prima;
- c. Alocação de mão-de-obra;
- d. Áreas de armazenagem;
- e. Layout, etc.

3. Sistemas computacionais:

- a. Redes de computadores;
- b. Redes de comunicação;
- c. Arquitetura de computadores;

- d. Sistemas operacionais;
- e. Gerenciamento de base de dados, etc.

4. Sistemas administrativos:

- a. Seguradoras;
- b. Operadores de crédito;
- c. Financeiras;

5. Sistemas de prestação de serviços diretos ao público:

- a. Hospitais;
- b. Bancos;
- c. Restaurantes;
- d. Serviços de emergências (polícia, bombeiros, etc.);
- e. Serviços de assistência jurídica, etc.

Obviamente, não são apenas esses sistemas que estão aptos a receber a técnica da simulação como forma de análise. Em geral, os objetivos de um estudo em particular definem quais os objetos deverão constituir o sistema.

Um modelo, segundo Hillier (1988), "é uma representação de um sistema real, na qual somente os aspectos relevantes para uma determinada análise desse sistema são considerados", então, um modelo seria a imitação de um sistema real, onde poderíamos avaliar o desempenho de um sistema e todas as suas variáveis dentro de um procedimento experimental com o uso da simulação computacional.

No processo experimental, o modelo é utilizado como um veículo para a experimentação, muitas vezes em procedimentos tipo tentativa e erro, procurando mostrar efeitos das várias políticas operacionais e de gerenciamento. Aquelas que apresentam os melhores resultados podem ser empregadas no sistema real (Freitas, 2001).

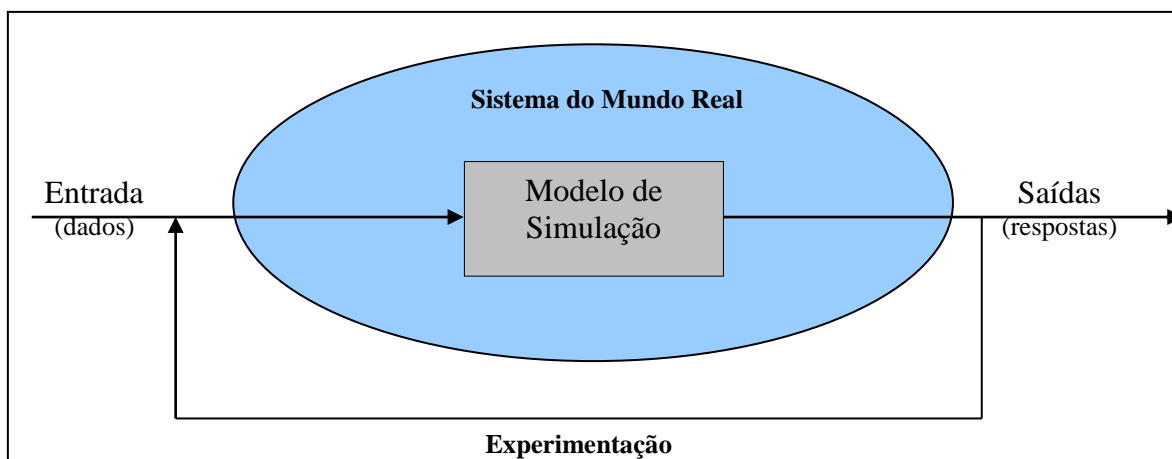


Figura 1: Representação esquemática de um modelo de sistema

A modelagem de um sistema sempre dependerá dos objetivos, propósitos e a complexidade dos eventos que ocorrem dentro do sistema.

Dentro da modelagem, podemos ter os seguintes modelos:

1. Modelos matemáticos;
2. Modelos descritivos;
3. Modelos estatísticos;
4. Modelos tipo entrada-saída.

A escolha do modelo sempre dependerá do grau de complexidade do sistema, porém os sistemas reais geralmente costumam apresentar variáveis complexas onde o uso de um modelo voltado à simulação pode ser a escolha mais correta.

Entre os tipos de modelos voltados a simulação discreta, que são aqueles modelos que mantêm as suas variáveis de estado inalteradas durante intervalos de tempo e mudam somente em pontos bem definidos, temos:

1. Modelos Voltados à Previsão

Para esse caso, a simulação tentará prever o estado do sistema em algum ponto do futuro com base no seu funcionamento e nas variáveis que poderão alterar o seu funcionamento ao longo do tempo.

2. Modelos Voltados à Investigação

São modelos voltados à busca de informações, pois nem sempre os estudos estão claros e bem definidos, assim, este modelo serve para extrair dados que ajudem a construir e organizar as informações necessárias sobre a natureza do sistema em estudo.

3. Modelos Voltados à Comparação

Usada para avaliar o efeito de mudanças nas variáveis de controle de entrada e seus efeitos podem ser medidos sobre as variáveis de resposta de acordo com os objetivos quando estes forem bem específicos.

4. Métodos de Modelagem

Segundo Freitas (2001), a abordagem adotada na modelagem é nada mais que o próprio ponto de vista da realidade do sistema pelos especialistas em simulação.

De acordo com Pedgen (1990), a visão sob o ponto vista da linguagem de simulação diz que a realidade ocorre de maneira que uma série de entidades ou transações flui pelo sistema ou através dele, nomeadas, caracterizadas e identificadas pelos seus atributos, interagindo com os recursos fazendo parte de atividades do modelo, criando eventos os quais alteram o estado do sistema.

Seguindo o texto acima, para Freitas (2001), dependendo da linguagem de simulação utilizada, podemos basicamente citar os métodos de modelagem por eventos, por atividade e por processos.

No método por eventos, a modelagem deve ser construída partindo da identificação e da ocorrência dos eventos característicos do modelo, estes sendo incondicionais dependentes unicamente do tempo de simulação no relógio do programa e, conseqüentemente, as execuções deste evento se dará dependendo do tempo que o do modelo é rodado. O processo de simulação evolui ao longo do tempo de acordo com a execução dos eventos que foram pré-determinados em tempo de simulação no relógio, definidos numa lista de ocorrência destes eventos. Quando da ocorrência de qualquer outra situação que não seja um evento determinado, estes devem ser previstos e relacionados dentro das rotinas em que esta situação possa ocorrer.

Já no método de modelagem por atividades, segundo Freitas (2001), a principal diferença entre a abordagem por eventos e a abordagem por atividades, é buscar o próximo evento da lista pelo tempo programado no relógio de simulação como também em testes condicionais, ou seja, o próximo evento de uma lista mais próximo do relógio de simulação ocorrerá somente se certa condição verdadeira for atendida, caso contrário, o evento seguinte será efetuado se este atender ao tempo de simulação e teste condicional simultaneamente.

Na última forma de modelagem, os sistemas são na maioria das vezes do ponto de vista das entidades, no qual as entidades fluem pelo sistema de maneira competir os mesmos recursos em mesmo tempo de simulação ou não, ou ainda formarem novas entidades que podem ser receber nova caracterização e novos atributos.

De acordo com Freitas (2001), a modelagem por processos é a forma mais lógica de modelagem onde o programa do computador imita o comportamento das entidades através do fluxo do sistema de acordo com as rotinas programadas para o cumprimento das atividades do processo. As entidades são criadas, movimentadas pelo relógio do programa de simulação até que alguma movimentação da referida entidade é cessada por algum tempo para a ocorrência de evento com tempo predeterminado ou não. Esse evento pode ser um tempo de processamento, uma espera em filas nos buffers, uma troca de ferramentas, manutenção, etc.

Portanto, enquanto esta entidade sofre o evento em questão, o relógio do programa de simulação avança para o tempo em que a entidade na fila do próximo evento seja movimentada até que ocorra mais uma parada. Esta seqüência de operações descritas pelo programa de simulação ocorre até que todas as entidades passem pelas atividades do fluxo atualizando constantemente as variáveis de estado, os atributos e os demais objetos onde as entidades têm relacionamento durante a passagem pelo sistema e o processo pode ser interrompido quando estas alcançarem um número limite internamente no sistema ou quando o relógio atingir um valor predeterminado pelo modelista.

2.4 Escolha das Distribuições para os Dados de Entrada

Segundo Law e Kelton (1991) a maioria dos sistemas reais possui uma ou mais fontes de variáveis aleatórias e, para simular estes sistemas é preciso especificar a distribuição de probabilidades dessas variáveis e, quando for possível coletar

dados de uma variável aleatória de interesse, estes dados podem ser usados em uma das seguintes abordagens para especificar a distribuição a ser usada:

1. Alimentação dos dados de entrada coletados do sistema no modelo sem tratamento específico;
2. Alimentação dos dados de entrada coletados do sistema no modelo com distribuição de probabilidades empíricas;
3. Alimentação dos dados de entrada coletados do sistema no modelo usando métodos estatísticos para ajustar os dados a uma distribuição teórica fazendo testes de hipóteses para analisar a aderência dos dados reais à distribuição escolhida.

De acordo com autores, quando se encontra uma distribuição teórica com aderência adequada aos dados coletados, então a última abordagem é recomendada.

2.5 Etapas de um Estudo Utilizando Simulação

Para a realização de estudos utilizando simulação, o analista deve seguir uma seqüência de etapas que são iguais na maioria das bibliografias que falam sobre os procedimentos para a realização de um estudo de simulação.

No estudo de simulação, o analista deve estudar o desempenho analisando as saídas e identificando alternativas permitindo soluções cada vez melhor, tendo assim a necessidade de analisar as saídas e identificar alternativas de projeto e configurações possíveis.

A primeira etapa é a formulação dos objetivos, deve ser feita de maneira clara e bem definida pelo analista, o tipo de resposta que se deseja extrair nas variáveis respostas, o método de modelagem e tipo de modelo a ser adotado no estudo identificando seus limites, restrições, relacionamentos internos e externos necessários ao andamento do processo em estudo.

Um estudo de simulação consiste nos seguintes passos:

1º. Formulação do problema:

Todo estudo de simulação inicia com a formulação do problema.

2º. Formulação dos objetivos:

Deve ser explicitamente definida os objetivos da simulação, a amplitude e a profundidade que se quer da análise e os recursos disponíveis.

3º. Coleta de dados:

A coleta de dados é um processo de recolhimento dos fatos e informações disponíveis que serão processados quando houver necessidade. De posse da formulação do problema, a coleta dos dados deve obedecer alguns critérios como, por exemplo, haver uma quantidade suficiente de dados sendo estes confiáveis e ainda devem ser significativos para o processo de decisão.

4º. Formulação do modelo conceitual:

Deve-se traçar um esboço do sistema de forma gráfica ou algorítmica, fazer a definição dos componentes e descrever as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. Esta pode ser a parte mais difícil do processo de simulação. A dificuldade decorre do fato de que, na construção de modelos, exigindo habilidade e técnica, levando-se em conta todas relações importantes, tanto entre as variáveis internas do sistema quanto entre este e o meio ambiente que o cerca.

5º. Validação do modelo:

Estando o modelo pronto, é necessário saber se ele atende aos objetivos da simulação, representando corretamente o sistema em estudo. Os testes de verificação e validação com o modelo devem abranger também os dados, de forma a verificar sua consistência garantindo os resultados obtidos pelo modelo de simulação comparada ao sistema real e então apresentam proximidade aceitável.

6º. Projeto experimental:

Na experimentação se faz simulações para a análise das informações geradas.

7º. Documentação:

Se faz necessária facilitando os novos trabalhos para alterações futuras caso haja mudança no modelo.

III – ESTUDO DE CASO DA PINTURA DE PEÇAS PRIMÁRIAS.

3.1 A Empresa

A empresa em estudo foi fundada em 1969 e hoje é uma empresa líder mundial na fabricação de jatos comerciais de até 110 assentos destinados aos mercados globais de aviação comercial, executiva, defesa e governo.

Sediada em São José dos Campos, no Estado de São Paulo, mantém filiais em mais duas cidades do Estado de São Paulo, escritórios e bases de serviços ao cliente também nos Estados Unidos, França, Portugal, China e Cingapura.

A empresa mantém investimentos significativos no desenvolvimento do seu Sistema Integrado de Gestão do Meio Ambiente, Saúde e Segurança no Trabalho e Qualidade, denominado internamente como SIG-MASSQ.

Trata-se de um conjunto de atividades e procedimentos com âmbito corporativo, que assegura que a empresa atende plenamente aos requisitos de seus clientes

e da Sociedade, de forma estruturada e comprovada por entidade externa reconhecida internacionalmente, a ABS Quality Evaluations.

Desde 1996 a empresa é certificada pela norma ISO 9001, em 2003 foi recomendada para certificação pela norma AS-9100, que equivale à ISO 9001, porém contendo requisitos adicionais específicos da indústria aeroespacial, e é certificada desde 2002 pelas normas ISO 14001 e OHSAS 18001, tendo sido a primeira indústria aeronáutica a conquistar esse feito.

O estudo deste trabalho foi realizado em uma das unidades da empresa localizada na cidade de Botucatu, interior de São Paulo, a qual é especializada principalmente na fabricação de peças e montagem de partes das fuselagens das aeronaves produzidas.

3.2 O Processo de Pintura de Peças Primárias

Atualmente, o processo de pintura de peças primárias da empresa na qual está sendo estudada representa um dos principais gargalos da produção, que nada mais é do que um setor que apresenta restrições quanto a sua capacidade produtiva disponível gerando filas.

Processos estancados como este, não representa apenas filas de materiais aguardando atendimento ou apenas a demora para a liberação de peças do setor, mas principalmente o fato de gerar estoques de materiais em processo, que em consequência cria a necessidade de maiores áreas para estocagem propiciando em custos de armazenagem.

Com isso, a empresa determinou que a produção não seria mais empurrada pelos processos antecedentes à pintura, e que para evitar acúmulo de peças aguardando processo foi determinado que a produção da pintura seria puxada, ou seja, os demais setores só produziram conforme a capacidade de atendimento da pintura. Este tipo de produção tem por objetivo utilizar de maneira mais racional possível os recursos produtivos disponíveis de tal forma que o fluxo produtivo total seja maximizado. Assim, a produção puxada prevê que cada elo da cadeia produtiva só deve iniciar a produção de um determinado lote quando houver efetivo consumo desse lote pelo processo subsequente da cadeia produtiva.

Mesmo com esse conceito de produção puxada, o processo de pintura ainda gera estoque intermediário de materiais em processo devido as etapas e ao tipo de pintura que cada lote irá receber.

Para o estudo estaremos considerando apenas as duas pinturas que concentram a maior quantidade de operações no setor, e nesse trabalho por uma questão de confidencialidade, as chamaremos de pinturas 1 e 2, as quais interferem diretamente no seqüenciamento de produção e no tempo de permanência das peças dentro do setor.

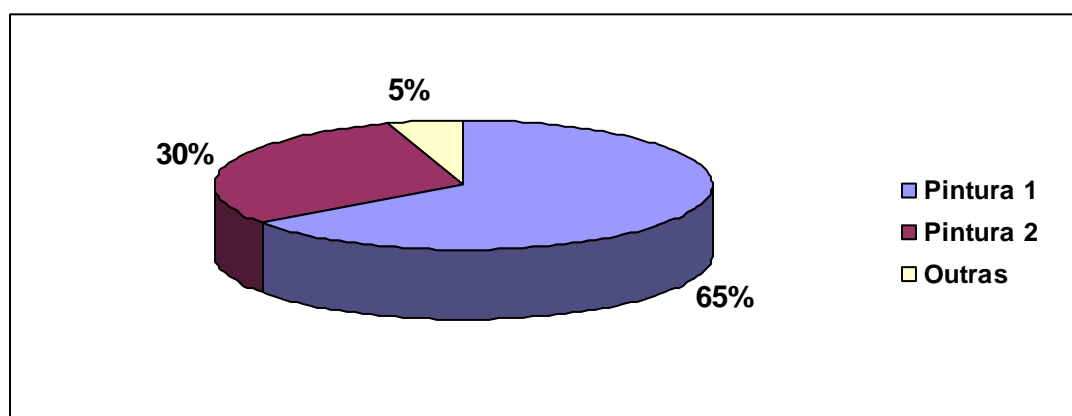


Figura 2: Percentual dos Tipos de Pinturas realizadas na Pintura

3.3 As Etapas do Processo

Como citado acima, a empresa está envolvida em todo um panorama de atendimento de normas para garantir a qualidade e principalmente a segurança de seus produtos distribuídos em todo o mundo.

Assim, todos os processos de fabricação de seus componentes estão vinculados à normas, portanto, para criarmos um modelo do processo de pintura, tivemos que analisar o sistema e todos os fatores que interferem diretamente no processo, entre os quais as normas de qualidade interfere em todas as etapas e seqüenciamento de fabricação.

Neste estudo iremos analisar somente dois tipos de pinturas, as quais equivalem a aproximadamente 95% de todo o processo, e nomearemos estas pinturas como tipo 1 e 2, e cada uma dessa pinturas tem uma seqüência diferente dentro do setor, mesmo que ambas passem pelas mesmas etapas do processo.

As etapas do processo são:

Preparação das peças para a pintura:

Está é a primeira etapa do processo, na qual são recebidas as peças, conferidas e separadas por cores e processos, que determinará o tipo de pintura, podendo ser do tipo 1 ou 2.

Assim, são montados os lotes por tipos de peças, tratamentos superficiais recebidos anteriormente em dispositivos de movimentação que irão para a próxima etapa do processo.

Para que posteriormente entendamos melhor o modelo feito para a simulação, é de grande importância citar que as peças passam somente uma vez nesta etapa.

Figura 1 – Fluxograma das Etapas do processo de pintura de peças primárias

Isolamento de Faces:

Este processo é feito anteriormente à preparação das peças para a pintura, pois é na recepção das peças para o processo que é conferido o projeto de determinado lote e se as peças do mesmo passarão pelo isolamento de faces, este processo só é importante para o modelo pois na etapa do acabamento, que será mencionado mais a frente que haverá a necessidade de se retirar estes isolamentos das peças que foram pintados com eles.

Portanto, a única coisa que acontece ao nível de simulação, é que as peças que passam pelo isolamento de faces recebem a identificação de peça isolada (módulo *Assign*) para reconhecimento do modelo que estes tipos de peças passarão por mais uma etapa dentro do processo.

Como etapa anterior, neste processo, as peças também passam somente uma vez durante todo o processo.

Cabine de Pintura:

Esta etapa é o grande foco do processo, pois é nela que acontece a grande concentração de peças aguardando atendimento, na qual ocorre a maior concentração de filas dos dispositivos de movimentação onde estão montados os lotes aguardando a disponibilidade de colaboradores dentro da cabine para serem pintados.

Anteriormente a pintura existe o processo de tratamento superficial das peças, e após recebido este tratamento as peças tem um prazo de validade dado em horas para que as peças recebam a pintura, e portanto não podem ficar expostas durante

muito tempo ao ambiente, o que nos faz enfatizar um dos principais motivos pelo qual a produção da pintura seja do tipo puxada.

Nesta etapa do processo é onde o tipo de pintura (1 ou 2) terá grande importância, pois determinará a quantidade de vezes que o mesmo lote de peças passará pela cabine, formando uns dos principais gargalos do processo, e isto ocorre devido aos tempos não constantes da pintura, e esta inconstância nos tempos se dá principalmente pela grande variação dos tipos, geometria e tamanho das peças propiciando no tamanho dos lotes, como por exemplo, em um momento obteremos para a pintura de um lote de duas peças e em outro momento um lote com trezentas peças.

Com estes detalhes poderemos obter uma média, porém o desvio padrão entre os lotes é muito grande o que não poderemos considerar como um número fixo para a formação de lotes, porque poderemos formar uma inconsistência na simulação e que não corresponderá com a realidade, e estes dados foram analisados e serão citados posteriormente as formas como foram concebidos para a simulação.

E como foi citado acima que o tipo de pintura que as peças receberá determinará a quantidade de vezes que o mesmo lote passará por essa mesma etapa, é necessário citar principalmente para entendimento do modelo simulado, que se as peças que entrarem no sistema for do tipo 1, elas serão pintadas com dois tipos de tintas, sendo que a tinta tipo 1 pintará apenas uma das faces do lote, e o lote seguirá para as próximas etapas, sendo que concluído uma parte das etapas, este lote voltará para a pintura, já com a face invertida para a cabine de pintura, para que essa outra face também seja pintada com a tinta tipo 1, e na seqüência passará pelas mesmas etapas que a primeira face pintada passou, e após concluída o processo de pintura da peça com a tinta tipo 1, lote retornará para a cabine de pintura para ser feito o mesmo procedimento com as peças, porém agora será feito com a tinta do tipo 2.

Para as peças que serão realizadas a pintura 2, o procedimento é semelhante ao da pintura 1, porém o ciclo das peças é menor dentro do sistema, pois o lote receberá pintura apenas com a tinta tipo 1, como descrito o processo das peças do tipo de pintura 1.

Então para que fique claro o processo, e principalmente para que haja clareza do modelo simulado, se as peças que entrarem no sistema forem do tipo de pintura 1, elas passaram pela pintura quatro vezes (duas faces por tipo de tinta), e se forem do tipo de pintura 2 elas só passarão pela cabine de pintura duas vezes.

Pré-curagem:

Outra etapa importante para o processo para atender mais um dos cumprimentos das normas é a etapa de pré-curagem, a qual tem por finalidade possibilitar, antes da próxima etapa, a evaporação de solventes retidos na tinta, neste processo lote fica parado aguardando o tempo determinado por especificações técnicas das tintas.

A quantidade de vezes que os lotes passam dependerá também do tipo de pintura recebida, assim, para cada pintura de face terá uma etapa de pré-curagem.

Estufa de Secagem:

É na estufa que ocorre a curagem total da tinta livre de solventes que possam comprometer a qualidade com defeitos da pintura ocasionados por ebulição dos solventes.

Nesta etapa é importante enfatizar que o tempo de cada lote dentro da estufa dependerá também do tipo de pintura, sendo assim, como na etapa anterior – pré-curagem, terá o embasamento em cima das especificações técnicas de cada tipo de tinta.

Essa etapa, e estes dados são também importantes para a simulação, pois a medida que saem da estufa de secagem, eles tomarão seqüências de produção diferentes dentro do processo, sendo que ora as peças poderão ir para a inversão de faces, ou cabine de pintura, ou ainda para o acabamento, sendo assim, haverá sempre uma escolha, e no modelo foi inserido o módulo choose (escolha).

Inversão de Faces:

Após o lote ter passado pela estufa de secagem, e dependendo de qual face do lote já foi pintada, as peças poderão passar pela etapa de inversão de faces, onde apenas são viradas as peças para a pintura do próximo lado a ser pintado.

Se o lote for do tipo de pintura 1, ele passará pela inversão de faces duas vezes, e se for do tipo de pintura 2, passará apenas uma vez por

Acabamento:

Após os lotes terem concluídos todas as etapas do processo, eles chegam ao acabamento para serem conferidos, separados por tipo de peça e também ocorre a inspeção de todas as peças para ser avaliado a qualidade da pintura nessas peças, e caso ocorra algum tipo de retrabalho ele é realizado no próprio acabamento.

Nesta etapa, como citado anteriormente, ocorre também a retirada dos isolamentos de faces das peças que passaram pela etapa de isolamento que ocorre anteriormente a preparação de peças para a pintura.

As peças passam pelo acabamento somente uma vez durante todo o processo.

Liberação Final:

A liberação final é a última etapa do processo. Nela ocorre a inspeção final das peças, não somente com relação à pintura, mas também todos os fatores que podem comprometer a qualidade das peças.

Na etapa da liberação ocorre também a marcação das peças e empacotamento dos lotes, após esta etapa ter sido concluída, as peças seguiram para os seus destinos, e podemos dizer que está concluído todas as etapas necessárias para o entendimento de todo o processo de pintura, e também toda a sistemática em que o modelo construído para a simulação está embasado.

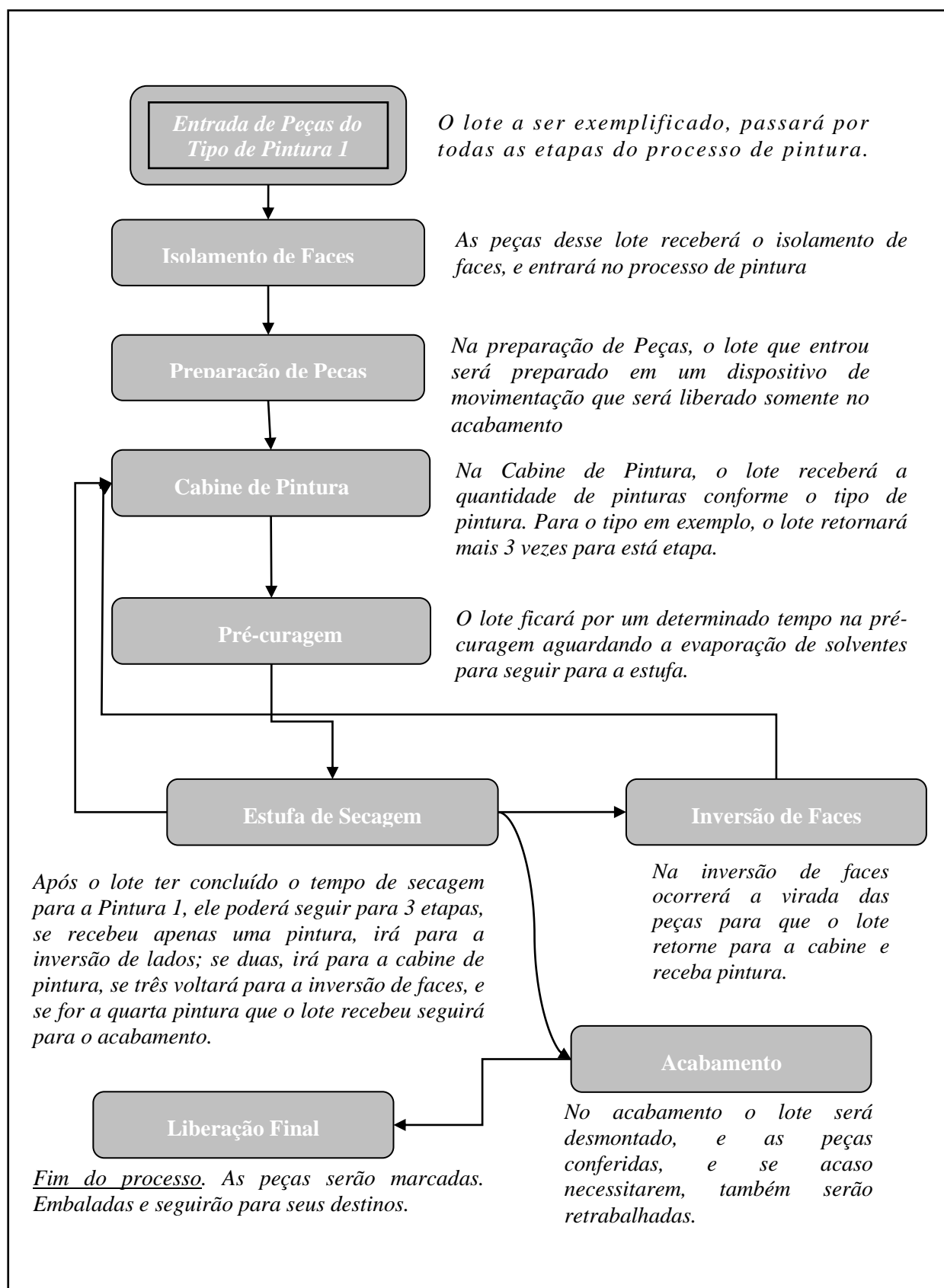


Figura 3: Exemplificação de todas as etapas que um lote que receberá a Pintura 1.

3.4 Análise dos Dados das Etapas da Pintura

Todos os dados referentes ao processo de pintura como os tempos das operações, esperas, deslocamento dos lotes de uma etapa à outra, quantidades de peças por dispositivo de movimentação foram coletados, analisados e arquivados em planilhas.

Porém cabe citar que estes dados não serão divulgados devido a questões de segurança das informações pertinentes somente a empresa.

Os procedimentos adotados neste trabalho para a análise dos dados poderiam ter sido realizados de várias maneiras, mas a que foi adotada pode não ser a melhor, mas que consideramos ser a mais indicada para este estudo.

O software Arena possibilita o uso de uma ferramenta – o Arena Input Analyzer, que tem por propósito auxiliar na análise dos dados de entrada, ajudando na identificação das melhores distribuições de probabilidades que poderão ser utilizadas no modelo a ser simulado.

Para o entendimento da forma como funciona esta ferramenta denominada Input Analyser, daremos um exemplo que imite as variações dos tempos de pintura realizados pelos operadores da cabine e dos tamanhos que formam os lotes, observem a Tabela 1:

| Lote | Quantidade de Peças por lote | Tempos de Pintura dos Operadores |
|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| 01 | 20 | 7,5 |
| 02 | 30 | 3,22 |
| 03 | 5 | 4,45 |
| 04 | 17 | 6,22 |
| 05 | 248 | 3,65 |
| 06 | 22 | 5,50 |
| 07 | 11 | 6,77 |
| 08 | 9 | 2,19 |
| 09 | 7 | 3,41 |
| 10 | 5 | 4,25 |
| 11 | 4 | 4,2 |

| | | |
|----|-----|------|
| 12 | 305 | 8,49 |
| 13 | 27 | 7,45 |
| 14 | 65 | 3,33 |
| 15 | 78 | 2,66 |
| 16 | 90 | 7,44 |
| 17 | 55 | 5,69 |
| 18 | 38 | 2,42 |
| 19 | 44 | 2,0 |
| 20 | 23 | 3,66 |
| 21 | 12 | 7,12 |
| 22 | 92 | 5,9 |
| 23 | 39 | 2,15 |
| 24 | 82 | 8,90 |
| 25 | 76 | 6,50 |
| 26 | 44 | 4,32 |
| 27 | 21 | 3,42 |
| 28 | 4 | 4,60 |
| 29 | 9 | 3,75 |
| 30 | 77 | 4,15 |

Tabela 1: Demonstração para tamanhos de lotes e tempos de pinturas por face.

Observando a tabela, é perceptível a grande variação que ocorre tanto nos tamanhos dos lotes formados quanto nos tempos de pinturas realizadas. Isso se dá pela grande variação nos tipos e geometrias de peças o que impossibilita a padronização de tempos e montagem dos lotes para a pintura.

Para analisarmos no Input Analyser qual seria a melhor distribuição à ser inserida para a formação dos lotes no modelo simulado, pegamos todos os dados referentes a quantidade de peças por lote e inserimos no programa. Após ter realizado isto, pedimos que ele analise e nos dê a melhor distribuição para o caso, e assim nos fornecerá o seguinte resultado:

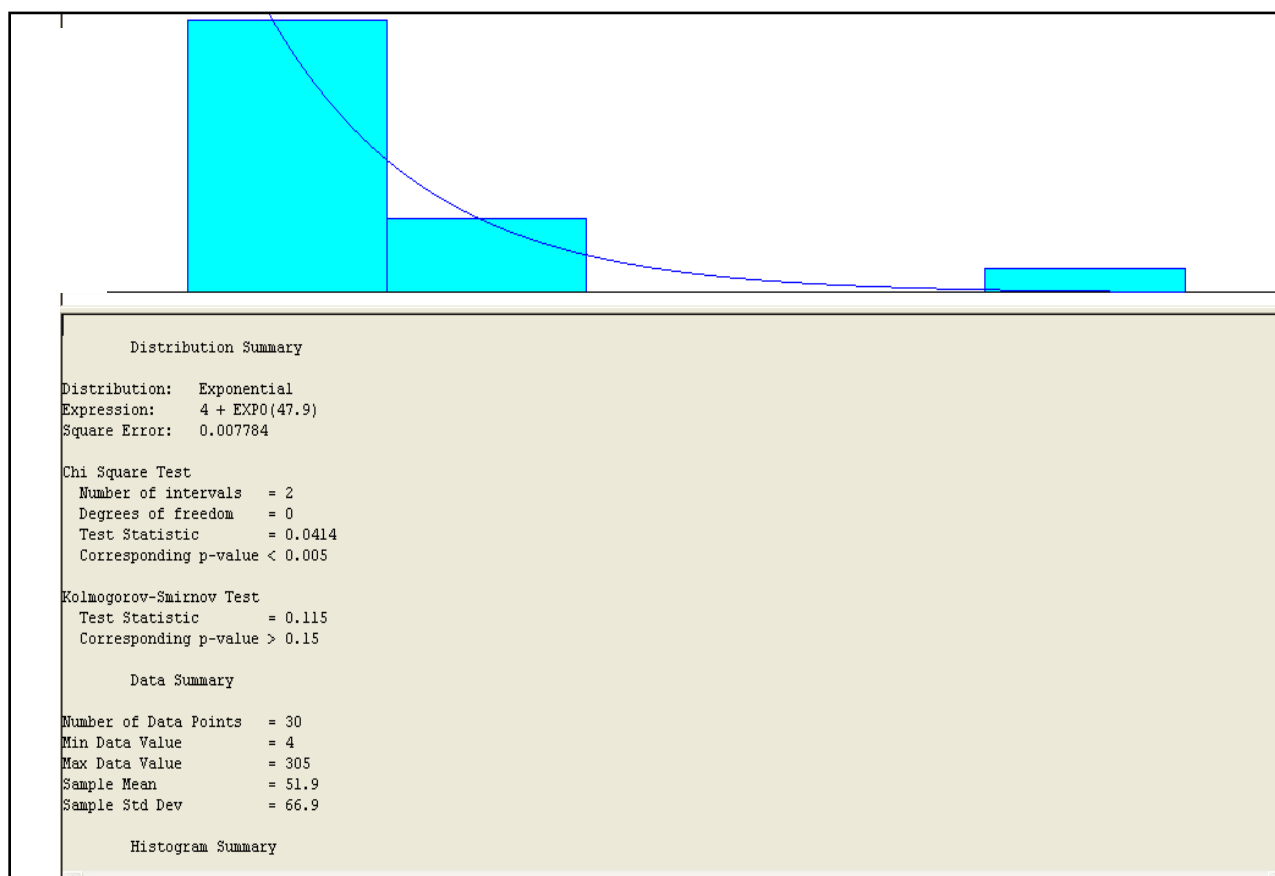


Figura 4: Resultado do Input Analyzer para a distribuição de probabilidades que melhor se enquadra para formação dos lotes no modelo da simulação.

Portanto, conforme o resultado do Input Analyser a melhor distribuição de probabilidades para a formação de lotes seria uma distribuição exponencial com a seguinte expressão:

Distribuição: Exponencial
Expressão: 4 + EXPO (47.9)

Para obtermos também a distribuição que melhor se enquadra dentro dos tempos de pintura realizados pelos operadores, procederemos com a mesma metodologia como a que realizamos pra encontrar a distribuição para a formação dos lotes, e o resultado que o Input Analyzer nos dará será o seguinte:

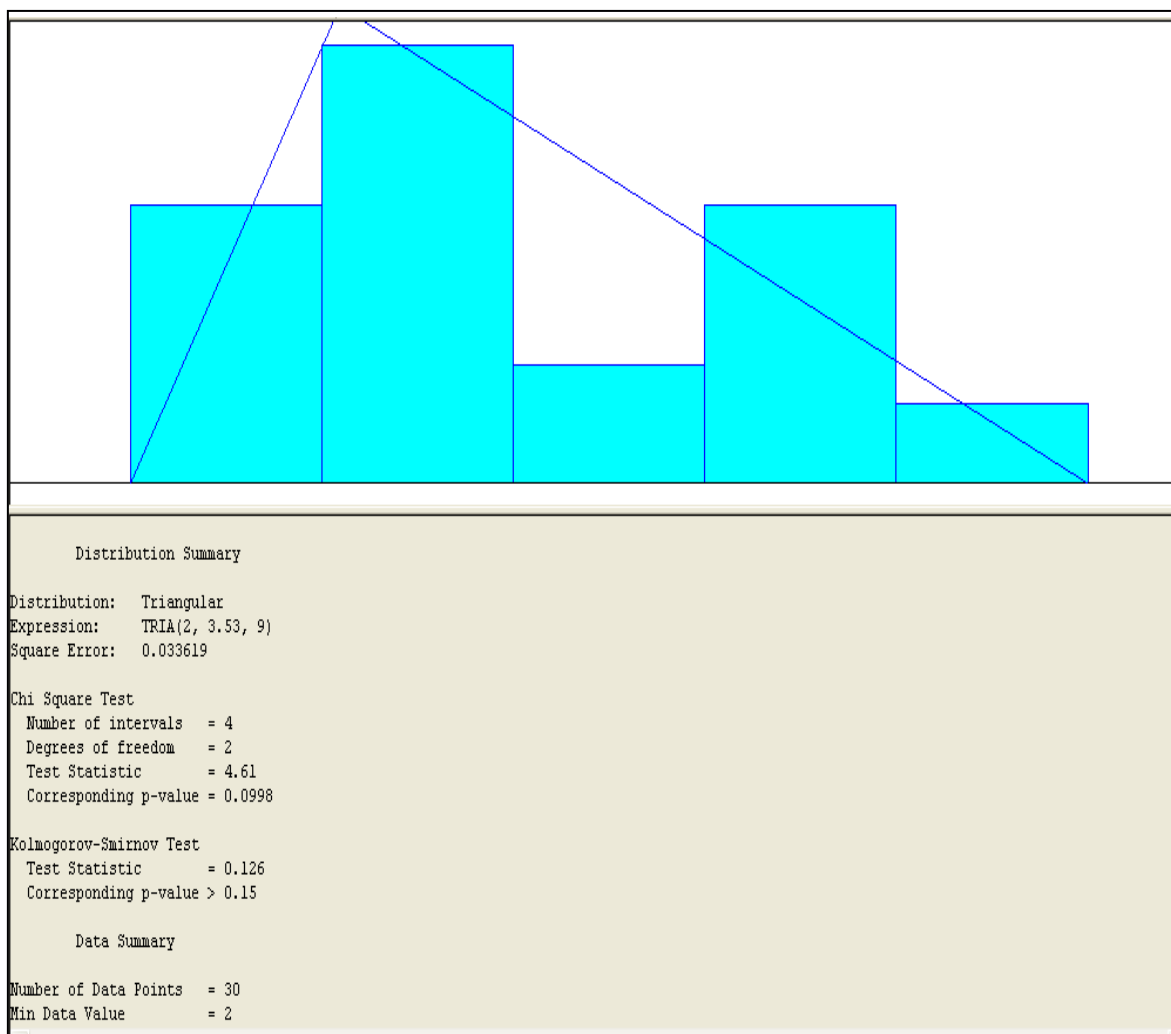


Figura 5: Resultado do Input Analyzer para a distribuição de probabilidades que melhor se enquadra para os tempos de atendimento na cabine de pintura.

E assim, obteremos mais uma vez o resultado da melhor distribuição de probabilidades que o Input Analyser nos dará para inserirmos no modelo para a tempo de atendimento da pintura do lotes, que será:

Distribuição: Triangular
Expressão: TRIA (2, 3.53, 9)

IV – DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PARA A PINTURA DE PEÇAS PRIMÁRIAS.

4.1 Abordagem inicial

Inicialmente é necessário verificar se o modelo proposto é condizente com o sistema real da pintura de peças.

Para isso, houve a necessidade de se criar um modelo que contivesse todas as etapas do processo e assim observar todas as interações dentro do modelo.

Portanto, para a validação do modelo criado foi inserido nas etapas todos os tempos reais das etapas, como também o número de mão-de-obra e recursos utilizados atualmente em todo o processo.

4.2 O Modelo de Simulação da Operação de Pintura

A seguir será apresentado toda a lógica do modelo que represente todas as etapas do processo de pintura:

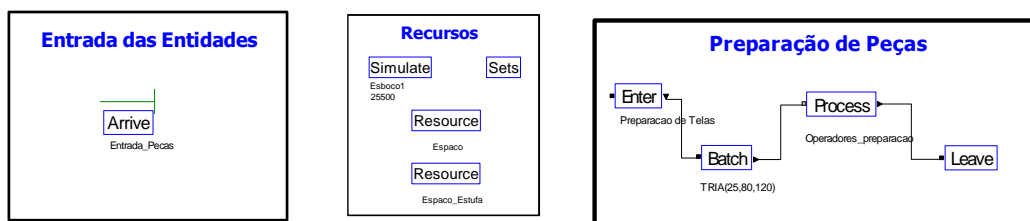


Figura 6: Lógica de Entrada de peças, Recursos e Preparação de peças no software Arena

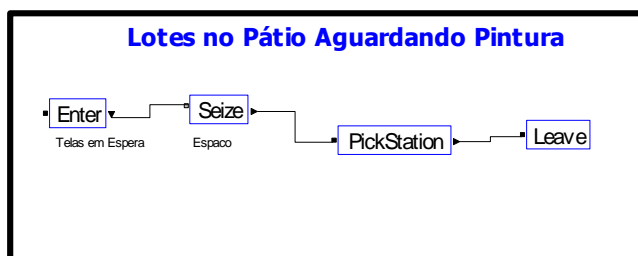


Figura 7: Lógicas do Lotes aguardando Liberação dos Recursos Espaço e Pintores da Cabine de Pintura

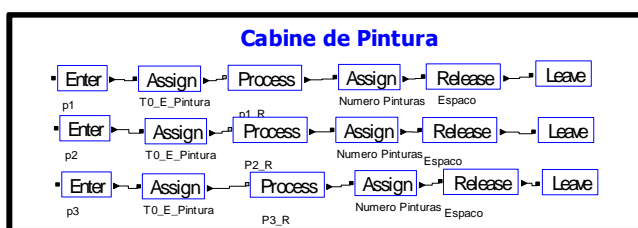


Figura 8: Lógica do Processo da Cabine de Pintura.

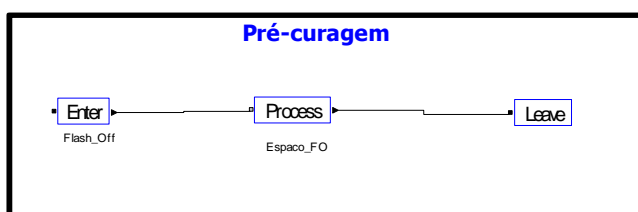


Figura 9: Lógica da etapa de Pré-curagem.

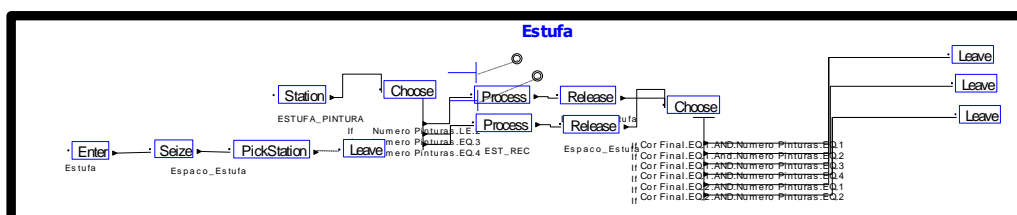


Figura 10: Lógica da Etapa de Estufa de Secagem

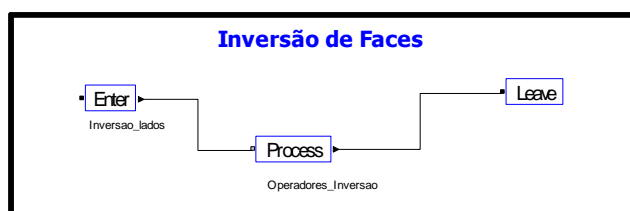


Figura 11: Lógica da etapa de Inversão de Faces

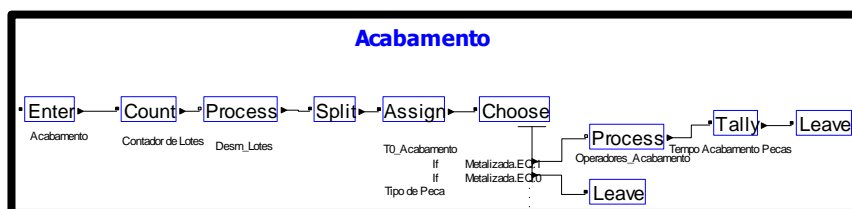


Figura 12: Lógica da Etapa de Acabamento

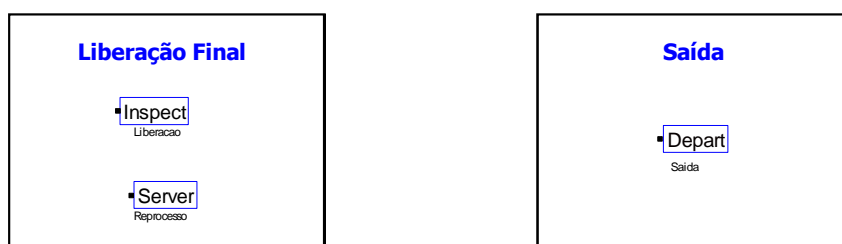


Figura 13: Lógica Etapa de Liberação Final e Saída de Peças

4.3 Resultados do Modelo do Processo de Pintura Atual

A simulação do modelo desenvolvido no software Arena do processo de pintura de peças mostrou teve como resultado a geração de 6000 mil peças/mês, o que é um resultado satisfatório, pois essa é a média mensal de peças produzidas no processo.

Por análise do modelo pode-se observar as taxas de ocupações dos operadores envolvidos nas etapas do processo e ainda encontrar os pontos nos quais seriam necessários melhorias para alcançar aumento da produção em 25%.

A princípio foi detectado dois pontos importantes para melhorias – a movimentação das peças dentro do setor e algumas etapas com formação de filas.

4.4 Simulação com o Aumento de Pessoas na Preparação

Na simulação com o modelo atual foi detectado que para o aumento na produtividade em 25% teríamos que aumentar a capacidade da preparação de peças, portanto foi inserido mais dois operadores, um para cada turno, para o atendimento das peças na preparação, fazendo com que não mais ocorresse a formação de filas na preparação.

Porém, mesmo com o modelo simulado com esses parâmetros, com o resultado da simulação percebeu-se que se teve um aumento de produtividade em 9,5%, o que ainda não foi satisfatório diante das metas estabelecidas.

4.5 Simulação com o Aumento de Pessoas na Preparação e a Inserção de Transportadores

Como citado, na simulação do modelo atual da pintura e no levantamento dos dados para a elaboração do modelo, a movimentação de peças estava propiciando ao desperdício de tempos produtivos, pois muitas das vezes havia a necessidade de interrompimento de seus trabalhos para levarem as peças para a etapa seguinte, e assim detectou-se um desperdício de aproximadamente 20% da capacidade disponível do setor com a movimentação realizada pelos próprios operadores.

Assim, no modelo foi inserido o uso de transportadores que realizassem essa movimentação, evitando que os postos de trabalhos fossem deixados pelos operadores para a realização de movimentação.

Para compararmos o modelo com o uso de transportadores, reduzimos os tempos dos operadores das etapas em 15% deixando uma margem de segurança de 5%. Levantamos as distâncias necessárias para que cada transportador necessite percorrer, as rotas que serão vitais e os tempos médios de movimentação das peças de um posto de trabalho ao outro, e assim tivemos a adição da seguinte lógica:

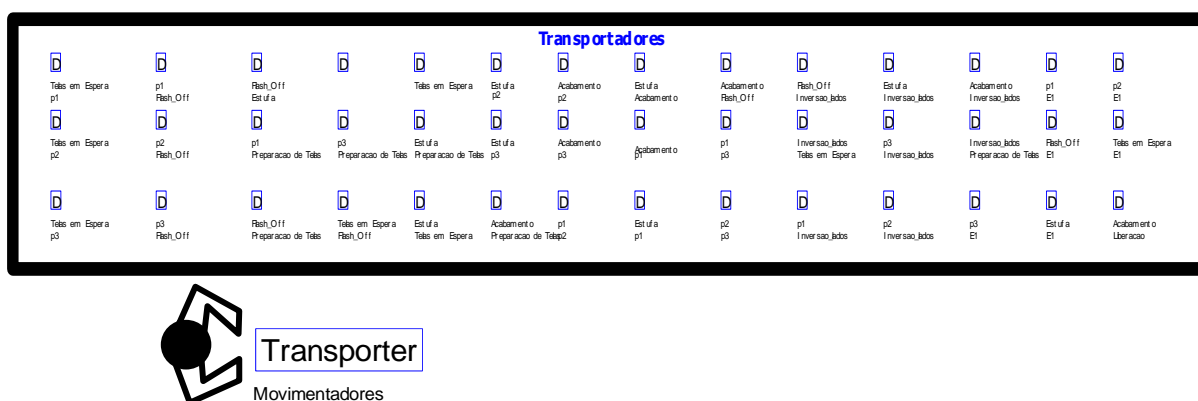


Figura 13: Lógica para a utilização de movimentadores dentro do modelo da pintura.

Após inserido estes transportadores, que seriam apenas pessoas responsáveis pela movimentação das peças dentro do processo, percebeu-se que o sistema possibilitou o aumento da capacidade produtiva uma vez que os colaboradores ficassem enfocados apenas em suas atividades, eliminando o tempo desperdiçado com a movimentação.

Para melhor otimização desses recursos de movimentação, chegamos ao ponto ótimo de 04 movimentadores no setor, gerando as ocupações conforme Tabela 2:

| Movimentadores | Taxa de Ocupação Média |
|-----------------|------------------------|
| Movimentador 01 | 97,10% |
| Movimentador 02 | 97,53% |
| Movimentador 03 | 97,23% |
| Movimentador 04 | 97,29% |

Tabela 2: Taxa de Ocupação dos transportadores inseridos no Modelo da Pintura

É importante salientar que a quantidade de 04 transportadores é para cada turno, e esta taxa de ocupação encontrada conforme Tabela 2 foi após o modelo ter sido replicado cinco vezes, o que nos deu uma taxa média, não somente das ocupações, mas também das quantidades produzidas por mês, que será vista na Tabela 3:

| Replicações do Modelo | Quantidades Produzidas por replicação |
|------------------------------|----------------------------------------------|
| 01 | 8284 |
| 02 | 8320 |
| 03 | 8244 |
| 04 | 8319 |
| 05 | 8230 |

Tabela 3: Replicações geradas do modelo da pintura e suas respectivas quantidades geradas.

Após a análise desses dados, percebe-se que a simulação para este cenário foi satisfatória, atingindo uma média de aproximadamente 8270 peças/mês, o que representa um aumento de 37,83% na produção do setor, o que ultrapassa a meta dos 25% necessários.

V – CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo apresentar um método fazendo-se uso da simulação como ferramenta de análise para avaliar o desempenho de um processo de pintura de peças primárias de uma empresa do setor aeroespacial e a necessidade se fez pelo fato de buscar cumprimento das metas estabelecidas pela empresa. Portanto, as ações de melhoria citadas nesse estudo podem reduzir o tempo de ciclo que podem trazer ganhos para a organização.

Para dar suporte ao trabalho, na revisão bibliográfica foram apresentadas à fundamentação teórica ao desenvolvimento do trabalho com a revisão dos conceitos sobre simulação e principalmente das suas vantagens.

O estudo e aplicação realizados em parte do processo de manufatura da organização foram de grande valia para a conscientização de que cada vez mais, este segmento necessita da utilização de métodos e ferramentas de diagnósticos para as melhorias nos processos, portanto, o presente estudo é apresentado com o propósito da continuidade do método, pois se notou que em todo processo existem oportunidades e que pode auxiliar bastante nos trabalhos de melhoria contínua.

Os resultados dos cenários simulados mostram que nem sempre há necessidade de grandes alterações ou investimentos, isto porque, muitas dessas mudanças

ou investimentos devem estar alinhadas ao plano estratégico da área em estudo e consequentemente da organização para o atendimento dos objetivos.

Pelo método proposto, algumas melhorias foram identificadas que podem proporcionar um aumento no número de peças produzidas em 37,83%, passando de 6000 unidades para 8270 unidades no período de tempo considerado.

O atendimento da principal meta se deu principalmente pela redução de movimentações desnecessárias realizadas pelos operadores das etapas que agregam valor ao produto como a etapa da cabine de pintura, e para resolver esta questão foi necessário integrar ao modelo de simulação transportadores responsáveis somente pela movimentação interna de peças do setor, o que teve efeito decisivo na quantidade de peças produzidas.

Os resultados da utilização do método mostram para as lideranças empresariais que os custos envolvidos para os ganhos estão muito aquém das despesas envolvidas quando se faz o uso de métodos tradicionais para a melhoria da produtividade. Uma vez mostrados os ganhos potenciais com a aplicação do método presente no trabalho, é com grande a chance de ser estendida a sua aplicação para os outros setores da empresa.

Com os resultados desse estudo podemos dizer que a simulação computacional é uma ferramenta eficiente que pode auxiliar na tomada de decisões, e que pode evitar investimentos desnecessários, e além disso, que pode ser ampliado para os demais setores da empresa, uma vez que o modelo estudado se trata apenas do processo final da manufatura, pois nos mostra a possibilidade de melhorias em todos os processos produtivos da empresa.

VI – BIBLIOGRAFIA.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena.** São Paulo, Ed. Visual Books, 2001. 322p.

PRADO, Darci Santos do. **Usando o Arena em Simulação.** 3 vol. 2 ed. Belo Horizonte, MG, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. 284p.

PEDGEN, C. Dennis. **Introduction to Simulation Using SIMAN.** United States of America, Ed. McGraw-Hill, Inc., 1995.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação.** Belo Horizonte, MG, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004. 126.