



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Tecnologia

Departamento de Engenharia de Produção

**SIMULAÇÃO DINAMICA EM SISTEMA PRODUTIVO DE
INDÚSTRIA DE EMBALAGENS**

ESTUDO DE CASO

José Rodolpho Piffer

TCC-EP-49-2010

Maringá - Paraná

Brasil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**SIMULAÇÃO DINAMICA EM SISTEMA PRODUTIVO DE
INDÚSTRIA DE EMBALAGENS
ESTUDO DE CASO**

José Rodolpho Piffer

TCC-EP-49-2010

Monografia apresentada como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Francisco Carreira

Maringá - Paraná

2010

RESUMO

Este trabalho aborda os princípios de simulação dinâmica utilizando o software Arena 12.0 com o intuito de auxiliar na tomada de decisão e prever futuros problemas. O estudo de caso proposto envolve a utilização do software Arena para avaliar o cenário atual da empresa “X” de embalagens. Inserindo apenas dados dos principais produtos e máquinas com o objetivo de utilizar técnicas de simulação para prever futuros impactos à empresa se aumentar em 30% a produção anual. Para melhor entendimento do processo e para ocorrer uma sintonia entre o ambiente real e o virtual foram criados três cenários virtuais para entendimento e explicação de determinada ação de melhoria respeitando todas as variáveis envolvidas e processos da empresa. Assim cada modelo passa por um processo de validação e verificação para identificar problemas como gargalo de produção, porcentagem de utilização de máquinas e moldes. Para cada simulação gera-se relatórios com todas as informações baseadas em cálculos, podendo assim fazer comparações entre simulações com dados diferentes e por fim chegar a uma melhor conclusão baseando-se nos conhecimentos de engenharia de produção para melhor tomada de decisão para solucionar o problema identificado.

Palavras-chave: Modelagem, Simulação dinâmica, Softwares Arena.

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE FLUXOGRAMAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE GRAFICOS.....	IX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO.....	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4 SEQUÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 MERCADO DE EMBALAGENS	5
2.2 SIMULAÇÃO DINÂMICA.....	7
2.2.1 <i>Áreas de Aplicação para simulação</i>	7
2.2.2 <i>Modelos para simulação</i>	8
2.2.1.1 Tipos de Modelos	9
2.2.1.2 Elementos da Simulação	10
2.2.2 <i>Vantagens e desvantagens da simulação</i>	10
2.2.3 <i>Teoria das filas</i>	12
2.2.3.1 Modelos de Chegada - Serviços e Números de Atendimentos	13
2.2.3.2 Capacidade do sistema e Disponibilidade das filas	13
2.3 O SOFTWARE ARENA	13
2.3.1 <i>Area de trabalho do Arena</i>	14
2.3.2 <i>Tipos de modulos de dados do Arena</i>	15
2.3.3 <i>Relatórios gerado pelo Arena</i>	19
3 METODOLOGIA	21
4 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO DE CASO.....	23
4.1 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS.....	24
5 COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	25
5.1.1 <i>Relação Produto versus Quantidades Produzidas e Nome das Embalagens</i>	25
5.1.2 <i>Agendamento dos pedidos</i>	27
5.1.3 <i>Relação molde por ciclo e cavidade</i>	28
5.1.4 <i>Relação gramas por quantidade</i>	29
5.1.5 <i>Relação molde por tipo de máquina</i>	31
5.1.6 <i>Relação produto por matéria prima</i>	32
5.1.7 <i>Quantidade de operários por máquina</i>	33
5.2 MANIPULAÇÃO DOS DADOS.....	33
5.2.1 <i>Curva ABC</i>	33
5.2.2 <i>Input Analyser</i>	34
5.2.2.1 Resultados do Input Analyzer para explosão dos pedidos	34
6 SIMULAÇÃO - DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS	36

6.1.1	<i>Recepção dos pedidos e Seleção de maquinas</i>	36
6.1.2	<i>Fluxograma de produção</i>	37
6.1.3	<i>Transferência de estoque</i>	37
6.2	MODELAGEM DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO	38
6.3	CENÁRIO I- CARACTERIZAÇÃO DOS MÓDULOS	38
6.3.1	<i>Resultados - Cenário I</i>	46
6.3.1.1	Análise do lead time	46
6.3.1.2	Análise dos recursos	47
6.3.1.3	Análise da quantidade de pedidos	48
6.3.1.4	Análise das quantidades de cada pedido	48
6.4	ANÁLISE DO CENÁRIO II	49
6.4.1	<i>Resultados Cenário II</i>	49
6.4.1.1	Análise do lead time	49
6.4.1.2	Análise dos recursos	50
6.4.1.3	Análise da quantidade de pedidos e o quantitativo de cada um	51
6.5	ANÁLISE DO CENÁRIO III	51
6.5.1	<i>Resultados Cenário III</i>	52
6.5.1.1	Análise do <i>lead time</i>	52
6.5.1.2	Análise dos recursos	52
7	CONCLUSÃO	54
8	REFERÊNCIAS	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: TELA INICIAL DO ARENA	14
FIGURA 2: TIPOS DE MODULOS DE TEMPLATE.....	15
FIGURA 3: MODULOS BASICOS DE CRIACAO E DECISÃO.	16
FIGURA 4: MODULOS BASICOS ESTATISTICO	17
FIGURA 5: MÓDULOS DO ARENA PARA CONTROLE DO MODELO	17
FIGURA 6: MÓDULOS DO ARENA PARA CONTROLE DE VARIÁVEIS.	18
FIGURA 7: MÓDULOS DO ARENA AVANÇADO-1.	18
FIGURA 8: MÓDULOS DO ARENA AVANÇADO-2.	19
FIGURA 9: TELA DOS RELATÓRIOS DO ARENA.....	20
FIGURA 10: PLANTA BAIXA DA EMPRESA.....	23
FIGURA 11: INTERVALO DE CHEGADA DE PEDIDOS DO MOLDE 749.....	39
FIGURA 12: EXPLOSÃO DOS PEDIDOS DO MOLDE 749.....	39
FIGURA 13: DECISÃO PARA ENQUADRAR AO LOTE MÍNIMO DE PRODUÇÃO DO MOLDE 749.....	40
FIGURA 14: VERIFICA A QUANTIDADE DO ESTOQUE PULMÃO DO MOLDE 749.....	40
FIGURA 15: SUBTRAI PEÇAS ACABADAS DO ESTOQUE PULMÃO DO MOLDE 749	41
FIGURA 16: LEAD TIME DO PROCESSAMENTO DO MOLDE 749	41
FIGURA 17: ALOCAÇÃO EM MAQUINA DESOCUPADA	42
FIGURA 18: TEMPO DE PROCESSAMENTO NA MÁQUINA DO MOLDE 749	43
FIGURA 19: ESTOQUE DE MATÉRIA PRIMA	43
FIGURA 20: REPRESENTAÇÃO DOS SILOS DE ARMAZENAGEM DE MATÉRIA PRIMA	44
FIGURA 21: PROCESSO DOS OPERÁRIOS	44
FIGURA 22: TRANSPORTADORES	45
FIGURA 23: SIMULAÇÃO GRÁFICA.....	46

LISTA DE FLUXOGRAMAS

FLUXOGRAMA 1 SEGUNDO MÉTODO DE SIMULAÇÃO BASEADO EM PRITSKER ET AL (1990).	22
FLUXOGRAMA 2: PROCESSOS DO PCP	36
FLUXOGRAMA 3: PROCESSO DE LIBERAÇÃO DAS MAQUINAS E EMBALAGEM DAS PECAS.....	37
FLUXOGRAMA 4: PROCESSO DE VERIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO PARA O PULMÃO.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: FATURAMENTO DA INDÚSTRIA DE EMBALAGEM.....	7
TABELA 2: DISPONIBILIDADE DAS FILAS.....	13
TABELA 3: RELAÇÃO DE PRODUTO E QUANTIDADE PRODUZIDA	25
TABELA 4: MOLDE POR TIPO DE EMBALAGEM.....	26
TABELA 5: AGENDAMENTO DOS PEDIDOS	27
TABELA 6: RELAÇÃO MOLDE POR CAVIDADES	28
TABELA 7: RELAÇÃO MOLDE POR CICLO – UNIDADES EM SEGUNDOS.....	29
TABELA 8: RELAÇÃO GRAMAS POR QUANTIDADE.....	30
TABELA 9: MATÉRIA PRIMA MAIS UTILIZADA	30
TABELA 10: RELAÇÃO MOLDE POR TIPO DE MAQUINA.....	31
TABELA 11: RELAÇÃO PRODUTO POR MATÉRIA PRIMA	32
TABELA 12: LEAD TIME 1	47
TABELA 13: ANÁLISE DOS RECURSOS1	47
TABELA 14: LEAD TIME 2	49
TABELA 15: ANÁLISE DOS RECURSOS 2	50
TABELA 16: LEAD TIME 3	52
TABELA 17: ANÁLISE DOS RECURSOS 3	53

LISTA DE GRAFICOS

GRÁFICO 1- CURVA ABC	34
GRÁFICO 2- FUNÇÃO ESTATÍSTICA DAS QUANTIDADES DE PRODUTOS DO MOLDE 749	35
GRÁFICO 3: ANALISE DA QUANTIDADE DE PEDIDOS	48
GRÁFICO 4: ANÁLISE DAS QUANTIDADES DE CADA PEDIDO	48
GRÁFICO 5:ANALISE DAS QUANTIDADES DE CADA PEDIDO COM ACRÉSCIMO	51

1. INTRODUÇÃO

Atualmente com a globalização, avanços tecnológicos, complexidade dos processos e a competição acirrada entre as organizações geram-se um cenário o qual obriga as organizações a serem flexíveis, ter habilidade para mudar seus processos e se atualizarem constantemente para permanecerem dentro do mercado.

Com a evolução rápida da informática nos últimos anos, o computador é um importante aliado da simulação. A simulação por computador é usada nas mais diversas áreas, entre elas a simulação da expansão da produção da fábrica. Simular nada mais é do que a técnica de estudar e observar o comportamento e reações de determinados sistemas e processos através de modelos.

Para Godoy (1999), simulação é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real em um computador. Pode-se ver o funcionamento de uma linha de produção, o tráfego nas ruas de uma cidade ou um funcionamento de uma agência bancária. A simulação se mostra como uma ferramenta estratégica para estudos de reengenharia, mudanças de layout, ampliação automatização, planejamento da produção, logística entre outros. A grande vantagem da simulação reside no fato de permitir a análise de diversas alterações no cenário virtual, sem o custo e o risco de atuar no cenário atual, com a finalidade de entender seu comportamento e avaliar estratégias para sua operação. Banks (1984) diz que simulação é a imitação dos processos do mundo real, inserido no computador. Simulação envolve a geração de uma interface artificial idealizada e observações com base no que se pretende obter.

Segundo Prado (1999), a aplicação da simulação tem inúmeras aplicações no mundo atual, nas áreas mais diversas, que vão desde produção em uma manufatura até o movimento de papéis em um escritório. Costuma-se dizer que “tudo que pode ser descrito pode ser simulado”, ou melhor, tudo que envolve etapas para se realizar uma função e que possa ser quantificável pode-se simular.

Para o desenvolvimento deste trabalho utiliza-se o software “Arena” para realizar simulação dinâmica na produção da empresa “X” de Embalagens Ltda. com o intuito de realizar previsões, combinando técnicas de simulação para obter a melhor tomada de decisão possível e ideal para ampliar a produção da empresa, de maneira que a estrutura atual da empresa seja adaptada de maneira adequada para se produzir 30% a mais por ano de embalagens plásticas, com o objetivo de influenciar o mínimo possível nos processos já existentes.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o grande crescimento e inovações apresentadas pelas empresas principalmente dos concorrentes, questões como implantar, estudar, conhecer novos métodos e testar novas ferramentas, são indispensáveis para a permanência no mercado atual. Com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva reduzindo custo, a simulação dinâmica se mostra uma ferramenta muito útil e relevante. Se a empresa fica limitada ao crescimento produtivo, esta poderá perder futuros clientes e conseqüentemente grandes negócios acarretando perda de lucratividade, tendo isto em vista este projeto propõe a utilização do software Arena para simular quais alterações são necessárias para a melhor tomada de decisão para a ampliação da produção, conseqüentemente a empresa poderá aumentar sua gama de clientes e encomendas atendendo tranquilamente sua demanda resultando num aumento de lucratividade.

A utilização do software “Arena” é viável para tal propósito, pois permite que se faça uma análise de sistemas e processos sem a necessidade de interferir no mesmo, ou seja, sem ter que parar maquinas, remanejar funcionários, parar a produção entre outros fatores que faça com que a organização tenha qualquer alteração no processo produtivo. Todas as mudanças e as possíveis conseqüências ocorrem apenas no modelo computacional “virtual” e não com o sistema real. Além destas vantagens o software empregado para simular, possibilita criar vários cenários alternativos para obter o objetivo pretendido.

1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO

O projeto propõe simular o processo produtivo da empresa “X” de Embalagens Ltda., localizada na região Norte do Paraná, atuando no ramo de embalagens plásticas, pretende ampliar a capacidade produtiva e necessita de informações para a tomada de decisão. De modo a atender a melhor simulação possível interferindo o mínimo possível nos processos já existentes. Com isto têm-se os seguintes pontos a ser solucionados.

- a) Converter dados teóricos sobre a produção em condições reais de processamento;
- b) Identificar como cada maquina realiza seu processo;
- c) Identificar as principais embalagens, ou seja, quais geram um maior impacto na empresa;
- d) Determinar os tempos de trabalho dos operadores em diversos processos;
- e) Determinar a percentual de ocupação das máquinas produtivas;

- f) Prever se há necessidade de aquisição de máquinas e moldes;
- g) Prever a necessidade de colaboradores para o aumento da capacidade produtiva.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é utilizar o software Arena, para realizar uma simulação na produção da empresa “X” de Embalagens Ltda., com o intuito de fazer previsões para maximizar a produção de embalagens plásticas em projeto de expansão da capacidade produtiva.

1.3.2 Objetivos específicos

Ações necessárias para atingir o objetivo geral.

- a) Levantamento de dados básicos do processo produtivo;
- b) Determinação do tempo de operação dos diferentes processos produtivos;
- c) Identificar quais as variáveis relevantes do processo produtivo;
- d) Modelar o processo produtivo;
- e) Programar o modelo no software “Arena”;
- f) Analisar os cenários de expansão produtiva.

1.4 SEQUÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO

Capítulo 1 – Introdução e objetivos: apresenta alguns aspectos do assunto a ser tratado neste estudo de caso e descreve os objetivos que se busca atingir.

Capítulo 2 – Revisão da literatura: Contextualização do mercado que está inserida a indústria foco do estudo de caso. Aborda a teoria da simulação dinâmica, apresentar as principais funções disponíveis no software Arena.

Capítulo 3 – Metodologia: descreve como serão atingidos os objetivos;

Capítulo 4 - Características do estudo de caso: caracteriza a situação da empresa X de Embalagens Ltda. destacando seu histórico e relata o possível problema existente no processo produtivo.

Capítulo 5 – Coleta e análise de dados: Apresenta os dados (tempo e distância) coletados sobre todos os processos envolvidos na indústria desde o pedido de compra realizado pelo cliente, compra de matéria prima pela unidade até a distribuição do produto final. Por último uma análise desses dados utilizando a ferramenta do “Input Analyzer” – disponível no software.

Capítulo 6 – Simulação: Desenvolvimento dos modelos (Templates) no Arena que descrevem os processos em análise da empresa e interpretação dos relatórios obtidos pela simulação.

Capítulo 7 – Conclusão: Apresentar análise conclusiva referente os resultados dos relatórios de diversos modelos analisados pelo “Arena” para obter o melhor resultado em termos de tempo de processamento e produtividade.

Capítulo 8 – Referência: Indicam quais artigos, livros, sites e monografias foram utilizados como base para a fundamentação teórica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A simulação consiste em criar um modelo virtual da realidade em um ambiente computacional manipulável e controlado, visando melhorias futuras, de modo que possa ser possível realizar mudanças sem a preocupação de trazer conseqüências graves, tornando assim essas mudanças seguras e com pouco custo (VACCARO, 1999). Assim a simulação torna-se viável para pequenos e grandes processos, mesmo que complexos. Segundo Shannon (1992), compreende-se por simulação uma metodologia experimental e aplicada que tem por objetivo usar modelos para descrever comportamentos de sistemas, construir hipóteses, inferir comportamentos futuros visando o melhoramento do processo sem alterá-los inicialmente.

Para Prado (1999) “Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”.

Todo modelo de simulação refere-se a um modelo já existente (LAW e KELTON, 2000; PIDD, 1998). O embasamento teórico para a realização deste projeto esta apresentado pelo contexto teórico sobre a simulação computacional a qual se refere como uma criação de um modelo, com o intuito de atingir um objetivo de acordo com o trabalho em estudo, para interagir de forma simplificada com esse sistema em análise. Utiliza-se um modelo como base para a experimentação da realidade conseguindo assim prever possíveis erros. Dessa forma, submete-se esse modelo as entradas conhecidas (dados), observando as variações na saída do sistema.

Simulação é uma maneira de conhecer, entender e aplicar conhecimentos em um ambiente virtual, visando o melhoramento contínuo do processo, sem interferir no mesmo, possibilitando assim um enorme benefício á empresa que possui uma estratégia, neste caso, maximização da produção.

2.1 MERCADO DE EMBALAGENS

De acordo com Household & Cosméticos –(2004), a mesma inspiração é esperada tanto pelo próprio perfume quanto pela própria embalagem. Em cosméticos, alia-se a isso sofisticação e praticidade. O segmento brasileiro de embalagens para produtos cosméticos tem conquistas importantes no cenário internacional. Prêmios, qualificações e até Oscar fazem parte da coleção de homenagens. “O Brasil

não deve tecnologia e conhecimento em embalagens para nenhum país, possuímos um avanço considerável no mercado internacional”, afirma Fábio Mestriner, presidente da ABRE (2003).

Segundo Mestriner (2003), “o valor total da produção do segmento de embalagens no Brasil foi de R\$ 23,7 bilhões de unidades. Em cosméticos, o Brasil detém mais de 40% do mercado latino-americano. Junto com limpeza doméstica e medicamentos, o setor cosmético representa 30% do consumo nacional de embalagens”. O bom desempenho das embalagens em higiene e beleza impulsiona o desenvolvimento de inovações. De acordo com o presidente da ABRE, essas evoluções começaram em 1989, quando a Revlon lançou uma linha de xampus que trazia em suas embalagens informações refinadas, design específico e preocupação cosmética. Para ele, outro marco de inovação foi por exemplo a introdução da tampa *flip top* na década passada. Hoje, a grande sensação é a membrana de silicone que permite virar o frasco de cabeça para baixo sem o produto escorrer”, com essas inúmeras inovações e design de produtos e grandes exigências dos consumidores, surge aí um grande motivo para as indústrias de embalagem plásticas crescerem.

A tendência na opinião da colunista Sonia Corazza, *Household & Cosméticos* (2004) atualmente, embora um dos aspectos muito importantes na definição de compra de um determinado produto de cosmético é a questão sensorial. O sentido do olfato é o segundo a direcionar a compra, nas empresas fabricantes de essências, existem estudos profundos em relação ao impacto causado por fragrâncias e suas embalagens. Estudos também apontam que o sentido do tato, coberturas e acabamentos diferenciados das embalagens já remetem a estados emocionais que devem ter com o benefício que o produto promete. A consultora técnica explica que um creme de tratamento noturno para a área dos olhos, por exemplo, ganha perceptividade maior se a embalagem oferece um sensorial aveludado e sedoso, ou uma loção pós-barba que tenha um frasco onde o frescor fale antes da experimentação.

A Tabela 1 apresenta faturamento no setor de embalagens nos últimos anos.

Tabela 1: Faturamento da indústria de embalagem

Faturamento da indústria de embalagem
(em bilhões de R\$)

Ano	Receita Líquida de Vendas	Valor Bruto da Produção
2004	28,2	28,1
2005	29,5	29,1
2006	31,3	30,9
2007	33,2	33,1
* 2008	36,2	36,1
* 2009	36,2	36,2

Empresas com 30 empregados ou mais

Fonte: IBGE / Pesquisa Industrial Anual (PIA) – Empresa (2007)

Conforme estudo realizado pelo ABRE (2009), a produção de embalagem manteve-se estável com um faturamento de R\$ 36,2 bilhões em 2009 apesar da retração de 3,79% na produção no ano, ou seja, apesar da queda de produção o faturamento se manteve o que significa que o mercado de embalagens esta num ritmo de valorização crescente.

2.2 SIMULAÇÃO DINÂMICA

Diferente de muitas tecnologias que são focadas de acordo com a disciplina na qual ela se origina Shannon (1975) estabelece que, a simulação pode ser aplicada a varias outras disciplinas. Como Incontáveis trabalhos, relatórios, teses de mestrado e doutorado, revistas e livros mostram vários campos de aplicação para a simulação, como negócios, economia, marketing, educação, política, ciências sociais, ciência comportamental, relações internacionais, transportes, estudos urbanos, e muitos sistemas produtivos dos mais diferentes setores da economia.

Simulação dinâmica é uma técnica partida da animação das estruturas. É uma ferramenta importante e útil para analisar de projeto e operação de sistemas complexos sem alteração do ambiente, propiciando observações visuais.

2.2.1 Áreas de Aplicação para simulação

De acordo com Pegden (1990), devido à sua versatilidade, flexibilidade a simulação pode ser aplicada em qualquer estudo ou pesquisa. A utilização da simulação pode ajudar a resolver uma grande gama de importantes problemas. Algumas aplicações genéricas estão descritas a seguir.

- **Sistemas Computacionais:** componentes de hardware, software, redes de computadores, estruturas e gerenciamento de banco de dados, processamento da informação, confiabilidade de hardware e software.
- **Manufatura:** sistemas de manuseio e armazenagem de materiais, linhas de montagem, recursos automatizados de produção e armazenagem, sistemas de controle de estoques, estudos de manutenção, layout de unidades fabris, projeto de máquinas.
- **Negócios:** análises de commodities, política de preços, estratégias de marketing, estudos de aquisição de empresas, análise de fluxo de caixa, previsão, alternativas de transporte, planejamento de força de trabalho.
- **Governo:** armamentos e táticas militares, previsão de crescimento populacional, uso do solo, sistemas de saúde, sistemas contra incêndio, polícia, justiça criminal, projetos de estradas, controle de tráfego, serviços de saneamento.
- **Ecologia e Meio Ambiente:** poluição e purificação de água, controle de desperdícios, poluição do ar, controle de pragas, previsões climáticas, análise de terremotos e tempestades, exploração e extração mineral, sistemas de energia solar.
- **Sociedade e Comportamento:** análises alimento/população, políticas educacionais, estrutura organizacional, análise de sistemas sociais, administração universitária.
- **Biociências:** análise de desempenho esportivo, ciclos de vida biológicos, estudos biomédicos

2.2.2 Modelos para simulação

Modelo é uma representação ou interpretação simplificada da realidade física para soluções de problemas específicos, é utilizado como uma ferramenta para experimentação para atingir determinados fins específicos.

Segundo Shannon (1975, p.76), todo modelo de simulação possui, de forma combinada ou isolada, os seguintes elementos:

Componentes: são as partes (ou subsistemas) integrantes do sistema. Entende-se por sistema, um conjunto de objetos, que interagem entre si, para atingir um objetivo comum.

Parâmetros e Variáveis: são elementos do sistema que recebem valores. Os parâmetros podem receber valores arbitrários, enquanto que as variáveis recebem valores associados à função a qual elas estão atreladas. Existem dois tipos de variáveis: Endógenas (Dependentes) e Exógenas (Independentes). Variáveis endógenas são aquelas produzidas dentro do sistema ou resultantes de causas internas. São também chamadas variáveis de estado (pois mostram o estado do sistema) ou variáveis de saída (pois são responsáveis por gerar e apresentar os resultados oriundos do sistema). Variáveis exógenas, também chamadas variáveis de entrada, são originárias de (ou produzidas por) causas externas.

Relações Funcionais: são normalmente apresentadas na forma de equações matemáticas, que relacionam as variáveis endógenas com as exógenas. Essas relações podem ser de ordem determinística (onde para uma dada entrada existe uma única saída) ou estocástica (onde para uma dada entrada existe(m) incerteza(s) associada(s) à saída).

Restrições: são limitações impostas pelo “modelista” ou pela natureza do problema, que restringem os valores das variáveis.

Objetivos: é o estabelecimento das metas do sistema e como elas podem ser avaliadas. A manipulação do modelo é orientada de forma a satisfazer esses objetivos.

Com um modelo bem estruturado fica de fácil entendimento do problema analisado, assim podendo ser tratado de formas mais específicas sem cometer erros.

2.2.1.1 Tipos de Modelos

De uma forma geral os modelos de simulação podem ser classificados de três maneiras diferentes:

- Determinísticos; quando todas as variáveis do modelo são (fixas), ou quando envolvem distribuições de probabilidade.
- Dinâmicos; quando o modelo se altera ou não ao longo do tempo
- Discreto ou contínuo; quando as alterações de estado do modelo são feitas em determinado período, ou se elas se desenvolvem de maneira contínua.

2.2.1.2 Elementos da Simulação

Os elementos são usados e necessários para a realização dos modelos de simulação. Com eles, pode-se apresentar o comportamento do sistema de maneira confiável e real.

- **Entidades:** Uma entidade pode representar um objeto, que se move ao longo do sistema, mudando o estado do mesmo de acordo com intervenções determinadas pelo processo. Como exemplo, podemos citar peças fabricadas em uma indústria;
- **Recursos:** Os recursos são tidos como restrições para o fluxo das entidades na simulação. As entidades precisam fazer uso dos recursos para se moverem pelo modelo. Máquinas numa indústria e operários é um exemplo de um recurso;
- **Atributos:** Os atributos são atribuídos individualmente a cada entidade, e representa as características que aquela entidade deve possuir ao longo da simulação. Para o caso de uma peça de metal mecânica, seus atributos podem ser seu diâmetro, material, perfil, cor, entre outros.
- **Fila:** Este é um elemento pelo qual uma entidade passa quando precisa de um recurso. Caso existam outras entidades sendo servidas pelo recurso, esta entidade fica em uma fila de espera para ser processada pelo recurso.

2.2.2 Vantagens e desvantagens da simulação

Como todo artifício ou ferramenta utilizada para simular alguns processos que envolvem variáveis e outras intervenções tem seu lado de grande facilidade e benefícios como também algumas ressalvas.

Alguns dos benefícios ou vantagens do uso da simulação são descritos abaixo, de acordo com Pegden (1990):

- Novas políticas, procedimentos operacionais, regras de decisão, estruturas organizacionais, fluxos de informação, etc., podem ser explorados sem que provoquem distúrbios nos processos em uso;

- Novos projetos de *layout*, sistemas de transporte, máquinas e equipamentos, softwares, podem ser testados antes de sua implantação, avaliando assim a necessidade de compra ou modificação;
- Hipóteses sobre como e por que certos fenômenos ocorrem podem ser testados;
- O fator tempo pode ser controlado, isto é, pode ser expandido ou comprimido, permitindo aumentar ou diminuir a velocidade a fim de se estudar um fenômeno;
- Permite a análise de quais variáveis são significativas para o desempenho do sistema e como estas variáveis se interagem;
- Gargalos podem ser identificados;
- Um trabalho de simulação pode ser comprovadamente importante para o entendimento de como o sistema realmente funciona;
- Novas situações, onde há pouca informação ou conhecimento a respeito, podem ser manipulados a fim de se prever eventos, isto é, a simulação é uma poderosa ferramenta para responder questões do tipo "o que acontecerá se...".

Devido o crescimento rápido das empresas e a necessidade de expandir sua produção, a simulação atende perfeitamente quando se trata de benchmarking (que mostra às empresas onde elas deveriam estar mediante uma avaliação de sua posição atual até sua posição futura desejada) com isto temos uma visão do futuro sabendo quais passos devem ser tomados em ordem cronológica para evitar equívocos e atingir o objetivo esperado.

Apesar dos inúmeros benefícios que a simulação oferece devem-se citar algumas restrições ou dificuldades na implantação de um modelo de simulação. As principais são:

- Necessidade de treinamento, uma vez que a qualidade da análise depende da qualidade do modelo, e, portanto da habilidade do analista;
- Algumas vezes os resultados da simulação podem ser de difícil interpretação. Isto é devido ao fato da simulação tentar capturar a aleatoriedade de um sistema real, levando a

dificuldade de identificação se um evento ocorreu devido a aleatoriedade ou a interações de elementos do sistema;

- Análises feitas através do uso de simuladores podem ser demoradas e caras, podendo até mesmo inviabilizar seu uso.

2.2.3 Teoria das filas

De uma forma mais genérica e abrangente o que caracteriza fila na visão populacional nada mais é que pessoas ou indivíduos que permanecem à espera do atendimento por um determinado tipo de serviço. Em outros casos, por exemplo, podem ser peças, produtos ou qualquer coisa que tenha que esperar para ser processada. De acordo com Prado (1999) temos que.

“... ao efetuarmos certos tipos de estudos de planejamento, é comum depararmos com problemas de dimensionamento ou fluxo cuja solução é aparentemente complexa, os cenários podem variar, entretanto todos têm o mesmo tipo de problema, a formação de filas, seja em uma linha de produção de uma fábrica, o trânsito de uma cidade, o fluxo de documentos de um escritório, o movimento de navios e cargas em um porto, o movimento de veículos, etc. A formação de filas ocorre porque a procura pelo serviço é maior do que a capacidade do sistema de atender a esta procura.”

Segundo Prado (1999), as filas podem ser representadas de duas formas vista ou não vistas, por exemplo, lista de processos em computadores para serem executada, pilha de papéis, podem ser localizados facilmente, outras vezes ela não pode ser vista, em situações como pessoas em uma barbearia esperando pela vez de cortar o cabelo, aviões sobrevoando um aeroporto, esperando pela vez de aterrissar, ou navios parados no mar, esperando pela vez de atracar no porto para descarregar.

Ainda referenciando Prado (1999), filas referem-se a algumas características específicas como:

- Modelos de Chegada;
- Modelos de Serviços;
- Números de Atendimentos;
- Capacidade do Sistema,

- Disponibilidade das Filas.

2.2.3.1 Modelos de Chegada - Serviços e Números de Atendimentos

- Representa o tempo entre chegadas, que pode ser constante ou obedecer a uma função estatística;
- Representa o tempo de atendimento, que o recurso oferece ao atendido,
- Em série (mais que um atendente por usuário, em estágios) ou paralelo (cada usuário é completamente atendido por um só atendente).

2.2.3.2 Capacidade do sistema e Disponibilidade das filas

Capacidade do sistema e número máximo de usuários sendo atendido ou localizado na fila de espera. Quanto à disponibilidade trata-se da Ordem em que é atendido o usuário. A tabela 2 a seguir nos mostra a relação de ordem de atendimento.

Tabela 2: Disponibilidade das filas

Características da fila	Símbolo	Significado
Tempo entre chegadas ou Tempo de atendimento	D M A E _k G	Determinístico Exponencial (Poisson) Aleatório Erlang Tipo k (E1, E2,...) Outros
Classificação das Filas	FIFO LIFO SIRO PRI GD	Primeiro a chegar é o primeiro a sair Último a chegar é o primeiro a sair Atendimento aleatório Atendimento por Pricidade Outra Ordem

Fonte: Teoria das Filas (2009)

2.3 O SOFTWARE ARENA

O software Arena possibilita ser aplicado em diversos tipos de ambientes e sendo executado em diversas formas de raciocínio, o programa apresenta diversos módulos entre os quais cada um possui um determinado leque de campo a serem preenchidos, sendo possível alocar dados como tempo,

distancia e velocidade. O Arena apresenta ferramentas estatísticas para possibilitar uma maior eficácia para a simulação tornando assim a simulação mais próxima possível da realidade.

Após a simulação o programa gera relatórios de dados os quais nos mostra o tamanho da fila nos processos, torna possível identificar quais são os gargalos na produção entre outros. Com esses relatórios pode-se determinar quais são as melhores tomadas de decisão relacionada com o objetivo específico em questão.

Este software é apresentado por um ambiente gráfico o qual não necessita ao usuário conhecimento em programação para executá-lo, sendo somente requisitado tal conhecimento em programação (Visual Basic) como recurso adicional ao software sendo utilizado para níveis mais avançado.

2.3.1 Area de trabalho do Arena.

A figura 1. Apresenta a tela inicial do software arena 12.0 contendo as três áreas de trabalho.

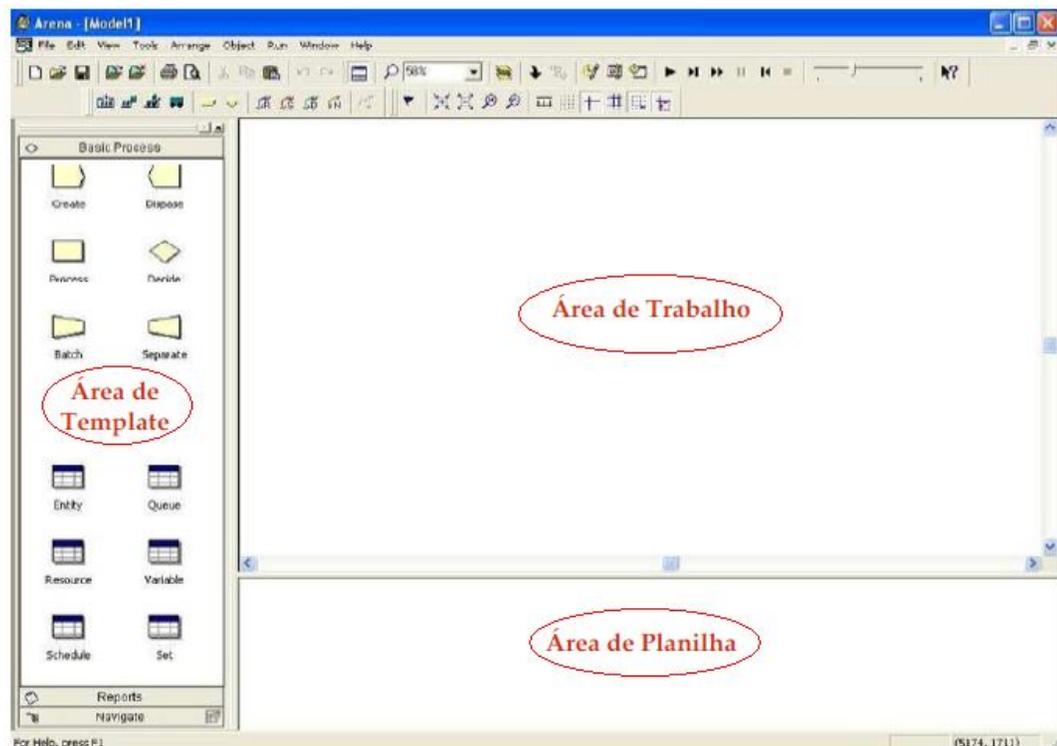


Figura 1: Tela inicial do Arena

Fonte: Primaria

- a) Área de template A barra de templates, esta localizada no lado esquerdo da tela. Ela é constituída de um conjunto de módulos, que será utilizado para a construção do modelo desejado. Para ativar um template basta clicar no ícone template attach. Apareceram então os vários tipos de templates os quais cada um possui um determinado objetivo como os processos básicos, avançados, transporte entre outros.
- b) Área de trabalho Nesta área que será alocado os módulos de fluxograma.
- c) Área de Planilha Campo responsável em alocar os dados dos módulos de dados.

2.3.2 Tipos de modulos de dados do Arena.

O modulo dos templates se dividem em duas categorias como mostrado na figura abaixo:

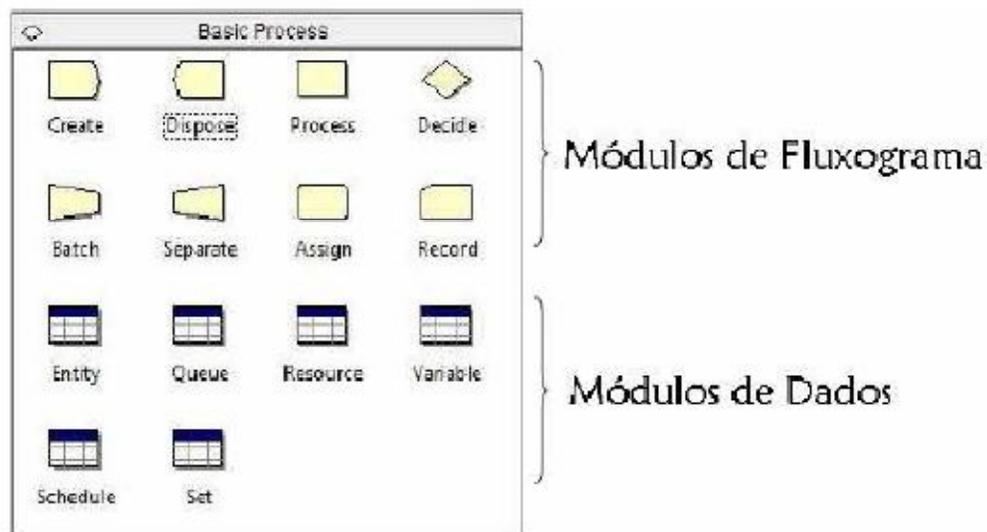


Figura 2: Tipos de Modulos de template.

Fonte: Primaria

- a) Modulo de Fluxograma São utilizados para construir o fluxograma dentro da area de trabalho, cada um possui uma determinada função. Para inseri basta arrasta-los ate o local desejado dentro da are de trabalho.
- b) Modulo de dados Estes recebem dados referentes ao modelo selecionado anteriormente, possibilitando uma gama maior de opções.

A seguir temos cada tipo de modulo dos processos basicos sendo explicados com suas respectivas funções.

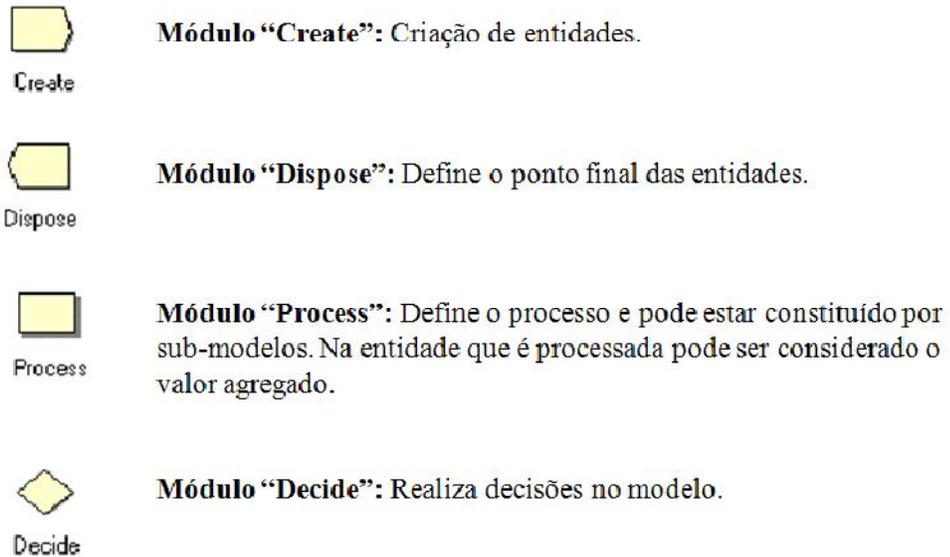


Figura 3: Modulos basicos de criacao e decisão.

Fonte: Primaria

Cada modulo do arena é representado por uma determinada característica o possui uma caixa de dialogo clicando duas vezes no mesmo, sendo assim possível inserir os dados em questão. A seguir tem-se os modulos representados, sendo explicados detalhadamente.



Batch

Módulo “Batch”: Efetua agrupamentos no modelo.



Separate

Módulo “Separate”: Efetua des-agrupamento no modelo.



Assign

Módulo “Assign”: Designa novos valores para variáveis, entidades, atributos, tipos de entidades, figuras ou outras variáveis do modelo.



Record

Módulo “Record”: Efetua estatísticas.

Figura 4: Modulos basicos estatistico

Fonte: Primaria



Entity

Módulo “Entity”: Define valores e figuras.



Queue

Módulo “Queue”: Define valores e regras relacionados com filas.



Resource

Módulo “Resource”: Define recursos incluindo custos e disponibilidade.

Figura 5: Módulos do Arena para controle do modelo

Fonte: Primaria

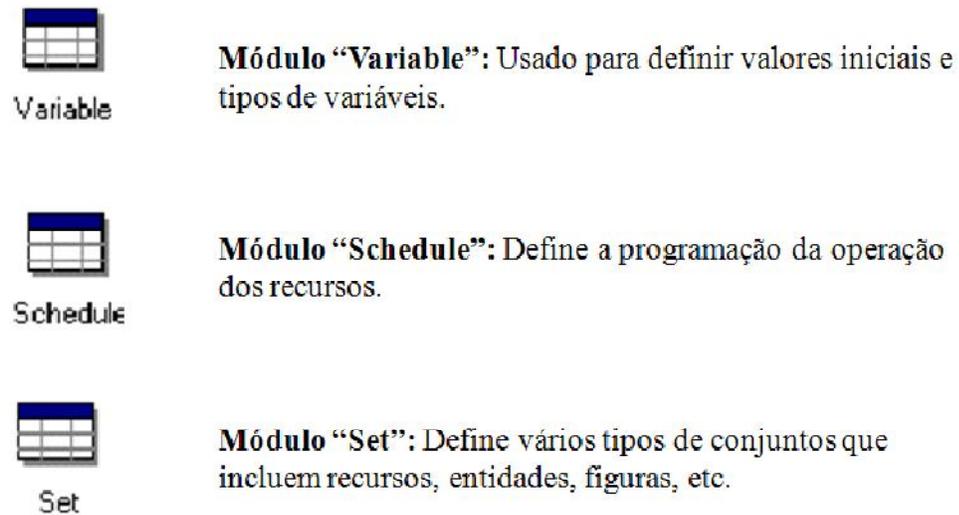


Figura 6: Módulos do Arena para controle de variáveis.

Fonte: Primaria

A seguir temos os processos Avancados

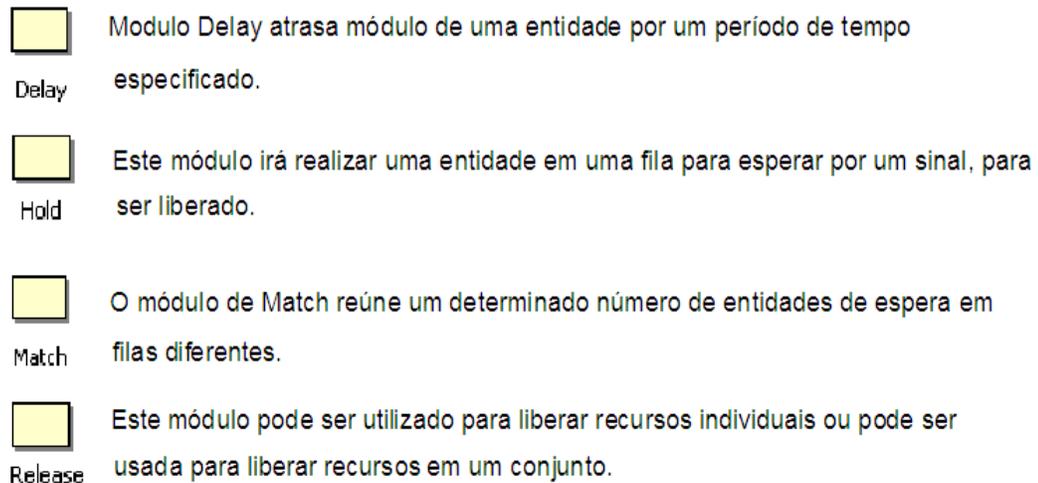


Figura 7: Módulos do Arena avançado-1.

Fonte: Primaria

- 

Remove O módulo Remove remove uma única entidade a partir de uma posição especificada em uma fila e envia-lo para um módulo designado.
- 

Seize O módulo Seize aloca unidades de um ou mais recursos para uma entidade.
- 

Signal O módulo envia um sinal para cada valor do sinal Hold módulo no modelo definido para Aguardar sinal e libera o número máximo especificado de entidades.
- 

Store O módulo de armazenamento acrescenta que uma entidade de armazenamento
- 

Unstore O módulo Unstore remove uma entidade de armazenamento.

Figura 8: Módulos do Arena avançado-2.

Fonte: Primaria

2.3.3 Relatórios gerado pelo Arena.

O painel de relatórios na barra de resultados enumera os diversos relatórios disponíveis para visualizar os resultados da simulação. Cada tipo de relatório especifica um tipo de detalhamento assim sendo possível varias formas de focar a analise dos resultados obtidos. A Figura 9. Mostra-nos um exemplo de relatório gerado pelo Arena.

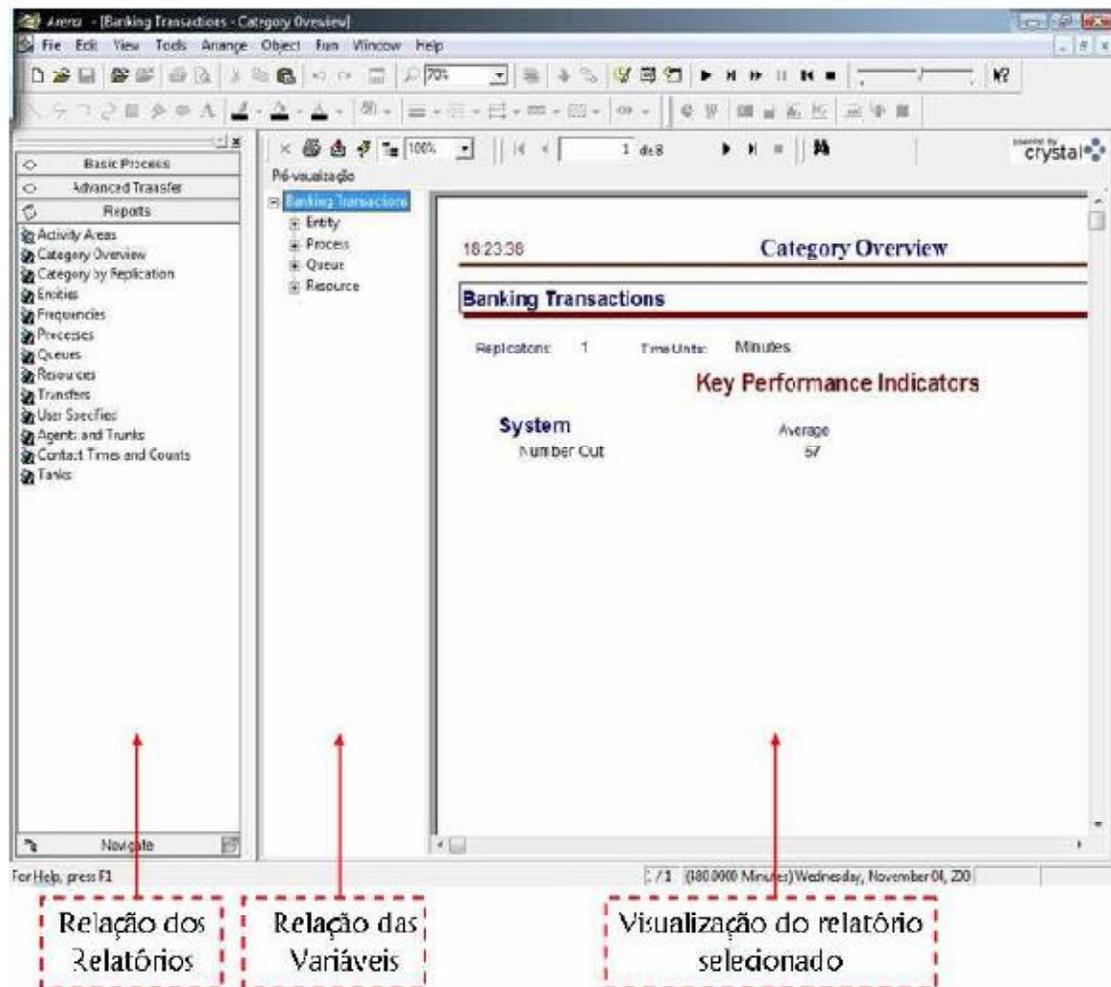


Figura 9: Tela dos relatórios do Arena

Fonte: Primária

Em relação aos relatórios tem-se uma lista com os vários relatórios disponíveis com os resultados das simulações. Clicando em qualquer um deles faz aparecer uma nova janela com o relatório selecionado para o modelo que tiver sido executado. Há oito tipos de relatórios fornecidos pelo Arena. São: Category Overview, Entities, Processes, Queues, Resources, Transfers, User Specified, Frequencies. Em cada um destes são apresentados cálculos estatísticos para as variáveis do modelo que foram selecionadas para constar nas estatísticas. Neste relatório consta dados internos referentes a taxa de ocuacao de recursos, lead time e numero de pecas produzidas.

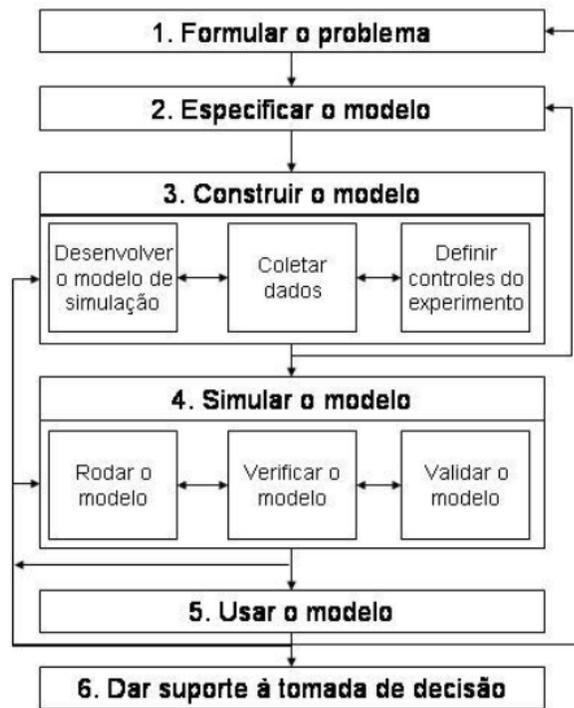
3 METODOLOGIA

Segundo a metodologia apresentada por Silva (2001), a classificação deste trabalho quanto a sua natureza é caracterizado como pesquisa aplicada, E no que diz respeito aos procedimentos técnicos, enquadra-se como estudo de caso. Em relação à forma de abordagem é classificada como quantitativa. E do ponto de vista dos objetivos segundo (Gil, 1991) a pesquisa é exploratória.

A metodologia para a realização do projeto foi baseada nos proposto por Law e Kelton (2000) e Pritsker et al. (1990). O método esta dividido em etapas para melhor compreensão o qual há um planejamento de estudo. Os passos a serem seguidos são:

- a) Coleta de dados e definição do problema;
- b) Observar e absorver dados relevantes;
- c) Construção do modelo computacional;
- d) Verificação e validação;
- e) Execução do modelo de simulação;
- f) Novo planejamento de experimento;
- g) Execução do modelo;
- h) Analisa os dados de saída;
- i) Documentação,
- j) Análise global dos resultados.

O fluxograma1 Abaixo mostra uma visão geral de como desenvolver as etapas para simular, as quais se interagem de forma fundamental.



Fluxograma 1 segundo método de simulação baseado em Pritsker et al (1990).

(Gestão de Serviços na Área da saúde: A Simulação computacional no auxílio da tomada de decisão)

Fonte: Enegep 2009

Este tipo de modelo é muito importante, pois detalha todo o mecanismo de como executar a tarefa e além disto nos mostra um *feedback* o que é essencial para um bom resultado do problema em questão.

4 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO DE CASO

A empresa “X” de Embalagens Ltda. A empresa atua no ramo de embalagens plásticas para cosméticos de alta qualidade utilizando dois tipos de processos para a produção sendo, Injeção/sopro e decoração/montagem, seus produtos são desde tampas para potes até embalagens, como perfume creme entre outros. Apresenta como principais clientes Natura, Avon e Boticário. É caracterizada como uma empresa de porte médio, com 247 funcionários efetivos, que produz embalagens plásticas pelo sistema produtivo sob encomenda, ou seja, o produto é fabricado para um cliente específico então se espera a manifestação do cliente, definindo, em seguida, os produtos a serem fabricados, já que estes não podem ser produzidos para estoque.

A história da empresa X de Embalagens Ltda. começa na região Norte do Paraná. A partir de 2006 sua trajetória se renova, adquirida por grupo de organização global com sede nos Estados Unidos.

Tem larga experiência na criação, desenvolvimento e fornecimento de sistemas e conceitos em embalagens plásticas, a empresa se orgulha dos prêmios e conquistas obtidos junto com seus clientes do Brasil, Argentina, México, Colômbia e Peru. A planta baixa industrial encontra-se representado na figura 10.



Figura 10: Planta baixa da empresa.

A disposição das máquinas e equipamentos estão adequadamente enquadrados a normas de segurança, proporcionando um ambiente de trabalho ideal para os funcionários.

4.1 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS / PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Quanto ao processo de Injeção/Sopro. As máquinas são reguladas de acordo com as especificações contidas nas fichas técnicas de cada produto, pois dependendo do tipo de molde a ser alocado é realizado um tipo de regulagem. O processo de produção é desencadeado pelo PCP através das ordens de produção que dão início desde a preparação da matéria prima e a troca de molde, até o produto acabado. Em relação à matéria prima o principal critério da empresa é sempre ter um estoque mínimo, pois assim o pedido não é atrasado devido à falta da mesma, o PCP informa ao encarregado às quantidades e as possíveis misturas de matéria prima para realizar a produção relacionando com o pedido. A troca de molde é estabelecida pelo seguinte critério: só ocorre a troca se a diferença entre o dia do término do “pedido A” e o início do “pedido B” for inferior a cinco dias de produção e se ambos poderão ser produzidos pelo mesmo molde em questão, caso contrario o molde é trocado.

Diariamente o encarregado recebe o mapa de produção com as programações diárias de início e término de produção de cada máquina, onde verifica cada tarefa a ser realizada. Inicia-se a produção após liberação do setor de Qualidade, que após as análises intermediárias dos colaboradores, também faz as análises finais do produto. Já os produtos não-conformes deverão ser classificados durante o turno ou enviados para a área de quarentena. A informação de produção por turno é repassada ao PCP.

Já o processo decoração/montagem é realizado a decoração das embalagens de acordo com as especificações e prazo previamente estabelecidos pelo cliente, visando o menor custo de fabricação. O encarregado recebe a solicitação de produção do PCP por um mapa de produção, verifica a necessidade de setup da máquina, prepara as ferramentas de decoração, retira a embalagem a ser decorada do estoque semi-acabado. Inicia-se a decoração e/ou montagem da embalagem conforme as especificações e liberação da Qualidade.

Após os processos o produto acabado será classificado e se aprovado segue para o estoque de produto acabado, onde será despachado para o cliente. Já os produtos não-conformes deverão ser classificados imediatamente ou enviadas para a área de quarentena. A informação de produção por turno é repassada ao PCP para o mesmo ter o controle sobre os produtos.

5 Coleta e análise de dados

Inicialmente foram coletados os dados referente às quantidades produzidas de cada tipo de embalagem entre o período de 01/07/2009 até 01/07/2010, totalizando um período de 1 ano. A empresa “X” de Embalagens Ltda. produz 91 tipos de embalagens diferentes, perfazendo nos últimos 12 meses e 638.157.713(seiscentos e trinta oito milhões, cento e cinquenta e sete mil e setecentos treze) unidades. Cada tipo de embalagem é determinado por um tipo de molde, pois este que dará a forma ao produto.

5.1.1 Relação Produto versus Quantidades Produzidas e Nome das Embalagens.

A tabela 3 a seguir apresenta as quantidades produzidas em ordem decrescente de acordo com o tipo de molde.

Tabela 3: Relação de produto e quantidade produzida

Molde	Produto	Quantidade	%	% Acumulada
718	Pote Chronos 50g - Polido	42.585.808,00	0,066732	6,673%
678	Caneca Chronos 50g -	38.769.136,00	0,060752	12,748%
717	Tpa Chro s/ inserto 50g - Polido	35.095.138,00	0,054994	18,248%
651	Tpa Malbec masc. s/ conjunto metálico	34.496.028,00	0,054056	23,653%
750	Sbtapa Chro BELA s/ inserto - Brasil	33.794.156,00	0,052956	28,949%
230	Fr. MAIS 100ml - c/ rosca	31.151.115,00	0,048814	33,830%
738	Caneca Chro BELA -	26.744.035,20	0,041908	38,021%
735	Pote Maracatu - p/ decorar	24.980.603,00	0,039145	41,936%
604	Tampa Kryska Laranja	23.895.612,00	0,037445	45,680%
592	Tampa Poetry 50 ml - Vermelha (Morena Flor) - NOVO	22.111.843,00	0,034649	49,145%
696	Sbtapa Esfoliante / Loção Tônica (MAIS)	21.611.889,00	0,033866	52,532%
708	Tpa Olimpo Cinza(A/ Brasilis) - p/ pintura	21.601.783,60	0,03385	55,917%
583	Avon - Caneca p/ Pote	18.638.796,60	0,029207	58,837%
233	Fr. St Seda 30ml rosca 18/415 s/ coex - Laranja polido	16.002.123,00	0,025075	61,345%
544	Tampa Uomini - (Laranja)	14.316.504,00	0,022434	63,588%
736	Tampa Maracatu	12.890.640,00	0,0202	65,608%
676	Inserto Chronos s/ disco 50g - Verde	12.826.672,45	0,0201	67,618%
749	Inserto Chro Bela c/sbtapa s/disco - Prata	11.993.474,50	0,018794	69,498%
590	Sobre Tampa Accordes 80 ml	11.935.390,80	0,018703	71,368%
236	Fr. La Poderosa 300ml - Laranja c/ adflex	11.525.251,50	0,01806	73,174%
591	Colar Accordes 80 ml Bege - s/ metalização	10.897.804,80	0,017077	74,882%
608	Inserto Renew Bco Metalizado (Luminosity)	10.735.010,80	0,016822	76,564%
716	Sbtapa Glamour - 75ml	10.235.476,80	0,016039	78,168%
607	Sobretpa Renew - Bco Transp. Met. (Luminosity)	9.090.758,60	0,014245	79,592%
237	Fr. Novo Floratta 200 ml - Azul	8.641.093,50	0,013541	80,946%

Fonte: Primária

Cada tipo de molde produz um tipo de embalagem de acordo com a tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Molde por tipo de embalagem.

Molde	Nome do produto (Embalagem)
651	Tpa Malbec masc. s/ conjunto metálico
708	Tpa Olimpo Cinza(A/ Brasilis) - p/ pintura
696	Sbtpa Esfoliante / Loção Tônica (MAIS)
591	Colar Accordes 80 ml Bege - s/ metalização
604	Tampa Kryska Laranja
592	Tampa Poetry 50 ml - Vermelha (Morena Flor) - NOVO
678	Caneca Chronos 50g -
230	Fr. MAIS 100ml - c/ rosca
544	Tampa Uomini - (Laranja)
716	Sbtpa Glamour - 75ml
738	Caneca Chro BELA -
233	Fr. St Seda 30ml rosca 18/415 s/ coex - Laranja polido
590	Sobre Tampa Accordes 80 ml
608	Inserto Renew Bco Metalizado (Luminosity)
607	Sobretpa Renew - Bco Transp. Met. (Luminosity)
717	Tpa Chro s/ inserto 50g - Polido
735	Pote Maracatu - p/ decorar
736	Tampa Maracatu
676	Inserto Chronos s/ disco 50g - Verde
718	Pote Chronos 50g - Polido
583	Avon - Caneca p/ Pote
237	Fr. Novo Floratta 200 ml - Azul
236	Fr. La Poderosa 300ml - Laranja c/ adflex
750	Sbtpa Chro BELA s/ inserto - Brasil
749	Inserto Chro Bela c/sbtpa s/disco - Prata

Fonte: Primária

Os moldes são responsáveis por dar a forma à embalagem, cada tipo de molde possui uma tonelagem correspondente de acordo com a pressão necessária para tal operação.

5.1.2 Agendamento dos pedidos

Cada tipo de produto possui uma determinada demanda, ou seja, cada produto possui uma data de pedido de produção diferente.

Tabela 5: Agendamento dos pedidos

Semanas / Moldes	651	108	696	591	604	592	678	230	544	716	738	233	590	608	607	717	735	736	676	718	583	237	236	750	749
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
3	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
5	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
6	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
7	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
8	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
9	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
10	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
11	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
12	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
13	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
16	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
17	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
21	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
22	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
23	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
26	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
28	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
30	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
31	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
32	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
33	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
34	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
35	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
36	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
37	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
38	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
40	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
41	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
42	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
43	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
44	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
45	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
46	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
47	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
48	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
49	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
50	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
51	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
52	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
53	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0

Fonte: Primária

De acordo com a tabela 5, sendo representada em 53 semanas (período de análise) e 25 moldes determinados por curva ABC. O número “1” significa que o produto tem pedido naquela semana e o número “0” significa que tem pedido e conseqüentemente não foi produzido nessa semana.

5.1.3 Relação molde por ciclo e cavidade

- Cada tipo de molde possui um número de cavidades específico.

Tabela 6: Relação molde por cavidades

		1	2	3	4	5	6	7
		Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde 4	Molde 5	Molde 6	Molde 7
651	Produto 1	8	8	8	8	0	0	0
708	Produto 2	8	8	8	6	8	0	0
696	Produto 3	8	0	0	0	0	0	0
591	Produto 4	4	4	0	0	0	0	0
604	Produto 5	4	0	0	0	0	0	0
592	Produto 6	8	0	0	0	0	0	0
678	Produto 7	12	12	12	12	0	0	0
230	Produto 8	2	4	4	0	0	0	0
544	Produto 9	8	0	0	0	0	0	0
716	Produto 10	8	0	0	0	0	0	0
738	Produto 11	12	12	12	12	12	0	0
233	Produto 12	2	2	6	6	3	6	6
590	Produto 13	8	0	0	0	0	0	0
608	Produto 14	8	8	8	8	8	0	0
607	Produto 15	8	8	8	8	8	8	8
717	Produto 16	12	0	0	0	0	0	0
735	Produto 17	4	0	0	0	0	0	0
736	Produto 18	4	0	0	0	0	0	0
676	Produto 19	12	12	12	12	0	0	0
718	Produto 20	12	0	0	0	0	0	0
583	Produto 21	8	0	0	0	0	0	0
237	Produto 22	4	4	4	0	0	0	0
236	Produto 23	2	2	2	0	0	0	0
750	Produto 24	8	0	0	0	0	0	0
749	Produto 25	8	8	8	8	8	0	0

Fonte: Primária

Cavidade é o espaço interior do molde o qual cada cavidade é responsável em produzir uma embalagem. Se o molde possui oito cavidades, por exemplo, este produz oito embalagens por vez. Assim foram coletados os dados referentes às cavidades dos moldes conforme a tabela 6.

- Cada tipo de molde possui um tempo de ciclo diferente.

Tabela 7: Relação molde por ciclo – unidades em segundos

		1	2	3	4	5	6	7
		molde 1	molde 2	molde 3	molde 4	molde 5	molde 6	molde 7
651	Produto 1	46,0	46,0	46,0	46,0	0,0	0,0	0,0
708	Produto 2	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	0,0	0,0
696	Produto 3	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
591	Produto 4	32,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
604	Produto 5	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
592	Produto 6	41,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
678	Produto 7	32,0	32,0	32,0	49,0	0,0	0,0	0,0
230	Produto 8	18,0	18,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0
544	Produto 9	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
716	Produto 10	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
738	Produto 11	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	0,0	0,0
233	Produto 12	18,0	18,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
590	Produto 13	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
608	Produto 14	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	0,0	0,0
607	Produto 15	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
717	Produto 16	58,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
735	Produto 17	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
736	Produto 18	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
676	Produto 19	31,2	31,2	31,2	31,2	0,0	0,0	0,0
718	Produto 20	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
583	Produto 21	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
237	Produto 22	20,0	20,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0
236	Produto 23	24,0	24,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0
750	Produto 24	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
749	Produto 25	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	0,0	0,0

Fonte: Primária

Um tempo de processamento como, por exemplo, se o molde possuir um tempo de ciclo de 46 segundos e oito cavidades, ele ira produzir a cada 46 segundos oito embalagens Assim foi coletado os dados referentes aos tempos de ciclo dos moldes conforme a tabela 7.

5.1.4 Relação gramas por quantidade

Para elaborar o controle de estoque foi preciso evidenciar a demanda de matéria prima de cada tipo de produto. Como descrito na tabela 8 a seguir.

Tabela 8: Relação gramas por quantidade

Moldes	Gramas	Qde.	g/Qde
651	34.496.028	4.106.000	8,4
708	21.601.784	3.541.276	6,1
696	21.611.889	2.401.321	9,0
591	10.897.805	1.513.584	7,2
604	23.895.612	1.225.416	19,5
592	22.111.843	1.700.911	13,0
678	38.769.136	4.846.142	8,0
230	31.151.115	2.076.741	15,0
544	14.316.504	172.488	8,3
716	10.235.477	1.421.594	7,2
738	26.744.035	4.691.936	5,7
233	16.002.123	2.207.189	7,3
590	11.935.391	1.371.884	8,7
608	10.735.011	1.166.849	9,2
607	9.090.759	1.180.618	7,7
717	35.095.138	1.349.813	26,0
735	24.980.603	609.283	41,0
736	12.890.640	644.532	20,0
676	12.826.672	1.721.701	7,5
718	42.585.808	1.396.256	30,5
583	18.638.797	1.218.222	15,3
237	8.641.094	443.133	19,5
236	11.525.252	365.881	31,5
750	33.794.156	1.536.098	22,0
749	11.993.475	1.262.471	9,5

Fonte: Primária

Foi evidenciada também a relação das matérias primas mais utilizada, a qual corresponde ao PP (polipropileno), como descrito na tabela 9 abaixo.

Tabela 9: Matéria prima mais utilizada

Matéria prima	Total em quilogramas/Ano
PP	234.170
PCTA	145.080
Surlin	102.674
PEAD	34.641

Fonte: Primária

5.1.5 Relação molde por tipo de máquina

A empresa possui um critério de ordenação de pedidos o qual estabelece que cada molde corresponde ou pode ser alocado em uma máquina de tonelagem específica, obedecendo o critério de seleção das menores para as maiores toneladas. Como por exemplo, o molde 651 pode ser alocado na máquina de 180 toneladas até a última tonelada, já o molde 696 não poderia ser alocado na máquina de 180 toneladas, pois não suporta ou não possui a quantidade de pressão necessária para preencher totalmente as cavidades dos moldes. A relação está de acordo com a tabela 10 abaixo.

Tabela 10: Relação molde por tipo de máquina

Molde	Máquina
651	180 T
708	180 T
696	220 T
591	220 T
604	180 T
592	180 T
678	220 T
230	3L/5L D
544	220 T
716	220 T
738	220 T
233	1L/2L
590	220 T
608	180 T
607	180 T
717	300 T
735	300 T
736	300 T
676	220 T
718	300 T
583	220 T
237	1L/2L
236	3L/5L D
750	300 T
749	300 T

Fonte: Primária

5.1.6 Relação produto por matéria prima

Dentre vários tipos de matéria prima que a empresa necessita para sua produção, destaca-se as quatro principais para realizar a simulação Surlin, PP, PCTA e PEAD.

Tabela 11: Relação produto por matéria prima

Produto	Matéria prima
Tpa Malbec masc. s/ conjunto metálico	Surlin
Tpa Olimpo Cinza (A/ Brasilis) - p/ pintura	PP
Sbtpa Esfoliante / Loção Tônica (MAIS)	PCTA
Colar Accordes 80 ml Bege - s/ metalização	PP
Tampa Kryska Laranja	Surlin
Tampa Poetry 50 ml - Vermelha (Morena Flor) - NOVO	Surlin
Caneca Chronos 50g -	PP
Fr. MAIS 100 ml - c/ rosca	PP
Tampa Uomini - (Laranja)	PP
Sbtpa Glamour - 75 ml	Surlin
Caneca Chro BELA -	PP
Fr. St Seda 30 ml rosca 18/415 s/ coex - Laranja polido	PEAD / PP
Sobre Tampa Accordes 80 ml	Surlin
Inserto Renew Bco Metalizado (Luminosity)	PP
Sobretpa Renew - Bco Transp. Met. (Luminosity)	PP
Tpa Chro s/ inserto 50g – Polido	PCTA
Pote Maracatu - p/ decorar	PP
Tampa Maracatu	PP
Inserto Chronos s/ disco 50g - Verde	PP
Pote Chronos 50g – Polido	PCTA
Avon - Caneca p/ Pote	PEAD
Fr. Novo Floratta 200 ml – Azul	PP Sopro
Fr. La Poderosa 300 ml - Laranja c/ adflex	PP Sopro
Sbtpa Chro BELA s/ inserto - Brasil	PCTA
Inserto Chro Bela c/sbtpa s/disco - Prata	PCTA

Fonte: Primária

Cada produto a ser produzido possui um determinado tipo de matéria prima a ser requisitada para produzi-la, assim temos a relação de acordo com a tabela 11.

5.1.7 Quantidade de colaborador por máquina

Cada tipo de molde alocado em sua respectiva máquina possui um determinado número de colaboradores para auxiliar na produção, responsáveis em executar varias tarefas tais como: eliminar a rebarba, verificar se existe defeito na peça, embalar/encaixotar. A relação de número de funcionários altera-se de acordo com a demanda de produção e tipo de produto, pois, dependendo do nível de detalhes envolvidos na embalagem aumenta-se o tempo de execução das tarefas.

5.2 MANIPULAÇÃO DOS DADOS

Após coletado os dados das quantidades de produtos produzidos durante este período de um ano, tem-se um perfil ou uma expressão estatística de cada tipo de produto que atende um determinado comportamento, essas expressões são geradas pelo *input analyser* o qual é um modulo acoplado ao software Arena. Deste modo conciliam-se os pedidos dos clientes que são semanais à quantidade de produtos a serem produzidos.

Com os dados de cavidades e tempo de ciclo calcula-se o tempo de processamento de cada produto, assim este tempo foi alocado às maquinas que produzem os mesmos.

5.2.1 Curva ABC.

Utilizando a ferramenta curva ABC, para evidenciar os itens de maior importância ou impacto, constatou-se que apenas 25 moldes da empresa “X” de Embalagens Ltda. Geram um impacto de 80% de utilização como é descrito a seguir no grafico1, que representa a frequência do número de embalagens produzidas de acordo com o tipo de molde apresentado. E a porcentagem acumulada.

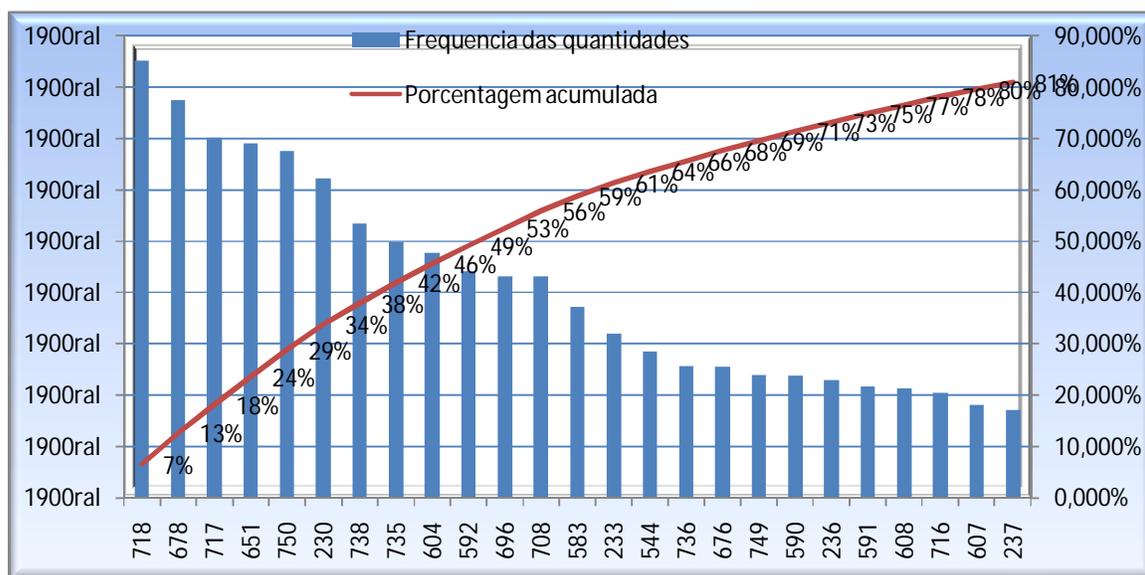


Gráfico 1- Curva ABC

Nota-se pelo gráfico que o molde que mais foi utilizado nesse período foi o molde 718 o qual produz o produto Pote Chronos Polido. E o menos utilizado foi o molde 237 denominado pelo produto Fr. Novo Floratta.

5.2.2 Input Analyser

O Input Analyser (IA) é uma ferramenta padrão oferecida no ambiente Arena. Ela é utilizada para se determinar a qualidade do “casamento” entre as funções de distribuição de probabilidades com os dados de entrada coletados. O próprio programa tem uma opção a qual aponta a melhor distribuição, e logo em seguida um gráfico é apresentado. Esta ferramenta determina a distribuição de probabilidades que melhor adere ao conjunto de dados.

5.2.2.1 Resultados do Input Analyser para explosão dos pedidos

De acordo com o comportamento de chegada de pedidos do molde 749, que é responsável por produzir a embalagem “Inserto Chronos Bela”, dentro do período de análise de um ano, e as quantidades de embalagens descritas em cada pedido. Tem-se um perfil de chegada, o qual é possível observar pelo gráfico 2 que apresenta um histograma dos dados coletados das quantidades de produtos produzidos e a curva de ajuste dos dados analisados.

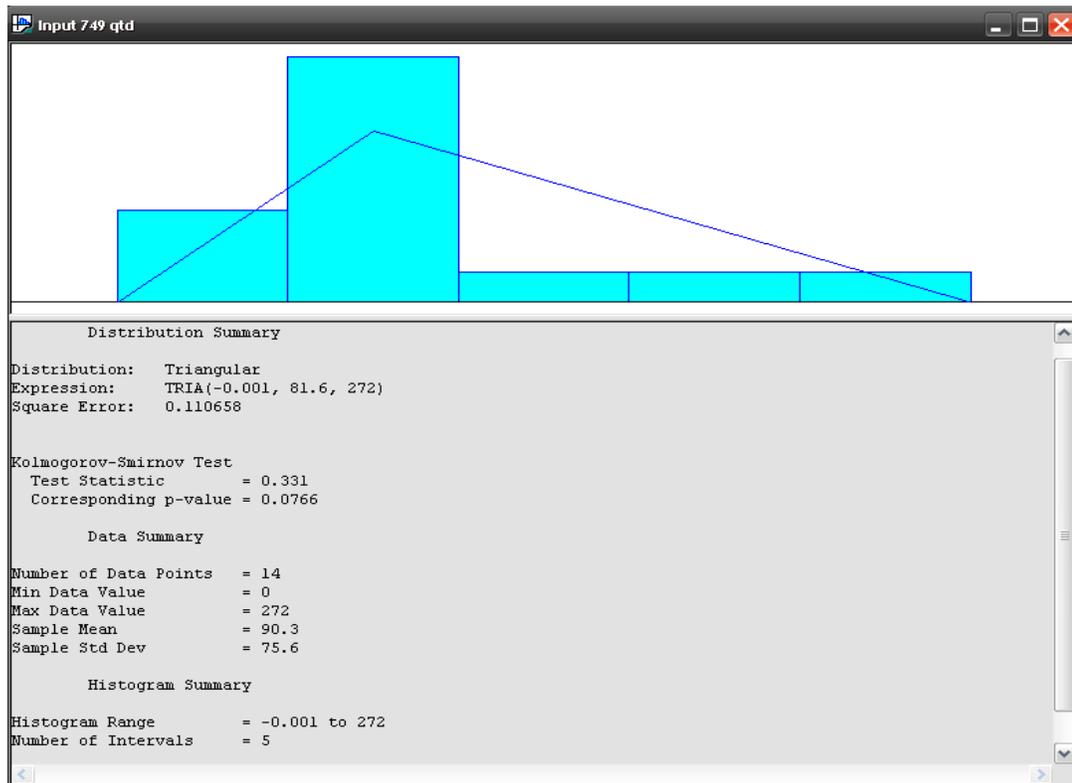


Gráfico 2- Função estatística das quantidades de produtos do molde 749

As estatísticas em relação às quantidades de produtos produzidos pelo molde 749

- Média de 90.3 embalagens do molde 749/semana;
- Desvio padrão de 75.6 embalagens do molde 749/semana;
- Número máximo de produto do molde 749 produzidos em uma semana foi de 272;

Cada quantidade expressa esta em milhares de unidades.

A melhor função capaz de representar os dados coletados obedece a uma distribuição triangular com as seguintes características:

- Distribuição Triangular
- Expressão: TRIA (-0.001, 81.6, 272)
- Erro: 0.110658

6 Simulação - Desenvolvimento dos modelos

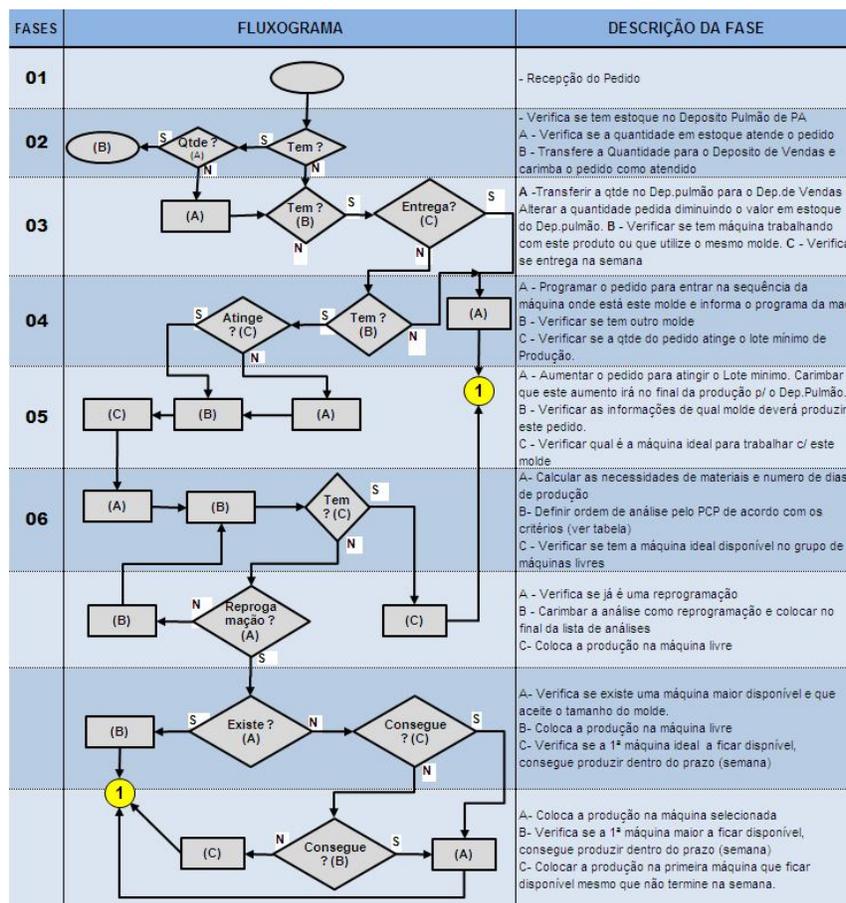
Analisando todas as atividades envolvidas no processo detalhadamente iniciando desde a recepção de pedidos até a entrega do produto final. Evidenciando fatores que possam interferir no processo com o objetivo de criar um modelo ideal, mas dentro dos padrões estabelecidos pela empresa.

As principais atividades foram divididas em:

- Recepção dos pedidos e Seleção de máquinas
- Fluxograma de produção
- Transferência de estoque

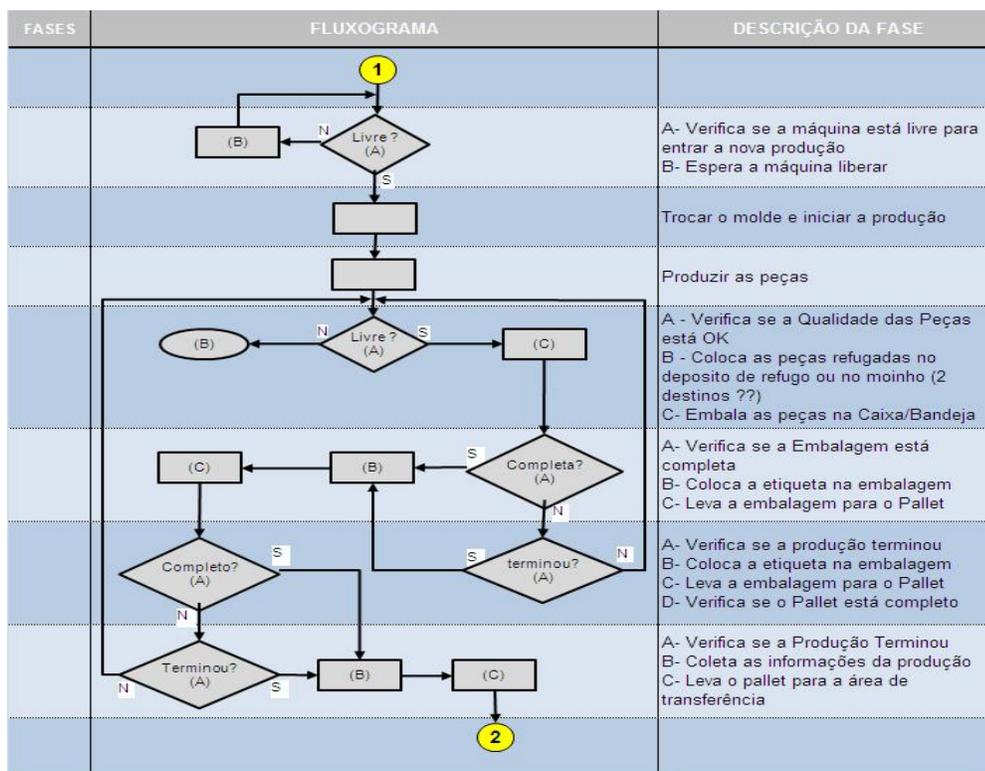
6.1.1 Recepção dos pedidos e Seleção de máquinas

De acordo com uma seqüência lógica de passos a serem realizados para tarefa como, verificar se existe estoque pulmão, verificar qual máquina está trabalhando com o mesmo molde, máquina vazia, tempo de produção entre outros parâmetros, foram elaborados três fluxogramas que explicam detalhadamente cada uma das fases do processo, conforme figuras a seguir:



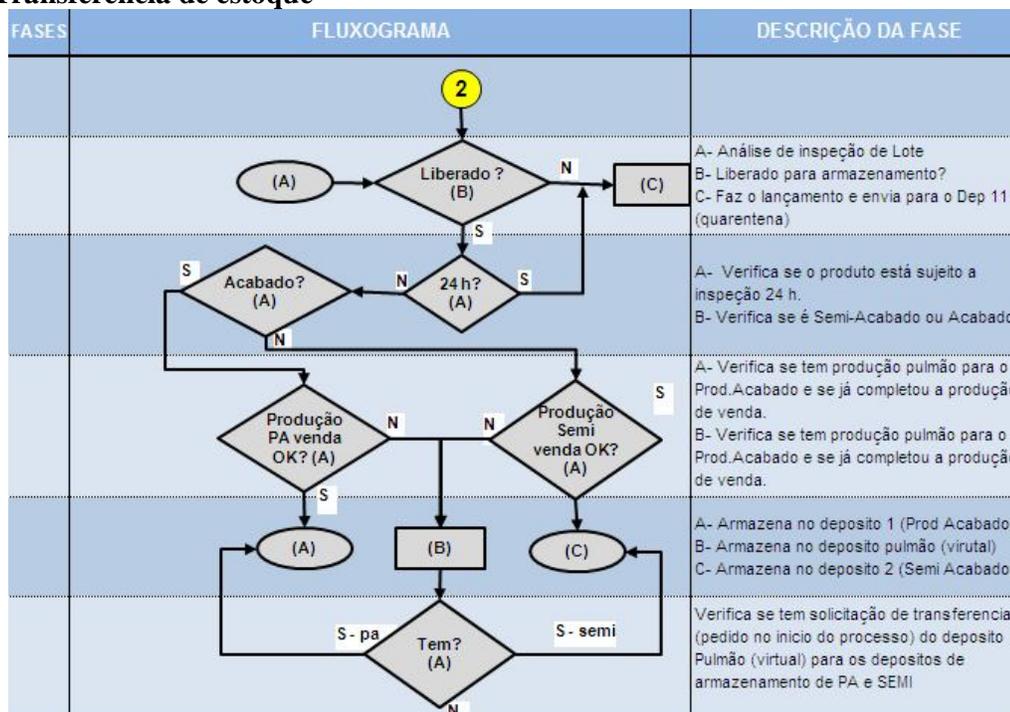
Fluxograma 2: Processos do PCP

6.1.2 Fluxograma de produção



Fluxograma 3: Processo de liberação das máquinas e embalagem das peças

6.1.3 Transferência de estoque



Fluxograma 4: Processo de verificação da produção para o pulmão

A partir da seqüência das atividades realizadas e com o conhecimento do processo e o tempo de todas as atividades envolvidas nos processos, desenvolveu-se o modelo no Arena a partir da geração da chegada dos pedidos, máquinas envolvidas no processo e seus respectivos colaboradores “recursos” e o armazenamento das peças acabadas.

6.2 MODELAGEM DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO

A primeira simulação é experimental, ou seja, é a base da simulação sendo que os dados foram inseridos de acordo com o acontecimento real da empresa, ou seja, de acordo com o período pré-estabelecido para o cenário I. Assim com bases nesses dados pode-se intervir na simulação até atingir o ponto ótimo “melhor solução”. Dentre as 25 chegadas ou tipos de produtos, foram analisados quatro tipos de produtos, os quais foram selecionados baseado na maior quantidade produzida e no maior volume de pedidos durante o ano. Os moldes (produtos) escolhidos foram os seguintes: molde “749” (produto “Insero Chronos Bela” com sobre tampa, sem disco e na cor prata), o molde “651” (Tampa Malbec masculino sem conjunto metálico), o molde “678” (Caneca Chronos 50g) e o molde “738” (Caneca Chronos BELA).

Em relação as 25 maquinas, foram ativadas apenas quatro tipos de maquinas a “180 T”, “220 T”, “230 T” e “300 T” para serem analisadas durante a simulação.

De forma similar, apenas se alterando as equações estatísticas e o número das variáveis foram elaborados os quatro produtos, desta forma só serão mostradas as ferramentas relacionadas ao produto 25 representado pelo molde 749.

6.3 CENÁRIO I- CARACTERIZAÇÃO DOS MÓDULOS

Neste cenário explicam-se os modelos dos módulos apenas para o molde 749, para os outros três moldes foram adotados os mesmos módulos, porem só alterou-se os dados e as formulas estatísticas.

Nesta primeira analise os recursos são apresentados por apenas três tipos de maquinas (180T, 220T e a 300T), quatro tipos de produtos e quatro funcionários que trabalham de acordo com a demanda de produção. Com uma produção anual de 14.907.219 unidades de embalagens plásticas.

Chegada dos pedidos

A Figura 11, destaca o modulo designado para a chegada de pedido referente ao produto “749” (*Inserto Chronos Bela*), chega-se 1 pedido a cada 7 dias num total de 53 possibilidades de entrada de pedido por molde no período (ano). A “*Entity Type*” representa o pedido do molde ”749”. A “*Entities per Arrival*” é determinada pela variável (*agendaProd_749*) a qual significa agenda do produto 749 que permite a entrada do pedido de acordo com o agendamento pré-determinado.

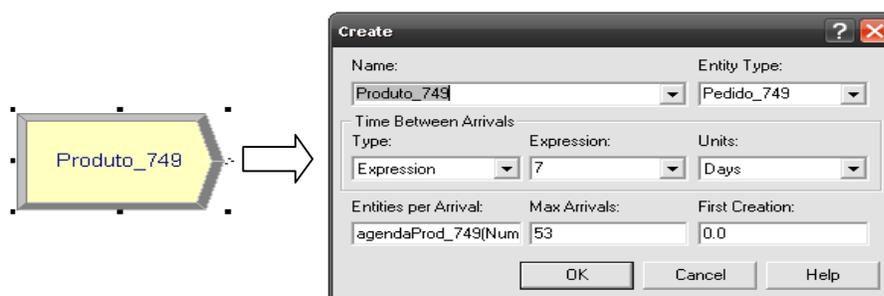


Figura 11: Intervalo de chegada de pedidos do molde 749

Explosão dos pedidos

A figura 12 representa a explosão dos pedidos, ou seja, esta ferramenta (*Separate*) possui duas saídas uma onde o pedido irá sair e outra a quantidade de produtos a serem produzidos (explosão) a qual obedece a uma expressão triangular (-0,001,81.6,272).

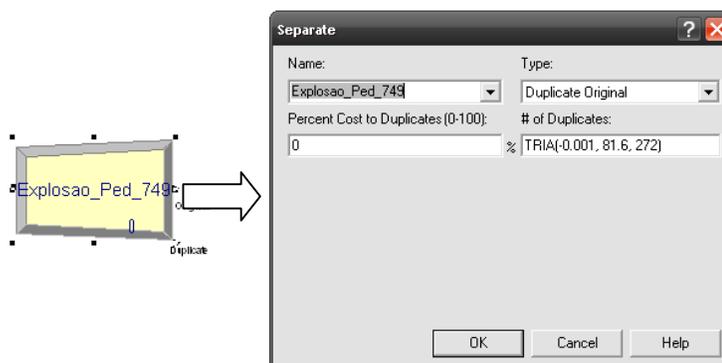


Figura 12: Explosão dos pedidos do molde 749

Lote mínimo e estoque pulmão

Lote mínimo é determinado pela política da empresa, ou seja, a empresa produz no mínimo uma quantidade pré-determina por pedido, quando o pedido é inferior a esse lote mínimo necessariamente

produz-se uma quantidade a mais requerida pelo pedido, assim essa diferença é estocada no setor de produto acabado o qual é chamado de estoque pulmão.

De acordo com a figura 13, tem-se o módulo (*Decide*) o qual permite uma tomada de decisão de acordo com a expressão, a pergunta a ser realizada é se a quantidade de peças explodidas do pedido em análise é maior ou não que o lote mínimo de produção.

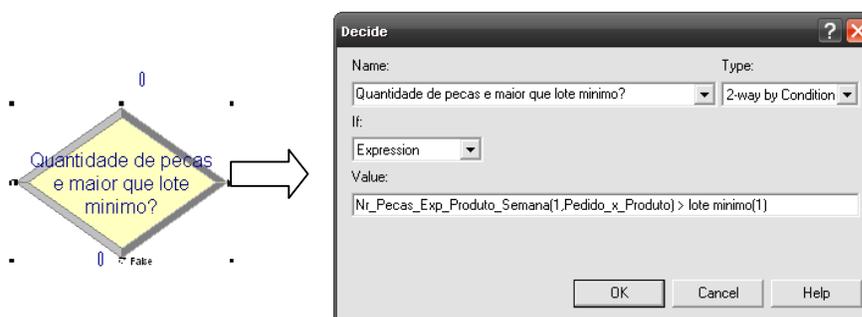


Figura 13: Decisão para enquadrar ao lote mínimo de produção do molde 749

Estoque pulmão é responsável em armazenar por um determinado período peças acabadas, até que possam ser compatível com outro pedido posterior. De acordo com a figura 14, têm-se os outro *Decide* que é responsável em determinar se tem estoque pulmão ou não.

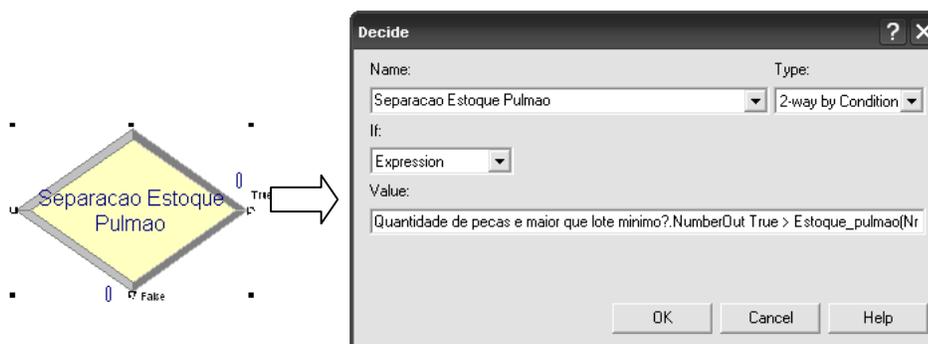


Figura 14: Verifica a quantidade do estoque pulmão do molde 749

Logo em seguida temos a ferramenta (Remove) responsável em dar baixa nas peças do estoque pulmão e enviá-las para o setor de armazenagem de produto acabado. (Queue name) é

responsável em definir ou indicar qual o nome da fila que será removido à entidade no caso as peças prontas.

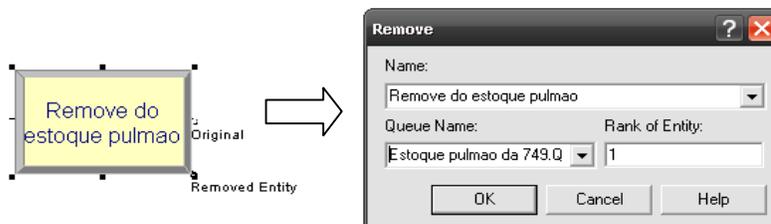


Figura 15: Subtrai peças acabadas do estoque pulmão do molde 749

Lead Time

Cada pedido possui uma quantidade de produtos para serem fabricados, assim cada um tem um tempo de processamento. O tempo limite ou maximo de processamento de um pedido na empresa é de 7 dias, ou seja, esse tempo é o lead time máximo admissível. Assim toda vez que entra um pedido novo é necessário verificar qual seu tempo de processamento e se pode aproveitar outro molde na maquina que atende aos mesmos requisitos do pedido, ou se é necessário alocar outro molde na máquina, todas essas alternativas atendendo ao *lead time* limite de produção.

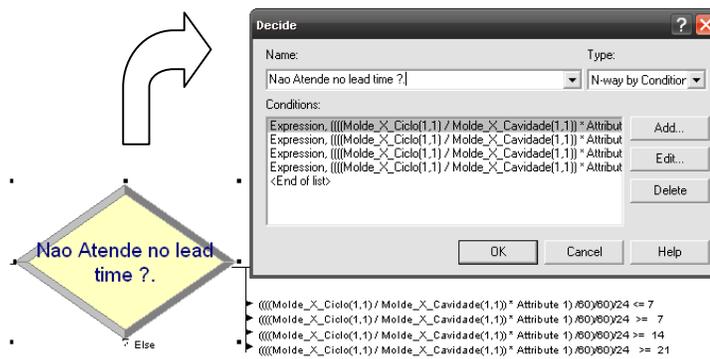


Figura 16: Lead Time do processamento do molde 749

De acordo com a figura 16 temos uma ferramenta de decisão por condição a qual calcula o lead time e toma a decisão para o pedido, para que este não extrapole o lead time. Neste caso temos quatro condições a primeira é se o pedido atende o lead time com apenas um molde para fabricá-lo, segundo para dois moldes, o terceiro três e o quarto para quatro moldes. O campo (Type) refere-se a varias condições indexadas.

Máquinas

Cada produto possui uma determinada quantidade de moldes disponível para atendê-lo e com isso tem a possibilidade de ser fabricado simultaneamente em máquinas diferentes, de acordo com o número de molde e máquinas disponível, como por exemplo, o molde “749” representado pelo produto “25” possui cinco moldes.

Antes de cada máquina temos um *decide* (2-way by condition) para, direcionar o produto para ser processado somente na máquina que estiver vazia, o campo (*value*) foi preenchido com $(NR(Prod_1Maq_1) == 0)$ a qual se refere a máquina “1” perguntando se ela está vazia ou não, de acordo com a figura 17 abaixo.

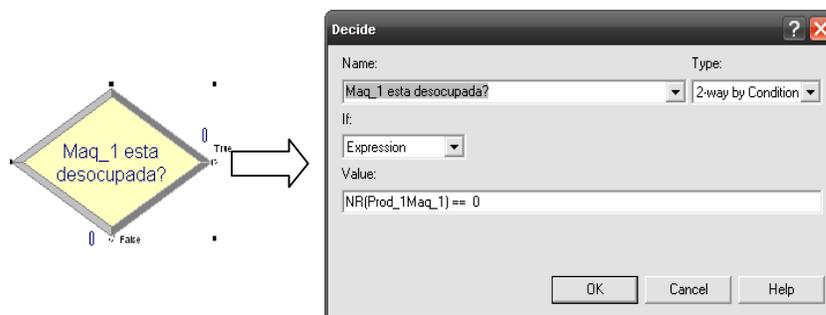


Figura 17: Alocação em maquina desocupada

Na seqüência tem-se a representação da máquina mostrada na figura 18, onde foi utilizado módulo *Process*, a lógica utilizada *Action* ou ação foi *Seize-Delay-Release* responsável em, ocupar o recurso no caso a maquina, deixar ocupado esta maquina de acordo com o tempo de processamento e em seguida liberar o recurso maquina.

O campo *Resource* é representado pelo número de operário que opera a máquina.

O *Delay type* é o tempo de processamento que é representado pela expressão $((Attribute\ 1 * Molde_X_Ciclo(25,1)) / Molde_X_Cavidade\ (25,1))$, onde o *Attribute 1* refere-se a quantidade de peças que o pedido possui, vezes o tempo de ciclo do molde “749” dividido pelo número de cavidades, esta formula é expressa em segundos, tendo assim o tempo de processamento de um pedido.

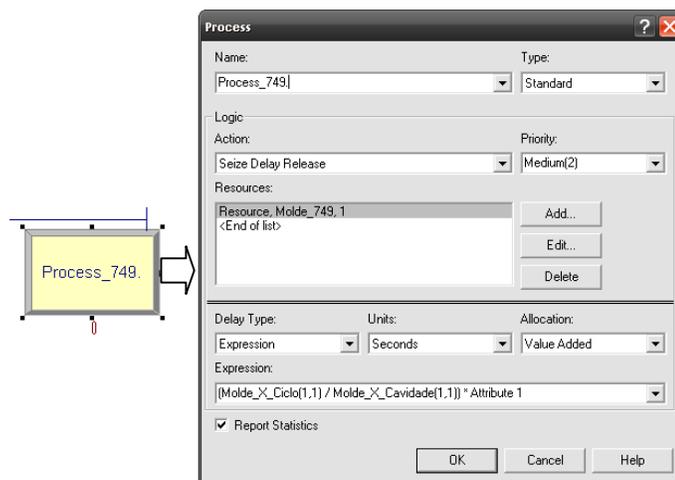


Figura 18: Tempo de processamento na máquina do molde 749

Estoque de matéria prima

De acordo com os 25 moldes apresentados tem-se o consumo de quatro tipos de matéria prima a ser considerada (Surlin, PP, PDCA e PEAD). Em relação a matéria prima, foi considerado que sempre existe as quantidades para atender as necessidades de processo, pois a política da empresa visa sempre obedecer a um estoque mínimo de matéria prima. Foi utilizado o módulo *hold* representado pela figura 19, onde o campo *type* foi estabelecido como *infinite hold*, assim a matéria prima fica armazenadas em silos do qual é retirada assim que o processo exige.

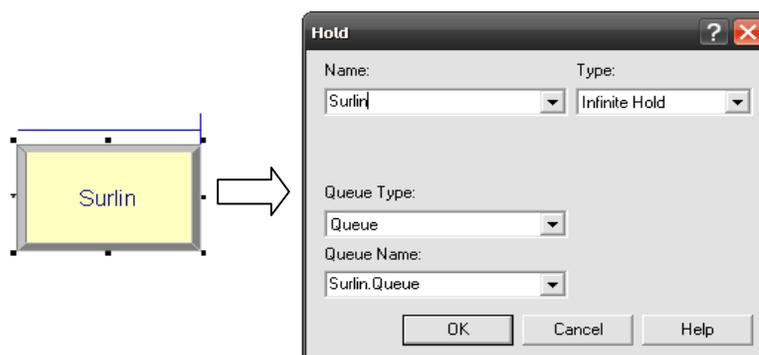


Figura 19: Estoque de matéria prima

O arranjo das quatro matérias primas com suas respectivas chegadas dos fornecedores, e silos foi alocado de acordo com a figura 23 abaixo.

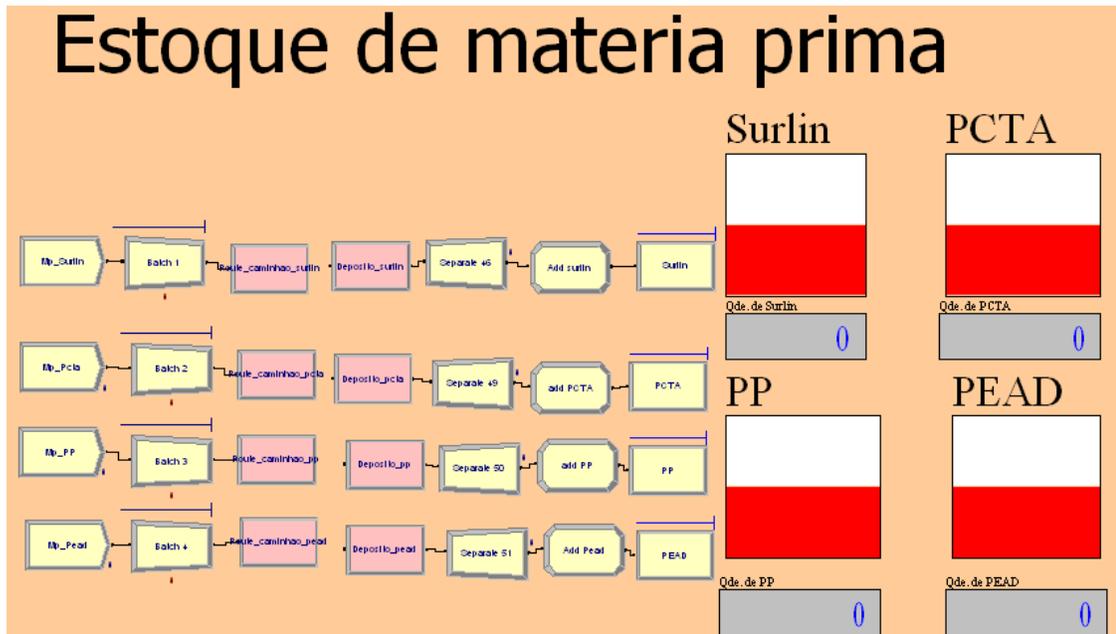


Figura 20: Representação dos silos de armazenagem de matéria prima

Processo dos colaboradores

De acordo com a função dos operários da produção de tirar a rebarba e embalar o produto, foi utilizado o módulo *Process* para tal fim.

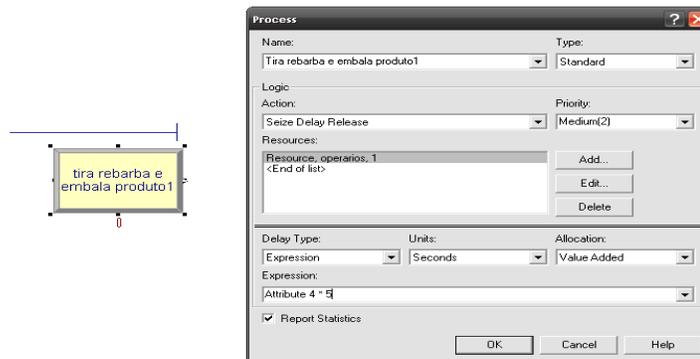


Figura 21: Processo dos operários

De acordo com a figura 21 tem-se os colaboradores que necessitam de um tempo médio de cinco segundos multiplicado pelo “*Attribute 4*” para a execução de sua tarefa, o atributo refere-se a quantidade do pedido do produto 4.

Transportadores

Foram utilizados dois carrinhos de mão através dos quais se transporta os produtos em caixas de papelão, da produção até a área de espera e posteriormente para o setor de expedição. É utilizada uma empilhadeira para retirar os *palets*, com caixas de produtos acabados, e transportar até o caminhão.

Para a execução desta atividade foi utilizado o módulo *Transport* de acordo com a figura 22. Este módulo foi utilizado para os demais transportadores alterando-se apenas o nome do transportador e a velocidade.

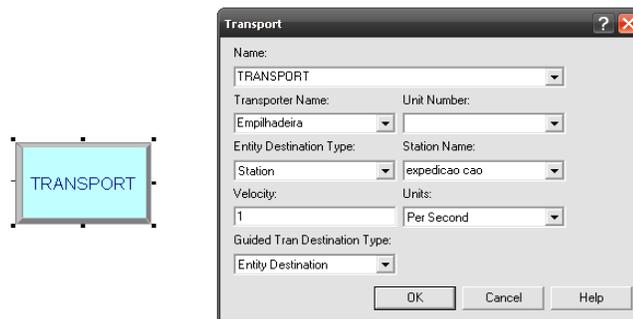


Figura 22: Transportadores

Da mesma forma em que foi apresentado o uso de algumas ferramentas, também foi aplicado para os produtos restantes mudando apenas os valores e as expressões atendendo cada caso.

Simulação gráfica

Foi elaborado um desenho em 3D, conforme figura 23, do processo produtivo e da expedição da fábrica para dar uma noção mais nítida da simulação, em relação ao layout e disposição das máquinas e equipamentos.

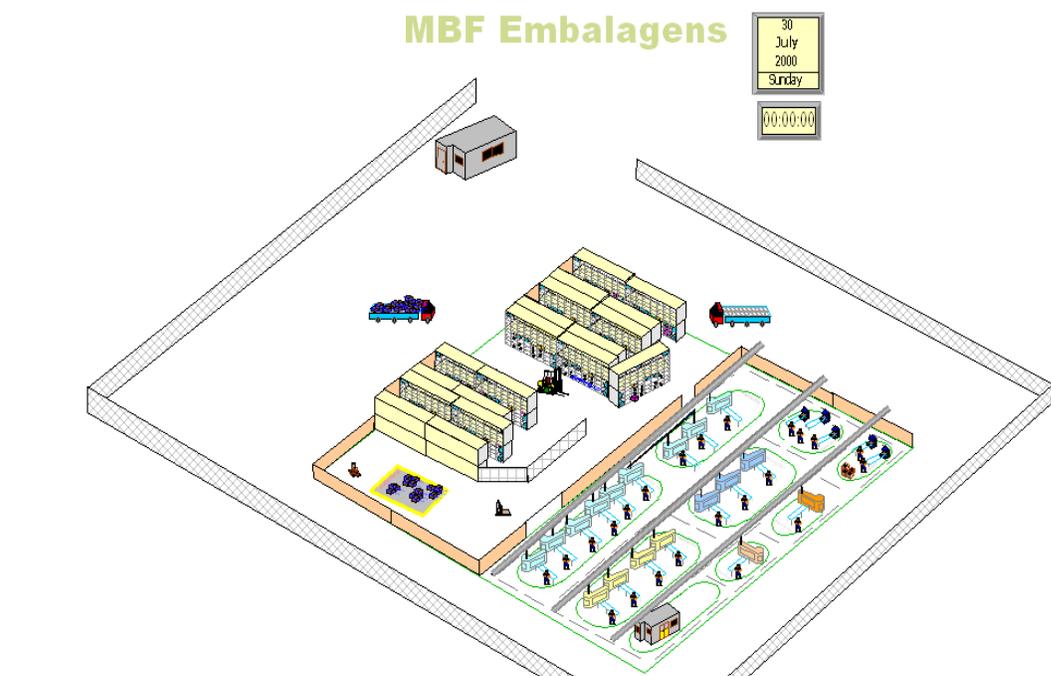


Figura 23: Simulação gráfica

6.3.1 Resultados - Cenário I

O cenário “1” simula a situação real de processo, ou seja, a partir dele pode-se verificar e identificar problemas nos processos, esta simulação apresenta as características reais da empresa diferenciando somente o número de pedidos e as quantidades de funcionários e máquinas. Este cenário criado apresenta três tipos de máquinas, quatro tipos de produtos e quatro colaboradores que trabalham de acordo com a demanda de produção.

6.3.1.1 Análise do lead time

Após a simulação e obtido os valores de *lead time* dos processos, tais como injeção, tira rebarba e embalar produtos, tem-se para o produto “1” um *lead time* com uma média de 7,7 dias para finalizar o pedido, para o produto “11” tem-se 9,5 dias, o produto “25” o tempo é de 9,1 dias e por ultimo é 8,3 dias para o produto “7”, dados conforme tabela 12. Neste cenário foram utilizados quatro colaboradores, estes operam em máquinas diferentes ao decorrer do ano, sendo que podem executar suas tarefas em conjunto ou não dependendo da necessidade de produção.

Tabela 12: Lead time 1

16:37:28		Category Overview		outubro 8, 2010	
Unnamed Project					
Replications:	1	Time Units:	Days		
User Specified					
Tally					
Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value	
lead time_produto_1	7.6923	(Insufficient)	0.5529	13.4488	
lead time_produto_2	8.2512	(Insufficient)	1.6049	15.2597	
lead time_produto_3	9.4406	(Insufficient)	0.4034	20.7931	
lead time_produto_4	9.1038	(Insufficient)	3.2917	17.2860	

Fonte: Primaria

6.3.1.2 Análise dos recursos

De acordo com a tabela 14 tem-se que a máquina de 180T representada pela “maq1” e se obteve um percentual de ocupação de 80% durante o ano, para máquina de 300T representada por “maq10” a ocupação foi de 50% e para última máquina de 220T representada pela “maq3” obteve-se 65% de ocupação. O restante das máquinas que estão com valor de 0% de ocupação significa que as respectivas maquinas foram desativadas, ou seja, não participaram do cenário analisado.

Em relação a ocupação dos moldes tem-se que para o molde “651” a ocupação foi de 82%, para o molde “678” obteve-se 49%, para o molde “738” obteve-se 32% e finalmente para o molde “749” obteve-se 19% de ocupação. Conforme a tabela 13.

Tabela 13: Analise dos recursos1

16:37:28		Category Overview		outubro 8, 2010	
Unnamed Project					
Replications:	1	Time Units:	Days		
Resource					
Usage					
Scheduled Utilization	Value				
maq1	0.8016				
maq10	0.5033				
maq11	0.00				
maq12	0.00				
maq13	0.00				
maq14	0.00				
maq15	0.00				
maq16	0.00				
maq17	0.00				
maq18	0.00				
maq19	0.00				
maq2	0.00				
maq20	0.00				
maq21	0.00				
maq22	0.00				
maq23	0.00				
maq3	0.6503				
maq4	0.00				
maq5	0.00				
maq6	0.00				
maq7	0.00				
maq8	0.00				
maq9	0.00				
Molde_651	0.8278				
Molde_678	0.4970				
Molde_738	0.3250				
Molde_749	0.1909				

Fonte: Primaria

6.3.1.3 Análise da quantidade de pedidos

De acordo com a gráfico 3 tem-se a quantidade de pedidos durante o ano de cada produto, tendo para a “Caneca chronos Bela” 25 pedidos, “Caneca chronos” 32 pedidos, “Inserito chronos Bela” com 11 e a “Tampa Malbec masculino” com 52 pedidos.

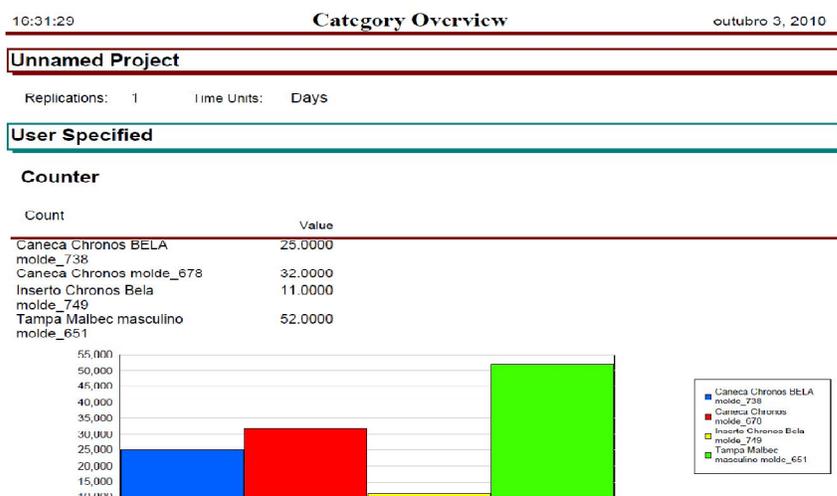


Gráfico 3: Análise da quantidade de pedidos
Fonte: Primaria.

6.3.1.4 Análise das quantidades de cada pedido

De acordo com o grafico 4 tem-se as quantidades de cada pedido, A “Tampa Malbec masculino” com 410.6670 unidades, “Caneca chronos” se destacando com a maior produtividade 4.846.142 unidades, Caneca chronos Bela 469.1936 unidades. E o “Inserito chronos Bela” com 1.262.471 unidades.

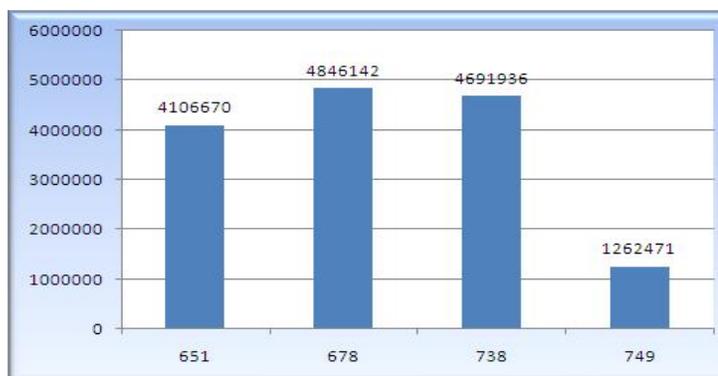


Gráfico 4: Análise das quantidades de cada pedido
Fonte: Primaria

6.4 ANÁLISE DO CENÁRIO II

Na segunda simulação não se altera as características do modelo, apenas incrementam-se em 30% os pedidos (aumento de produção), é contratado um novo operário e adquiri-se uma maquina de 220T.

6.4.1 Resultados Cenário II

6.4.1.1 Análise do lead time

Após a segunda simulação o resultado obtido em relação ao lead time dos processos, tem-se para o processo do produto1 um lead time com o valor médio de 9 dias, para o produto 11 temos 10,7 dias, 17,4 dias para o produto 25 e por ultimo 12,4 dias para o produto7. De acordo com a tabela 14 abaixo. Para este cenário foi inserido um funcionário, totalizando em cinco, os funcionários operam em maquinas diferentes ao decorrer do ano, sendo que podem executar suas tarefas em conjunto ou não dependendo da necessidade de produção. Em relação a maquinas foi inserido uma maquina de 220T pois maquinas de menor tonelagem apresentam um consumo menor de energia, tendo assim uma economia para a empresa.

Tabela 14: Lead time 2

Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
lead time_produto_1	9.0863	(Insufficient)	0.3388	19.4657
lead time_produto_2	12.4117	(Insufficient)	1.5997	23.8002
lead time_produto_3	10.7005	(Insufficient)	0.1153	25.3714
lead time_produto_4	17.4076	(Insufficient)	4.4704	36.6264

Fonte: Primaria

Nota-se que mesmo com a aquisição de uma maquina e de um funcionário não foram suficientes para atender ao lead time, pois de acordo com a tabela 14 tem-se o lead time médio maior com 17 dias, estando assim muito fora do período de sete dias estipulado pela empresa.

6.4.1.2 Análise dos recursos

De acordo com a tabela 15 tem-se que a maquina de 180T representada pela “maq1” obteve um percentual de ocupação de 80% durante o ano, para a maquina de 300T representada pela “maq10” apresentou uma ocupação de 92%, para a maquina de 220T representada pela “maq3” apresentou uma ocupação de 66% e finalmente por ultimo a maquina de 220T representada pela “maq4” que obteve 49% de ocupação.

Em relação a ocupação dos moldes tem-se, para o molde “651” uma ocupação de 95%, para o molde “678” obteve 58%, para o molde “738” obteve-se 74% e para o molde “749” obteve-se 71% de ocupação.

Tabela 15: Analise dos recursos 2

16:46:26		Category Overview		outubro 8, 2010	
Unnamed Project					
Replications: 1		Time Units: Days			
Resource					
Usage					
Scheduled Utilization		Value			
maq1		0.8034			
maq10		0.9261			
maq11		0.00			
maq12		0.00			
maq13		0.00			
maq14		0.00			
maq15		0.00			
maq16		0.00			
maq17		0.00			
maq18		0.00			
maq19		0.00			
maq2		0.00			
maq20		0.00			
maq21		0.00			
maq22		0.00			
maq23		0.00			
maq3		0.6669			
maq4		0.4937			
maq5		0.00			
maq6		0.00			
maq7		0.00			
maq8		0.00			
maq9		0.00			
Molde_651		0.9580			
Molde_678		0.5828			
Molde_738		0.7437			
Molde_749		0.7199			

Fonte: Primaria

Nota-se que a porcentagem de ocupação de algumas máquinas aumentaram, como por exemplo a máquina de 300T antes ela obtinha uma porcentagem de 50% e neste cenário obteve 92%, isto se deve ao fato de que a máquina adquirida não foi muito eficiente no quesito aumento do fluxo de produção.

6.4.1.3 Análise da quantidade de pedidos e o quantitativo de cada um

As quantidades de pedidos não se alteraram, pois só ocorreu um incremento nas quantidades de cada pedido.

De acordo com o gráfico 5 tem-se as quantidades de cada pedido, A “Tampa Malbec masculino” com 5.338.671 unidades, “Caneca chronos” se destacando com a maior produtividade 6.299.984 unidades, “Caneca chronos Bela” 6.099.517 unidades. E o “Insero chronos Bela” com 1.641.212 unidades.



Gráfico 5: Análise das quantidades de cada pedido com acréscimo
Fonte: Primária.

6.5 ANÁLISE DO CENÁRIO III

Para este cenário foi estipulado o mesmo acréscimo (igual ao do cenário II) de 30% na produção de cada produto e a contratação do funcionário não se alterou, porém ao invés de comprar uma máquina de 220T como anteriormente, adquiriu-se uma de 300T com o intuito de diminuir o *lead time* de produção, pois está muito acima do período estipulado pela fábrica que seria de 7 dias. Cada produto possui uma máquina (tonelagem) correspondente, como todos os pedidos podem ser processados na máquina de 300T, logo esta pode ser considerada uma boa solução.

6.5.1 Resultados Cenário III

6.5.1.1 Análise do *lead time*

Na simulação do cenário III, o resultado obtido em relação ao *lead time* para o processo, tem-se para o processo do produto “1” um *lead time* com o valor médio de 8,4 dias, para o produto “11” tem-se 9,2 dias, para o produto “25” obteve-se 11 dias e finalmente por ultimo 10,4 dias para o produto “7”, conforme a tabela 16.

Tabela 16: Lead time 3

16:41:38		Category Overview		outubro 8, 2010	
Unnamed Project					
Replications: 1		Time Units: Days			
User Specified					
Tally					
Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value	
lead time_producto_1	8.4953	(insufficient)	0.3388	17.4027	
lead time_producto_2	10.4277	(insufficient)	1.5997	19.8356	
lead time_producto_3	9.2961	(insufficient)	2.9103	25.3714	
lead time_producto_4	11.0530	(insufficient)	4.2792	20.4541	

Fonte: Primária.

Tem-se que o *lead time* de todos os produtos foi reduzido, como por exemplo, o produto quatro que obteve uma redução em seis dias no *lead time* de produção.

6.5.1.2 Análise dos recursos

De acordo com a tabela 17 tem-se que a máquina de 180T representada pela “maq1” obteve um percentual de ocupação de 75% durante o ano, a máquina de 300T representada pela “maq10” apresentou uma ocupação de 51%, para a maquina de 300T representada pela “maq11” apresentou uma ocupação de 29% e finalmente por ultimo a maquina de 220T representada pela “maq3” que obteve 59% de ocupação.

Em relação à ocupação dos moldes tem-se, para o molde “651” uma ocupação de 96%, para o molde “678” obteve-se 59%, para o molde “738” obteve-se 77% e para o molde “749” obteve 23% de ocupação.

Tabela 17: Análise dos recursos 3

16:41:38		Category Overview		outubro 8, 2010	
Unnamed Project					
Replications: 1		Time Units: Days			
Resource					
Usage					
Scheduled Utilization		Value			
maq1		0.7578			
maq10		0.5155			
maq11		0.2919			
maq12		0.00			
maq13		0.00			
maq14		0.00			
maq15		0.00			
maq16		0.00			
maq17		0.00			
maq18		0.00			
maq19		0.00			
maq2		0.00			
maq20		0.00			
maq21		0.00			
maq22		0.00			
maq23		0.00			
maq3		0.5970			
maq4		0.00			
maq5		0.00			
maq6		0.00			
maq7		0.00			
maq8		0.00			
maq9		0.00			
Molde_651		0.9655			
Molde_678		0.5939			
Molde_738		0.7778			
Molde_749		0.2355			

Fonte: Primaria

A porcentagem de ocupação de todas as máquinas diminuíram, como por exemplo a máquina de 300T antes obtinha uma porcentagem de 92%, neste cenário obteve 51%, isto se deve ao fato de que a máquina adquirida foi eficiente.

7 Conclusão

Este trabalho apresentou um modelo de simulação da produção de produtos de embalagens plásticas da empresa X de Embalagens Ltda. Com o intuito de prever tomadas de decisões para se antecipar ao problema. Assim foram criados três cenários para identificação de possíveis problemas e logo em seguida foi proposta uma melhoria.

O cenário I apresenta apenas três tipos de máquinas, quatro tipos de produtos e quatro colaboradores que trabalham de acordo com a demanda de produção. Com uma produção anual de 14.907.219 unidades de embalagens plásticas.

O cenário II apenas altera as quantidades dos pedidos, com um incremento de 30% na produção de cada produto resultando numa produção anual de 19.379.384 unidades. A contratação de um novo colaborador, pois é constatado um gargalo nos processos de tirar rebarba e embalar os produtos, totalizando em cinco colaboradores que trabalham de acordo com a demanda de produção. E numa aquisição de uma máquina de 220T, pois apenas com as três máquinas anteriores não foram suficientes para atender ao incremento da produção. Deste modo o processo torna-se eficiente atendendo melhor a demanda da produção e minimizando o máximo o *lead time* de produção.

O cenário III apresenta uma melhoria em relação ao anterior, pois mesmo com a contratação de um colaborador e uma máquina de 220T, o gargalo continuou, assim foi substituída a máquina de 220T pela de 300T, pois esta última não possui restrição de pedidos, ou seja, todos os pedidos podem ser produzidos nesta máquina. Além do benefício de reduzir o *lead time* do processo, teve-se uma redução na ocupação das outras máquinas e na própria máquina adquirida, a máquina “1” teve uma redução de 5% de ocupação, a máquina “10” de 41% e a máquina “3” de 7%. A máquina adquirida no cenário II teve um percentual de ocupação de 49% de ocupação, enquanto a máquina nova adquirida obteve 29%. Com esta redução da utilização tem-se melhor rendimento das máquinas, a única desvantagem da máquina de 300T em relação a de 220T é o alto custo com energia elétrica.

Em fim, pode-se afirmar que a simulação é uma técnica que facilita o entendimento e a visualização de situações analisadas através da modelagem, ela pode auxiliar o planejamento de atividades e prever problemas futuros. Neste caso a produção foi maximizada em 30%, e as únicas mudanças realizadas foram a aquisição de uma máquina de 300T e a contratação de um colaborador.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEN. Disponível em:

<http://www.abre.org.br/centro_dados.2009.php>. Acesso em: 17 de maio 2010.

ARENA. Disponível em: <erlang.com.br/arena.asp>. Acesso em: 16 de maio 2010.

BANKS, John S.; CARSON, Barry L. Nelson. **Discrete-Event System Simulation**. New York: Prendice-Hall, 1984.

ENEGEP 2009. **Gestão de serviços na área da saúde**: a simulação computacional no auxílio da tomada de decisão. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_615_13671.pdf>.

Acesso em: 7 abr. 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

Household & Cosméticos REVISTA -H&C:. Disponível em:

<freedom.inf.br/revista/hc24/cosmeticos.asp>. Acesso em: 17 de maio 2010

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. Ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

MESTRINER. **ABRE**. Disponível em: <www.abre.org.br/centro_dados.2009>. Acesso em: 17 maio 2010.

PRADO, Darci; GODOY, José Martins. **Usando o Arena em Simulação**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, Mg, 1999.

PIDD, Michael. *Modelagem Empresarial: Ferramentas para tomada de decisão*. Tradução de Gustavo Severo de Borba et al. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PRITSKER, Alan B.; SIGAL, C.; HAMMESFAHR, R. *Papers, Experiences, Perspectives*. Estados Unidos da América, Donnelley & Sons, 1990.

PEDGDEN, C. Dennis; SHANNON, Robert E.; SADOWSKI, Randall P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2nd. ed. New York: Mcgraw-Hill, 1990.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M., Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC/ PPGE/ LED, Florianópolis, 2001.

SHANNON, Robert E.. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2. ed. New York, Ny, Usa: Mcgraw-hill, 1992. 640 p.

TORRES, I.; COSTA, M. A. B. da. **Introdução à Simulação com Arena**: conceitos básicos de modelagem. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2005. 52 p. Apostila.

TEORIA DAS FILAS. Disponível em: <<http://eps.ufsc.br/disserta97/taveira/cap3.htm>>. Acesso em: 28 maio 2009.

VACCARO, Guilherme Luís. R. **Modelagem e Análise de Dados em Simulação**. Exame de Qualificação (Doutorado). PPGC/UFRGS, Porto Alegre, 1999.

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Engenharia de Produção

Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900

Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196