

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática

**Planejamento e Controle da Produção e Tecnologias
Agregadas**

Diogo Cesar dos Santos Tortajada

TG-EP-20-05

Maringá - Paraná

Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática

**Planejamento e Controle da Produção e Tecnologias
Agregadas**

Diogo Cesar dos Santos Tortajada

TG-EP-20-05

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção - Ênfase em Software, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: *Prof^a. Dra. Márcia Marcondes Altimari Samed*

Maringá – Paraná

2006

Diogo Cesar dos Santos Tortajada

Planejamento e Controle da Produção e Tecnologias Agregadas

Este exemplar corresponde à redação final da monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

Orientadora: Prof^a. Dra. Márcia Marcondes Altimari Samed
Departamento de Informática, CTC.

Prof^a. M.Sc. Maria de Lourdes Santiago Luz
Departamento de Informática, CTC.

Prof. Ademir Carniel
Departamento de Informática, CTC.

Maringá, Janeiro de 2006.

"Por mais crítica que seja a situação e as circunstâncias em que te encontrares, não te desesperes. Nas ocasiões em que tudo inspira temor, nada deves temer. Quando estiveres cercado de todos os perigos, não deves temer nenhum. Quando estiveres sem nenhum recurso, deves contar com todos. Quando fores surpreendido, surpreende o inimigo ...".

Sun Tzu - A Arte da Guerra

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por iluminar meus caminhos e estar presente em todos os momentos.

Obrigado, em especial, à professora Márcia Marcondes Altimari Samed, que além da orientação e apoio foi de fundamental importância para conclusão deste trabalho.

Obrigado, em especial, ao professor Ademir Camiel, pela contribuição em meu trabalho e vida com conselhos, idéias e apoio que me ajudaram a vencer e concluir este trabalho.

Obrigado também, em especial, ao professor da UFSCAR Alceu Gomes Alves Filho, pelo apoio e “confiança de pai” que depositou em minha pessoa quando necessitei ajuda.

Obrigado também, em especial, ao aluno da UFSCAR Fabiano Bueno Coimbra, pelo apoio e confiança que depositou em minha pessoa num momento de dificuldade.

Obrigado àqueles que não participaram de forma direta neste trabalho, mas que dão base à minha vida:

Meus pais, que sempre estiveram próximos a mim, constantemente presentes na minha vida me apoiando e cobrando na hora certa, pessoas com quem aprendo muito dia após dia sobre a vida

Aos meus irmãos que me ajudam todos os dias me apoiando com muito carinho para que eu conquistar meus objetivos.

A meus parentes que estiveram ao meu lado me dando apoio e força para que eu conseguisse atingir meus objetivos.

Obrigado a todos meus amigos, Guga, Carlão, Carol, Jô, César, Thi, Bóia, Jé, Guarda, Aurora e Michel, pelas farras, pelo carinho, pelas batalhas, pelas conquistas, até mesmo pelas derrotas e principalmente pela amizade.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.2 - Justificativa.....	2
1.3 – Objetivos	2
1.3.1 – Objetivo geral.....	2
1.3.2 – Objetivos específicos.....	2
1.4 - Estrutura do Trabalho	3
2 - SISTEMAS PRODUTIVOS E TECNOLOGIAS AGREGADAS.....	4
2.1 - Produção.....	4
2.2 - Sistemas Produtivos	6
2.2.1. Classificação dos sistemas de produção.....	9
2.3 - SIMULAÇÃO	11
2.3.1 - Teoria das filas	12
2.3.2 - Microcomputador e simulação	13
2.3.3 - Sistemas	14
2.3.4 - Modelos.....	15
2.3.5 - Classificação de modelos de simulação.....	16
2.3.6 - Justificativa para o uso da simulação	17
2.3.7 - Aplicações de simulação em linhas de produção e manufatura.....	19
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 - Elementos da Simulação	22
3.2 – Passos da Simulação.....	23
3.3 - Materiais	26
4 – ESTUDO DE CASO.....	29
4.1 – O Ambiente em que se Desenvolveu o Estudo de Caso.....	30
4.2 – Problemática	30
4.3 – Formulação do Problema	31
4.5 - Identificação das Variáveis	33
4.6 – Coleta de Dados.....	34
4.7 - Tratamento de Dados.....	35
4.8 - Modelagem.....	47
4.9 - Resultados da Simulação.....	52
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação.....	23
Figura 3.2 - Estações de trabalho e opções de fluxo para a entidade. Prado (2004).....	28
Figura 4.1 - Fluxo do Sistema de Montagem.....	32
Figura 4.2 - Histograma operação TC - Travete Corpo.....	36
Figura 4.3 - Histograma operação TP - Travete Passante.....	37
Figura 4.4 - Histograma operação PT - Ponta.....	38
Figura 4.5 - Histograma operação ZI - Ziper.....	39
Figura 4.6 - Histograma operação PP -Pala.....	40
Figura 4.7 - Histograma operação VG - Vista, União e Gancho.....	41
Figura 4.8 - Histograma operação LAT -Lateral.....	42
Figura 4.9 - Histograma operação ET - Entre Perna.....	43
Figura 4.10 - Histograma operação PL - Presponto Lateral.....	44
Figura 4.11 - Histograma operação BR - Barra.....	45
Figura 4.12 - Histograma operação Acessório F - Parte da Frente.....	46
Figura 4.13 - Histograma operação Acessório T - Parte da Trás.....	47
Figura 4.14 - Módulo Create.....	48
Figura 4.15 - Módulo Process.....	48
Figura 4.16 - Módulo Dispose.....	48
Figura 4.17 - Módulo Decide.....	49
Figura 4.18 - Módulo Station.....	49
Figura 4.19 - Módulo Leave.....	50
Figura 4.20 - Módulo Hold.....	50
Figura 4.21 - Módulo Signal.....	50
Figura 4.22 - Módulo Batch.....	51
Figura 4.23 - Lógica do Modelo.....	52

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 2.1 - Exemplos de Sistemas de Produção.....	9
Quadro 2.2 - Características do sistema de produção.....	10
Tabela 2.1 - Áreas de atuação da simulação.....	14
Tabela 4.1 - Tipos de Máquinas e suas Quantidades	31
Quadro 4.1 - Tabela de Operações e Máquinas	33
Tabela 4.2 - Recursos	53
Tabela 4.3 - Filas	53
Tabela 4.4 - Modelo 2	54
Tabela 4.5 - Recursos Modelo2.....	54
Tabela 4.6 - Filas Modelo2.....	55
Tabela 4.7 - Modelo3	56
Tabela 4.8 - Recursos Modelo3.....	56
Tabela 4.9 - Filas Modelo3.....	57
Tabela 4.10 - Modelo 4	58
Tabela 4.11 - Recursos Modelo4.....	58
Tabela 4.12 - Filas Modelo4	59
Tabela 4.13 - Modelo5	59
Tabela 4.14 - Recursos Modelo5.....	60
Tabela 4.15 - Filas Modelo5	60
Tabela 4.16 - Modelo6	61
Tabela 4.17 - Recursos Modelo6.....	61
Tabela 4.18 - Filas Modelo6	62

RESUMO

Este trabalho utiliza a simulação computacional como ferramenta tecnológica para o diagnóstico e análise de sistemas produtivos, sendo que, seus resultados são fundamentais nas tomadas de decisões dentro da empresa. A simulação foi utilizada para se fazer um estudo da situação atual e possíveis alterações no sistema de uma fábrica de confecções da região norte do Paraná. A pesquisa inicia-se com o reconhecimento do sistema produtivo a ser simulado e em seguida são feitos, a coleta e tratamento estatístico dos dados que servirão como entradas para o modelo computacional. Partindo-se do sistema atual de montagem da fábrica, algumas modificações no cenário foram aplicadas e analisadas com o propósito de aumentar a produtividade e desempenho do sistema. A ferramenta utilizada nas simulações é o Software Arena. Concluindo a análise sobre o melhor funcionamento do sistema de montagem da fábrica, apresenta-se a melhor configuração conforme os objetivos de produtividade da fábrica.

Palavras chave: Simulação, Software ARENA e Sistemas Produtivos.

1 - INTRODUÇÃO

As organizações vêm sendo tomadas por uma onda de grandes mudanças, devido a diversos fatores mas a principal sendo a globalização. Empresas antes poderosas, com modelos e sistemas produtivos teoricamente sem falhas e com perfeito desempenho, atravessam graves dificuldades e, em muitos casos, realizam grandes mudanças em sua estrutura interna desde Recursos Humanos até o chão de fábrica. Ao mesmo tempo, setores inteiros de mercado estão envolvidos em fusões de grande porte, enquanto outras empresas separam-se. Todos estes acontecimentos se realizam na busca por sucesso e sobrevivência no mercado.

O mundo atual vem sendo chamado de "tecnológico", o que significa que se está cada vez mais cercado de artefatos, objetos, bens e símbolos que remetem à tecnologia. Esta visão vem sendo bastante difundida principalmente através dos meios de comunicação que constantemente divulgam produtos e serviços tecnológicos que vieram para facilitar o cotidiano das pessoas, tornando-a mais confortável, mais rápida, mais eficiente, mais ágil e assim por diante.

Então, por que não utilizar esta ferramenta, "tecnologia", no auxílio dos sistemas produtivos atuais? Muitas empresas já perceberam a importância e utilizam a tecnologia como fator fundamental na busca do sucesso e sobrevivência.

A simulação é uma representação da tecnologia. Neste estudo escolheu-se utilizar uma ferramenta de simulação, o Software Arena, que vem contribuir para uma maior agilidade nas tomadas de decisão. A simulação apenas representa virtualmente o sistema por meio de uma linguagem computacional que se pretende estudar. Como benefícios oferecidos pela simulação, tem-se a possibilidade de analisar projetos, layout, a inserção ou retirada de alguma máquina de uma linha de produção, possibilitando que problemas e falhas possam ser identificados.

1.2 - Justificativa

O interesse neste tema surgiu a partir da busca por um assunto diferenciado e o desafio de utilizar uma ferramenta computacional para desenvolver uma problemática utilizando conceitos do planejamento e controle da produção e de simulação.

Escolheu-se a ferramenta Software Arena por indicação de professores, por apresentar características diversificadas e por haver disponíveis bibliografias sobre o assunto.

1.3 – Objetivos

Os objetivos, geral e específico, deste trabalho são descritos como segue.

1.3.1 – Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar o funcionamento do sistema de uma indústria característica da região, indústria do ramo de confecção de roupas, analisando as atividades que compõem o processo de montagem da fábrica, bem como o comportamento do sistema produtivo e, por meio da Simulação, determinar quais possíveis alterações que contribuam para o aumento da produtividade.

1.3.2 – Objetivos específicos

- Fazer uma revisão bibliográfica sobre simulação e sua natureza;
- Compreender a importância da simulação em sistemas produtivos;
- Expor sobre o Arena, software de simulação utilizado no estudo de caso;
- Apresentar a metodologia de coleta de dados no sistema produtivo da fábrica e seus resultados;
- Apresentar os dados estatísticos relacionados ao funcionamento da fábrica;

- Modelar no software Arena o sistema de montagem da fábrica;
- Analisar os resultados de mudanças feitas no atual cenário da fábrica.

1.4 - Estrutura do Trabalho

Este trabalho se divide em seis capítulos, cuja estrutura é apresentada a seguir.

- Capítulo 1: INTRODUÇÃO

Este Capítulo introduz o trabalho, apresentando a justificativa do tema escolhido para a monografia, os objetivos propostos e a organização do trabalho.

- Capítulo 2: SISTEMAS PRODUTIVOS E TECNOLOGIAS AGREGADAS

São apresentadas neste Capítulo as revisões bibliográficas, conceitos de sistemas produtivos e da tecnologia de simulação.

- Capítulo 3: DESENVOLVIMENTO DA SIMULAÇÃO

Neste Capítulo são apresentados elementos da simulação, passos para o desenvolvimento da simulação e aspectos relevantes sobre o Software Arena.

- Capítulo 4: ESTUDO DE CASO

Apresenta-se, neste Capítulo, a empresa foco do estudo de caso e o detalhamento do processo de produção do sistema de montagem desta empresa, juntamente com todo o desenvolvimento e resultados do processo de simulação.

Capítulo 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta uma análise da ferramenta utilizada, dos resultados obtidos, das dificuldades encontradas, dos benefícios do uso desta ferramenta e da importância do tema no contexto da Engenharia de Produção.

2 - SISTEMAS PRODUTIVOS E TECNOLOGIAS AGREGADAS

Neste Capítulo são apresentados os requisitos teóricos que contribuem para o desenvolvimento do Estudo de Caso, objetivo desta Monografia.

2.1 - Produção

Segundo Slack *et al* (2004), produção é a transformação de entradas em saídas. Ele classifica os recursos em recursos transformados (materiais, informações e consumidores) e em recursos de transformação (instalações e funcionários). Já as saídas correspondem aos bens e/ou serviços produzidos.

Tem-se, então, que a produção está relacionada com a capacidade de gerenciar os diversos recursos empresariais, tais como: mão-de-obra, matéria-prima, informações, entre outros, de modo a gerar um bem ou um serviço. Para que essa área atinja seus objetivos, ou seja, produtos com qualidade e baixo custo, é necessário o uso de conceitos e técnicas de Planejamento, Programação e Controle da Produção.

A contribuição da função produção em uma empresa é vital, pois ela traz vantagem competitiva à organização. Para tanto, deve-se analisar cinco dimensões onde o objetivo de desempenho é fundamental na consecução dessa vantagem. São elas: qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo (Slack *et al* 2004).

Qualidade: O objetivo da qualidade está ligado a “fazer certo as coisas”. Isso implica em satisfazer os consumidores através do fornecimento de bens e serviços em perfeito estado, ou seja, sem erros, que sejam capazes de atender as suas necessidades. Adicionalmente, deve-se buscar a satisfação dos clientes internos. No entanto, o alcance da qualidade irá diferir de empresa para empresa, dependendo do seu tipo de operação.

Rapidez: Implica em “fazer as coisas com rapidez”. A rapidez pode estar presente na tomada de decisão, na movimentação de materiais e de informações ao longo da empresa, no *leadtime* dos produtos, entre outros. Disponibilizar os bens e serviços o mais rápido possível aos

consumidores pode vir a aumentar a satisfação dos clientes, a reduzir os estoques e, conseqüentemente, diminuir os custos.

Confiabilidade: A confiabilidade não é uma tarefa fácil a ser cumprida. “Fazer as coisas em tempo”, na data marcada, exige técnicas excelentes de programação e controle. Além disso, é necessário que haja trocas constantes de informações entre todos os envolvidos com o processo, sejam eles internos (departamentos) ou externos (fornecedores) à empresa.

Flexibilidade: O fato de estar preparado para “mudar o que faz”, mudar ou adaptar suas atividades de produção pode trazer uma grande vantagem competitiva e é uma das vantagens mais discutidas atualmente. Ter flexibilidade é estar preparado para eventuais mudanças que podem ocorrer em nível tecnológico, econômico, político e social. A flexibilidade torna possível atender as diferentes expectativas de diferentes consumidores. De acordo com Slack *et al* (2004), as mudanças devem atender a quatro tipos de exigências:

- Flexibilidade de produto/serviços - ser capaz de introduzir novos produtos e serviços;
- Flexibilidade de composto (*mix*) - ser capaz de fornecer uma grande variedade de produtos e serviços;
- Flexibilidade de volume – ser capaz de alterar a quantidade e o volume de produtos e serviços;
- Flexibilidade de entrega – ser capaz de mudar o tempo de entrega de produtos e serviços.

Custo: Corresponde ao último objetivo de desempenho citado por Slack *et al* (2004). “Fazer as coisas o mais barato possível” significa oferecer um produto com preço mais baixo ao consumidor e/ou aumentar o lucro da empresa.

Todos os critérios de desempenho acima citados influenciam no objetivo custo. Com isso, deve-se buscar uma melhoria de todos esses objetivos já que isso irá refletir no custo da empresa.

Slack (2004) afirma que "ser melhor nesses cinco objetivos contribui para a competitividade da empresa como um todo". No entanto, o alcance da excelência nesses cinco objetivos não é imediato. Deve-se, em princípio, determinar qual o objetivo considerado mais importante para

empresa e buscar a sua excelência. A partir de então, deve-se buscar, em longo prazo, a melhoria nos demais objetivos.

2.2 - Sistemas Produtivos

Segundo Tubino (2004), atualmente vive-se em um mundo cada vez mais globalizado, onde crescentemente os mercados estão sujeitos à concorrência nacional e internacional. Logo, quanto mais livre e dinâmico este mercado for, mais forte e resistente às empresas serão por ter de conviver com oportunidades e ameaças ao seu desempenho produtivo.

Então, quando se pensa em sobreviver neste mercado competitivo, a empresa deve administrar da melhor forma seus recursos financeiros, tecnológicos e de gestão para combater as ameaças do mercado.

Com a atual “globalização” da economia, as empresas não têm mais a possibilidade de administrar preços, pois este é estabelecido pela lei da oferta e procura. Assim temos a seguinte equação “ $Lucro = Preço + Custo$ ” a qual nos coloca a trabalhar com base no custo.

Sendo o preço fixado pelo mercado o sistema produtivo empenhará papel fundamental na busca da diminuição deste custo visando o lucro e, sendo assim, torna-se fundamental para a competitividade da empresa. A partir do exposto, MOREIRA (1996) classifica sistemas de produção como “o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens ou serviços”.

Segundo Riggs (*apud* Russomano 2000) sistema de produção é “um processo planejado, pelo qual elementos são transformados em produtos úteis”, ou seja, utiliza de todas as informações disponíveis e as organiza de modo a fabricar produtos que atendam as necessidades dos consumidores.

Russomano (2000) afirma que um Sistema Produtivo é “um processo organizado, que utiliza insumos e os transforma em bens ou executa serviços; ambos devem se apresentar dentro dos padrões de qualidade e preço e ter procura efetiva”.

Do mesmo modo, para Tubino (2000), sistemas produtivos abrangem a produção de bens, como também a de serviços. Nos dois casos, as empresas lidam com diversas problemáticas

encontradas durante a previsão de demandas, elaboração da seqüência da produção, planejamento e acompanhamento dos estoques, motivação, treinamento etc. Com isto, segundo o mesmo autor, “*a eficiência de qualquer sistema produtivo depende da forma como esses problemas são resolvidos*”, ou seja, do planejamento, da programação e do controle do sistema.

É importante destacar os elementos que constituem o sistema produtivo. Dentre estes elementos, destacam-se os seguintes: insumos, processo de conversão, produtos ou serviços e sistema de controle.

- **Insumos:** De acordo com Moreira (1996), os insumos são compostos pelos recursos de produção que sofrerão um processo de transformação gerando produtos acabados, como a matéria-prima e pelos recursos que serão utilizados para que a transformação ocorra: mão-de-obra, capital, máquinas, equipamentos, instalações, energia e materiais auxiliares.
- **Processo de conversão :** Já, o termo processo de conversão é a designação que se dá à mudança que a matéria-prima irá sofrer na sua composição como também no seu formato. Contudo, vale lembrar, que em uma indústria de serviços essa definição não é válida. “Em serviços, não há propriamente transformação: o serviço é criado. Em serviços, diferentemente da manufatura, a tecnologia é mais baseada em conhecimento (*know-how*) do que em equipamentos” (MOREIRA, 1996).
- **Produto ou serviço:** Entende-se por produto, um bem tangível, que pode ser tocado, como uma bicicleta, um carro ou uma mesa. Por outro lado, para produtos intangíveis, como uma consultoria, um transporte ou uma aula eles são denominados genericamente como serviços (Moreira, 1996).
- **Sistema de controle:** Sistema de controle se compara a um mecanismo de verificação onde é possível analisar se as atividades realizadas pela empresa estão de acordo com as atividades programadas. Caso haja alguma discrepância, medidas corretivas são efetuadas de modo a garantir um bom desempenho do sistema (Moreira, 1996).

Segundo Tubino 2004, de forma geral os sistemas produtivos devem obedecer algumas regras empresariais, pois, todas as empresas têm uma missão a ser cumprida por meio de um planejamento estratégico. Isto significa gerar condições para que a empresa possa decidir

rapidamente perante oportunidades e ameaças, otimizando suas vantagens competitivas em relação ao ambiente onde atua, garantindo sua sobrevivência no tempo.

Para o sistema de produção

é definida uma estratégia produtiva, esta estratégia baseia-se em dois pontos fundamentais: as prioridades relativas dos critérios de desempenho e a política para as diferentes áreas de decisões da produção.

O objetivo da estratégia de produção é fornecer à empresa um conjunto de características produtivas que dêem suporte à obtenção de vantagem competitiva de longo prazo. Deve-se, então, estabelecer quais critérios ou parâmetros de desempenho relevantes para a empresa e que prioridades relativas devem ser dadas aos mesmos. Estes critérios deverão refletir as necessidades dos clientes que se buscam atingir para um determinado produto, de modo a mantê-los fiéis à empresa.

Com relação aos critérios de desempenho, Tubino (2004) cita que, segundo a nova ótica de mercados globalizados, os critérios custo e qualidade são requisitos mínimos para que os sistemas produtivos participem desse mercado. Estes requisitos mínimos são classificados como qualificadores, enquanto que os critérios desempenho de entrega e flexibilidade passam a ser o grande diferencial entre os concorrentes, por isto devem ser mais valorizados na definição de uma estratégia produtiva.

Assim que define-se e prioriza-se os critérios competitivos, o passo seguinte dentro de estratégia de produção consiste em definir as políticas de ação em cada uma das principais áreas de decisão do sistema produtivo.

As políticas definidas para cada área de decisão do sistema de produção orientam as operações e evolução desse sistema, portanto, a formulação e implementação de uma estratégia de produção devem dar consistência e coerência ao conjunto das decisões.

Analisando os conceitos decorrentes, pode-se inferir que o conhecimento detalhado do sistema produtivo e seu funcionamento aliado à experiência profissional do seu gerente são fatores chave para o bom desempenho do mesmo em uma organização.

A Quadro 2.1 apresenta alguns exemplos de sistemas de produção.

Quadro 2.1 - Exemplos de Sistemas de Produção

TIPOS DE OPERAÇÕES	SISTEMAS PRODUTIVOS
Produção de bens	Manufaturas, construção civil, estaleiros, minerações, agropecuárias.
Movimentação e armazenagem	Correio, hotelaria, transportadoras, aerolíneas, entrepostos.
Entretenimento e comunicação	Estações de TV e rádio, clubes, estúdios de cinema, telecomunicações, jornais.
Aluguel, permuta e empréstimos	Banco, operadoras de leasing, seguradoras, locadoras de bens.

Fonte : Manual de Planejamento e Controle da Produção, TUBINO (2000).

Segundo Strumiello (1999), o sistema de produção está relacionado com outros sistemas, que podem ser o sistema de compras, sistema de *Marketing*, sistema de recursos humanos e outros. Além disso, segundo o mesmo autor, o sistema produtivo “[...] faz parte de um sistema maior que é a empresa em que eles pertencem, que, por sua vez, faz parte do sistema econômico da nação e assim por diante”.

Deve-se levar em conta que todo e qualquer sistema de produção sofre influências do meio interno e externo e essas influências podem afetar o desempenho do mesmo (Moreira, 1996). Segundo o mesmo autor, as áreas funcionais da empresa, como *Marketing*, Finanças, Recursos Humanos, entre outras representam o ambiente interno. Já a economia, a política, as empresas concorrentes e novas tecnologias representam o ambiente externo. Ambas representam um grande impacto sobre o sistema produtivo. Portanto, o estudo e a compreensão de todos esses fatores é um ponto chave para a competitividade da organização.

2.2.1. Classificação dos sistemas de produção

Com o intuito de facilitar o entendimento das características dos Sistemas de Produção e a sua relação com as atividades de produção, Tubino (2000) os classifica de acordo com o grau de padronização dos produtos, o tipo de operações que sofrem os produtos e a natureza dos produtos.

O grau de padronização dos produtos pode ser dividido em duas classes: em sistemas que fabricam produtos padronizados e sistemas geradores de produtos sob medida. Os primeiros são bens ou serviços que possuem alto grau de uniformidade, são fabricados em grande escala

e estão sempre disponíveis no mercado. Como exemplo, tem-se a fabricação de calçados, alimentos, bebidas, etc. O segundo caso refere-se a produtos fabricados de acordo com as necessidades e especificações de cada cliente. A mão-de-obra é altamente especializada e os produtos são mais caros. Exemplos de produtos sob medida: aviões, navios, satélites, hotéis, viagens etc.

Para Tubino (2000), uma outra classificação é quanto ao tipo de operação que os produtos sofrem. Essa classificação pode ser dividida em processos contínuos e processos discretos. Os processos contínuos relacionam-se à fabricação de produtos que não são passíveis de serem identificados individualmente. Já os processos discretos são passíveis de serem isolados em lotes ou unidades, ou seja, individualmente. Os processos discretos ainda são divididos em processos repetitivos em massa, processos repetitivos em lotes e processos por projeto. As características de cada um desses três processos podem ser visualizadas na Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Características do sistema de produção

	Contínuo	Repetitivo em massa	Repetitivo em lotes	Projeto
Volume da produção	Alto	Alto	Médio	Baixo
Variedade de produtos	Pequena	Média	Grande	Pequena
Flexibilidade	Baixa	Média	Alta	Alta
Qualificação da MDO	Baixa	Média	Alta	Alta
Layout	Por Produto	Por produto	Por processo	Por processo
Capacidade ociosa	Baixa	Baixa	Média	Alta
Lead times	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Fluxo de informações	Baixo	Médio	Alto	Alto
Produtos	Contínuos	Em lotes	Em lotes	Unitário

Fonte : Manual de Planejamento e Controle da Produção, TUBINO (2000).

Slack *et al* (2004) apresenta uma classificação diferente para os processos de produção de acordo com o volume de produção e a variedade. Ele os classifica em: processo de projeto, processos de *jobbing*, processos em lotes, processos de produção em massa e processos contínuos. Os dois primeiros processos têm como característica baixo volume e alta variedade. Entretanto, o que os difere é que “Enquanto em processos de projeto cada produto tem recursos dedicados relativamente exclusivos para ele, em processos de *jobbing* cada produto deve compartilhar os recursos da operação com diversos outros”. Como exemplo de processo de projeto e processo de *jobbing* tem-se construção de navios e alfaiates que trabalham por encomenda, respectivamente. Como exemplo de processos em lotes ou

bateladas, tem-se a fabricação de peças para automóveis e a produção de roupas. Este processo “pode ser baseado em uma gama mais ampla de níveis de volume e variedade do que outros tipos de processos” (Slack *et al* 2004). Já, o processo de produção em massa se difere dos outros processos porque apresenta alto volume e baixa variedade. Além disto, as operações são repetitivas e previsíveis. Tem-se como exemplo a fabricação de CDs. Por último, há o processo contínuo. Este apresenta volumes maiores que o anterior e menor variedade. O fluxo de operações é contínuo e a tecnologia é inflexível.

É possível perceber o nível de complexidade e a variedade quanto à classificação dos processos produtivos. Esta classificação torna-se ainda mais complexa para empresas que possuem uma grande diversidade de produtos. No entanto, a classificação é extremamente importante para o planejamento e controle da produção e para a tomada de decisões.

2.3 - SIMULAÇÃO

Segundo Freitas Filho (2001) simulação consiste na utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, que permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo (sistema) do mundo real.

Schriber (1974, *apud* Freitas Filho 2001) “simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

No ponto de vista de Prado (2004) “simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”.

Pegden (1990, *apud* Freitas Filho 2001) cita “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um modelo real e conduzir experimentos com esse modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

A simulação computacional, consiste em gerar um sistema virtual a partir de um sistema real, buscando aproximar da melhor forma possível seus processos e procedimentos para poder manipular seus resultados, tanto para compreensão do sistema, quanto para atendimento dos objetivos gerais previamente definidos.

Ao efetuar estudos de planejamento em sistemas produtivos é comum encontrar problemas de dimensionamento ou fluxo cuja solução é aparentemente complexa. Segundo Prado (2004) e Freitas Filho (2001), ao utilizar modelagem de sistema em um experimento busca-se:

- Descrever o comportamento do sistema;
- Construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas;
- Usar o modelo para prever o comportamento futuro, efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação;
- Qual a quantidade correta de pessoas e equipamentos;
- Qual o melhor layout e o melhor roteiro de fluxo dentro do sistema que está sendo analisado.

A simulação está sendo gradativamente mais utilizada e aceita como uma técnica que permite aos analistas verificar ou encaminhar soluções dos mais diversos segmentos, com o nível de detalhamento desejado aos problemas com os quais se defrontam diariamente.

O crescimento do uso desta ferramenta, para Freitas Filho (2001), deve-se à atual facilidade do uso e sofisticação dos ambientes de desenvolvimento de modelos computacionais juntamente com a capacidade de processamento das estações de trabalho. Entre as facilidades existentes destacam-se interfaces gráficas amigáveis destinadas à diversas plataformas e a animação dos sistemas que estão sendo simulados.

2.3.1 - Teoria das filas

Para Prado (2004) a abordagem matemática de filas se iniciou no princípio deste século com A. K. Erlang, quando trabalhava em uma companhia telefônica onde estudou o problema de redimensionamento de centrais telefônicas. A utilização da Teoria das Filas só foi aplicada a outros problemas de filas após a Segunda Guerra Mundial. Apesar do grande progresso alcançado pela teoria, inúmeros problemas não podem ser resolvidos adequadamente por decorrência de complexidades matemáticas.

2.3.2 - Microcomputador e simulação

Conforme Prado (2004), com o surgimento do computador na década de 50, a modelagem de filas pôde ser analisada pelo ângulo da simulação, no qual não se usam fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real. As linguagens de simulação apareceram na década de 60 e hoje, graças aos microcomputadores, podem ser facilmente utilizadas. A técnica de simulação visual, cujo uso se iniciou na década de 80, em virtude de sua maior capacidade de comunicação, teve uma aceitação surpreendente. Por ter um menor nível de complexidade, seu uso cresceu enormemente. Algumas linguagens são conhecidas mundialmente como: GPSS, GASP, SIMSCRIPT, SIMAN, ARENA, PROMODEL, AUTOMOD, TAYLOR, etc.

O computador foi desenvolvido na década de quarenta e passou a ser usado comercialmente a partir de 1951. Na década de cinquenta as linguagens FORTRAN e ALGOL foram bastante utilizadas para a confecção de programas de simulação. A principal característica desta fase é o fato de que o usuário necessitava de grande conhecimento em programação ou tinha a necessidade do auxílio de um programador.

Na década de 60 começaram a aparecer as “linguagens” de simulação que tinham como base que qualquer programa de simulação era constituído por partes semelhantes. Nesta década a linguagem que mais se destacou foi o GPSS, que foi criado em 1961 em um trabalho conjunto da IBM com os laboratórios BELL. Trata-se de uma poderosa linguagem, que por muito tempo foi a mais usada em todo o mundo em virtude de seu poderio e facilidade de uso.

Apesar da existência de linguagens, nesta época, poucos computadores eram capazes de executar tais programas pois estes necessitavam de um espaço de memória não comum na época. Apenas os chamados “computadores para uso científico” eram capazes de atender as necessidades do GPSS.

A década de 70 é chamada de “década de ouro” da simulação pela enorme divulgação que esta técnica teve em todo o mundo. Novas linguagens foram desenvolvidas e nesta época já eram comuns computadores com memória suficiente para rodar as linguagens, o que facilitou enormemente a difusão do uso da simulação. O *main-frame* continuava imperando.

A partir da década de oitenta, a simulação passou a explorar o enorme potencial do computador pessoal e tivemos o surgimento da chamada “simulação visual”. Existem diversos programas hoje com esta habilidade, tais como: ARENA, TAYLOR, PROMODEL, AUTOMOD, GPSS, etc.

A introdução dos métodos de simulação na indústria norte americana, se deu logo depois, tendo uma evolução bastante rápida. Há, atualmente, mais de quarenta áreas de atuação das técnicas de simulação nos EUA, desde previsões financeiras até programação de produção de aviões. Uma pesquisa de membros não acadêmicos do TIMS (*The Institute of Management Science*), mostrou que 89% das empresas associadas usavam simulação (Christy,1983) . A Tabela 2.3 mostra as áreas onde é aplicada.

Tabela 2.1 - Áreas de atuação da simulação

Área	%
Produção	59
Planejamento Empresarial	53
Engenharia	46
Finanças	41
Pesquisa & Desenvolvimento	37
Marketing	24
Processamento de Dados	16
Pessoal	10

Tabela retirada do TIMS (*The Institute of Management Science*).

2.3.3 - Sistemas

Simulação é um dos métodos existentes para estudar e analisar sistemas. Tratando-se da simulação computacional, utiliza-se de modelos computacionais para este propósito.

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*” (Taylor (1970) *apud* Freitas Filho (2001)).

Inúmeros são os sistemas aptos à modelagem e simulação. Alguns exemplos são citados a seguir.

Sistemas de Produção: Manufatura e montagem, movimentação de peças e matéria prima, alocação de mão de obra, áreas de armazenagem layout, etc..

Sistemas de Transporte: Redes de distribuição, armazéns e entrepostos, frotas, etc.

Sistemas Computacionais: Redes de computadores, redes de comunicação, servidores de rede, sistemas operacionais, etc.

Sistemas Administrativos: Seguradoras, operadores de crédito, financeiras.

Sistemas de Prestação de Serviços Diretos ao Público: Hospitais, bancos, restaurantes, industriais e tipo *fast food*, serviços de emergência, etc.

Muitos são os sistemas ou processos onde se pode aplicar a técnica de simulação como forma de análise. Em geral, os objetivos de um particular estudo definem quais objetos devem constituir o sistema. Sistema este que deve ser bem definido antes do início da modelagem.

2.3.4 - Modelos

Para Freitas Filho (2004) em um projeto de simulação, uma das principais etapas consiste na modelagem do sistema em atividade, para que se possa observar seu comportamento sob determinadas condições, de forma a, cientificamente, estudá-los e entendê-los. Busca-se neste processo imitar e criar uma história artificial da atuação e desempenho do sistema real, o que implica na realização de um procedimento experimental, posterior a etapa de modelagem.

A modelagem pressupõe um processo de criação e descrição, envolvendo um determinado grau de abstração que, na maioria das vezes, acarreta uma série de simplificações sobre a organização e o funcionamento do sistema real. Estas descrições obtidas tomam usualmente a forma de relações matemáticas ou lógicas que, no seu conjunto, constituem o que se denomina de modelos.

O modelo, no processo experimental, é utilizado como um veículo para experimentação, buscando mostrar as variações e efeitos das várias políticas operacionais e de gerenciamento, muitas vezes através de procedimentos do tipo “tentativa e erro”. O processo experimental pode ser muito sofisticado, envolvendo técnicas de estatística, para um maior controle dos efeitos no comportamento do modelo/sistema através das políticas (fatores) empregadas. Logo, aquelas que apresentarem os melhores resultados podem ser empregadas no sistema real.

Fundamentalmente para modelagem de sistemas, deve-se ter bem definidos o propósito e a complexidade sob investigação. Como tipos de modelos que podem ser empregados, temos modelos matemáticos, modelos descritivos, modelos estatísticos e modelos tipo entrada-saída.

A escolha dos modelos citados no parágrafo anterior, ao invés de modelos voltados para a simulação do sistema depende de diversos fatores, sendo um deles quando temos um sistema simples. Para sistemas simples, se as inter-relações entre seus elementos podem ser bem descritas e estruturadas, o uso do cálculo, da álgebra ou da teoria das filas pode conduzir a respostas e resultados aceitáveis, e muitas vezes, exatas, sendo considerada a melhor opção nesta situação.

No entanto, na maioria das vezes, os sistemas do mundo real costumam ser mais complexos e, acima de tudo, não apresentam um comportamento previsível. Neste caso a decisão mais correta pode ser a adoção de um modelo voltado para a simulação do sistema, pois simplificações sobre estes sistemas objetivando estudos analíticos podem levar a soluções pobres e pouco confiáveis.

2.3.5 - Classificação de modelos de simulação

Serão descritos abaixo alguns tipos de modelos cujas características são próprias e devem ser empregadas de acordo com o processo decisório envolvido (Freitas Filho 2004).

- **Voltados à Previsão:** prever o estado do sistema em um ponto no futuro, baseado nas suposições sobre seu comportamento atual e de como será este comportamento ao longo do tempo.

- **Voltados à Investigação:** voltados à busca de informações e ao desenvolvimento de hipóteses sobre o comportamento do sistema. Sabe-se que nem sempre os objetivos dos estudos estão claros e bem definidos ao início dos estudos. É nesse caso que as variáveis de resposta servem, muito mais, para construir e organizar as informações sobre a natureza ou sistema sob estudo. Logo, os empreendimentos recaem sobre as reações do sistema (modelo) a estímulos normais e anormais.

- **Voltados à Comparação:** usa comparação de diferentes rodadas de simulação para avaliar o efeito de mudanças nas variáveis de controle. Os efeitos podem ser medidos sobre as variáveis de resposta e relacionados aos objetivos traçados se estes forem bem específicos.

Pode-se subdividir estes modelos em modelos únicos e específicos (de curta duração) ou em modelos genéricos (de longa duração).

- **Modelos Específicos:** com o atual desenvolvimento da Tecnologia de Informação e da Informática, várias facilidades vêm sendo incorporadas ao ambiente e às linguagens de informação, analistas e responsáveis pela tomada de decisão nos diversos níveis gerenciais vem fazendo o uso de modelos mesmo em situações específicas e únicas ou o baixo volume de recursos financeiros envolvidos na decisão.

- **Modelos Genéricos:** em algumas organizações os modelos necessitam ser flexíveis e robustos a mudanças nos dados de entrada, mudanças em certas atividades e processos por eles contemplados, também devem ser consideradas as mudanças nas políticas da empresa que os utilizam. Este tipo de modelo tem necessidade de dados recentes e confiáveis, e em geral é parte de um conjunto de outros sistemas e subsistemas voltados para o processamento de dados e às atividades de previsão de informações, são conhecidos como Sistema de Apoio a Decisão (SAD).

2.3.6 - Justificativa para o uso da simulação

Segundo Freitas Filho (2001), quando se trabalha com sistemas uma pergunta sempre está presente “O que aconteceria se?”. A simulação permite ao analista realizar estudos sobre estes sistemas. A principal vantagem do uso desta ferramenta é o fato de que em algumas questões podem ser respondidas sem que os sistemas sob investigação sofram qualquer perturbação, sendo os estudos feitos no computador. A simulação também se estende a sistemas que ainda não existem, levando ao desenvolvimento de projetos eficientes antes de qualquer mudança física tenha sido iniciada.

A técnica de simulação e seus conceitos são, em geral, facilmente compreensíveis, aceitos e justificáveis, tanto para usuários comuns quanto para os gerentes que tomam a decisão de aplicá-la em seus projetos. Esta aceitação deve-se a fatores como:

- Um estudo simulado admite aos analistas considerarem níveis de detalhes jamais imaginados há pouco tempo atrás, permitindo que diferenças de comportamento, às vezes sutis, venham a ser notadas. As abordagens tradicionais, ao contrário, empregam estudos preliminares estáticos e com tantas simplificações que, muitos projetos depois de implantados, acabam sofrendo inúmeras modificações e adaptações;
- Possibilidade do emprego de animações, permitindo que se visualize o comportamento dos sistemas durante as simulações;
- Um estudo simulado pode economizar tempo e recursos financeiros no desenvolvimento de projetos, trazendo ganhos de produtividade e qualidade. Os custos de tais análises são, em geral, insignificantes se comparados aos seus benefícios;
- Percepção de que o comportamento do modelo simulado é muito semelhante ao do sistema real.

Têm-se modelos de simulação e modelos de otimização, o contraste entre eles está no fato de que o modelo de simulação é executado ao invés de resolvido, este modelo simulado permite análises quase que instantâneas, à medida que questões sobre o comportamento do sistema modelado são levantadas.

A maioria dos modelos de simulação é do tipo entrada-saída, ou seja, são modelos interativos aos quais se fornecem dados de entrada, obtendo-se respostas específicas para estes dados. Não são especificamente modelos de otimização, não oferecem diretamente a busca de uma solução ótima, servindo, mais apropriadamente, para análises do comportamento do sistema sob condições específicas. Modelos de simulação são mais utilizados para desenvolver e experimentar, objetivando o encaminhamento de uma solução a um dado problema.

As ocasiões mais comuns para o uso de modelos simulados são citadas a seguir.

- Quando o sistema real não existe: a simulação poderá ser usada para planejar o futuro sistema.

- Experimentar com o sistema real é dispendioso. O modelo poderá indicar quais os benefícios de se investir em um novo equipamento ou estrutura, com um custo reduzido.

- Experimentar com o sistema real não é apropriado. O modelo poderá mostrar todos os recursos serão necessários no caso de situações de emergência ou inesperadas, como por exemplo um desastre num aeroporto onde diversos recursos serão necessários.

Razões para adoção dos modelos são várias, mas no entanto, é a identificação do sistema/problema que leva a uma definição mais clara dos objetivos e do tipo do modelo e estudo de simulação que deve ser desenvolvido.

2.3.7 - Aplicações de simulação em linhas de produção e manufatura

Segundo, Prado (2004) e Freitas Filho (2001), a 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”.

Linhas de Produção é a área que tem apresentado a maior quantidade de aplicações de modelagem. Inúmeros cenários se encaixam neste item, desde empresas manufatureiras até minerações. Os seguintes casos podem ser analisados:

a) Modificações em sistemas existentes, tais como as produzidas pela expansão da atual produção, pela troca de equipamentos, ou pela adição de novos produtos, que vão afetar a dinâmica do atual processo. Pode-se antecipar onde serão formados os gargalos oriundos de modificações no sistema existente. Pela introdução de modificações apropriadas (tais como modificações no fluxo, alterações na programação das atividades, ou pela adição de novos recursos), após algumas tentativas pode-se chegar ao melhor modelo que incorpore as modificações requeridas.

b) Um setor de produção totalmente novo pode ser planejado, obtendo-se o melhor fluxo dentro dele.

c) A melhor política de estoques pode ser obtida por meio de simulação. O modelo deve incluir a função "solicitação de material" e a função "atendimento pelos fornecedores". Como resultado se obtém o "ponto de pedido" e a "quantidade do pedido".

Em Manufatura, utiliza-se freqüentemente são simuladas situações referentes a 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.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Métodos tradicionais de projeto e análise têm simplesmente se mostrado inadequados para o estudo de complexas interações que ocorrem nos sistemas de manufatura. As organizações estão recorrendo cada vez mais à simulação, como um veículo de análises dinâmicas antes da implementação de projetos.

Para Pegden (1990), simulação prevê o comportamento de sistemas complexos calculando o movimento e interação dos componentes do sistema. Pela avaliação do fluxo de peças através das máquinas e estações de trabalho, e examinando os conflitos de demanda por recursos limitados, podemos avaliar *Layouts*, seleção de equipamentos, e procedimentos de operação. A simulação nos fornece a capacidade de experimentar no modelo preferivelmente ao sistema real.

Pegden (1990) especifica que as ferramentas de simulação podem ser empregadas tanto nas fases de planejamento, quanto nas fases de projeto ou de operação de sistemas de produção, agindo sobre três áreas, a saber:

- *Hard-system* - concerne ao número e aos tipos dos equipamentos, a configuração do *layout* e as peças a serem processadas pelo sistema;
- *Soft-system* - refere-se ao planejamento, seqüenciamento das peças, *scheduling*, ferramentas, trabalhadores;
- Controle em tempo real - controle de fluxo envolvendo contingências como falha de ferramenta, máquinas ou paradas, etc.

Pegden (1990) afirma que o uso futuro da simulação se dará em três modos distintos:

- Como ferramenta de projeto e análise de *layouts*, de compra de máquinas, de avaliação de políticas alternativas, etc;

- Como ferramenta de *scheduling*, particularmente em se tratando de sistemas automatizados. Este uso permite ao tomador de decisão explorar, planejar e avaliar mudanças no *scheduling* a fim de obter a otimização do mesmo;
- Como parte de sistemas em tempo real, ou de controles *on-line*. Tal sistema deverá ser periodicamente ativado, ler as condições correntes, definindo o *scheduling*, com ou sem a intervenção humana.

Quando a simulação é usada como ferramenta de projeto, o estudo é tipicamente motivado por questões como :

- Qual será a capacidade de produção do projeto ?
- Vai de encontro às nossas metas ?
- Onde estão os gargalos ?
- O que pode ser mudado para aumentar a capacidade ?
- Qual é a melhor dentre as várias alternativas de projeto ?
- Como a performance do sistema muda como função do número e tipo das máquinas, número de operadores, tipos de automação ?
- Qual é a confiabilidade do sistema ?
- As quebras de máquinas afetarão a capacidade ?

3.1 - Elementos da Simulação

Os elementos são utilizados na edição dos modelos de simulação. Pela sua utilização pode-se descrever o comportamento do sistema de maneira clara e confiável. Alguns elementos de simulação são descritos na seqüência.

- **Entidades:** Uma entidade pode representar uma pessoa ou objeto, que se move ao longo do sistema, mudando o estado do mesmo. Como exemplo, podemos citar pessoas em um banco e peças em uma indústria mecânica.

- **Recursos/Estações:** Os recursos são tidos como restrições para o fluxo das entidades na simulação. As entidades precisam fazer uso dos recursos, ou seja, serem atendidas para se moverem pelo modelo. Máquinas numa indústria são exemplos típicos de recursos.
- **Atributos:** Os atributos são atribuídos individualmente a cada entidade e representam as características que aquela entidade deve possuir ao longo da simulação. Para o caso de uma peça de roupa, seus atributos são tamanho, cor, tipo, etc.
- **Fila:** Este é um elemento pelo qual uma entidade passa quando precisa de um recurso ou atendimento. Caso existam outras entidades sendo servidas pelo recurso, esta entidade fica em uma fila aguardando atendimento.

3.2 – Passos da Simulação

A seqüência apresentada na Figura 3.1 é muito utilizada em livros e trabalhos gerais sobre como proceder para solucionar um problema usando o processo de modelagem e simulação.

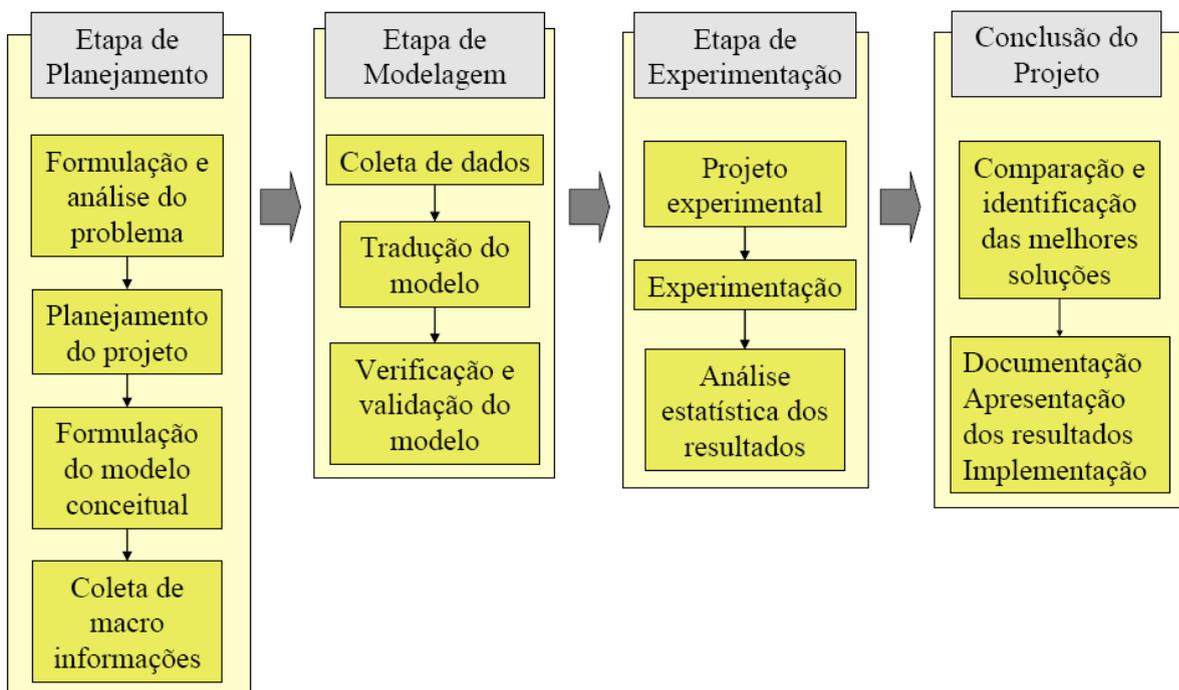


Figura 3.1 - Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação.

Fonte: Freitas Filho (2001).

Segundo Freitas Filho (2001), as principais fontes sobre o assunto são os textos clássicos de Banks (1984), Law e Kelton (1991), Pegden (1990) e Kelton e Sadowski (1998). Os pontos mostrados na Figura 3.1 são descritos a seguir.

i. **Formulação e Análise do Problema:** Todo estudo de simulação inicia com a formulação do problema. Deve se ter entendimento do todo e de todas as partes que compõem o sistema, pois, os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos.

ii. **Planejamento do Projeto:** Com o planejamento do projeto pretende-se ter certeza de que existem recursos suficientes no que diz respeito a pessoal, suporte, gerência, hardware e software para realização do trabalho proposto. Além disso, o planejamento deve incluir uma descrição dos vários cenários que serão investigados e um cronograma temporal das atividades que serão desenvolvidas, indicando os custos e necessidades relativas aos recursos anteriormente citados.

iii. **Formulação do Modelo Conceitual:** Traçar um esboço do sistema, de forma gráfica (fluxograma com layout, estações, recursos, transportadores, filas, velocidades e espaço disponível, por exemplo) ou algorítmica (pseudocódigo), definindo componentes, descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. É recomendado que o modelo inicie de forma simplificada e vá crescendo até alcançar algo mais complexo, contemplando todas as suas peculiaridades e características. O usuário deve participar intensamente desta etapa.

iv. **Coleta de Macro-Informações e Dados:** Macro-informações são fatos, informações e estatísticas fundamentais, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos. Em geral, macro-informações servem para conduzir os futuros esforços de coleta de dados voltados à alimentação de parâmetros do sistema modelado. Na coleta de dados é necessário muito cuidado e coerência para que eles sejam representativos.

v. **Tradução do Modelo:** Codificar o cenário na forma de um modelo numa linguagem de simulação apropriada. Embora, hoje, os esforços de condução desta etapa tenham sido minimizados em função dos avanços em hardware e, principalmente, nos softwares de simulação.

vi. **Verificação e Validação:** Confirmar que o modelo opera de acordo com a intenção do analista (sem erros de sintaxe e lógica) e que os resultados por ele fornecidos possuam crédito

e sejam representativos dos resultados do modelo real. Nesta etapa são feitos os testes com o objetivo de eliminar possíveis erros na programação, consistência e conceituação do simulador.

vii. Projeto Experimental Final: Projetar um conjunto de experimentos que produza a informação desejada, determinando como cada um dos testes deva ser realizado. O principal objetivo é obter mais informações com menos experimentações.

viii. Experimentação: Executar as simulações para a geração dos dados desejados e para a realização das análises de sensibilidade.

ix. Interpretação e Análise Estatística dos Resultados: Traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação. Estimativas para as medidas de desempenho nos cenários planejados são efetuadas. As análises poderão resultar na necessidade de um maior número de execuções (replicações) do modelo para que se possa alcançar a precisão estatística sobre os resultados desejados.

x. Comparação de Sistemas e Identificação das Melhores Soluções: Muitas vezes, o emprego da técnica de simulação visa a identificação de diferenças existentes entre diversas alternativas de sistemas. Em algumas situações, o objetivo é comparar um sistema existente ou considerado como padrão, com propostas alternativas. Em outras, a idéia é a comparação de todas as propostas entre si com o propósito de identificar a melhor ou mais adequada delas.

xi. Documentação: A documentação do modelo é sempre necessária. Primeiro para servir como um guia para que alguém, familiarizado ou não com o modelo e os experimentos realizados, possa fazer uso do mesmo e dos resultados já produzidos. Segundo, porque se forem necessárias futuras modificações no modelo, toda a documentação existente vem a facilitar e muito os novos trabalhos. A implementação bem sucedida de um modelo depende, fundamentalmente, de que o analista, com a maior participação possível do usuário, tenha seguido os passos que, sumariamente, aqui foram relatados. Os resultados das análises devem ser reportados de forma clara e consistente, também como parte integrante da documentação do sistema.

xii. Apresentação dos Resultados e Implementação: A apresentação dos resultados do estudo de simulação deve ser realizada por toda a equipe participante. Os resultados do projeto devem refletir os esforços coletivos e individuais realizados, considerando os seus diversos

aspectos, isto é, levantamento do problema, coleta de dados, construção do modelo, etc. Durante todo o desenvolvimento e implementação do projeto, o processo de comunicação, entre a equipe e os usuários finais, deve ser total e, portanto, durante a apresentação final não devem ocorrer surpresas de última hora.

3.3 - Materiais

O *software* ARENA foi lançado pela empresa americana *Systems Modeling* em 1993 e é o sucessor de dois outros produtos de sucesso da mesma empresa SIMAN (primeiro *software* de simulação para PC) e CINEMA, os quais foram desenvolvidos em 1982 e 1984, respectivamente. O SIMAN é uma evolução da arquitetura do GPSS, lançado pela ISM em 1961 e que, durante anos, foi o líder entre os produtos de *simulação-de-uso-geral* no mercado mundial. Em 1984 o SIMAN recebeu um complemento chamado CINEMA (primeiro *software* de animação para PC), que adicionava habilidades de animação gráfica. Este conjunto foi continuamente melhorado e, a partir de 1993, os dois programas foram unificados e aperfeiçoados em um único software, o ARENA. A partir de 1998 a empresa *Rockwell Software* incorporou a *Systems Modeling*.

O Arena possui um conjunto de blocos ou módulos que são utilizados para se descrever uma aplicação real. Estes módulos funcionam como comandos de uma linguagem de programação como o Fortran, Cobol, VB, Delphy, etc. Obviamente foram projetados sob a ótica da simulação e, por isso, facilitam muito esta tarefa de programação.

Para simplificar o processo de construção de modelos, o ARENA usa uma Interface Gráfica para o Usuário (ou GUI -- *Graphic User Interface*), que em muito automatiza o processo e reduz a necessidade do teclado, pois o *mouse* é a ferramenta utilizada. Além de permitir a construção de modelos de simulação, o Arena possui ainda ferramentas muito úteis, tais como o analisador de dados de entrada (*Input Analyzer*) e o analisador de resultados (*Output Analyzer*).

O INPUT ANALYZER permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles. Esta distribuição pode ser incorporada diretamente ao modelo.

O OUTPUT ANALYZER é uma ferramenta com diversos recursos que permite analisar dados coletados durante a simulação, sendo que esta análise pode ser gráfica, e tem ainda recursos para efetuar importantes comparações estatísticas.

Tal como a maioria dos *softwares* de simulação, o Software Arena visualiza o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a clientes (também chamados de entidades ou transações) que se movem através do sistema. O movimento pode ser feito pela própria entidade ou por transportadores (empilhadeiras, por exemplo) ou correias. Esta característica básica pode ser usada de inúmeras maneiras. É possível, por exemplo, ter:

- Pessoas (entidades) percorrendo as diversas seções (*stations*) de um supermercado onde efetuam compras;
- Um automóvel (entidade) sendo fabricado nas diversas seções (*stations*) de uma fábrica;
- Uma apólice de seguro (entidade) sendo processada nas diversas seções (*stations*) de uma seguradora;
- Clientes (entidades) chegam a um banco e utilizam os serviços dos diversos departamentos (*stations*) do banco.

Assim, para a obtenção de um modelo com o Software Arena deve-se, inicialmente, construir um desenho mostrando o sistema que está sendo simulado, constituído de:

- Estações de trabalho (onde a entidade receberá algum serviço);
- Opções de fluxo, para a entidade, entre as estações de trabalho.

As opções de fluxo para a entidade serão tratadas pela lógica da programação do modelo. Por exemplo, em uma fábrica de geladeiras, a entidade é uma geladeira que vai sendo montada

nas diversas estações de trabalho. O fluxo de uma entidade vai depender do modelo de geladeira que está sendo montado.

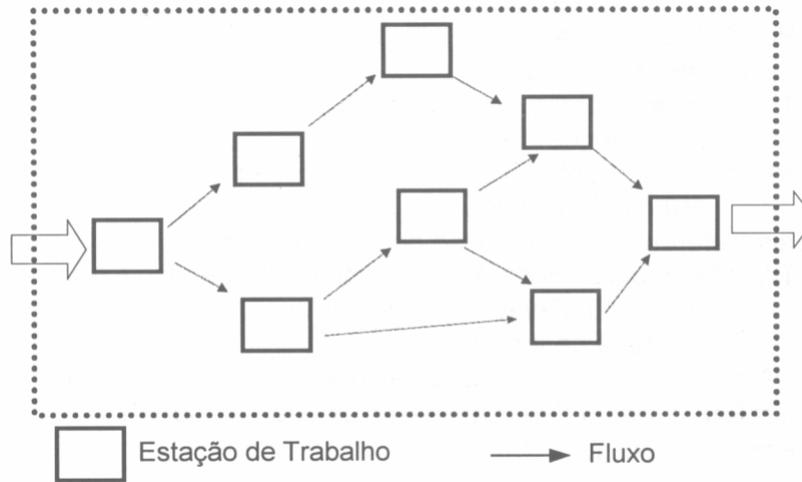


Figura 3.2 - Estações de trabalho e opções de fluxo para a entidade. Prado (2004)

Com base na fundamentação teórica anterior e levando em consideração o setor de confecção da Região Noroeste do Paraná, será apresentado no Capítulo seguinte um estudo de caso realizado em uma empresa característica da região.

4 – ESTUDO DE CASO

O setor de confecção da Região Noroeste do Paraná, denominado “Corredor da Moda”, compreende os municípios de Londrina, Apucarana, Maringá e Cianorte, é reconhecido á nível nacional.

Segundo Dias (1996), “Corredor da Moda” é uma designação desta região, fruto de uma vocação natural, que apresenta um número superior a 3.000 empresas de confecções. A vocação, além de natural, é também institucional, pois através do Decreto Lei Estadual de n° 11.720/97, de 15 de maio de 1999, foi criado o pólo têxtil do Estado do Paraná que está centrado na Região Noroeste do Estado.

Dias (1996) relata que a história do setor têxtil, mais precisamente do segmento de confecção, na Região Noroeste do Paraná, iniciou-se na década de 90, com o surgimento de uma infinidade de malharias e um conseqüente aumento na demanda por fios gerando por sua vez outras indústrias de confecções de malhas e jeans. A conseqüência deste quadro foi o surgimento de vários pontos de vendas, como os *shoppings centers*, que em alguns casos, se especializaram na comercialização de malhas e jeans. Cresceu assim, um comércio que tem seu alicerce em clientes vindos até mesmo de grandes centros comerciais, essencialmente, do setor industrial têxtil, como as regiões de Blumenau e Jaraguá do Sul, em Santa Catarina. Isto proporcionou um crescimento significativo do comércio de malhas e jeans na região no período de 1990 a 1994.

Com a vinda do plano de estabilização econômica, em junho de 1994, houve uma grande euforia por parte dos empresários do ramo de confecção, em conseqüência do elevado aumento no consumo. Após este primeiro momento, percebeu-se grande motivação desses empresários na busca da sua verdadeira vocação industrial, procurando firmar-se no mercado, onde fatores relevantes foram tratados com mais importância, não só o preço de venda, mas também a qualidade e o atendimento ao cliente. O atendimento passou a ser um poderoso referencial para se obter vantagem competitiva, pois com a estabilização nos preços dos produtos o consumidor percebeu o valor da moeda e o atendimento passou a ser uma das principais ferramentas para conquistar clientes e ganhar novos mercados consumidores.

É neste contexto que está inserido o presente trabalho. A caracterização da empresa e a abordagem proposta são apresentadas como segue.

4.1 – O Ambiente em que se Desenvolveu o Estudo de Caso

A empresa F. & B. Comércio e Confecções, instalada desde abril de 2003, atua no ramo de vestuário/confecção, sua especialidade é a fabricação de jeans. Atualmente, concentra seus esforços na produção de calças, saias e bermudas do tipo “modinha”, caracterizada por uma grande quantidade de acessórios. Sua produção se destina há empresas situadas no Paraná e São Paulo.

4.2 – Problemática

Atualmente, o sistema de montagem da fábrica contém 45 máquinas e 52 funcionários distribuídos em um espaço de aproximadamente de 107m². Nesta empresa não existe um planejamento mestre ou seqüência de produção, isto se deve à grande dinamicidade da fábrica.

A fábrica trabalha com sistema de lotes dinâmicos, que são recebidos semanalmente das empresas fornecedoras/clientes, estes lotes contêm os modelos a serem fabricados. Esta dinamicidade é observada por meio dos lotes recebidos, nos quais o modelo da peça a ser fabricada muda a cada lote, fazendo com que o sistema produtivo tenha que se adaptar ao novo modelo, que pode conter grandes diferenças em relação ao que já está dentro do sistema produtivo.

As peças (calça, bermuda ou saia) a serem produzidas vêm na forma de tecido cortado. Estas peças encontram-se separadas em embalagens de acordo com o tipo da fabricação, e ainda, cada peça tem em separado seus acessórios como bolsos, lapelas, “martigales”, cintos, parte da frente e parte de trás.

As peças são montadas de acordo com seus respectivos modelos de fabricação, que estão presentes em fichas técnicas de produto que são enviados pelo fornecedor/cliente juntamente com os lotes. A montagem acontece da seguinte forma:

- A parte da frente e a parte de trás da peça entram no sistema por diferentes caminhos, pois utilizam diferentes máquinas em suas operações iniciais;
- Os acessórios (bolso e lapela) são montados a suas respectivas parte da frente e parte de trás;
- Após operações iniciais e montagem dos acessórios, ocorrem as operações de junção entre a parte da frente e de trás que, a partir deste momento, seguem juntas dentro da produção.

Após as operações de montagem das peças o lote é enviado para lavanderias industriais. Depois são encaminhadas ao acabamento, onde são colocados os botões, realiza-se a última inspeção na costura e, finalmente, são expedidas ao cliente.

Atualmente, a média de produção da fábrica está em torno de 650 peças/dia ou 13000 peças/mês. Este valor está fora da meta da organização que esta em torno de 1000 peças/dia ou 20000 peças/mês. Surge então, o interesse em um estudo de simulação para buscar melhorias para elevar a produtividade, ou até mesmo atingir as metas de produção.

4.3 – Formulação do Problema

O problema proposto aborda as atividades produtivas desenvolvidas na parte de montagem da fábrica, que apresenta uma jornada normal de trabalho de 8 horas diárias.

O sistema produtivo funciona com costureiras permanentes em suas máquinas (estações de trabalho) durante toda a jornada de trabalho, podendo sair apenas para necessidades fisiológicas. As peças “caminham” ao longo do processo por meio dos auxiliares de produção que transportam, de acordo com a necessidade, as peças para a próxima operação.

O sistema produtivo de montagem é composto de seis tipos de máquinas diferentes, como mostra a Tabela 4.1 a seguir:

Tabela 4.1 - Tipos de Máquinas e suas Quantidades

Tipo da Máquina	Quantidade
Fechadeira	3
Dupla (duas agulhas)	18
Reta (uma agulha)	14

Interlock	4
Máquina de Cós	2
Travete	6

O sistema de montagem é complexo e funciona de forma que as entradas do sistema são: parte da frente, parte de trás e acessórios, onde a parte da frente e parte de trás recebem duas operações cada antes da operação de montagem dos acessórios. Isto pode ser visualizado na Figura 4.1.

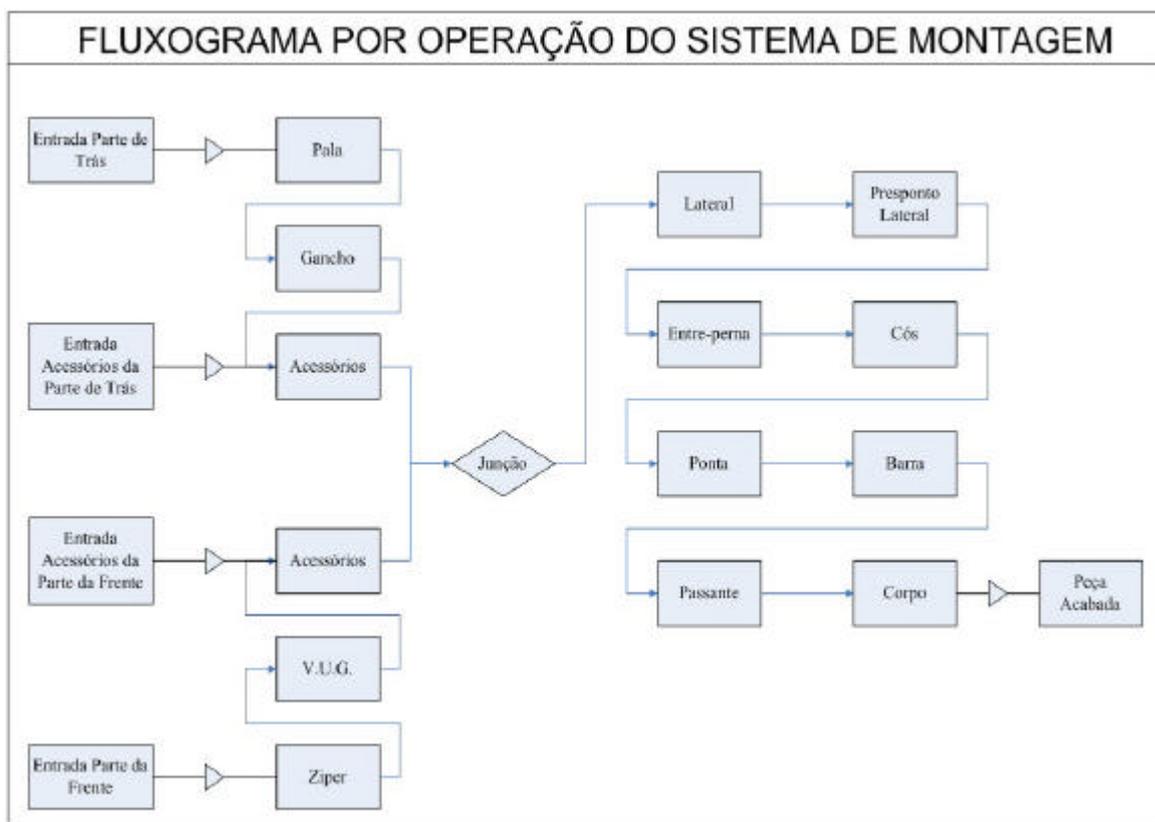


Figura 4.1 - Fluxo do Sistema de Montagem

A Quadro 4.1 mostra as operações padrões realizadas no sistema de montagem e as respectivas máquinas em que são realizadas.

Quadro 4.1 - Tabela de Operações e Máquinas

Operação	Máquina
Pala	Fechadeira
Gancho	Fechadeira
Acessórios - Parte de Trás	Dupla
Zíper	Reta
V.U.G. - Vista, União e Gancho	Dupla
Acessórios - Parte da Frente	Dupla
Fechar Lateral	Interlock
Presponto Lateral	Reta
Entreperna	Interlock
Fechar o Cós	Máquina de Cós
Ponta	Reta
Barra	Reta
Passante	Travete
Corpo	Travete
Etiqueta	Travete

4.5 - Identificação das Variáveis

Para a modelagem do sistema, consideram-se as peças como entidades temporárias do sistema, pois elas permanecem no sistema apenas enquanto estão sendo processadas.

Os recursos utilizados pelo sistema foram definidos como as estações que realizam o atendimento/operação, sendo eles divididos entre as máquinas do sistema.

Para uma análise do sistema produtivo é necessário um grande cuidado com os detalhes envolvidos, pois eles podem influenciar em grande escala os resultados.

Neste estudo as variáveis consideradas são os *inputs* ou dados de entrada para o modelo, descritas por uma distribuição de probabilidade, e aquelas fornecidas pelos relatórios do Arena os *outputs*, as quais são descritas a seguir.

- Dados de entrada:
 - Tempo médio gasto pelo atendente para realizar a operação (TA);
 - Número de atendentes na estação (NA);
- Dados de saída:
 - Tempo de permanência das peças na fila da operação (TF);
 - Número médio de peças na fila da operação (NF);
 - Taxa de ocupação dos atendentes (?).

4.6 – Coleta de Dados

Nesta etapa verificou-se que a empresa não possuía um método eficaz de coleta ou banco de dados com as informações, o que poderia facilitar ou até dispensar a etapa.

Para a coleta de dados na fábrica utilizou-se uma ficha de controle e desenvolveu-se um método de controle de produtividade por unidade de tempo (hora) ou quantidade por hora. A ficha de controle contém intervalos horários e foi preenchida por um funcionário que percorre todas as máquinas do sistema produtivo anotando a quantidade de peças processadas e qual a operação realizada pela determinada estação. Os dados foram coletados durante o mês de outubro de 2005 durante todo o período de 8 horas de jornada de trabalho.

Algumas dificuldades foram encontradas no processo de coleta, pois um projeto de simulação normalmente deve ser realizado por uma equipe de pessoas capacitadas. Para uma única pessoa a análise completa do sistema se torna complexa.

Por este motivo, definiu-se que seria aperfeiçoado o sistema de coleta de dados atual e mantido o sistema de coleta pelo funcionário responsável, pois os operários já tinham certa confiança no mesmo e, deste modo, não atrapalharia o funcionamento normal do sistema.

A empresa é composta internamente por dois sistemas produtivos: o de preparação, onde são realizadas as operações de confecção dos acessórios que vão compor a peça posteriormente e, o de montagem, onde são colocados os acessórios na parte da frente e parte de trás da peça.

Deve-se destacar que a montagem dependente da preparação pois a peça precisa dos acessórios para ser montada.

Este trabalho foi limitado à modelagem somente do processo de montagem das peças por, motivos referentes ao tempo (curto período para a realização para uma análise criteriosa).

Os dados foram digitalizados e analisados por uma ferramenta do Software Arena chamada INPUT ANALYSER.

4.7 - Tratamento de Dados

Para o tratamento dos dados obtidos na fase de coleta, utilizou-se a ferramenta INPUT ANALYZER, que vem com o pacote do Software Arena. Esta ferramenta faz uma leitura e análise dos dados, monta o histograma e mostra qual a melhor distribuição de probabilidade em que a amostra se ajusta.

Estas expressões de probabilidade são inseridas nas estações do modelo no campo do atendimento, ou seja, o tempo em segundos que levaria para fazer o atendimento a uma única entidade.

A seguir serão exibidas todas as distribuições analisadas pelo INPUT ANALYSER que são inseridas nos tempos de atendimento dos processos.

- Operação Travete Corpo - TC

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação Travete Corpo são: média de 73,5 segundos; desvio padrão de 37,9 segundos; maior valor encontrado de 200 segundos e valor mínimo de 18 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Normal, com a expressão:

NORM(72.8, 33.2)

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.2 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

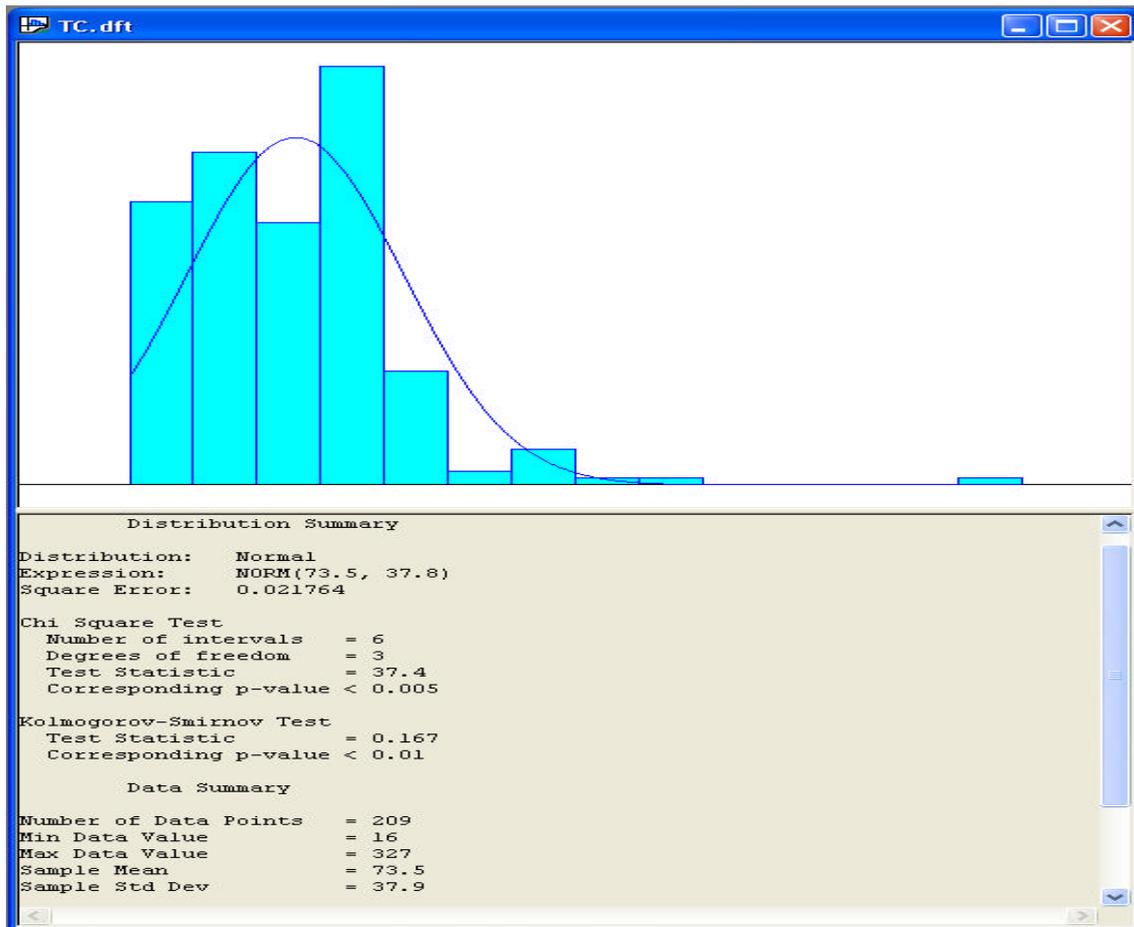


Figura 4.2 - Histograma operação TC - Travete Corpo

- Operação Travete Passante - TP

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação Travete Passante são: média de 61,1 segundos; desvio padrão de 15,9 segundos; maior valor encontrado de 144 segundos e valor mínimo de 26 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Normal, com a expressão:

NORM(61.1, 15.8)

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.3 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

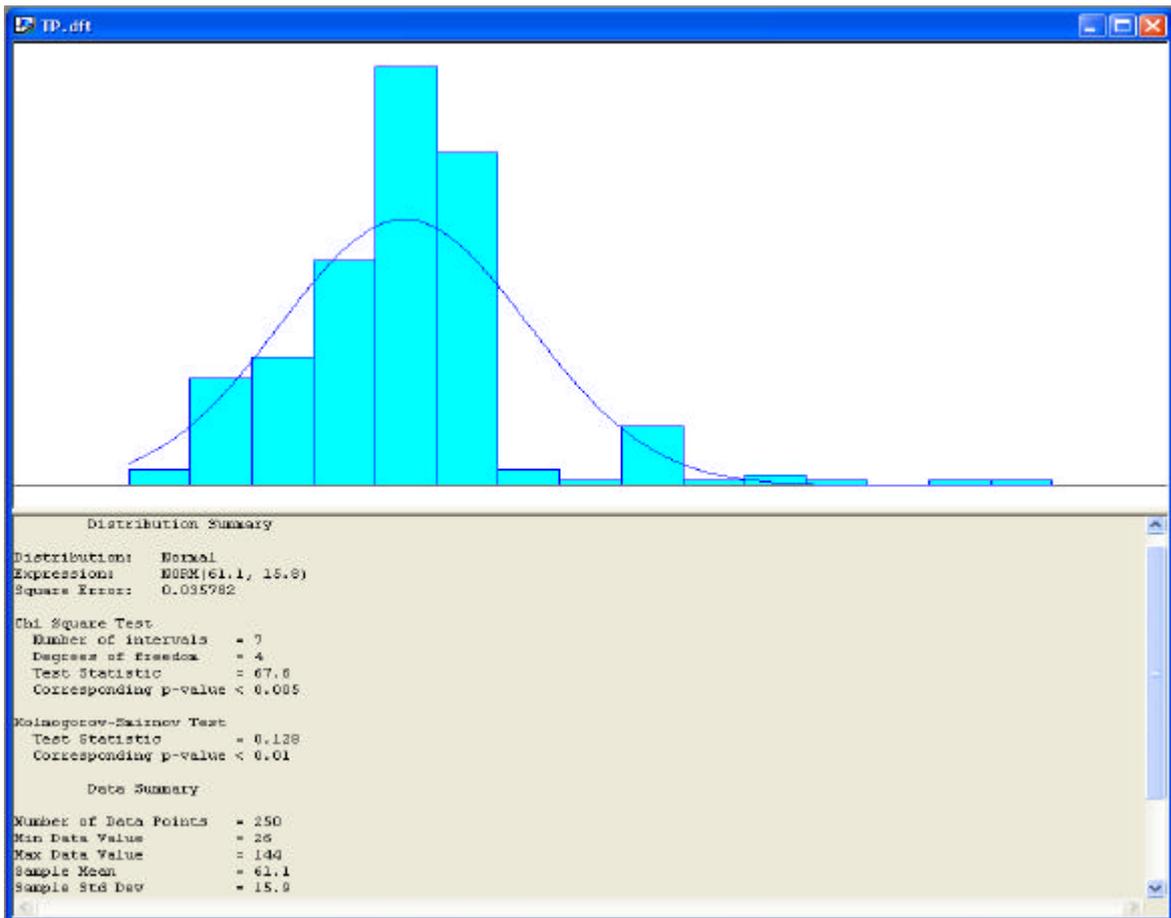


Figura 4.3 - Histograma operação TP - Travete Passante

- Operação Ponta - PT

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação Ponta são: média de 98,6 segundos; desvio padrão de 21,9 segundos; maior valor encontrado de 257 segundos e valor mínimo de 60 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Beta, com a expressão:

$$60 + 197 * \text{BETA}(2.29, 9.42)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.4 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

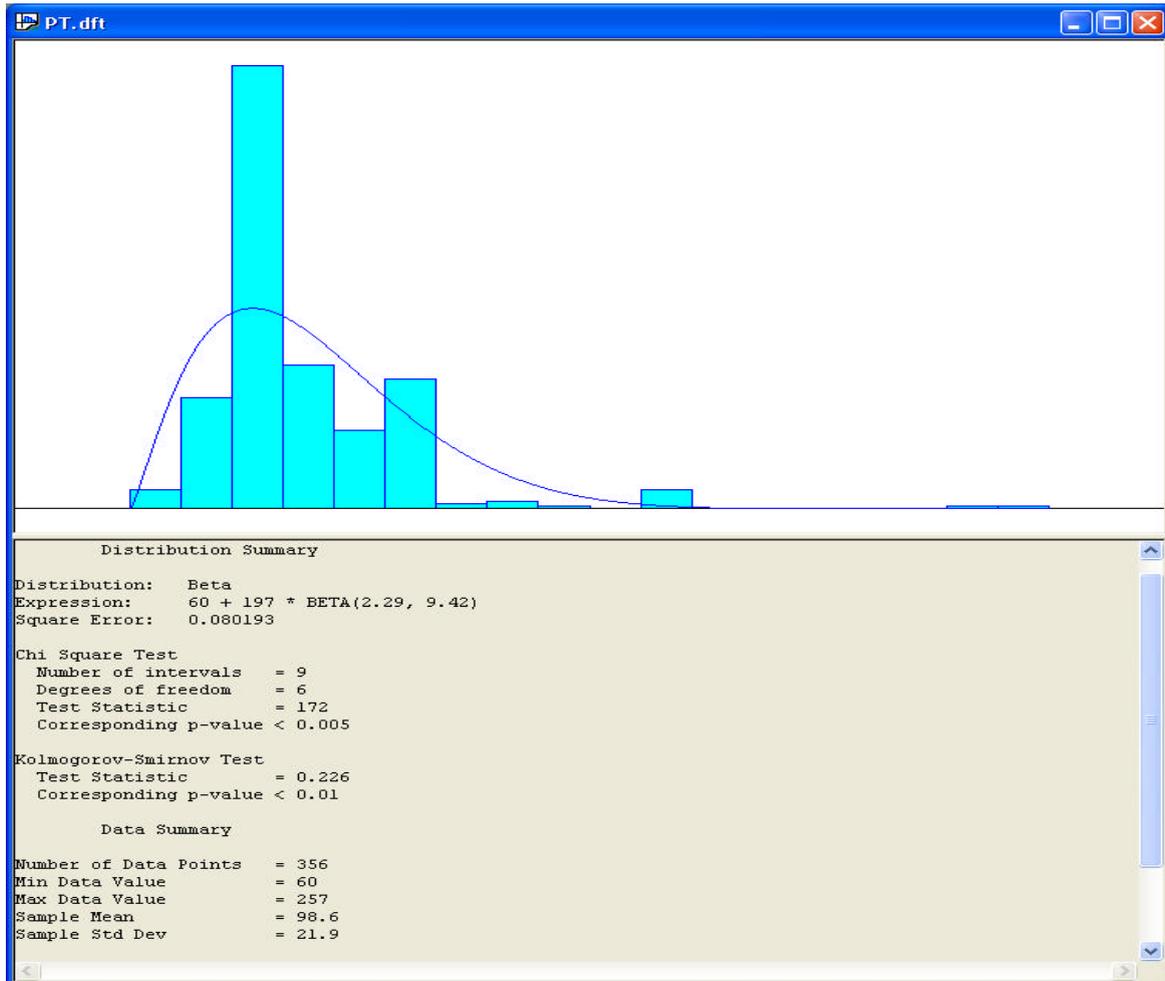


Figura 4.4 - Histograma operação PT - Ponta

- Operação Zíper - ZI

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação Zíper são: média de 53,5 segundos; desvio padrão de 21,7 segundos; maior valor encontrado de 120 segundos e valor mínimo de 30 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Lognormal, com a expressão:

$$29.5 + \text{LOGN}(24.2, 22.9)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.5 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

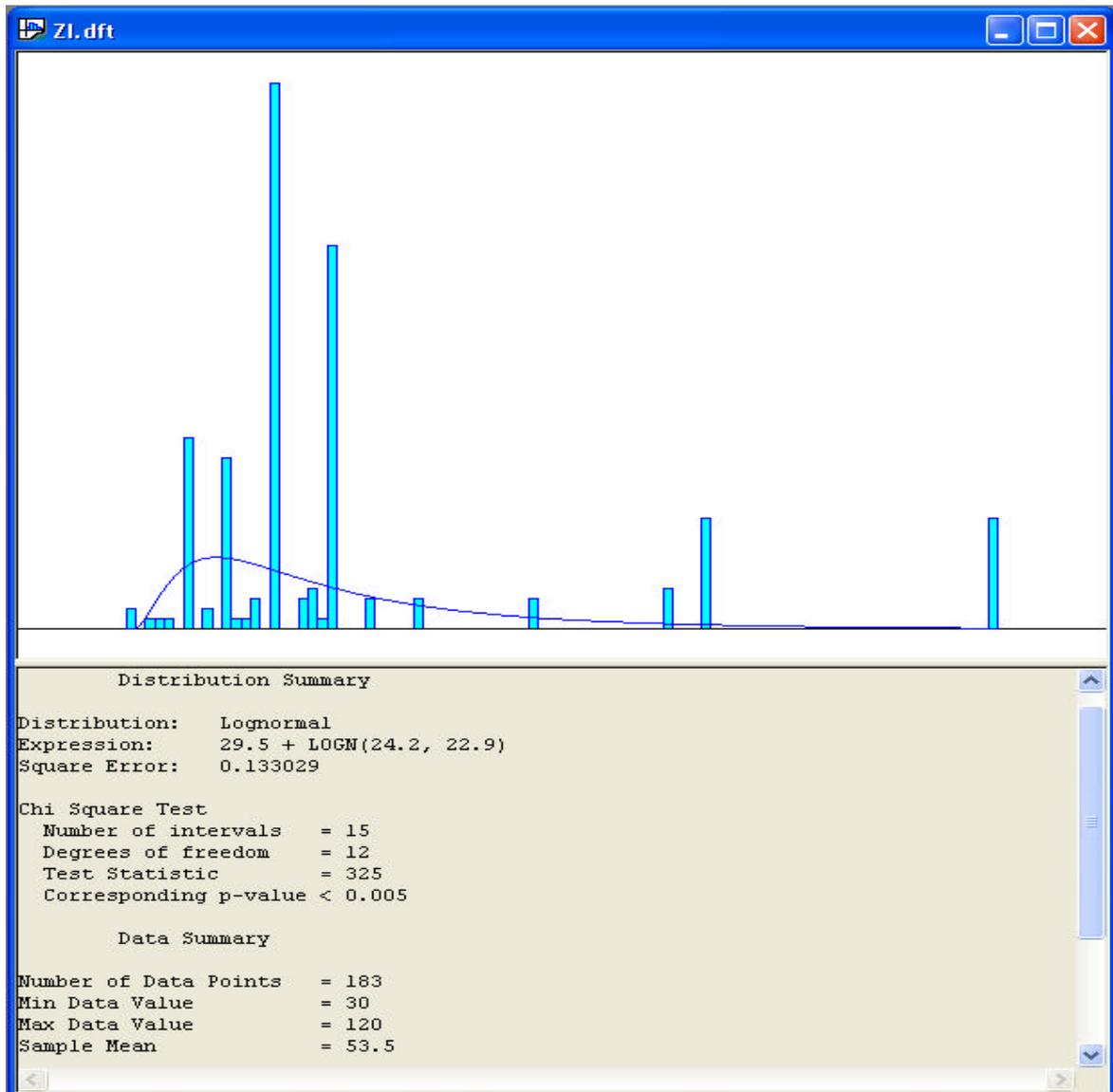


Figura 4.5 - Histograma operação ZI - Ziper

- Operação Pala - PP

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação Pala são: média de 69,2 segundos; desvio padrão de 38,6 segundos; maior valor encontrado de 180 segundos e valor mínimo de 24 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Gamma, com a expressão:

$$24 + \text{GAMM}(33.5, 1.35)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.6 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

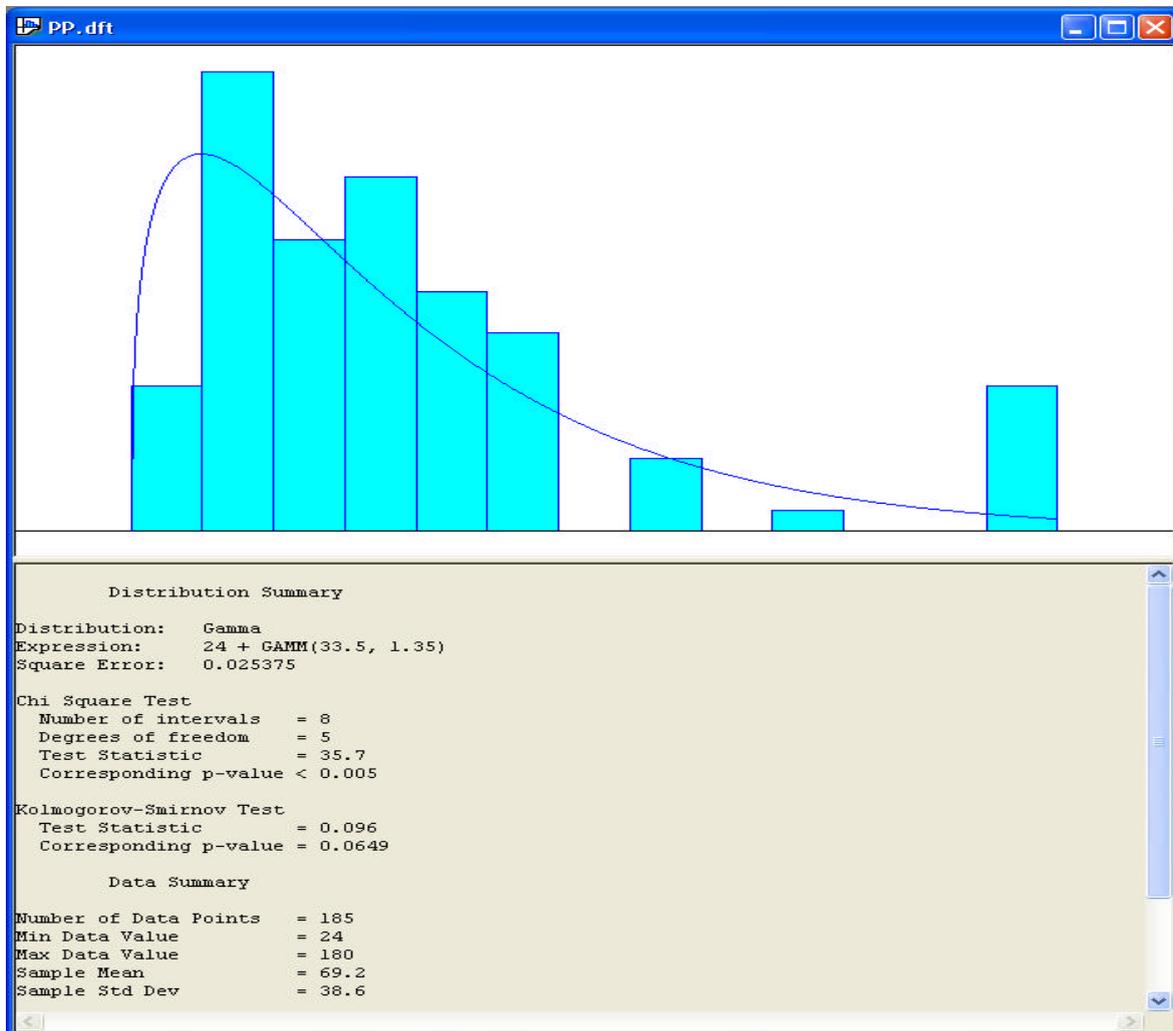


Figura 4.6 - Histograma operação PP -Pala

- Operação VG - Vista, União e Gancho

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação VUG são: média de 71,5 segundos; desvio padrão de 12,9 segundos; maior valor encontrado de 120 segundos e valor mínimo de 39 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Normal, com a expressão:

NORM(71.5, 12.8)

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.7 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

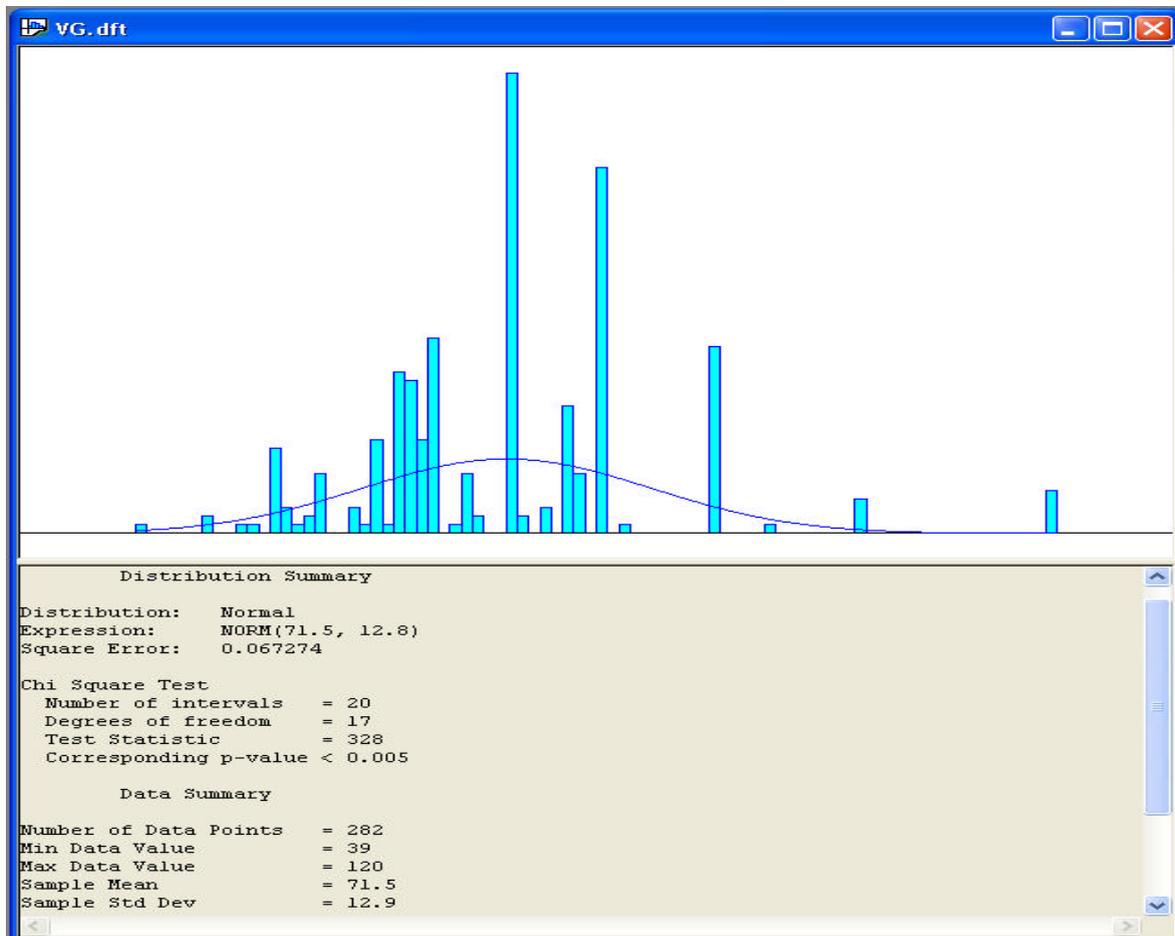


Figura 4.7 - Histograma operação VG - Vista, União e Gancho

- Operação Lateral - LAT

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação LAT (fechamento lateral) são: média de 41,3 segundos; desvio padrão de 10,4 segundos; maior valor encontrado de 77 segundos e valor mínimo de 23 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Erlang, com a expressão:

$$22.5 + \text{ERLA}(6.25, 3)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.8 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

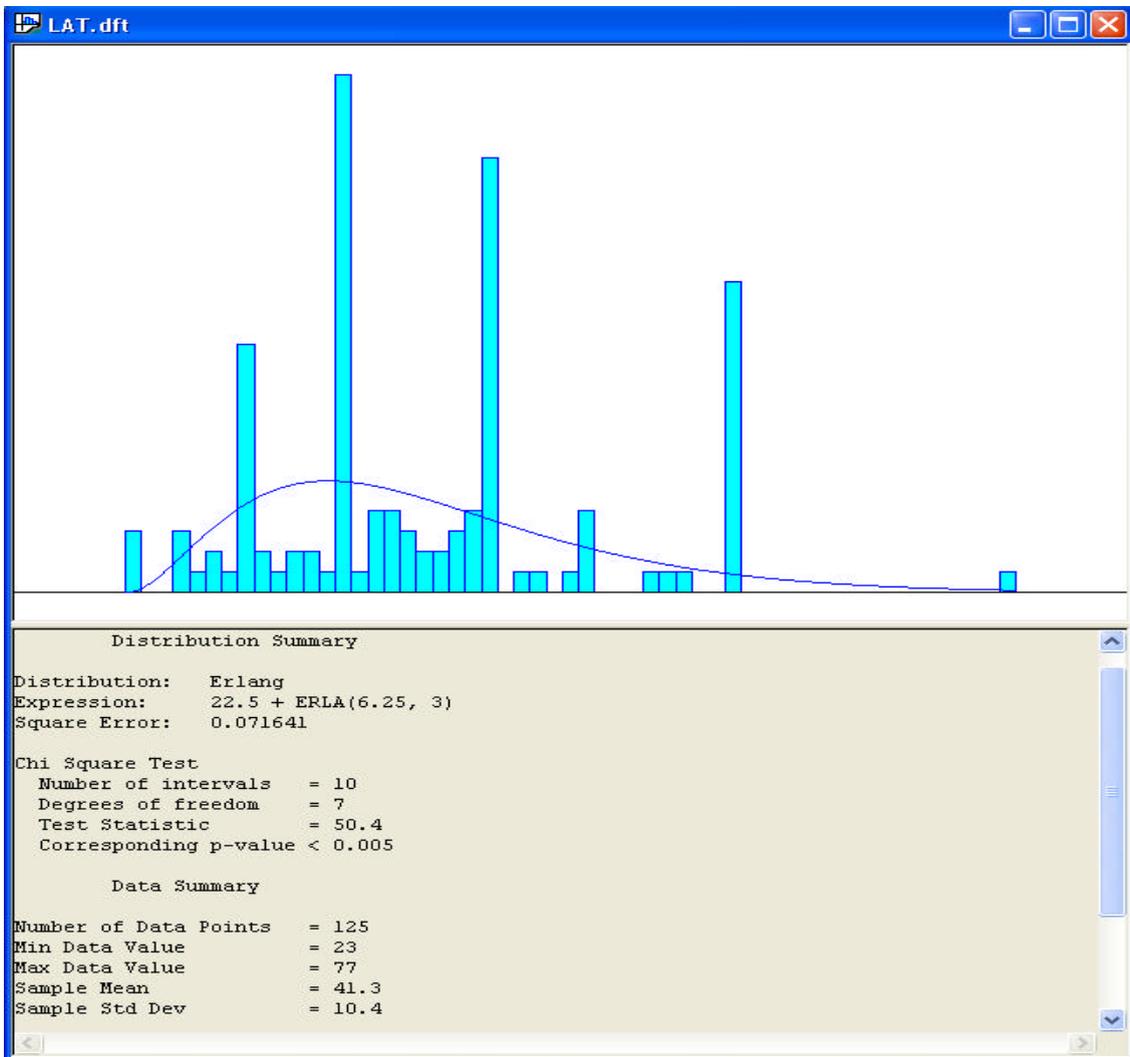


Figura 4.8 - Histograma operação LAT -Lateral

- Operação Entre Perna - ET

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação ET (fechamento entre perna) são: média de 28,7 segundos; desvio padrão de 5,48 segundos; maior valor encontrado de 45 segundos e valor mínimo de 18 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Lognormal, com a expressão:

$$17.5 + \text{LOGN}(11.6, 7.31)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.9 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

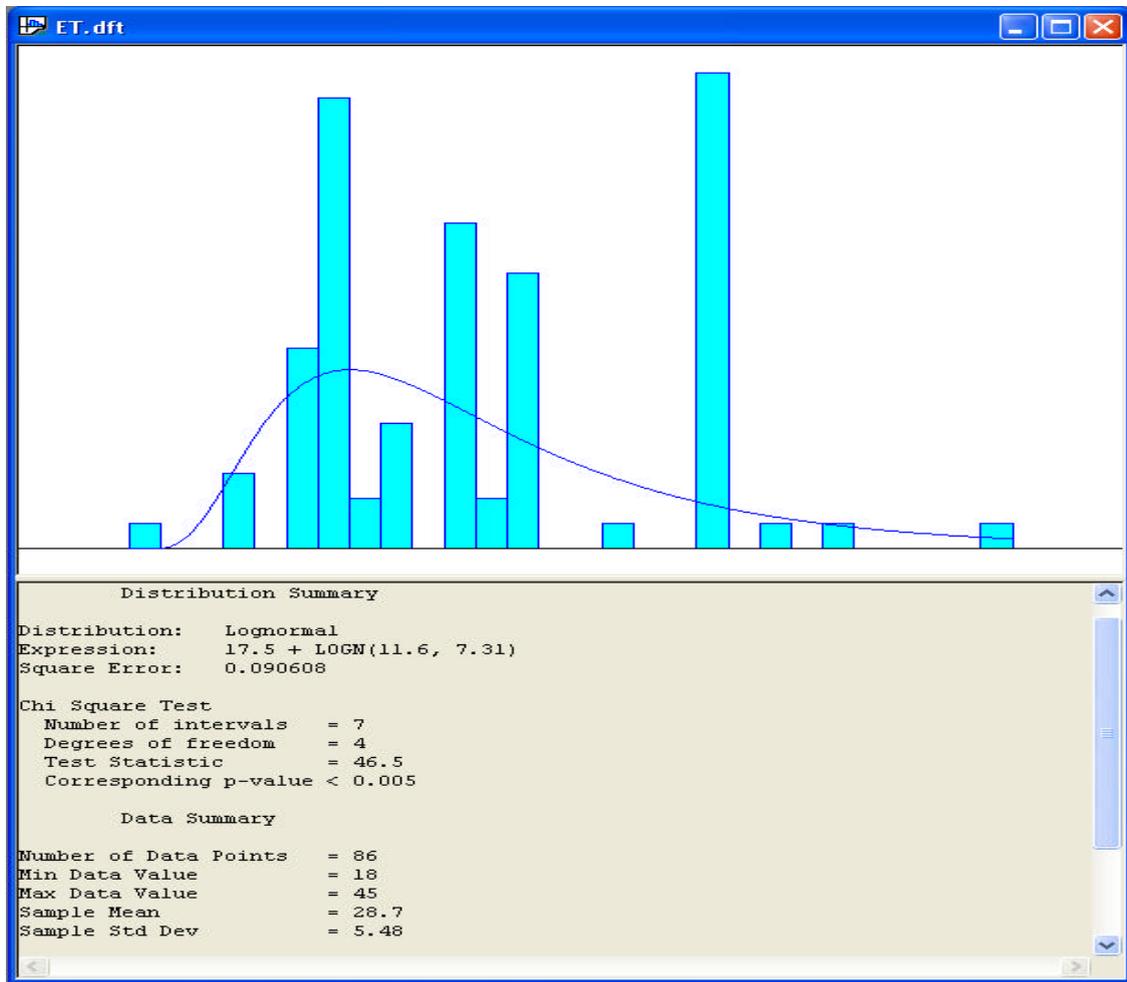


Figura 4.9 - Histograma operação ET - Entre Perna

- Operação Presponto Lateral - PL

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação PL são: média de 40,9 segundos; desvio padrão de 12 segundos; maior valor encontrado de 90 segundos e valor mínimo de 23 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Weibull, com a expressão:

$$22.5 + \text{WEIB}(20.3, 1.55)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.10 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

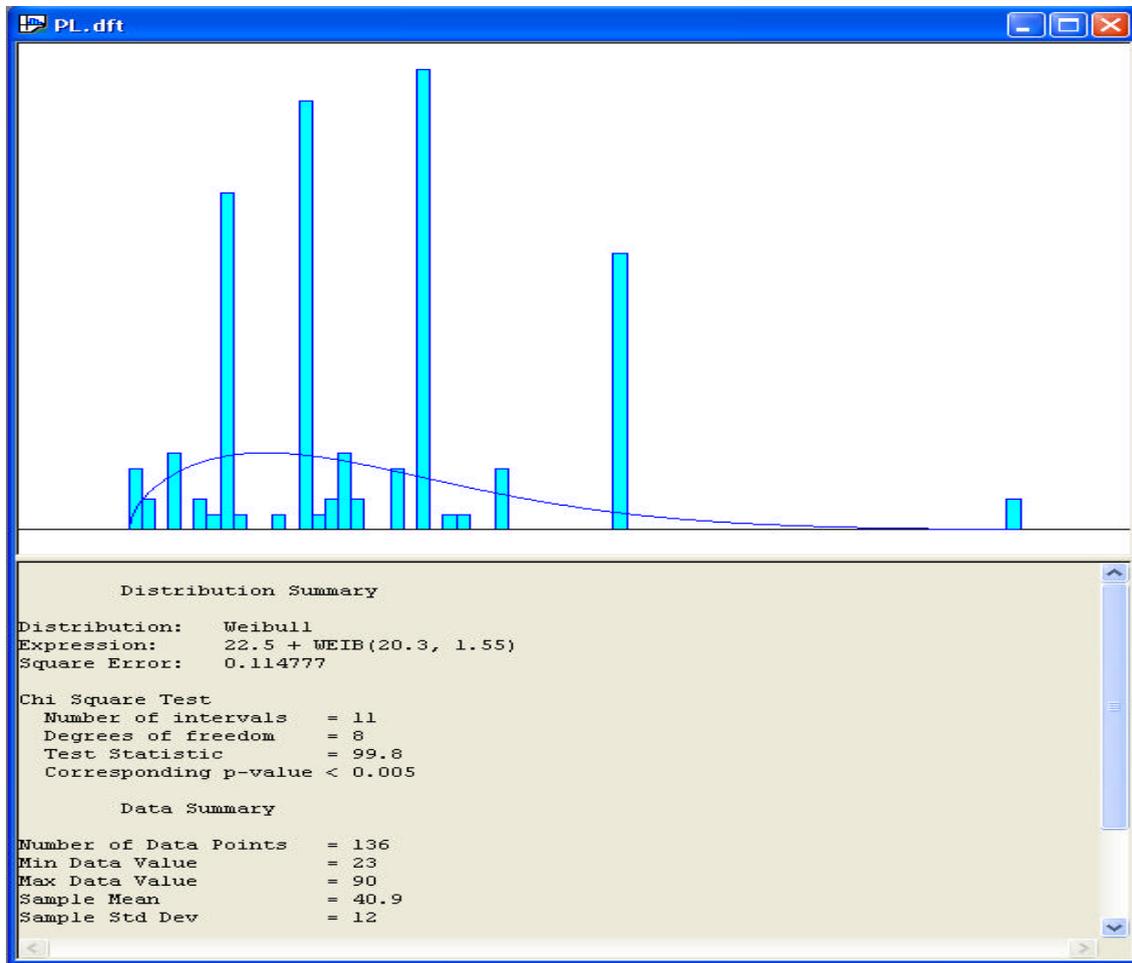


Figura 4.10 - Histograma operação PL - Presponto Lateral

- Operação Barra - BR

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação BR são: média de 84,2 segundos; desvio padrão de 29,3 segundos; maior valor encontrado de 171 segundos e valor mínimo de 40 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Erlang, com a expressão:

$$40 + \text{ERLA}(22.1, 2)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.11 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

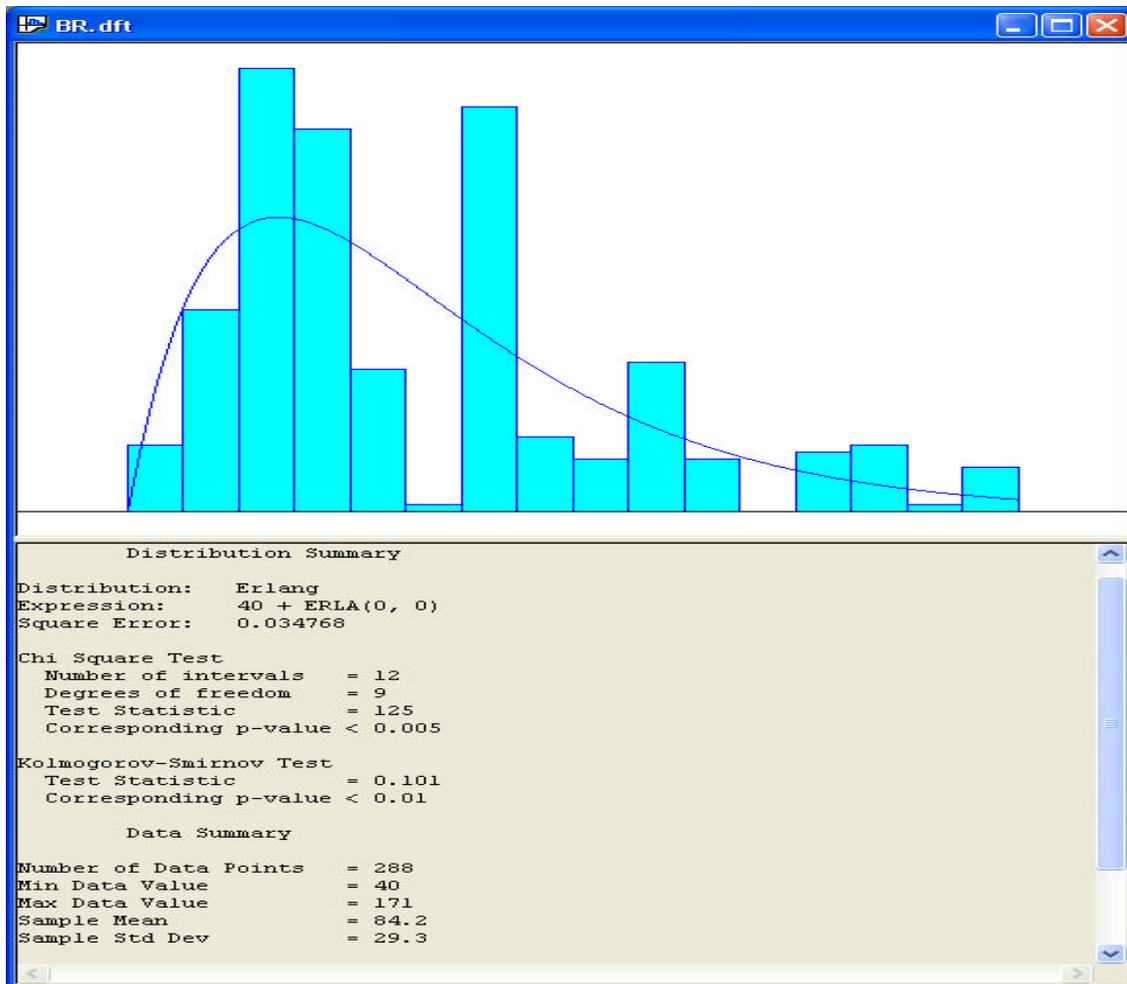


Figura 4.11 - Histograma operação BR - Barra

- Operação Acessório F - Parte da Frente

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação Acessório F são: média de 247 segundos; desvio padrão de 111 segundos; maior valor encontrado de 900 segundos e valor mínimo de 60 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Gamma, com a expressão:

$$60 + \text{GAMM}(75.6, 2.48)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.12 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

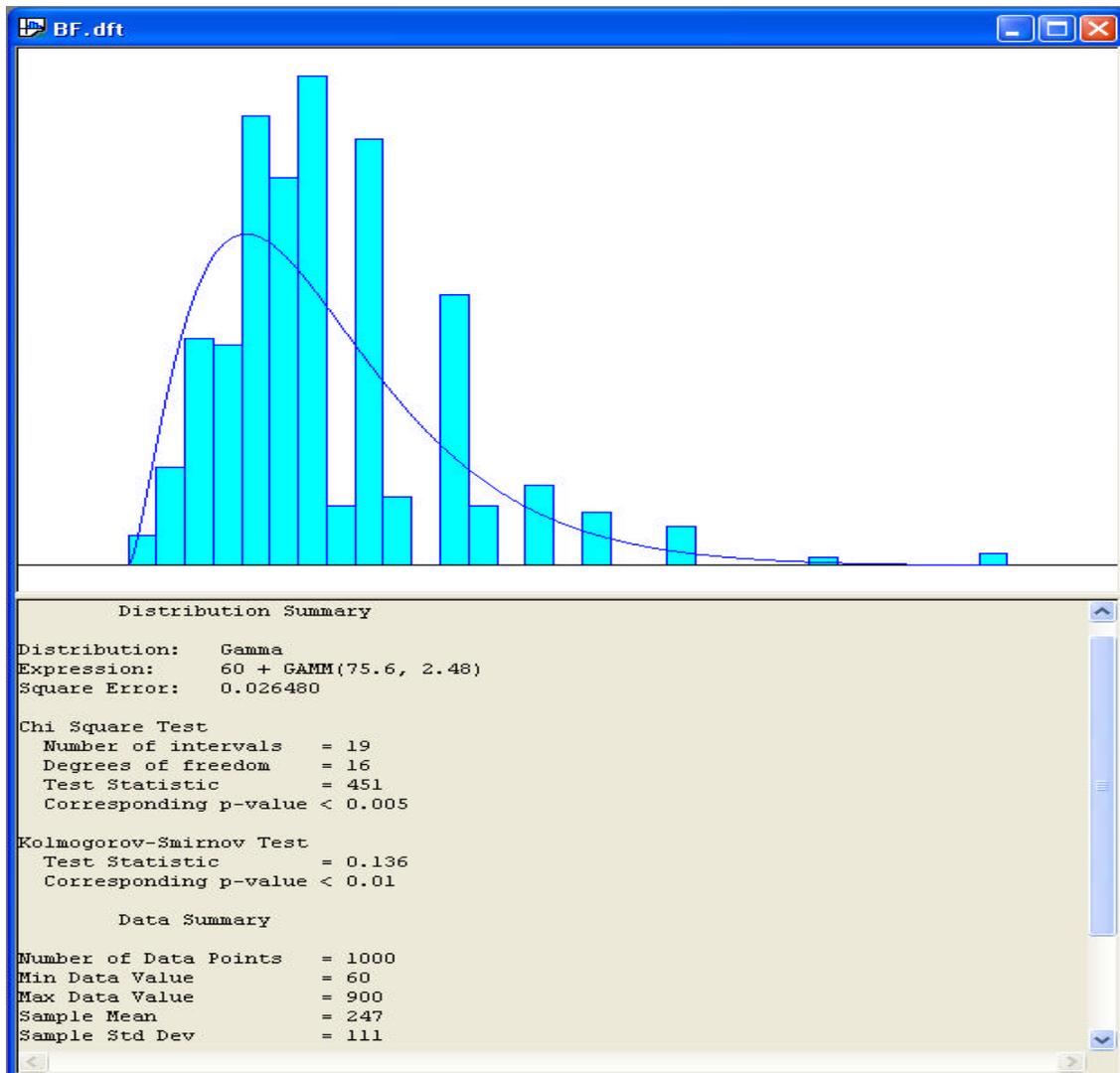


Figura 4.12 - Histograma operação Acessório F - Parte da Frente

- Operação Acessório T - Parte da Trás

As estatísticas de atendimento com relação a tempo da peça na operação Acessório T são: média de 264 segundos; desvio padrão de 139 segundos; maior valor encontrado de 900 segundos e valor mínimo de 72 segundo. A melhor distribuição de probabilidade encontrada pelo INPUT ANALYSER foi a Erlang, com a expressão:

$$72 + \text{ERLA}(95.9, 2)$$

A distribuição obtida na expressão acima foi gerada pelo gráfico da Figura 4.13 com o auxílio da ferramenta INPUT ANALYSER.

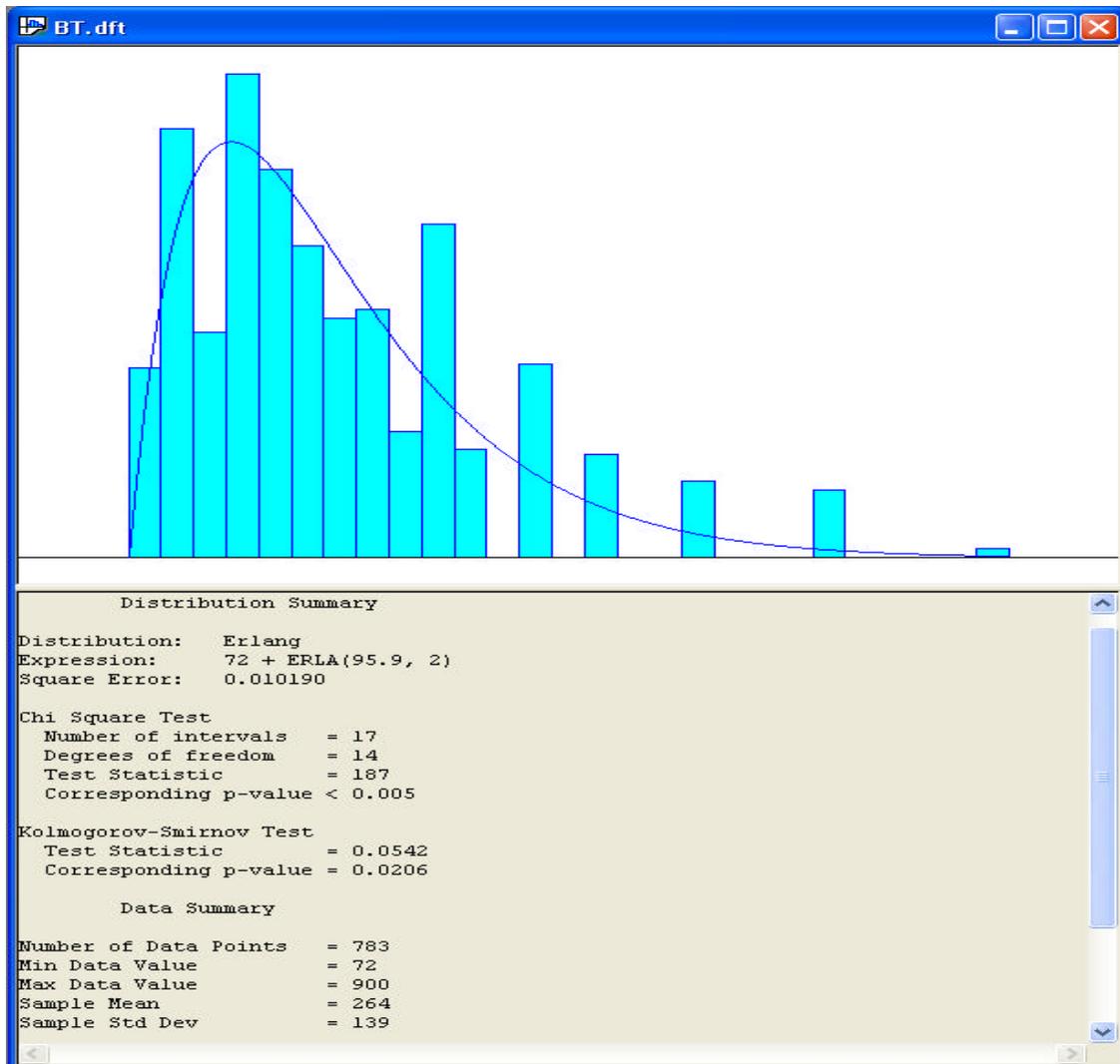


Figura 4.13 - Histograma operação Acessório T - Parte da Trás

4.8 - Modelagem

Os componentes básicos da modelagem utilizando o Software Arena são:

- Módulo Create

O ponto de partida para todo modelo é o módulo Create. É desse ponto que as entidades surgem no sistema, sejam elas clientes, documentos, peças, equipamentos, navios, aviões,

entre outras. As entidades são tudo aquilo que “sofrerá” a ação das diversas operações lógicas do fluxo.

As entidades são o “gatilho” dos processos, depois de definidas a maneira com que são criadas, elas se movem pelo sistema e fazem os processos efetivamente funcionar.

O principal dado a ser definido nesse módulo são os intervalos de tempo em que são criadas as entidades.



Figura 4.14 - Módulo Create

- Módulo Process

Neste módulo são definidos os processos de atendimento em relação intervalo de tempo, tipo do recurso, tipo do atendimento, etc.

Este é o módulo mais indicado para ser usado quando existe um problema de modelagem do tipo uma entidade sofrendo alguma ação, como por exemplo: um cliente sendo atendido por um funcionário, uma peça sofrendo usinagem, um formulário sendo preenchido por algum funcionário ou outra coisa do tipo.



Figura 4.15 - Módulo Process

- Módulo Dispose

Esse módulo define o “fim” de todo projeto de simulação. É por ele que as entidades desaparecem do sistema, sendo tão obrigatório quanto o módulo Create.



Figura 4.16 - Módulo Dispose

- Módulo Decide

Esse módulo permite a modelagem de processos de tomada de decisão no sistema. O Módulo permite decisões do tipo binária (a resposta ou é falsa ou verdadeira), ou do tipo múltipla. A escolha pode ser feita através de probabilidades (por exemplo: há 75% de probabilidade do cliente ir para a fila A e 25% de ele ir para a fila B), de atributos (por exemplo: peças do tipo A seguem para torno e peças do tipo B seguem para fresa), de expressões (por exemplo: avalia-se o tamanho da fila do processo A, se ela for maior que dois, a entidade segue para o processo B), ou variáveis do processo.



Figura 4.17 - Módulo Decide

- Módulo Station

O módulo Station define uma estação (ou um conjunto de estações) que corresponde a um local físico ou lógico onde ocorre o processamento. Se o módulo define um conjunto de estações (Station Set), está na verdade definindo múltiplos locais de processamento.



Figura 4.18 - Módulo Station

- Módulo Leave

Este módulo é usado para transferir uma entidade para uma estação ou módulo. Esta pode ser transferida de duas maneiras, graficamente ou referenciando-se a estação, roteamento, condutor ou transportador.

Quando uma entidade chega a este módulo, ela pode ainda aguardar para obter acesso ao equipamento de transferência a ser utilizado (recurso, transportador ou condutor). Quando este é obtido, a entidade pode sofrer ainda um atraso de carregamento sendo, em seguida, transferida do módulo até seu destino posterior.



Figura 4.19 - Módulo Leave

- Módulo Hold

Ao entrar neste módulo, a entidade será colocada numa fila, para aguardar um sinal (*Wait for signal*), esperar que uma determinada condição torne-se verdadeira (*Scan for condition*) ou ficar parada indefinidamente (deve ser posteriormente removida com o módulo Remove).



Figura 4.20 - Módulo Hold

- Módulo Signal

Este módulo envia um sinal para todos os módulos do tipo Hold existentes no modelo que estejam configurados em *Wait for Signal*, liberando o maior número especificado de entidades.

Quando uma entidade entra no módulo, *Signal Value* é avaliado e o código do sinal é enviado. Neste momento, entidades presentes em módulos Hold que estavam esperando pelo mesmo sinal são retiradas de suas filas. A entidade que originou o sinal continua a ser processada, até que encontre uma espera, uma fila, ou seja, retirada do sistema.



Figura 4.21 - Módulo Signal

- Módulo Batch

Esse módulo é utilizado como um mecanismo de agrupamento que é feito através de contagem simples, do tipo “as primeiras quatro entidades que chegam ao módulo, se agrupam

e seguem o fluxo e as próximas quatro formam mais um grupo e etc.”, ou então baseado em um atributo.



Figura 4.22 - Módulo Batch

A combinação destes módulos é utilizada para o desenvolvimento do modelo e, posteriormente, podem ser acrescentados novos módulos na busca de resultados mais próximos da realidade do sistema.

A lógica utilizada neste modelo foi desenvolvida de forma que operações do sistema são representadas logicamente no modelo na forma de módulos Process, as quais recebem as expressões de tempo de atendimento descritas no tópico anterior. As entradas do sistema são representadas por módulos Create e acontecem em 4 intervalos durante a jornada de trabalho de um dia, cada uma delas com aproximadamente 500 peças, uma entrada para parte da frente e outra para parte de trás. A parte da frente e a parte de trás são unidas por um módulo Batch, o qual recebe as partes de frente e de trás por uma lógica utilizando o módulos Hold em que a parte da frente aguarda um sinal da passagem de uma parte de trás pelo módulo Signal. Então, continuam as operações até o fim do processo. Existe um módulo Decide onde acontece uma decisão na qual 10% das peças não passam por uma das operações (ET) pois são do tipo saia.

A figura 4.20 mostra o modelo lógico desenvolvido no Software Arena, este modelo foi implementado na versão *Student* do Arena. Os resultados foram obtidos a partir de uma versão profissional do Arena instalada na máquina de um professor da Universidade Federal de São Carlos, Alceu Gomes Alves Filho.

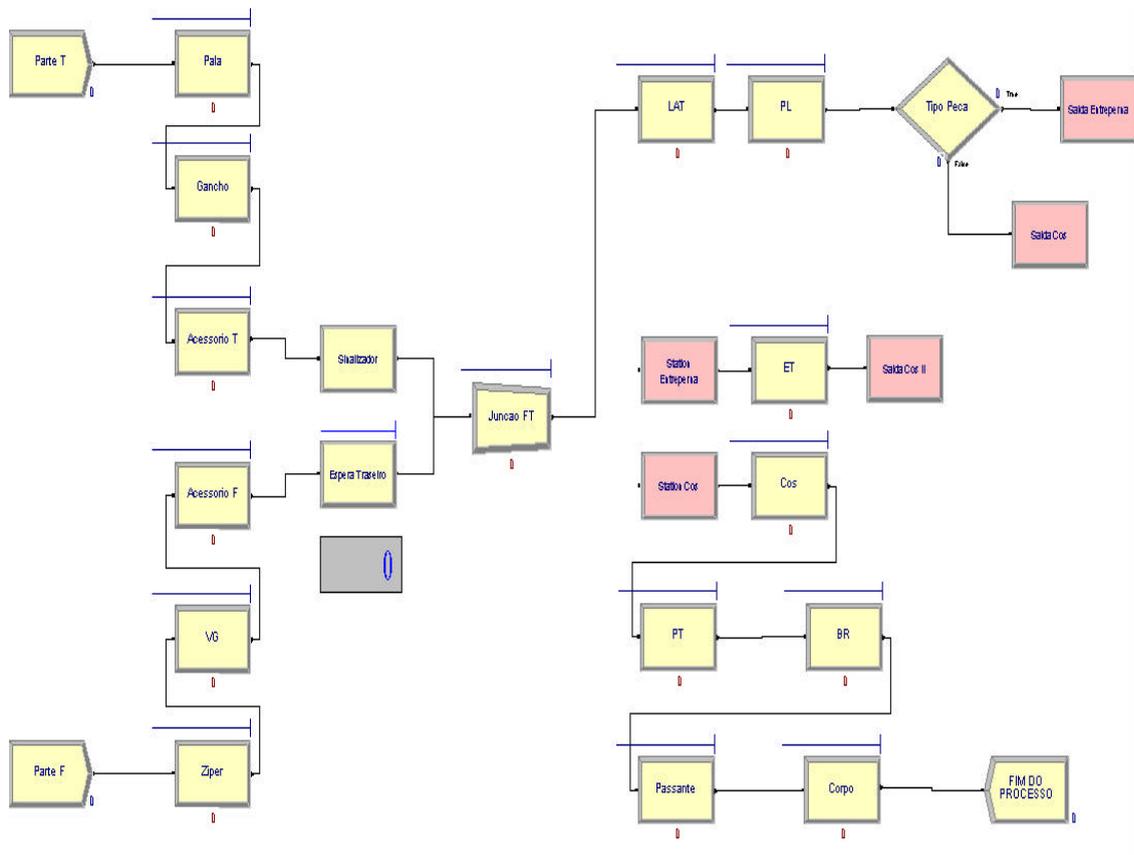


Figura 4.23 - Lógica do Modelo

4.9 - Resultados da Simulação

Primeiramente, foi simulado um modelo atual da fábrica com todas as características originais, todos os processos com sua quantidade de recursos.

Foram simulados 576.000 segundos ou um mês (20 dias úteis), no qual as peças entravam no sistema a uma frequência de 28,8 segundos ou 1000 peças diárias.

Todos os tempos citados neste trabalho estão na unidade “segundo”, unidade que escolheu-se como base para análise e obtenção dos resultados.

Analisando-se as Tabelas 4.2 e 4.3 observou-se que alguns recursos apresentaram taxa de utilização, igual ou muito próximo a 1,00 (ou 100%) e, paralelamente, observa-se que estes mesmo processos apresentam uma fila acima do padrão, chamados gargalos de produção.

Tabela 4.2 - Recursos

ANÁLISE DOS RECURSOS			
Recursos	Quantidade Ocupada	Quantidade	Taxa de Utilização
Costureira AcessF	7,72	8,00	0,97
Costureira AcessT	5,80	7,00	0,83
Costureira BR	1,84	8,00	0,23
Costureira Cós	0,52	1,00	0,52
Costureira Gancho	1,00	1,00	1,00
Costureira ET	0,57	1,00	0,57
Costureira LAT	0,90	1,00	0,90
Costureira Pala	2,00	2,00	1,00
Costureira PL	0,89	1,00	0,89
Costureira PT	2,17	5,00	0,43
Costureira TRAV	2,93	5,00	0,59
Costureira VG	2,24	3,00	0,75
Costureira Zíper	1,68	2,00	0,84

Tabela 4.3 - Filas

ANÁLISE DAS FILAS		
Processo	Tempo Médio de Espera	Número Médio na Fila
Acessório F	19143,74	663,64
Acessório T	20,84	0,45
BR	0,00	0,00
Corpo	0,37	0,01
Cós	1,18	0,03
ET	1,48	0,03
Gancho	70680,25	2065,14
LAT	82,55	1,79
Pala	47641,07	1652,04
Passante	0,52	0,01
PL	36,36	0,79
PT	0,00	0,00
VG	5,51	0,19
Zíper	28,43	0,99

Nesta simulação, a quantidade produzida foi de 12554 peças com aproximadamente 627,7 peças por dia.

Logo, são estes são os processos onde podem-se fazer alterações na busca de redução no tamanho das filas e maximização da utilização dos recursos na busca de maior produtividade e balanceamento do sistema.

A partir destes relatórios do Arena fez-se uma análise em relação á taxa de ocupação e tamanho das filas com o objetivo de melhorar o desempenho do sistema com seus recursos atuais apenas redistribuindo-os dentro do sistema afim de equilibrar as taxas de ocupação e filas no sistema.

No caso destes resultados da simulação os processos Gancho, Pala e AcessF estão com taxa de ocupação e tamanho das filas altos e os processos BR e PT com as mesmas estatísticas baixas, portanto, de acordo com a lógica do sistema foi feita uma redistribuição dos recursos entre os processos citados acima, de acordo com a Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Modelo 2

ALTERAÇÕES DO MODELO1 PARA O MODELO2		
Operação	Quantidade de Recursos Anterior	Quantidade de Recursos Atual
BR	08	05
PT	05	04
Gancho	01	03
Pala	02	03
AcessF	08	09

Para o Modelo2 então tem-se os resultados discriminados nas Tabelas 4.5 e 4.6.

Tabela 4.5 - Recursos Modelo2

ANÁLISE DOS RECURSOS			
Recursos	Quantidade Ocupada	Quantidade	Taxa de Utilização
Costureira AcessF	8,54	9,00	0,95
Costureira AcessT	7,00	7,00	1,00
Costureira BR	2,05	5,00	0,41
Costureira Cós	0,58	1,00	0,58
Costureira Gancho	1,60	3,00	0,53
Costureira ET	0,64	1,00	0,64
Costureira LAT	1,00	1,00	1,00
Costureira Pala	2,38	3,00	0,79
Costureira PL	0,99	1,00	0,99
Costureira PT	2,42	4,00	0,48
Costureira TRAV	3,24	5,00	0,65
Costureira VG	2,49	3,00	0,83
Costureira Zíper	1,87	2,00	0,93

Tabela 4.6 - Filas Modelo2

ANÁLISE DAS FILAS		
Processo	Tempo Médio de Espera	Número Médio na Fila
Acessorio F	64,14	2,23
Acessorio T	69613,36	2408,21
BR	0,01	0,00
Corpo	0,67	0,02
Cós	1,28	0,03
ET	1,77	0,04
Gancho	1,49	0,05
LAT	22890,22	607,46
Pala	6,89	0,24
Passante	0,92	0,02
PL	203,32	4,92
PT	0,00	0,00
VG	5,83	0,20
Zíper	32,64	1,13

Na análise do Modelo2 observou-se que ainda haviam alguns recursos que apresentaram taxa de utilização igual ou muito próximo a 1.00 ou 100%, e paralelamente é possível observar que estes mesmos processos apresentam uma fila acima do padrão.

A quantidade produzida foi de 13941 peças com aproximadamente 697,05 peças por dia, estes resultados mostram que o processo obteve uma melhora no seu desempenho.

Mas ainda existem processos onde podem-se fazer alterações na busca de redução no tamanho das filas e maximização da utilização dos recursos na busca de maior produtividade e balanceamento do sistema.

No caso destes resultados da simulação os processos LAT, Pala, AcessF e AcessT estão com taxa de ocupação e tamanho das filas altos e os processos BR e PT com as mesmas estatísticas baixas, portanto, de acordo com a lógica do sistema foi feita uma redistribuição dos recursos entre os processos citados acima, de acordo com a Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Modelo3

ALTERAÇÕES DO MODELO2 PARA O MODELO3		
Operação	Quantidade de Recursos Anterior	Quantidade de Recursos Atual
BR	05	03
PT	04	02
LAT	01	02
PL	01	02
AccesT	07	08
AcessF	09	10

Para o Modelo2 então tem-se os resultados discriminados nas Tabelas 4.8 e 4.9.

Tabela 4.8 - Recursos Modelo3

ANÁLISE DOS RECURSOS			
Recursos	Quantidade Ocupada	Quantidade	Taxa de Utilização
Costureira AcessF	8,58	10,00	0,86
Costureira AcessT	8,00	8,00	1,00
Costureira BR	1,69	3,00	0,56
Costureira Cos	0,73	1,00	0,73
Costureira Gancho	1,59	3,00	0,53
Costureira ET	0,79	1,00	0,79
Costureira LAT	1,25	2,00	0,62
Costureira Pala	2,40	3,00	0,80
Costureira PL	1,23	2,00	0,62
Costureira PT	2,00	2,00	1,00
Costureira TRAV	2,69	5,00	0,54
Costureira VG	2,48	3,00	0,83
Costureira Ziper	1,87	2,00	0,93

Tabela 4.9 - Filas Modelo3

ANÁLISE DAS FILAS		
Processo	Tempo Médio de Espera	Número Médio na Fila
Acessorio F	10,63	0,37
Acessorio T	36765,46	1276,28
BR	0,42	0,01
Corpo	0,02	0,00
Cós	4,29	0,13
ET	23,03	0,63
Gancho	1,48	0,05
LAT	7,18	0,22
Pala	7,26	0,25
Passante	0,06	0,00
PL	3,21	0,10
PT	96502,21	2927,68
VG	5,85	0,20
Zíper	30,17	1,05

Na análise do Modelo3 observou-se que ainda dois recursos apresentaram taxa de utilização igual ou muito próxima a 1.00 ou 100%, e paralelamente observamos que estes mesmo processos apresentam uma fila acima do padrão

A quantidade produzida foi de 11532 peças com aproximadamente 576,6 por dia, estes resultados mostram que o processo não obteve uma melhora no seu desempenho.

No caso destes resultados da simulação os processos PT e AcessT estão com taxa de ocupação e tamanho das filas altos e os processos BR e GC com as mesmas estatísticas baixas, portanto, de acordo com a lógica do sistema foi feita uma redistribuição dos recursos entre os processos citados acima, de acordo com a Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Modelo 4

ALTERAÇÕES DO MODELO3 PARA O MODELO4		
Operação	Quantidade de Recursos Anterior	Quantidade de Recursos Atual
BR	03	02
GC	03	02
AcessT	08	09
PT	02	03

Para o Modelo2 então tem-se os resultados discriminados nas Tabelas 4.11 e 4.12.

Tabela 4.11 - Recursos Modelo4

ANÁLISE DOS RECURSOS			
Recursos	Quantidade Ocupada	Quantidade	Taxa de Utilização
Costureira AcessF	8,58	10,00	0,86
Costureira AcessT	8,99	9,00	1,00
Costureira BR	2,00	2,00	1,00
Costureira Cos	0,82	1,00	0,82
Costureira Gancho	1,60	2,00	0,80
Costureira ET	0,89	1,00	0,89
Costureira LAT	1,40	2,00	0,70
Costureira Pala	2,37	3,00	0,79
Costureira PL	1,39	2,00	0,69
Costureira PT	3,00	3,00	1,00
Costureira TRAV	3,18	5,00	0,64
Costureira VG	2,49	3,00	0,83
Costureira Ziper	1,88	2,00	0,94

Tabela 4.12 - Filas Modelo4

ANÁLISE DAS FILAS		
Processo	Tempo Médio de Espera	Número Médio na Fila
Acessorio F	10,32	0.36
Acessorio T	5845,88	203.03
BR	58994,71	1774.19
Corpo	0,17	0.00
Cós	7,10	0.24
ET	50,60	1.55
Gancho	19,51	0.68
LAT	10,59	0.36
Pala	6,90	0.24
Passante	0,36	0.01
PL	4,88	0.17
PT	33731,99	1140.21
VG	5,96	0.21
Zíper	36,98	1.28

Na análise do Modelo4 observou-se que alguns recursos apresentaram taxa de utilização igual ou muito próxima a 1.00 ou 100%, e paralelamente observamos que estes mesmo processos apresentam uma fila acima do padrão

A quantidade produzida foi de 13712 peças com aproximadamente 685,6 peças por dia, estes resultados mostram que o processo obteve uma melhora no seu desempenho com relação ao anterior.

A partir dos resultados obtidos por este último modelo conclui-se que a troca de recursos entre as operações não traria mudanças significativas para o sistema. Então, com base nas informações relevantes aos processos fornecidas pelos relatórios de taxa de ocupação e tamanho das filas do Arena decidiu-se pela inserção de uma unidade de recurso nos processos AcessT, BR e PT de acordo com a Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Modelo5

ALTERAÇÕES DO MODELO4 PARA O MODELO5		
Operação	Quantidade de Recursos Anterior	Quantidade de Recursos Atual
BR	02	03
PT	03	04
AcessT	09	10

Para o Modelo2 então tem-se os resultados discriminados nas Tabelas 4.14 e 4.15.

Tabela 4.14 - Recursos Modelo5

ANÁLISE DOS RECURSOS			
Recursos	Quantidade Ocupada	Quantidade	Taxa de Utilização
Costureira AcessF	8,61	10,00	0,86
Costureira AcessT	9,16	10,00	0,92
Costureira BR	2,92	3,00	0,97
Costureira Cos	0,83	1,00	0,83
Costureira Gancho	1,61	2,00	0,81
Costureira ET	0,91	1,00	0,91
Costureira LAT	1,43	2,00	0,72
Costureira Pala	2,38	3,00	0,79
Costureira PL	1,41	2,00	0,71
Costureira PT	3,46	4,00	0,87
Costureira TRAV	4,64	5,00	0,93
Costureira VG	2,48	3,00	0,83
Costureira Zíper	1,87	2,00	0,93

Tabela 4.15 - Filas Modelo5

ANÁLISE DAS FILAS		
Processo	Tempo Médio de Espera	Número Médio na Fila
Acessorio F	10,14	0,35
Acessorio T	35,07	1,22
BR	95,07	3,30
Corpo	19,19	0,66
Cós	7,95	0,28
ET	52,34	1,63
Gancho	19,20	0,67
LAT	12,63	0,44
Pala	6,77	0,23
Passante	20,33	0,70
PL	5,62	0,20
PT	10,01	0,35
VG	5,74	0,20
Zíper	26,79	0,93

Nesta análise do Modelo5 observou-se os recursos apresentaram uma taxa de utilização e tamanho de filas balanceados e nenhum recurso obteve 100% de utilização.

A quantidade produzida foi de 19951 peças com aproximadamente 997,55 peças por dia, estes resultados mostram que o processo obteve uma melhora no seu desempenho de aproximadamente 30% na produtividade, além da melhor distribuição dos recursos em relação aos modelos anteriores.

Além do aumento na produtividade ainda pode-se fazer alguns testes em relação às taxas de ocupação dos recursos, pois algumas estão altas.

Para este novo modelo simulado foram acrescentados recursos de acordo com a lógica do sistema e a taxa de ocupação elevada dos processos, conforme a Tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Modelo6

ALTERAÇÕES DO MODELO5 PARA O MODELO6		
Operação	Quantidade de Recursos Anterior	Quantidade de Recursos Atual
BR	03	04
ET	01	02
AcessT	10	11
AcessF	10	11

Para o Modelo2 então tem-se os resultados discriminados nas Tabelas 4.17 e 4.18.

Tabela 4.17 - Recursos Modelo6

ANÁLISE DOS RECURSOS			
Recursos	Quantidade Ocupada	Quantidade	Taxa de Utilização
Costureira AcessF	8,51	11,00	0,77
Costureira AcessT	9,19	11,00	0,84
Costureira BR	2,92	4,00	0,73
Costureira Cós	0,83	1,00	0,83
Costureira Gancho	1,61	2,00	0,80
Costureira ET	0,91	2,00	0,45
Costureira LAT	1,43	2,00	0,72
Costureira Pala	2,39	3,00	0,80
Costureira PL	1,41	2,00	0,71
Costureira PT	3,41	4,00	0,85
Costureira TRAV	4,64	5,00	0,93
Costureira VG	2,49	3,00	0,83
Costureira Zíper	1,87	2,00	0,93

Tabela 4.18 - Filas Modelo6

ANÁLISE DAS FILAS		
Processo	Tempo Médio de Espera	Número Médio na Fila
Acessorio F	2,22	0,08
Acessorio T	8,57	0,30
BR	3,67	0,13
Corpo	21,42	0,74
Cós	17,70	0,61
ET	0,40	0,01
Gancho	18,20	0,63
LAT	13,23	0,46
Pala	7,03	0,24
Passante	22,01	0,76
PL	5,58	0,19
PT	8,79	0,30
VG	5,76	0,20
Zíper	27,78	0,96

A quantidade produzida foi de 19959 peças com aproximadamente 997,95 peças por dia.

Conclui-se que apesar da redução das taxas de ocupação dos processos onde foram acrescentados recursos a produtividade não elevou-se significativamente.

Logo, com o primeiro teste, no qual foram acrescentados recursos, o sistema atinge o desempenho desejado com um melhor número ideal de recursos. No Modelo6 também foram acrescentados recursos, mas estes não são interessantes pois a produtividade não obteve resultados relevantes em seu desempenho, então com a contratação destes recursos acrescentados no Modelo6 gera-se custos para um retorno irrelevante.

As tabelas com os resultados apresentados neste trabalho contém apenas dados relevantes a tomada de decisões, os relatório completos gerados pelo software Arena encontram-se em anexo.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho iniciou-se com objetivo de realizar um estudo detalhado sobre ferramentas tecnológicas, que tem em sua utilização em sistemas produtivos e uma grande importância na obtenção de dados fundamentais dos processos de fabricação, filas e taxa de ocupação dos recursos. Estes dados são considerados fundamentais no auxílio a tomada de decisão dentro das organizações.

A simulação se mostrou uma ferramenta tecnológica de grande utilidade e eficiência no tratamento do estudo de caso em um sistema produtivo.

Os resultados obtidos pela simulação dos modelos desenvolvidos no estudo de caso confirmam a eficiência e importância desta ferramenta, Software Arena, na realização de diagnósticos em sistemas produtivos. Os dados resultantes deste diagnóstico são de suma importância para as possíveis alterações no sistema produtivo da fábrica de confecções, que tem como objetivo alcançar um desempenho superior ao do sistema atual.

A partir desta simulação a fábrica de confecções passa a ter múltiplas possibilidades nas tomadas decisões. A opção por uma delas dependerá da estratégia de produção e de fatores externos, como fatores econômicos. Mesmo que as estratégias sugeridas na simulação não sejam implementadas, estes resultados servirão como indicadores na busca de alcançar o aumento da produtividade.

Como sugestão, acredita-se que seria importante ao ensino do curso de Engenharia de Produção um maior incentivo à utilização de ferramentas tecnológicas que possam ser utilizadas em sistemas produtivos, pois oferece importantes subsídios para enfrentar o mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banks, J. e Carson, J.S., 1984, *Discrete-Event System Simulation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Cassel, R. e Müller, C. 1996, *A simulação e os processos de mudança*. Anais do XVI ENEGEP, UNIMEP, 1996.
- Dias, J. Trabalho Geração de Empregos-Relatório Interno – IDR Instituto de Desenvolvimento do Paraná/CODEM – Conselho de Desenvolvimento de Maringá. 1996.
- Christy,D.P. e Watson,H.J., 1983, *The application of Simulation : A survey of industry practice*. Interfaces 13, nº 5.
- Freitas Filho, P.J., 2001, *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas*, Visual Books Editora.
- Law, A.M. e Kelton W.D., 1991, *Simulation Modeling and Analysis*, 2nd Ed., McGraw-Hill, NY.
- Moreira, D.A. 1996, *Administração da Produção e Operações*. 2. ed. São Paulo: Pioneira.
- Pegden,C.D., Shannon, R.E., Sadowsky, R.P., 2nd ed., 1990, *Introduction to Simulation using SIMAN*. Mc Graw Hill, NY.
- Prado, D., 2004, *Usando o ARENA em Simulação*, INDG Tecnologias e Serviços Ltda.
- Russomano, V.H., 2000, *Planejamento e Controle da Produção*. 6. ed. Ver. São Paulo: Pioneira.
- Slack, N. et al;Chambers, S.;Harland, C.; Harrison, A. & Johnston, R. (2004) – *Administração da Produção*. São Paulo: Editora Atlas.
- Schriber, T.J., 1974, *Simulation Using GPSS*, Wiley, NY.

Strumiello, L.D.P. , 1999, *Proposta para o Planejamento e Controle da Produção e Custos para Pequenas Empresas do Vestuário*. Florianópolis.

Taylor, R.E. e Schmidt, J.W., 1970, *Simulation and Analysis of Industrial Systems*, Richard D. Irwin, Homewood, I11.

Tubino, D.F., 2004, *Sistemas de Produção: A Produtividade no Chão de Fábrica*, Bookman Companhia Editora Ltda.

Tubino, D.F., 2000, *Manual de Planejamento e Controle da Produção*, São Paulo: Editora Atlas.

ANEXOS

Jnnamed Project

Replications: 1

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 576.000,00 Time Units: Seconds

Queue Detail Summary

Time

	Waiting Time
Acessorio F.Queue	608.47
Acessorio T.Queue	27.73
Aguarda Traseiro.Queue	87302.72
BR.Queue	0.00
Corpo.Queue	0.41
Cos.Queue	1.07
ET.Queue	1.26
Gancho.Queue	69352.35
Juncao Frente Traseiro.Queue	0.00
LAT.Queue	87.02
Pala.Queue	27674.46
Passante.Queue	0.56
PL.Queue	43.03
PT.Queue	0.00
VG.Queue	12.36
Ziper.Queue	3999.70
Total	189111.13

Other

	Number Waiting
Acessorio F.Queue	19.01
Acessorio T.Queue	0.61
Aguarda Traseiro.Queue	2723.25
BR.Queue	0.00
Corpo.Queue	0.01
Cos.Queue	0.02
ET.Queue	0.02
Gancho.Queue	2005.88
Juncao Frente Traseiro.Queue	0.00
LAT.Queue	1.90
Pala.Queue	864.02
Passante.Queue	0.01
PL.Queue	0.94
PT.Queue	0.00
VG.Queue	0.39
Ziper.Queue	125.00
Total	5741.06

Acessorio F.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	608.47	35,19125	0	1,948.35
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	19.0145	1,12705	0	59.0000

Acessorio T.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	27.7290	5,16997	0	395.18
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0.6052		0	11.0000

Aguarda Traseiro.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	87,302.72	(Correlated)	21.5889	173,757.39
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	2,723.25	(Correlated)	0	5,432.00

BR.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	0	0,000000000	0	0
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0	(Insufficient)	0	0

Corpo.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	0.4145	0,077096010	0	51.3375
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0.00903503	0,002081590	0	2.0000

Cos.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	1.0655	0,070534102	0	31.4866
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0.02323144	0,001578827	0	2.0000

ET.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
------	---------	------------	---------	---------

Queues

10:11:17

dezembro 5, 2005

Waiting Time Other	1.2587 Average	Half Width	0 Minimum	163.42 Maximum
Number Waiting Gancho.Queue	0.02469887	0,003372723	0	3.0000
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time Other	69,352.35 Average	(Correlated) Half Width	0 Minimum	139,613.83 Maximum
Number Waiting Juncao Frente Traseiro.Queue	2,005.88	(Correlated)	0	4,032.00
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time Other	0 Average	0,000000000 Half Width	0 Minimum	0 Maximum
Number Waiting LAT.Queue	0	0,000000000	0	2.0000
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time Other	87.0204 Average	11,14185 Half Width	0 Minimum	603.24 Maximum
Number Waiting Pala.Queue	1.8980		0	14.0000
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time Other	27,674.46 Average	(Correlated) Half Width	0 Minimum	53,569.15 Maximum
Number Waiting Passante.Queue	864.02	(Correlated)	0	1,694.00
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time Other	0.5593 Average	0,078363495 Half Width	0 Minimum	51.0536 Maximum
Number Waiting PL.Queue	0.01219162	0,002016347	0	3.0000
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time Other	43.0265 Average	7,62687 Half Width	0 Minimum	362.93 Maximum

Queues

10:11:17

dezembro 5, 2005

Number Waiting	0.9383		0	9.0000
PT.Queue				
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	0	0,000000000	0	0
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0	(Insufficient)	0	0
VG.Queue				
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	12.3607		0	130.26
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0.3863	0,028238099	0	6.0000
Ziper.Queue				
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	3,999.70	101,606	0	8,421.20
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	125.00	4,40877	0	298.00