UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de São Carlos

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO FABRIL NO
SETOR DE USINAGEM PESADA EM EMPRESA DE PRODUÇÃO
SOB ENCOMENDA**

João Luís Guadagnim

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

ORIENTADOR: Prof. PhD Reginaldo Teixeira Coelho

São Carlos

2008

FOLHA DE JUNGAMENTO

Candidato: Engenheiro **JOÃO LUÍS GUADAGNIM**

Dissertação defendida e julgada em 31/07/2008 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Associado **REGINALDO TEIXEIRA COELHO (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Prof. Associado **XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Prof. Associado **XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Prof. Associado **XXXXXXXXXXXX**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
Em Engenharia Mecânica

Prof. Associado **XXXXXXXXXXXX**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
Em Engenharia Mecânica

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos aqueles
que me incentivaram, aos meus filhos
e especialmente à minha esposa.

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração de algumas pessoas, por isto ofereço não só um agradecimento nesta seção, mas meu eterno respeito e gratidão:

- A DEUS.
- Ao professor Reginaldo Teixeira Coelho da Escola de Engenharia de São Carlos, pela coordenação, orientação e extremo apoio para realização deste trabalho.
- À minha querida esposa Patrícia pela força nos momentos difíceis e também por todo tempo desprendido para distrair meus queridos filhos Ana Júlia e Luís Felipe nas inúmeras noites de estudo.
- Aos meus pais, pelos exemplos de honestidade e pelo apoio dedicado a mim.
- A Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, por me proporcionar o crescimento científico.
- Aos meus companheiros de mestrado, Fábio e Orlando, pelo apoio na realização e conclusão deste trabalho.
- A empresa DEDINI S.A. Indústrias de Base, por me proporcionar a oportunidade de frequentar as aulas e a colaboração para a realização deste trabalho, em especial ao Dr. Antonio Carlos Christiano, diretor de operações.

RESUMO

GUADAGNIM, J.L. (2008). Análise dos Indicadores de Desempenho Fabril no Setor de Usinagem Pesada em Indústria de Produção Sob Encomenda, 2008. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A indústria brasileira produtora de bens de capital para o setor sucroalcooleiro, teve no início do século XXI grandes taxas de crescimento devido ao aumento do consumo do álcool combustível. Na onda deste crescimento, aumentou também o interesse das empresas em ingressar neste mercado. Para obter êxito, qualquer empresa deve conhecer muito bem os seus recursos de fabricação e gerenciá-los da melhor forma. Uma boa maneira de se conhecer o sistema produtivo de uma empresa é utilizando os indicadores de desempenho fabril. De posse destes indicadores é possível avaliar a eficiência, o índice de ciclo e os tempos de fila do setor. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar os indicadores de desempenho do setor mostrando o impacto que os tempos improdutivos podem causar no resultado final do exercício, usando como objeto de pesquisa o castelo de moenda, principal peça do conjunto do terno de moenda. Para o conhecimento dos indicadores foram acompanhadas 12 peças entre os meses de fevereiro e maio de 2008 e os resultados anotados. Com base no resultados das 12 amostras a eficiência do setor ficou em 102%, o índice de ciclo em 19,8% e o tempo médio de fila entre as operações foi de 6,4 dias. Por meio da avaliação dos dados, concluiu-se que o maior problema do setor é o gargalo formado antes das operações nas mandriladoras, estes gargalos influenciam diretamente no resultado do setor. O conhecimento destes valores pode orientar a empresa na busca por melhores resultados e direcionar esforços da maneira correta.

Palavras-chave: Produção sob encomenda. Castelo de moenda. Tempos improdutivos. Custos de fabricação. Indicadores de desempenho.

ABSTRACT

GUADAGNIM, J.L.. (2008). Análise dos Indicadores de Desempenho Fabril no Setor de Usinagem em Indústria de Produção Sob Encomenda, 2008. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The Brazilian industry that produces capital possessions for the sugar and alcohol sector, had, in the beginning of the XXI century, a very high growth due to increasing of the fuel alcohol consumption. With this growth, there also was an increasing in the interests of the companies about entering this market. To be successful, any company should know very well its fabrication resources and manage them as well as possible. A good way to know the production system of a company is to use the indicators for the factory performance. Though these indicators is possible to evaluate the efficiency the cycle indexes and the row times of the sector. Another way to manage the production is through the analysis of the DRE (Is the chart that contains the results of the exercise) that is totally connected with the performance indicators. There fore, the purpose of this work is to evaluate the efficiency of the production, the index of the products cycles and the times of the rows at the sector showing the impact that the non productable times can cause in the final results of the exercise. For the evaluation of the indicators twelve housings were analyzed (main part of the milling tandem) between the months of February and may of 2008 and based in the results of the twelve pieces, the efficiency was 102%, value considered high for the sector, the cycle index was 19,8%, and the mean row times between the operations was 6,4 days. The study of the times and movements at the housings showed that during all the transformation process, the main obstade for the production flow was the milling machine. The evaluation of the efficiency and IC of the sector pointed out that the problem generated by the critical point of the production can damage too much the demonstrative of the results of the Exercises (DRE) of the sector.

Keywords: Measurements. Housing. Unproductive times. Fabrication costs. Performance indicators.

Lista de Figuras

Figura 1 - Lucros do Açúcar brasileiro no século XVI.	19
Figura 2 - Moenda Manual.	21
Figura 3 - Moenda Manual.	21
Figura 4 - Moagem manual – século XVI.	22
Figura 5 - Moagem no Engenho, obra de Hercules Florence (1804-1879).	23
Figura 6 - Perfil de uma Moenda moderna.	23
Figura 7 - Principais componentes de um Terno de Moenda explodido, descritos a seguir:	24
Figura 8 - Terno de Moenda completo em Perspectiva.	25
Figura 10 - Castelo de Moenda – Perspectiva.	29
Figura 11 - Exemplo de um setor de Usinagem Pesada. Exemplo de uma máquina mandriladora.	30
Figura 12 - Partes principais de uma Mandriladora.	31
Figura 13 - Exemplo de Barra de mandrilar.	33
Figura 14 - Mandrilamento Cilíndrico.	34
Figura 15 - Mandrilamento radial.	34
Figura 16 - Mandrilamento Cônico.	35
Figura 17 - Mandrilamento esférico.	36
Figura 18 - Faceamento em uma Mandriladora.	37
Figura 19 - As movimentações no processo industrial.	38
Figura 20 - Diferenciação entre custos, gastos e despesas.	51
Figura 21 - Esquema de uma DRE.	52
Figura 22 - Representação gráfica dos custos em relação ao produto (LEONE, 1981).	54
Figura 24 - Representação dos Custos Fixos e Variáveis.	56
Figura 25 - Representação dos Custos Semivariáveis e Semifixo.	57
Figura 26 - Layout do departamento de usinagem pesada da empresa DEDINI S/A	61
Figura 27 - Exemplo de um Castelo de moenda usinado.	62
Figura 28 - Cronograma de fabricação peça 01.	70
Figura 29 - Cronograma de fabricação peça 02.	70
Figura 30 - Cronograma de fabricação peça 03.	70
Figura 31 - Cronograma de fabricação peça 04.	71
Figura 32 - Cronograma de fabricação peça 05.	71

Figura 33 - Cronograma de fabricação peça 06.....	71
Figura 34 - Cronograma de fabricação peça 07.....	72
Figura 35 - Cronograma de fabricação peça 08.....	72
Figura 36 - Cronograma de fabricação peça 09.....	72
Figura 37 - Cronograma de fabricação peça 10.....	73
Figura 38 - Cronograma de fabricação peça 11.....	73
Figura 39 - Cronograma de fabricação peça 12.....	73
Figura 40 - Eficiência Fabril.....	78
Figura 41 - Índice de Ciclo	82
Figura 42 - Tempo de Fila Médio.....	83
Figura 43 - Fila Formada antes da Operação de Usinagem.....	85
Figura 44 - Exemplo de DRE.....	86

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Exemplo de Capacidade de moagem dos ternos de moenda..... 27

Tabela 2 - Tabela de Controle dos Tempos das Operações..... 67

Sumário

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.2 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS DA DISSERTAÇÃO	15
AGROINDÚSTRIA BRASILEIRA	17
2.1 A ORIGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	17
2.2 A USINA AÇUCAREIRA, UM RESUMO DO PROCESSO INDUSTRIAL.	20
2.3 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PROCESSO DE MOAGEM.....	20
2.4 CASTELO DE MOENDA	26
USINAGEM PESADA	30
3.1 MANDRILADORA	31
3.2 MANDRILAMENTO	33
3.3 TIPOS DE MANDRILAMENTO	33
3.3.1 Mandrilamento Cilíndrico.....	33
3.3.2 Mandrilamento Radial.....	34
3.3.3 Mandrilamento Cônico.....	34
3.3.4 Mandrilamento Esférico	35
3.3.5 Outras Operações Realizadas em Mandriladoras	36
ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS.....	38
4.1. TEMPOS DE FABRICAÇÃO	39
4.2 TEMPO PADRÃO.....	40
4.3 TIPOS DE TÉCNICAS PARA DETERMINAR DOS TEMPOS DE FABRICAÇÃO	41
4.3.1 Tempos Históricos	41
4.3.2 Tempos por Cronometragem Direta	42
4.3.3 Tempos Pré-Determinados	43
4.4 REDUÇÃO DE TEMPOS DE FABRICAÇÃO.....	44

4.4.1 <i>Reposição de Ferramentas</i>	46
4.4.2 <i>Preparação de Máquinas</i>	47
4.4.3 <i>Otimização de Processo</i>	47
FORMAÇÃO DOS CUSTOS E PREÇOS	49
5.1 DEFINIÇÃO E CONCEITOS.....	49
5.2 GASTOS CUSTOS E DESPESAS	50
5.2.1 <i>Gastos</i>	50
5.2.2 <i>Custos</i>	50
5.2.3 <i>Despesas</i>	51
5.3 DEMONSTRAÇÃO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO (DRE).....	52
5.4 CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS EM RELAÇÃO AO PRODUTO	53
5.5 CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS EM RELAÇÃO AO VOLUME DE PRODUÇÃO.....	55
METODOLOGIA	58
6.1 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	58
6.1.1 <i>Traçagem</i>	59
6.1.2 <i>Usinagem em Desbaste</i>	59
6.1.3 <i>Usinagem em Acabamento</i>	59
6.1.4 <i>2ª Traçagem</i>	59
6.1.5 <i>Furação</i>	60
6.1.6 <i>Ajustagem e Montagem</i>	60
6.2 ESCOLHA DA PEÇA A SER ESTUDADA.....	61
6.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE MEDIÇÃO DOS TEMPOS	62
RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
7.1 ANÁLISE DOS DADOS	68
7.2 EFICIÊNCIA FABRIL.....	74
7.3 ÍNDICE DE CICLO (IC)	79
7.4 TEMPO DE FILA	83
CONCLUSÕES E	87
SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	93

ANEXOS 1 – MODELO DE UM ROTEIRO DE FABRICAÇÃO.....	93
--	----

Introdução

A indústria brasileira produtora de bens de capital, especificamente voltada para fabricação de usinas de açúcar e álcool, registrou no início do século XXI um grande índice de crescimento sustentado pelo etanol que despontou para o mundo como fonte alternativa de combustível menos poluente. Na onda deste crescimento, aumentou também o interesse das empresas em ingressar no mercado produtor de bens de capital para o setor sucroalcooleiro.

A indústria produtora de bens de capital incorpora uma enorme diversidade e dispersão de condições competitivas inter e intra-setoriais. Essa heterogeneidade implica na existência de efeitos distintos exercidos por significativas mudanças que ocorreram na economia brasileira a partir do final da década de 80 que se aprofundaram na década de 90 e na atual (Resende, 1999, p.7).

Devido ao aquecimento global, a procura por novas fontes de energia limpa e renovável, cresceu assustadoramente nos últimos anos. Vários acordos mundiais foram fechados a fim de diminuir a emissão dos gases estufa, que são responsáveis pelo aquecimento global, na atmosfera da terra, os biocombustíveis passaram a ser muito discutidos e a procura por uma matriz energética que substitua o petróleo, principal combustível emissor de gás estufa, pôs em evidência o etanol, que é uma matriz mais limpa que o petróleo, além de ser renovável e de menor custo. Com o crescimento da procura pelo etanol, houve também um crescimento muito grande das usinas, que foram obrigadas a se modernizar e se organizar cada vez mais para poder suprir a procura pelo etanol.

Devido a estes fatores, a indústria de bens e capital, particularmente a que fornece equipamentos para as usinas, ganhou um lugar de destaque na economia brasileira, com crescimento muito acima da média nacional. Diante desse cenário, as empresas que já estão inseridas nesse setor devem se preparar para uma nova maneira de conquistar o mercado das usinas, já que até meados da década de 90 não existia interesse das empresas em migrarem para o setor sucroalcooleiro. Desta forma, as usinas não tinham muitas alternativas na hora de adquirir novos equipamentos e investir em suas instalações, pois havia poucos fornecedores aptos a atendê-los. Hoje, porém o que se vê é um cenário completamente diferente àquele do final da década de 80 e de toda década de 90. Já existem no mercado vários grandes grupos de empresas

fornecedoras que dividem boa parte do setor e outros grandes grupos interessados em iniciar suas atividades voltadas para o setor sucroalcooleiro. Vale ressaltar também que as usinas se profissionalizaram, e conseguem fechar grandes pacotes e disputar melhores preços e prazos. As empresas que não estiverem preparadas para essa nova fase provavelmente não terão sucesso.

Uma empresa de manufatura para obter êxito em suas atividades precisa de um sistema de gestão que controle muito bem a utilização máxima dos recursos fabris como (mão de obra, matéria-prima, entre outros) de forma a evitar desperdícios. Dentre as funções básicas de um engenheiro em uma organização está a de minimizar os custos e maximizar lucros. Existem muitas maneiras de melhorar a utilização dos recursos dentro de uma empresa com esses objetivos e uma delas é pelo estudo dos tempos improdutivos. Tempo improdutivo é todo aquele tempo que não agrega valor ao produto. (MOREIRA, 1994, P.67). Os tempos improdutivos podem ser identificados também pela medição dos indicadores de desempenho das operações de fabricação.

A medição dos indicadores de desempenho pode promover mudanças em toda a organização, desde o comportamento das pessoas envolvidas, até alterações nas atividades e processos da empresa.

Os indicadores de desempenho servem para que o gestor da produção acompanhe e identifique onde estão os possíveis problemas dentro da organização, como por exemplo, altos tempos de fila, baixos índices de ciclo e baixa eficiência fabril e através destes indicadores, traçar metas e criar estratégias para controlar os fatores que impactam diretamente no resultado final da organização.

1.1 Objetivos

Este trabalho objetiva medir alguns indicadores de desempenho fabril, especificamente a eficiência fabril, o índice de ciclo e as filas internas de um setor produtivo de usinagem pesada de castelos de moenda de uma empresa de bens de capital. O estudo é focado na dimensão tempo e visa levantar as informações necessárias para auxiliar a organização a criar um modelo de gestão que consiga aumentar o volume produzido, aumentar a velocidade e a flexibilidade da produção, girar o estoque com mais frequência e reduzir as filas internas da produção. Como

segundo objetivo está a análise econômica teórica do impacto dos tempos improdutivos no resultado final do produto.

1.2 Descrição dos Capítulos da Dissertação

Esta dissertação foi estruturada e formatada segundo as normas para trabalho científico da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, e é dividida em oito capítulos sendo que desse total quatro (do capítulo 2 ao capítulo 5) abordam conceitos necessários ao desenvolvimento do trabalho.

Capítulo 1: Introdução, contendo a contextualização e a motivação para o estudo, assim como os objetivos da pesquisa.

Capítulo 2: Neste capítulo é apresentado um breve histórico sobre a origem da agroindústria canavieira no Brasil e abordará a origem da cana-de-açúcar no Brasil, a evolução dos processos de extração e a indústria de bens e capital.

Capítulo 3: Neste capítulo são apresentadas as características do setor de usinagem pesada em particular da principal máquina do setor: a mandriladora. Serão apresentados também os principais componentes que compõe este equipamento.

Capítulo 4: O estudo dos tempos e movimentos é apresentado neste capítulo. Uma abordagem concentrada nas diversas formas de se controlar os tempos de fabricação na organização. São apresentadas também algumas formas para reduzir os tempos improdutivos.

Capítulo 5: Neste capítulo são apresentadas as definições e conceitos de como serão tratados: custos, despesas, preço e lucro e também é apresentado um demonstrativo do Resultado do Exercício (DRE), onde é apresentado, de maneira simplificada, como é decomposto o valor de venda de um produto.

Capítulo 6: Metodologia. Neste capítulo são apresentados os gráficos dos indicadores de desempenho da área estudada e o método descrevendo de que maneira os valores

foram encontrados e quais foram as considerações feitas durante a descrição do trabalho.

Capítulo 7: Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no estudo dos indicadores de desempenho fabril. O trabalho é discutido neste capítulo assim como as propostas para melhoria do setor.

Capítulo 8: O presente capítulo traz as conclusões obtidas com o desenvolvimento do trabalho e possíveis sugestões para futuros trabalhos.

Capítulo 9: Referências bibliográficas.

É notável o crescimento que a agroindústria brasileira atingiu nos últimos anos. Com taxas de crescimento na casa dos 5%, o dinamismo do mercado se deve a fatores como aumento da safra agrícola, da exportação e dos preços internacionais. Mas até chegar a esse momento, a agroindústria percorreu um longo caminho, principalmente nos mercados de açúcar e álcool. No final do século XVIII, a concorrência do açúcar de beterraba européia e do açúcar de cana das Antilhas e de Cuba ameaçava a liderança do Nordeste brasileiro, grande produtor de açúcar. Ao mesmo tempo, a lavoura canavieira reconquistou importância como atividade econômica em São Paulo, migrando do litoral para o interior, onde estavam as áreas de solos férteis de terra roxa. Ainda que a partir do século XIX São Paulo tivesse sua economia centrada no café, a produção açucareira continuou crescendo até 1929, quando o *crash* da Bolsa de Nova York abalou os mercados mundiais, atingindo fortemente a economia brasileira, baseada no café, com a cana sofrendo o mesmo impacto. (A origem...2007).

Como parte do esforço de recuperação brasileiro, o governo do então presidente Getúlio Vargas criou o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). A função do IAA era controlar a produção para manter os preços em um nível adequado, protegendo o produto brasileiro no mercado mundial. Para atingir suas finalidades, o IAA estabeleceu um sistema rígido de cotas, que eram distribuídas entre as diferentes unidades produtoras. Ou seja, cada engenho e usina só poderiam produzir uma determinada quantidade de açúcar. Com os preços e a produção rigidamente controlados, a única maneira de manter o negócio lucrativo era reduzir os custos e aumentar produtividade. Desse modo, era praticamente inevitável que a produção viesse a se concentrar em grandes usinas, com capacidade para moer milhares de toneladas de cana por dia. (RAMOS, 1999, p.64) Desde então, a agroindústria açucareira vem passando um constante processo de modernização, com o agrupamento de empresas, buscando maior rendimento das lavouras e barateamento dos custos. (RAMOS, 1999, p.64).

2.1 A Origem da Cana-de-açúcar

A origem provável da cana-de-açúcar data de 6 mil anos AC em regiões próximas à Índia. Durante a Antigüidade, porém, o açúcar não passava de uma especiaria exótica, sendo utilizada apenas como tempero ou remédio. O preparo de alimentos adocicados era feito com mel de abelhas. O termo sânscrito *sarkara* deu origem a todas as versões da palavra açúcar nas línguas indo-européias: *sukkar* em árabe, *saccharum* em latim, *zuccher* em italiano, *seker* em turco, *zucker* em alemão, *sugar* em inglês. No século XII, o açúcar chegou à Europa. Importantes regiões produtoras surgiram nos séculos seguintes, especialmente no Extremo Oriente. O interesse pela especiaria foi crescente depois do século XV, quando novas bebidas, como o café, o chá e o chocolate eram adoçados com açúcar. Em 1493, Cristóvão Colombo iniciou o cultivo da cana-de-açúcar nas Antilhas. A partir daí, a história do açúcar no mundo ganhou novas dimensões. (A origem...2007).

Apesar de se ter notícia de culturas de cana-de-açúcar no Brasil desde 1521 ou mesmo sobre a presença de espécies nativas, a implantação na colônia de uma empresa açucareira voltada à exportação só ocorreu em 1533, por obra de Martim Afonso de Souza. O donatário da Capitania de São Vicente trouxe mudas da Ilha da Madeira, uma das maiores produtoras até então, e criou em suas terras o Engenho do Governador. Anos depois, a propriedade foi adquirida pelo belga Jorge Erasmo Schetz, que a chamou de Engenho São Jorge dos Erasmos, sendo este considerado o primeiro do engenho do Brasil. Em 1550, Pernambuco tornou-se o maior produtor mundial de açúcar e, em 1570, dos cerca de 60 engenhos existentes na costa brasileira, 41 estavam entre os Estados de Pernambuco e da Bahia. O açúcar foi a base da economia colonial e entre os séculos XVI e XIX, sua produção e comércio renderam duas vezes mais que o do ouro e cinco vezes mais do que todos os outros produtos agrícolas juntos. (SILVA, 1992, p.51).

A colonização do Brasil foi organizada em torno do cultivo da cana-de-açúcar. Investimento, transporte, refinação e distribuição foram problemas que se apresentaram aos portugueses, cuja solução foi dada pela Holanda. Portugal lucraria através dos impostos e teria a garantia de posse das terras brasileiras. (COSTA, 1993, p.41).

A primeira empresa que Portugal montou no Brasil, no início do período colonial, foi a empresa produtora de açúcar. O fato de o açúcar ser um produto capaz de gerar grandes lucros, devido ao constante crescimento de seu consumo na Europa, foi a principal razão dessa escolha. A grande experiência que os portugueses tinham na produção do açúcar também contribuiu. (SILVA, 1994, p.47).

A instalação de um engenho produtor de açúcar era de alto custo. Necessitava-se de muito dinheiro para montar a moenda, comprar escravos, transportar os colonos de Portugal para o Brasil, comprar ou alugar navios para transportar os equipamentos e sustentar o trabalhador até o açúcar dar lucro. Diante dessas dificuldades, os portugueses recorreram aos holandeses, que emprestaram o capital, mas fizeram algumas exigências, como os direitos de refinar e negociar o açúcar, isto é, de comercializar o produto nos mercados consumidores europeus. Como nessa época fazer comércio (comprar e vender) era mais lucrativo do que produzir, os holandeses ficaram com a maior parte dos lucros do açúcar brasileiro. (SILVA, 1994, p.48). A Figura 1 mostra a distribuição dos lucros naquela época.

LUCROS DO AÇÚCAR BRASILEIRO		
Holanda	Portugal	Senhores de engenho
+/- 70%	+/- 25%	+/- 5%

Figura 1 - Lucros do Açúcar brasileiro no século XVI.

Isso demonstra que a empresa açucareira brasileira enriqueceu muito mais a Holanda do que Portugal e Brasil, porque foi montada principalmente com capital holandês. O engenho era a unidade de produção açucareira e era constituído da casa-grande, onde vivia o senhor com sua família, da senzala, local onde os negros viviam miseravelmente, capela, onde realizavam-se as cerimônias religiosas, e moenda, onde a cana era moída e o caldo era processado até se transformar em açúcar. (ARRUDA, 1997, p.151).

Hoje os engenhos se transformaram em usinas e o processo foi muito aprimorado, porém, a essência continua a mesma. O item 2.1 deste trabalho mostra a evolução nos processos de extração do caldo da cana-de-açúcar. No Brasil, além do açúcar e do melaço, que é um subproduto da produção do açúcar, o caldo da cana é utilizado também na produção de álcool, porém os processos de fabricação destes produtos não serão abordados neste trabalho, apenas o processo de extração do caldo.

2.2 A Usina Açucareira, um Resumo do Processo Industrial.

Denomina-se usina açucareira o estabelecimento instalado com o fim de produzir açúcar e outros subprodutos da cana, como o álcool, produtos químicos, bagaço, etc. (HUGOT, 1950). No Brasil a grande maioria das usinas produz açúcar e álcool. Resumidamente o processo industrial da cana-de-açúcar é o seguinte: A cana é despejada na esteira alimentadora, passa por niveladores que tem a função de nivelá-las à altura constante e também remover folhas e outros corpos estranhos que não são usados para produzir caldo. Transportada pela esteira, a cana passa pelos picadores, cuja finalidade é reduzi-las a pequenos pedaços. Depois de picada passa ainda pelos desfibradores, onde sofre o primeiro esmagamento, antes de entrar nos ternos de moenda. A moenda é o equipamento onde é extraído o caldo e o número de ternos pode variar entre 1 e 6, dependendo do tamanho da usina. Após passar pelo último terno, o bagaço de cana é elevado para os distribuidores de bagaço, alimentando as fornalhas das caldeiras.

O xarope é cozido então em aparelhos de cozimento a vácuo, onde se transforma em massa cozida, ou massa contendo os cristais de açúcar, os quais passam aos cristalizadores, onde, esfriam enquanto se movimentam e aglomeram os cristais de açúcar aumentando em volume. Na sequência o mel é centrifugado em máquina específica que retém os cristais. O mel residual retorna aos vácuos, onde é recozido, recristalizado, e enviado a um segundo conjunto de centrífugas que forneceram o açúcar. Já o mel residual denominado melaço é a matéria prima na produção do álcool. (A usina... 1959).

2.3 A Evolução Histórica do Processo de Moagem

Desde a chegada da cana-de-açúcar no Brasil, o processo de extração vem se aprimorando com o tempo. O princípio básico da extração do caldo da cana-de-açúcar, desde os primeiros engenhos até hoje, se mantém muito parecido, pois a cana é esmagada entre rolos que giram e o caldo extraído é captado em calhas que ficam posicionadas sob os rolos. A partir daí se inicia o processo de transformação do caldo da

cana-de-açúcar em açúcar e álcool. As Figuras 2, 3 e 4 mostram exemplos de moendas antigas.

Figura 2 - Moenda Manual.

Figura 3 - Moenda Manual.

As Figuras 2 e 3 mostram moendas do século XVI, os rolos eram posicionados de maneira vertical e a cana era esmagada entre os rolos. Este processo podia ser realizado por animais ou escravos, dependendo do tamanho dos rolos.

Figura 4 - Moagem manual – século XVI.

Na segunda metade do século XVI, os portugueses passaram a cultivar cana em grande escala e produzir açúcar, produto de alto valor comercial na Europa, então as moendas começaram a aumentar o tamanho e a produtividade. (PILETTI, 2002, p.115). A Figura 5 mostra o funcionamento de um engenho no início da colonização.

Figura 5 - Moagem no Engenho, obra de Hercules Florence (1804-1879).

Desde o século XVI o processo de extração do caldo da cana-de-açúcar evoluiu muito, hoje as moendas são capazes de moer milhares de toneladas de cana por dia, os equipamentos são automatizados na maioria das usinas e o aproveitamento da cana é cada vez maior.

A Figura 6 mostra um terno de moenda utilizado atualmente nas usinas.

Figura 6 - Perfil de uma Moenda moderna.

Os principais componentes da moenda são melhor ilustrados na Figura 7 e compreendem:

Figura 7 - Principais componentes de um Terno de Moenda explodido, descritos a seguir:

- 1.1. Castelos;
- 1.2. Bases de fechamento;
- 1.3. Cocho coletor de caldo;
- 1.4. Cabeçotes laterais de entrada;
- 1.5. Cabeçotes laterais de saída;
- 1.6. Rolo inferior de entrada;
 - 1.6.1. Conjunto do mancal inferior de entrada;
- 1.7. Rolo inferior de saída;
 - 1.7.1. Conjunto do mancal inferior de saída;
- 1.8. Rolo superior;

- 1.8.1. Conjunto do mancal superior;
- 1.9. Rolo de pressão;
- 1.9.1. Mancal do rolo de pressão;
- 1.10. Sistema de regulação da bagaceira;
- 1.11. Cabeçotes hidráulicos;
- 1.12. Conjunto do pente superior;
- 1.13. Conjunto do pente inferior;
- 1.14. Indicadores de oscilação.

Todos os equipamentos mostrados na Figura 7 são de grande importância para o funcionamento da moenda, porém, o castelo de moenda será o componente com maior ênfase neste trabalho, não só por sua importância no conjunto montado, mas também, por ter as características necessárias para a realização dos estudos de tempos improdutivos na sua fabricação, particularmente na usinagem.

A Figura 8 mostra um terno de moenda montado em perspectiva.

Figura 8 - Terno de Moenda completo em Perspectiva

Os castelos são montados aos pares (direito e esquerdo) em bases de concretos e fixados por parafusos chumbadores. A Figura 9 mostra os castelos (em azul) no conjunto do terno de moenda.

2.4 Castelo de Moenda

A principal finalidade dos castelos de moenda é dar suporte aos componentes do terno, principalmente aos rolos para que possam extrair o caldo da cana com eficiência. Um terno de moenda possui 4 cilindros, sendo 3 responsáveis pela extração. Possui também um sistema de condução do bagaço, proveniente do primeiro esmagamento, localizado entre os cilindros inferiores. Três desses cilindros giram no sentido horário e apenas um gira no sentido anti-horário. As dimensões do castelo são definidas em função da capacidade de moagem que se deseja conseguir.

Os ternos e os castelos são classificados por bitola sendo as mais comuns:

- 26" x 48"
- 30" x 54"
- 34" x 66"
- 37" x 78"
- 42" x 84"
- 46" x 90"
- 56" x 100"

O primeiro valor corresponde ao diâmetro nominal dos cilindros e o segundo valor ao seu comprimento, medidos em polegadas, conforme o hábito em vigor no setor. Sua capacidade de moagem está relacionada a essa bitola, assim como ao número de ternos dispostos em linha. A moagem geralmente é expressa em tonelada de cana por hora (TCH). A Tabela 1 mostra uma estimativa da capacidade de moagem em TCH para diversas bitolas de moenda.

Capacidade de Moagem (TCH)			
Bitola	4 Ternos	5 Ternos	6 Ternos
30" x 54"	230	250	270
34" x 66"	340	370	400
37" x 78"	400	440	475
42" x 84"	525	575	620
46" x 90"	615	670	725
56" x 100"	1020	1100	1200

Tabela 1 - Exemplo de Capacidade de moagem dos ternos de moenda.

A Figura 9 mostra a Evolução das Bitolas dos Ternos de Moenda.

▼ Excluído: <sp>

Figura 9 - Evolução dos ternos de moenda.

A grande maioria dos castelos de moenda é produzida em aço fundido, porém as principais superfícies sujeitas à corrosão pelo constante contato com o caldo de cana são, geralmente, revestidas em aço inoxidável. Em sua geometria possui alojamentos para os dois rolos de moenda inferiores e o rolo de pressão. Na sua parte superior possui uma abertura inclinada em 15° chamada de garfo, revestida com placas de bronze, por onde o rolo superior é montado. Essa inclinação tem como finalidade diminuir os esforços do rolo superior em relação ao castelo. Também na parte superior são executados canais para a fixação do cabeçote hidráulico por meio de chavetas. A Figura 10 mostra um castelo de moenda em perspectiva.

Figura 10 - Castelo de Moenda – Perspectiva.

Usinagem Pesada

A caracterização de um processo de usinagem pesada é definida pela capacidade de carga das máquinas e dimensões das peças a serem usinadas. Devido a estes fatores, intuitivamente, é possível imaginar que nestes processos os tempos improdutivos devido à manobra (movimentação das peças entre uma máquina e outra, por exemplo), tempos de preparação de máquina e tempos de preparação de ferramentas são relativamente altos e o estudo destes tempos improdutivos pode render bons resultados para a empresa.

Os altos tempos de preparação de ferramentas são traduzidos, por exemplo, pela troca de cabeçotes de usinagem pesados e de difícil montagem, os altos tempos de preparação de máquinas e de manobra, pela necessidade de montagem da peça a ser usinada e de dispositivos especiais de fixação. A Figura 11 mostra um exemplo de um setor de usinagem pesada.

Figura 11 - Exemplo de um setor de Usinagem Pesada. Exemplo de uma máquina mandriladora

3.1 Mandriladora

As mandriladoras são máquinas construídas para usinar furos em operações de acabamento até determinadas medidas, com estreitas tolerâncias geométricas e dimensionais. Devido a outras necessidades, a mandriladora invadiu o campo de outras máquinas ferramentas, transformando-se funcional e estruturalmente até tornar-se universal. As Mandriladoras são caracterizadas pela sua robustez e capacidade em executar usinagem em grandes peças com qualidade e precisão.

Com as mandriladoras atuais pode-se executar faceamentos, fresamentos, rosqueamentos, segundo eixos ortogonais, ou diâmetros opostos, usando ferramentas apropriadas.

As operações na mandriladora são preferidas para aquelas peças de grandes dimensões, e por isso pouco manuseada, como armações de máquinas, bases de motores, etc.; para as quais se torna difícil o um posicionamento sobre a placa rotatória de um torno vertical, por exemplo. Com o mandrilamento se obtém superfícies cilíndricas, ou cônicas internas, (furos e câmaras) segundo eixos perfeitamente paralelos entre si e com afastamentos precisos dentro da tolerância.

A Figura 12 detalha os principais componentes de uma mandriladora:

Figura 12 - Partes principais de uma Mandriladora.

Barramento (A):

Importante peça no conjunto da máquina, onde a mesa se desloca em movimentos longitudinais e facilita a usinagem de peças de grande porte.

Montante para Cabeçote (B):

Eleva-se à esquerda do cabeçote e é fixado sobre este último, É oco e sua secção é quadrangular, leva na frente às guias de corrimento para o cabeçote, que se deve poder ajustar em altura.

Cabeçote com Porta Mandril (C):

É uma das partes essenciais da mandriladora, porque o mandril porta-ferramenta recebe dele o movimento fundamental de rotação.

Montante para Luneta (D):

É uma estrutura de Ferro Fundido de secção quadrangular. Alinha-se sobre as mesmas guias do barramento que servem para o carro e lá pode ser fixado numa posição qualquer. Possuem duas guias verticais que servem para a localização da luneta.

Luneta (E):

É presa às guias verticais do montante, onde pode deslocar-se quando for acionada pelo fuso, também vertical, vinculado à luva roscada. O ajuste em altura pode ser feito à mão, ou automaticamente, junto com o cabeçote. Os ajustes podem ser lidos por meio de régua milimétrica com nônio, ou então por meio de comparadores centesimais com aplicação de barretas de medição.

Carro com mesa porta peças (F):

É situado sobre as guias do barramento e pode nelas correr. O carro consta também de um segundo trenó com movimento transversal; sobre este pode-se girar uma placa, ou mesa porta-peça, com guias circulares. Todos os deslocamentos podem ser obtidos manual, ou automaticamente, com velocidade variável.

3.2 Mandrilamento

A operação de mandrilamento consiste em alargar um furo cônico ou cilíndrico a fim de levá-los para a medida desejada. O mandrilamento executado pela clássica máquina mandriladora, (ver fig.3.13) apresenta muita analogia com o torneamento, porém no torneamento quem gira é a peça. Já no mandrilamento quem gira é a ferramenta enquanto a peça fica parada. Por esta razão, em comparação com o torneamento, a ferramenta é colocada por um especial mandril rotatório, enquanto que a peça é presa no barramento da máquina. O mandrilamento admite certa semelhança com a furação, visto que a ferramenta roda em torno de um eixo e a peça fica presa à mesa. Nessa operação, a ferramenta de corte é fixada a uma barra de mandrilar com certo ângulo, determinado pela operação a ser realizada. A Figura 13 mostra um exemplo de barra de mandrilar, também chamada de mandril.

Figura 13 - Exemplo de Barra de mandrilar

O processo de mandrilamento é freqüentemente adotado para a usinagem final de furos com tolerâncias muito estreitas de diâmetro, de forma (circularidade) e de qualidade superficial. Neste processo, o diâmetro do furo é ajustado por meio do controle da distância da ponta da ferramenta em relação ao eixo da barra. A sua vantagem, é que durante a usinagem, além da rotação da barra, existe um movimento axial de avanço, em um único eixo. Desta forma, há possibilidade de manter tolerâncias muito estreitas de forma.

3.3 Tipos de Mandrilamento

3.3.1 Mandrilamento Cilíndrico

O processo de Mandrilamento Cilíndrico, Figura 14 é o processo no qual a superfície usinada é cilíndrica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual a ferramenta gira.

Figura 14 - Mandrilamento Cilíndrico

3.3.2 Mandrilamento Radial

O processo de Mandrilamento Radial, Figura 15 é o processo no qual a ferramenta é plana e perpendicular ao eixo em torno do qual gira a ferramenta.

Figura 15 - Mandrilamento radial.

3.3.3 Mandrilamento Cônico

O processo de mandrilamento Cônico, Figura 16 é o processo no qual a superfície usinada é cônica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo no qual gira a ferramenta.

Figura 16 - Mandrilamento Cônico.

3.3.4 Mandrilamento Esférico

O processo de mandrilamento esférico, Figura 17 é o processo no qual a superfície usinada é uma superfície de revolução, diferente das anteriores, cujo eixo coincide com eixo em torno do qual gira a ferramenta.

Figura 17 - Mandrilamento esférico.

3.3.5 Outras Operações Realizadas em Mandriladoras

As mandriladoras realizam também outras operações, como por exemplo: o faceamento, fresamento e roscamento. A Figura 18 mostra uma operação de fresamento de faceamento em uma mandriladora, devido às características da mandriladora, estas máquinas se tornam ideais para os tipos de trabalho onde o tamanho e o peso da peça são os fatores determinantes do processo.

Figura 18 - Faceamento em uma Mandriladora.

Este trabalho trata apenas do fresamento em mandriladora, apesar da versatilidade desta máquina, sua maior vantagem é a robustez e a capacidade de suportar cargas.

Estudo de Tempos e Movimentos

Para que a matéria-prima possa ser transformada em produto acabado, pelo menos um dos três elementos básicos de produção (homem, máquina e material), deve se movimentar. Sem que exista esta movimentação não se pode pensar em produção de bens.

Na maioria dos processos industriais, o material é o elemento que se movimenta. Em casos especiais, como na construção de aviões, equipamentos pesados, etc., homem e máquina convergem para o material. (MOURA, 1983, p.13).

Figura 19 - As movimentações no processo industrial

Segundo Moura (1983, p.19), movimentação de materiais é uma operação ou conjunto de operações, que envolve a mudança de posição de objetos para qualquer processamento ou serviço, ou sua armazenagem interna ou externa numa mesma unidade fabril, depósito ou terminal.

O estudo do tempo é uma técnica de medida do trabalho, usada para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada. Entender as conseqüências do tempo de trabalho é uma parte importante no projeto de sistemas produtivos. Alguns exemplos de aplicações de dados sobre tempos são: (SLACK, 2002, p.80).

- Avaliar os tempos de transporte,
- Avaliar se uma determinada tarefa deve ser realizada dentro ou fora da empresa,
- Avaliar o nível de capacidade que será necessário na operação,
- Avaliar as durações das tarefas em cada etapa de um processo,
- Identificar gargalos e
- Avaliar e identificar tempos perdidos em determinadas tarefas (tempos improdutivos altos, tempos de preparação e movimentações de materiais).

A execução de qualquer trabalho envolve o emprego de recursos dos mais variados tipos. Um recurso comum a todo e qualquer trabalho é o tempo necessário à sua execução, ou seja, sua duração, a duração é, portanto, parte integrante de qualquer trabalho e, como tal, deve ser medida. Convém lembrar que a cada trabalho está também associado à maneira de executá-lo. Assim é que um determinado trabalho, visando a obtenção de certo objetivo, pode ser executado de diversas maneiras, isto é, por diversos métodos, que normalmente demandam tempos diferentes.

Este trabalho apresentará o conceito do que é tempo de fabricação e alguns métodos que podem ser utilizados para determinar o tempo de fabricação dos produtos.

4.1. Tempos de Fabricação

O tempo de fabricação de uma peça inclui todos os tempos necessários para a realização da fase de usinagem, particularmente neste trabalho. Esse tempo pode ser dividido em dois grupos gerais: (NOVASKI, 1991, p.53-61).

- Tempos manuais – que dependem diretamente da habilidade do operador e nos quais se incluem todos os movimentos para que o operador realize a operação de corte e a retirada da peça após a usinagem e

- Tempos de máquinas – que dependem do rendimento da máquina, da qualidade da ferramenta, da matéria-prima que está sendo utilizada, etc. e, que começam a partir do momento em que a ferramenta toca a peça e terminam quando ela é retirada da máquina.

De acordo com Ferraresi (1977, p.647), o ciclo de usinagem de uma peça é constituído diretamente pelas seguintes fases:

- Colocação e fixação da peça na máquina-ferramenta.
- Aproximação ou posicionamento da ferramenta para o início de corte,
- Operação de corte da ferramenta,
- Afastamento da ferramenta,
- Inspeção (se necessária) e retirada da peça usinada,
- Preparo da máquina-ferramenta para a execução de um lote de peças,
- Remoção da ferramenta para afiação ou substituição e
- Recolocação e ajustagem da ferramenta em seu suporte.

Para a obtenção do tempo de ciclo total de fabricação do produto, este trabalho considerou tanto os tempos manuais como os tempos de máquina.

4.2 Tempo Padrão

Tempo padrão é uma função da quantidade de tempo necessário para desenvolver uma unidade de trabalho. Este tempo padrão deve ser tomado nas seguintes condições:

- a) Usando um método e equipamentos dados;
- b) Sob certas condições de trabalho;
- c) Por um trabalhador que possua uma quantidade específica de habilidade no trabalho e uma aptidão específica para o trabalho;

O tempo padrão indica quanto se deve manter de um determinado ritmo de trabalho para produzir uma unidade de produção. (MUNDEL, 1966, p.323).

4.3 Tipos de técnicas para determinar dos tempos de fabricação

Existem algumas técnicas para determinação dos tempos de fabricação:

- Tempos históricos,
- Tempos por cronometragem direta e
- Tempos predeterminados ou sintéticos.

4.3.1 Tempos Históricos

Tempos Históricos são os tempos anotados ou registrados, referentes à duração de trabalhos efetuados, somente pelo simples registro de tempo sem levar em consideração os métodos utilizados na execução ou quaisquer outros dados suplementares. Onde a partir desses dados, é possível determinar a duração, ou melhor, o tempo efetivamente gasto na execução dos trabalhos, suas variações, e outros dados pertinentes. Os Tempos Históricos não derivam propriamente da aplicação de uma técnica especial para sua determinação. São o resultado de uma coleta de dados, feita sem considerações especiais. Todavia, por serem usados comumente na prática, e mesmo por ser, em certos casos, necessária sua aplicação, o abordaremos.

Os tempos assim determinados são denominados tempos históricos, e por meio deles é possível calcular dados da produção realizada, como, por exemplo, os custos históricos. Embora espelhando o que realmente aconteceu, os tempos históricos apresentam certos inconvenientes. As variações, que certamente apresentarão, podem provir de motivos diversos, entre os quais são citados: (BARNES, 1977, p.351).

- Um mesmo trabalho ter sido executado por dois ou mais métodos diferentes, embora pelo mesmo operador;
- Dois operadores diferentes, executando o mesmo trabalho, terem-no feito com métodos diferentes (caso similar ao primeiro);
- Operadores diversos tenham executado o mesmo trabalho com métodos iguais, porém com tempos diferentes (diferença de ritmo);
- Causas diversas.

Não havendo registro das circunstâncias que cercaram os trabalhos (métodos empregados), torna-se muito difícil a determinação das causas que acarretam variações. Como tal torna-se difícil qualquer previsão razoavelmente precisa, baseada nos tempos históricos, uma vez que não se pode saber que fatores estão em jogo ou, em outras palavras, para que lado as variações tenderão. Os tempos históricos não servem ainda para estabelecimento de padrões, nos termos clássicos, pois a noção de padrão está associada à maneira de executar um trabalho e as demais circunstâncias que o cercam. (MUNDEL, 1966, p.337). Todavia, os tempos históricos podem servir como padrão relativo. Assim é que, obtendo-se dados sobre um determinado trabalho, em épocas diferentes, pode-se dizer se o mesmo melhorou, piorou, ou manteve-se estável, no que concerne ao tempo consumido em sua execução.

Finalmente, os tempos históricos são de fácil obtenção, em comparação com outros métodos de determinação de tempos; muitas vezes, são os únicos disponíveis ou de possível obtenção. Em resumo, os tempos históricos:

- Expressam o tempo realmente consumido na execução de trabalhos;
- Servem para a comparação relativa da duração de um mesmo trabalho executado em épocas diferentes;
- São de fácil obtenção, em comparação com outros métodos de determinação de tempos;
- São, muitas vezes, os únicos elementos de que se dispõe, em curto prazo, para estimar a duração de trabalhos.

4.3.2 Tempos por Cronometragem Direta

Os tempos por cronometragem direta, segundo a designação clássica, estão associados a dois conceitos básicos: (MUNDEL, 1966, p.355).

- O método de execução do trabalho;
- O tempo padrão.

O procedimento geral para a determinação de tempos por cronometragem resume-se as três etapas:

- Determinação da maneira de efetuar o trabalho;

- Padronização dos métodos, materiais, ferramentas e equipamentos utilizados;
- Determinação do tempo necessário à execução do trabalho, por um operador qualificado e convenientemente treinado, trabalhando em ritmo normal.

Em resumo, os tempos por cronometragem:

- Presta-se à fixação de padrões dentro de certas circunstâncias possibilitando boas estimativas e comparações precisas;
- Possibilitam a localização e eliminação de variações provindas de causas identificáveis;
- Não são aplicáveis aos casos de trabalhos ainda não-introduzidos;

Neste trabalho em particular, usou-se o cronômetro para determinar os tempos das operações, porém devido aos altos ciclos de fabricação considerou-se também uma tolerância de tempo para a determinação do final da operação, pois algumas operações encerravam-se durante a madrugada e os tempos eram registrados na manhã seguinte.

4.3.3 Tempos Pré-Determinados

Os tempos pré-determinados também conhecidos como tempos sintéticos estão associados à determinação da duração de trabalhos que demandam pequeno tempo, ou micromovimentos. Consiste na análise por observação visual de movimentos de duração muito curta, da ordem de milésimos de minutos que têm lugar durante a execução, obedecendo essa análise a padrões preestabelecidos. (BARNES, 1977, p.377). A duração destes movimentos encontra-se tabelada em função de fatores de influência, de acordo com vários sistemas. A título de exemplo cite-se (BARNES, 1977, p.382-385).

Vale salientar que os tempos padrões determinados por esses sistemas excluem a necessidade de avaliação de ritmo, restando apenas cálculos de permissões a serem feitos. A técnica usada na confecção de tais tabelas consistiu na análise de filmes feitos sobre o trabalho. A observação dos filmes permite a determinação precisa do início e fim de cada micromovimento. A sua duração é obtida contando-se o número de quadros que o movimento abrangeu, o qual está relacionado com a velocidade de filmagem. Pode-se ainda determinar a duração pela observação, no filme, de um relógio especial, convenientemente filmado em conjunto com a operação. (BARNES, 1977, p.386)

Através dos tempos sintéticos pode-se então cobrir casos em que os tempos históricos e os tempos cronometrados apresentam deficiências ou mesmo impossibilidade. Portanto, basicamente, os tempos predeterminados:

- Prestam-se à determinação da duração de trabalho com ciclos muito curtos e de trabalhos não constantes da prática corrente;
- Fornece tempos padrões, servindo para comparação absoluta;
- São de determinação trabalhosa e requerem freqüentemente dispêndio de quantias elevadas;
- Não requerem a avaliação subjetiva do ritmo.

4.4 Redução de Tempos de Fabricação

Reduzir o tempo de fabricação de um produto significa reduzir custos, reduzir custos é agregar maior lucratividade à atividade de manufatura, seja ela qual for. (SLACK, 2002, p.79). Os recursos produtivos são gerenciados de forma a executar suas funções de maneira racional, sem desperdícios, e com a máxima simplicidade possível. Para tanto, são utilizadas técnicas capazes de, isoladamente ou em conjunto, garantir a concretização desses objetivos, como por exemplo: (ALMEIDA, 2003).

- Migrar do layout funcional (por processo) para o layout por fluxo (celular),

No layout por fluxo ou layout celular o tempo de produção é menor, pois cada família de produto ou peças individuais tem sua célula de fabricação, porém necessita-se antes fazer uma avaliação para verificar se é possível fazer a mudança, pois dependendo do tamanho das peças e dos equipamentos a serem mudados pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual, pode requerer capacidade adicional de equipamentos e também pode reduzir os níveis de utilização de recursos.

- Sincronização e redução de filas,

Sincronizar e reduzir filas significa diminuir o tempo de ciclo do produto, ou seja, diminuir o tempo em que a matéria prima é transformada em produto acabado.

- Balanceamento de linhas,

Para produções em linha necessita-se balancear as linhas de produção a fim de maximizar os níveis de utilização dos recursos.

- Redução do tempo de transporte e movimentação de materiais,

O transporte e a movimentação de materiais na indústria são fatores que aumentam muito os tempos improdutivos, estes tempos se controlados podem reduzir o tempo de fabricação.

- Redução do tempo de preparação e

Redução do tempo de preparação de máquinas ou set-up é fundamental nas operações de usinagem em produtos feitos sob encomenda onde a variação dos tipos de peça é alto, pois reflete diretamente no tempo final do produto.

- Otimização dos processos pela redução dos tempos produtivos.

Otimizar os processos é função da engenharia industrial, pois quanto menor for a sequência de fabricação ou a troca de máquinas que a peça sofrer, menor será o tempo total de fabricação.

No entanto é necessário entender que o objetivo implícito é a redução do desperdício do tempo relativo às atividades de produção, que não agregam valor, como tempos de preparação, de movimentação e de filas. (ALMEIDA, 2003). A seguir são detalhadas duas maneiras de reduzir os tempos de fabricação: redução do tempo de preparação e otimização de processos.

Os tempos de fabricação podem ser reduzidos por uma variedade de métodos. Por exemplo, eliminar o tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a pré-preparação de tarefas que retarda as trocas e a constante prática de rotina. (SLACK, 2002, p.80). Normalmente, mudanças mecânicas relativamente simples podem reduzir consideravelmente esses tempos. Para os processos de usinagem, em especial os de usinagem pesada, dois itens merecem atenção especial:

4.4.1 Reposição de Ferramentas

O tempo de reposição e o custo das ferramentas podem ser consideravelmente reduzidos com a adoção de programas de gerenciamento de Ferramentas de corte. Segundo Boehs (2002), o gerenciamento proporciona os seguintes benefícios:

- Níveis elevados de utilização de máquinas,
- Redução do tempo improdutivo pela redução no tempo de preparação das máquinas e
- Seleção ótima de ferramentas e compras industriais otimizadas.

Outros benefícios, de acordo com Turino (2001), são:

- Redução na variedade e quantidade de ferramentas usadas devido à retirada de itens obsoletos, ou inadequados,
- Fornecimento *just-in-time*¹ de ferramentas para as máquinas,
- Incremento na qualidade dos produtos e disponibilidade imediata das informações e
- Adequação aos requisitos das normas *ISO*².

Para garantir esses benefícios, o gerenciamento deve se concentrar, simultaneamente e de forma integrada, as seguintes questões: (FONSECA, 2006, p.82).

- Planejamento estratégico (padronização e redução dos estoques de ferramentas, diminuição de variedades, compra de ferramentas, redução dos componentes em estoque e acompanhamento preciso do consumo).

¹*Just-in-time* é uma filosofia de trabalho criada pelos japoneses que visa produzir exatamente o que é necessário, quando é necessário, na quantidade necessária, com o mínimo de material, equipamento, mão de obra e espaço.

²*ISO* é uma organização não governamental estabelecida em 1947, que tem como missão promover o desenvolvimento de padronização de atividades no mundo com uma visão para facilitar a troca internacional de bens e serviços.

- Planejamento logístico (armazenamento das ferramentas, manutenção, preparação, montagens/pré-ajuste/desmontagem, e o transporte até a máquina-ferramenta).
- Planejamento técnico (análise do produto e definição das ferramentas a serem utilizadas e determinação dos parâmetros de corte).

Em seu estudo Boehs (2002), constatou que a constituição de uma equipe responsável pela administração de ferramentas e a correta gestão deste recurso significa uma importante redução nos custos de fabricação, que chegou a até 75%.

4.4.2 Preparação de Máquinas

Uma das maneiras de aumentar a produtividade nas operações de usinagem é minimizar o tempo total de montagens de máquinas. Isso pode ser obtido reduzindo-se o número de montagens com o aumento do tamanho do lote de peças a usinar. Outra maneira de minimizar o tempo de montagem é selecionar a seqüência de lotes, de modo a se obter o menor número de ajustes da máquina.

Os conceitos de tecnologia de grupo, neste caso, procuram aumentar a eficiência da produção pelo agrupamento de peças similares.

No entanto, em empresas que trabalham com produção por encomenda, como é o caso de algumas empresas de usinagem pesada, os conceitos de tecnologia de grupo não são totalmente aplicáveis. Assim, devem ser encontradas outras formas para redução dos tempos de preparação das máquinas.

Uma alternativa que pode mostrar-se eficiente trata do desenvolvimento de equipes de preparação de máquinas, ou equipes de *setup*.

4.4.3 Otimização de Processo

Diminuir os tempos de usinagem significa otimizar a produção diária de peças. Uma análise do processo permite a redução desses tempos com a escolha correta da ferramenta, utilização de avanços e profundidade de corte coerente com a capacidade da

máquina-ferramenta, utilização adequada do fluido de corte, etc. (FONSECA, 2006, p.84).

Alguns trabalhos tratam da otimização dos parâmetros de corte para o sistema máquina – ferramenta - peça envolvido de forma a adaptar a velocidade de corte dentro do intervalo de máxima eficiência (IME). Ou seja, com base nas condições de máxima produção e de mínimo custo. A otimização da velocidade de corte pela determinação do IME em ambiente fabril pode apresentar redução significativa dos tempos de corte, com conseqüente redução dos custos. (BAPTISTA, 2002).

Formação dos Custos e Preços

5.1 Definição e Conceitos

Na atual economia mundial, vive-se um cenário de competição muito intenso, e para competir é necessário conhecer muito bem os meios competitivos. A competição de preços, a concorrência nos mercados internos e externos, com seus reflexos econômicos, políticos e sociais, que vão desde as empresas até as nações, estão cada vez mais a remeter as empresas ao menor custo. O fator custo tem muita ligação com grau de desenvolvimento de uma nação, quanto maior for o desenvolvimento de uma nação, maior será a importância do custo, pois através dele pode-se determinar o grau tecnológico de produção: artesanato, produção em série, mecanização ou automação. O progresso de um povo ou de uma nação depende do grau de conhecimento da importância do custo: custo baixo representa interesse, que equivale a maior consumo, incentivando uma maior produção. (MANDARINO, 1971, p.30).

Produzir bens e serviços a custos que possibilitem fixar preços apropriados ao mercado e ainda maximizar o lucro dos produtos é condição fundamental para que a empresa obtenha papel de destaque e consiga competir e vencer a concorrência.

Outro fator importante que obriga as empresas a conhecerem os seus custos de fabricação, é para facilitar na determinação do preço final do produto, pois esse fator é fundamental para vender bem o produto. Nestes casos a empresa que não detém o conhecimento dos seus custos de fabricação, pode fixar preços inferiores ao custo de fabricação do produto resultando em prejuízo.

Para as empresas que concorrem diretamente em preço, o custo será seu principal objetivo de produção. Quanto menor o custo de produzir seus bens e serviços, maior pode ser a margem de lucro. Mesmo as empresas que concorrem em outros aspectos que não preço estarão interessadas em manter seus custos baixos. Cada real retirado do custo de uma operação é acrescido aos seus lucros, por isso o custo baixo é um objetivo tão atraente. (SLACK, 2002, p.79).

5.2 Gastos Custos e Despesas

É comum se encontrar dificuldades quando se tenta classificar o que são despesas e o que são custos. Uma forma prática de resolver o problema é definir o momento em que o produto está pronto para a venda. Então desde a entrada da matéria-prima na fábrica até o momento em que o produto está pronto para a venda todos os gastos são custos, a partir desse ponto todos os gastos são despesas. (VIEIRA Jr., 1992, p.11).

O custo ocorre, efetivamente, no momento da transformação de matéria-prima em produto acabado, de forma que todos os gastos incorridos nos processos de fabricação representam custos de produção. (CARDOSO, 2006, p.143). Para muitos, genericamente tudo é custo; para outros tudo é despesa, e assim as interpretações não facilitam o entendimento e a avaliação do que se “gasta” para produzir, administrar e vender, que são atividades diferenciadas, prejudicando a análise, as correções e a tomada de decisões. (BERNARDI 1995, p. 39).

Teoricamente, a distinção é fácil: custos são gastos (ou sacrifícios econômicos) relacionados com a transformação de ativos (exemplo: consumo de matéria-prima ou pagamento de salários) e despesas são gastos que provocam redução do patrimônio (exemplo: impostos, comissões de vendas etc.) e gastos é o termo genérico que pode representar tanto um custo como uma despesa (CREPALDI, 1999, p. 20).

5.2.1 Gastos

Gasto é o esforço econômico com que a entidade arca na realização de uma atividade ou transação qualquer, representado pela entrega ou promessa de entrega de ativos, normalmente dinheiro. Alguns gastos podem ser temporariamente classificados como investimentos e, à medida que forem consumidos, receberão a classificação de custos ou despesas. (BRUNI 2002, p.25).

5.2.2 Custos

Custos representam os gastos relativos a bens ou serviços utilizados na produção de outros bens ou serviços. Como exemplos de custos podem ser citados os gastos com

matérias-primas, embalagens, mão-de-obra fabril, aluguéis e seguros de instalações fabris etc. (BRUNI 2002, p.25).

Conhecer os custos dos produtos é de vital importância para as empresas, pois esse conhecimento permite-lhes: (CARDOSO, 2006, p.142).

- Mensurar os resultados das empresas;
- Mensurar o patrimônio, uma vez que as unidades produzidas ou adquiridas e ainda não vendidas permanecem nos estoques, compondo o ativo circulante das empresas;

Auxiliar o gestor na definição do preço de venda dos bens e serviços disponibilizados pela empresa ao seu mercado consumidor é de fundamental importância.

5.2.3 Despesas

Despesas correspondem a um bem, ou serviço, consumido direta, ou indiretamente, para a obtenção de receitas. Não estão associados à produção de um produto ou serviço. Como exemplos de despesas podem ser citados gastos com salários de vendedores, gastos com funcionários administrativos etc. (BRUNI 2002, p.25).

A Figura 20, mostra a relação entre gastos, custos e despesas.

Figura 20 - Diferenciação entre custos, gastos e despesas.

Custos podem ser diferenciados de despesas conforme Figura 20. Gastos incorridos para a elaboração do produto são contabilmente classificados como custos. Gastos incorridos após a disponibilização do produto devem ser classificados como despesa. (BRUNI, 2002, p.27).

5.3 Demonstração do Resultado do Exercício (DRE)

O objetivo da Demonstração do Resultado do Exercício de uma empresa é fornecer aos gestores da empresa os dados básicos e essenciais da formação do resultado, lucro ou prejuízo de determinado produto ou serviço. A Figura 21 mostra o esquema.

Demonstração do Resultado do Exercício	
	Receita Bruta (de vendas e de prestação de serviços)
(-)	Deduções da receita:
	Impostos incidentes sobre a receita (ISS / ICMS / PIS / COFINS)
	Descontos Incondicionais
	Devoluções de Vendas
(=)	Receita Líquida
(-)	Custo das Mercadorias Vendidas / Produtos Vendidos / Serviços Prestados
(=)	Resultado Bruto
(-)	Despesas Operacionais
	Despesas de Vendas
	Despesas Financeiras deduzidas das Receitas Financeiras
	Despesas Gerais e Administrativas
	Outras despesas e receitas operacionais
(=)	Resultado Operacional
(+/-)	Receitas / Despesas não Operacionais
(=)	Resultado antes do Imposto de Renda (LAIR)
(-)	Provisão para Imposto de Renda e Contribuição Social
(-)	Participação de Terceiros
(=)	Resultado Líquido
(:)	Número de ações
(=)	Lucro / Prejuízo por Ação

Figura 21 - Esquema de uma DRE

A DRE informa a riqueza gerada pela empresa, durante determinado período de tempo. Na prática, a DRE é a apresentação, em forma resumida, das operações realizadas pela empresa durante o exercício, destacando-se o resultado líquido do período. A DRE é um resumo ordenado de receitas e gastos da empresa em determinado

período, chegando-se ao lucro ou prejuízo. As receitas são representadas pelas vendas de produtos, bens e serviços realizados no período de referência, ainda que não tenham sido recebidas. Por sua vez, os gastos representam o esforço da entidade para conseguir sua receita do período, mesmo que não haja desembolso de recursos nesse mesmo período. A geração de um resultado positivo é um objetivo das empresas, inclusive aquelas sem fins lucrativos. (CARDOSO, 2006, p.143).

5.4 Classificação dos Custos em Relação ao Produto

Existem vários tipos de custos, tantas quantas forem as necessidades gerenciais. Com relação aos produtos os custos podem ser:

- a) Custos Diretos;
- b) Custos Indiretos.

A maior questão com relação a custos é saber quando eles têm um relacionamento direto ou indireto com determinado objeto de custeio. Custos diretos a um objeto de custeio são os custos diretamente relacionados a esse objeto, isto é, que podem ser fácil e economicamente identificados ao objeto de custeio, sem qualquer rateio. São exemplos de custos diretos aqueles com matéria-prima consumida e mão-de-obra dos operários. (CARDOSO, 2006, p.143).

Custos indiretos a um objeto de custeio são aqueles que não podem ser identificados com o objeto de maneira economicamente viável. Os custos indiretos são alocados ao objeto de custo por meio de um método de alocação de custo denominado rateio. Logo, são aqueles que não oferecem condição de medida objetiva e dos quais qualquer tentativa de alocação tem de ser feita de maneira estimada e, muitas vezes, arbitrária. São exemplos de custos indiretos a depreciação, a manutenção, o seguro e o aluguel do parque fabril. (CARDOSO, 2006, p.143).

A Figura 22 apresenta todos os custos de uma empresa, em relação ao produto que são classificados em dois grandes grupos: diretos e indiretos e o que cada um desses tipos de custos exige.

Figura 22 - Representação gráfica dos custos em relação ao produto (LEONE, 1981).

Segundo Bernardi (1996, p. 50), custos diretos são os que, por sua natureza, características próprias e objetividade de identificação no produto, são alimentados por medições objetivas, por controles individuais, sempre de forma direta. Nesta categoria de custos, encontra-se a maioria dos materiais utilizados na fabricação de um produto, bem como a mão-de-obra diretamente utilizada na produção, ou seja, aquela que exerce a transformação e somente ela.

Crepaldi (1999, p. 20) analisa custos diretos como os que podem ser diretamente (sem rateio) apropriados aos produtos, bastando existir uma medida de consumo (quilos, horas de mão-de-obra ou de máquina, quantidade de força consumida etc.). De maneira geral, associam-se produtos e variam proporcionalmente a quantidade produzida.

Custos indiretos são os que necessitam de aproximações e para serem incorporados aos produtos, necessitam da utilização de algum critério de rateio. Exemplos: aluguel, iluminação, depreciação, salário de supervisores etc. (BRUNI, 2002, p. 31).

Para Bernardi (1996, p. 51), custos indiretos são custos associados aos produtos de forma indireta, ou seja, não há, por razões técnicas, operacionais ou de relevância, possibilidade de medição objetiva individual e conseqüentemente apropriação direta. Nesta categoria, encontram-se os materiais indiretos, a mão-de-obra indireta e outros custos de fabricação que de certa forma têm a mesma característica, ou seja, são custos comuns aos produtos. Todos os custos incorridos na produção serão alocados aos produtos, porém, os indiretos o são por meio de métodos indiretos, e aqui, novamente, buscam-se formas e critérios de rateio adequados para alocá-los aos produtos.

5.5 Classificação dos Custos em Relação ao Volume de Produção

A análise da variabilidade dos custos, diante de parâmetros selecionados (bases de volume, pontos de referência, medidas físicas, unidades quantitativas), resulta no aparecimento de alguns comportamentos que podem ser bem definidos em termos matemáticos, constituindo relações inteligíveis e perfeitamente utilizáveis em modelos de planejamento, controle e tomada de decisões (LEONE, 1981, p. 67). A Figura 23 mostra esquematicamente uma representação gráfica.

▼ ----- Excluído: <sp>

Figura 23 - Representação Gráfica de Custos em Relação ao Volume.

Para Bruni (2002, p.32), o comportamento dos custos em relação ao volume permite analisar as variações nos custos totais e unitários em relação a diferentes volumes de produção. Os custos podem ser genericamente classificados quanto à variabilidade em:

- **Fixos:** São custos que, em determinado período de tempo e em certa capacidade instalada, não variam, qualquer que seja o volume de atividade da empresa. Existem mesmo que não haja produção. É importante destacar que a natureza de custos fixos ou variáveis está associada aos volumes produzidos e não ao tempo. Assim, se uma conta de telefone apresenta valores diferentes todos os meses, porém não correlacionados com a produção, esses gastos devem ser classificados como fixos, independente de suas variações mensais.

- **Variáveis:** Seu valor total altera-se diretamente em função das atividades da empresa. Quanto maior a produção, maiores serão os custos variáveis. Exemplos óbvios de custos variáveis podem ser expressos por meio dos gastos com matérias-primas e embalagens.
- **Semifixos:** Correspondem a custos que são fixos em determinado patamar, passando a ser variáveis quando esse patamar for excedido. Exemplo de custo semifixo é a conta de água, quando o consumo é inferior a um patamar definido pela empresa fornecedora do serviço, a conta é faturada de acordo com o valor pré-estabelecido, porém, quando o consumo ultrapassa este patamar, o valor passa a ser variável.
- **Semivariáveis:** Correspondem a custos variáveis que não acompanham linearmente a variação da produção, mas aos saltos, mantendo-se fixos dentro de certos limites. Exemplos de custos semivariáveis podem ser apresentados por meio dos gastos com contratação e pagamento de supervisores ou referentes ao aluguel de máquinas copiadoras. Dentro de certos limites, como o número de funcionários sob supervisão ou quantidade de cópias realizadas, os gastos são fixos. Quando o patamar é excedido, porém, os gastos variam, assumindo um novo patamar. A Figura 24 mostra o comportamento dos custos fixos e variáveis em função da quantidade produzida.

Excluído: <sp>

Figura 24 - Representação dos Custos Fixos e Variáveis.

A Figura 25 mostra o comportamento dos custos semifixos e semivariáveis em função da quantidade produzida.

Figura 25 - Representação dos Custos Semivariáveis e Semifixo

Pretende-se com este trabalho mostrar a relação direta entre redução de custos e despesas com diminuição de gastos durante a fabricação do produto.

A pesquisa para levantamento de dados para este trabalho é realizada entre os meses de fevereiro e maio de 2008. Neste período o volume de equipamentos em manufatura na empresa estudada é muito alto, pois se trata de uma empresa de bens de capital que fornece equipamentos para as usinas de açúcar e álcool localizadas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Este é o período do ano em que as usinas reformam ou adquirem novos equipamentos para iniciarem uma nova safra.

Para verificação dos indicadores de desempenho em fabricação, o estudo foi orientado pela seguinte seqüência de eventos:

- Delimitação da pesquisa;
- Escolha da peça a ser estudada;
- Definição do método de medição dos tempos;
- Análise dos dados.

6.1 Delimitação da Pesquisa

Para delimitar a pesquisa consideram-se apenas as peças fabricadas no setor de usinagem pesada da empresa DEDINI S/A Ind. de Base – Divisão Mecânica. O processo de manufatura nem sempre é idêntico de uma peça para outra, então se considerou apenas as principais operações, ou seja, aquelas que se repetiram em todas as peças estudadas.

As operações escolhidas para o estudo foram:

- 1ª Traçagem;
- Usinagem em Desbaste;
- Usinagem em Acabamento;
- 2ª Traçagem;
- Furação;
- Ajustagem e Montagem.

6.1.1 Traçagem

A peça, inicialmente fundida, chega ao setor de usinagem após passar pela área de limpeza, remoção de rebarbas e preparação inicial. Quando atinge o setor de usinagem constata-se que as dimensões são bastante variáveis, já que o processo de moldagem de peças de grandes dimensões não é particularmente preciso em reproduzir sempre as mesmas dimensões. Portanto, as dimensões da peça usinada devem se devidamente “localizadas” dentro das dimensões do fundido de forma a distribuir adequadamente o sobremetal. A 1ª traçagem é a operação em que o profissional traça e identifica na peça os sistemas de referência iniciais, dentro dos limites da peça fundida e estabelece as coordenadas para facilitar a usinagem em desbaste sem que haja excesso de sobremetal nem falta do mesmo em toda a extensão da peça.

6.1.2 Usinagem em Desbaste

Na usinagem em desbaste o material é removido da peça por meio da ação de ferramenta rotativa. Porém nesta operação o acabamento superficial, geralmente, não é satisfatório. Portanto, é deixada na superfície da peça uma camada de material, o sobremetal, o qual será retirado na operação seguinte. Nesta operação os avanços de corte os mais altos possíveis.

6.1.3 Usinagem em Acabamento

Na usinagem em acabamento o sobremetal deixado pela operação anterior é eliminado e a peça é levada às dimensões desejadas pelo projeto, dentro das tolerâncias estabelecidas e com um acabamento superficial também dentro das especificações. Nestas operações geralmente se empregam baixos avanços e altas velocidades de corte.

6.1.4 2ª Traçagem

Nesta operação são traçadas, na peça acabada as coordenadas de furações que não foram possíveis de se fazer nas operações de usinagem anteriores.

6.1.5 Furação

Na operação de furação as coordenadas traçadas na peça são furadas com broca de aço rápido em furadeiras.

6.1.6 Ajustagem e Montagem

A operação final do processo de fabricação de um castelo de moenda, a peça selecionada neste trabalho, é a ajustagem e montagem. Nesta operação os profissionais montadores recebem as peças que serão montadas no castelo e ajustam as partes de encaixe para que as mesmas não requeiram retrabalho durante o período de safra das usinas.

Na Figura 2 é apresentado o layout do departamento de usinagem pesada da empresa DEDINI S/A.

CORTE "A-A"
Corte "A-A" – Corte transversal da área fabril da empresa DEDINI S/A.

Figura 26 - Layout do departamento de usinagem pesada da empresa DEDINI S/A

6.2 Escolha da Peça a ser Estudada

Para realização deste trabalho, escolheu-se como objeto de estudo o castelo de moenda, por se tratar da peça com maior valor agregado no conjunto do terno de moenda e também por ter o processo de fabricação mais complexo. A Figura 27 mostra o castelo de moenda acabado. A tonalidade de cinza claro representa partes usinadas, e as partes em cinza escuro sem usinagem.

Figura 27 - Exemplo de um Castelo de moenda usinado

Definiu-se uma amostra de 12 peças para medição dos tempos de fabricação e a partir desses dados, derivou-se o estudo para a análise dos indicadores de desempenho do setor.

6.3 Definição do Método de Medição dos Tempos

O método escolhido para a coleta dos tempos de fabricação foi o apontamento realizado pelos próprios operadores e também o tempo cronometrado. Por se tratar de um processo com longo tempo de duração, deve-se considerar uma margem de tolerância no resultado final.

A tomada dos tempos iniciou-se a partir do momento em que a peça sofre a primeira operação e se encerra ao final da última operação. Em alguns casos as peças vindas da fundição ficaram vários dias aguardando a primeira operação e este tempo não entrou no estudo, pois definiu-se que a fila antes da primeira operação não deveria ser avaliada.

6.4 Indicadores de Desempenho

Para controle e compilação dos dados, foi criada a Tabela 2. Por meio dela é possível analisar os indicadores de desempenho fabril como: eficiência fabril, índice de ciclo e tempo de fila.

6.4.1 Eficiência Fabril

A eficiência fabril é definida pela relação entre as horas planejadas pela Engenharia Industrial e as horas realizadas pela fábrica. Este indicador representa a eficiência de transformação da matéria-prima em produto acabado pela fábrica. (Marçola, 2008, p.03), e é definido pela Equação 1.

$$\% \text{ _ Eficiência} = \frac{\sum \text{Horas _ Planejadas _ Encerradas}}{\sum \text{Horas _ Apontadas _ Encerradas}} \times 100 \quad (1)$$

Para calcular a Equação (1), os dados foram colhidos de duas fontes. Os dados referentes às horas planejadas encerradas foram baseados nos roteiros de fabricação existentes no departamento, ou seja, tempos históricos. É possível ver um exemplo de roteiro de fabricação no Anexo 1. Já os dados referentes as horas apontadas encerradas foram baseados na Tabela 2.

O valor deste indicador é definido pela empresa, porém quando este valor é igual a 100%, significa que o tempo de execução foi exatamente igual ao planejado e pode ser considerado muito bom.

6.4.2 Índice de Ciclo

Índice de Ciclo (IC) é a relação entre o tempo trabalhado numa peça e o tempo que ela permanece na área fabril, ou seja, o intervalo de tempo entre o 1º apontamento e o último apontamento. (Marçola, 2008, p.04), e é definido pela Equação (2).

A equação foi satisfeita utilizando-se apenas os dados referentes à 7.1.

$$\text{Índice _ de _ Ciclo _ \%} = \left(\frac{\text{Horas _ Apontadas}}{((\text{data _ último _ apont} - \text{data _ primeiro _ apont}) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad (2)$$

Quanto maior for este indicador significa melhor resultado para a empresa.

6.4.3 Tempo de Fila

O tempo de fila é o número de dias que a peça estudada aguarda em cada posto de trabalho por fábrica. (Marçola, 2008, p.08), e é definido pela Equação (3).

$$Tempo_de_Fila = \frac{(\sum ((DEOP - DEOA) \times 24) - \sum HAP)}{\sum NOP \times 24} \quad (3)$$

Onde: DEOP = data de encerramento da operação do centro produtivo atual

DEOA = data de encerramento da operação do centro produtivo anterior

HAP = horas apontadas no centro produtivo atual

NOP = número de operações que passaram pelo centro produtivo atual

Este indicador deve ser o menor possível.

Resultados e Discussões

A Tabela 2 foi elaborada para tabulação dos tempos reais obtidos na produção e servirá de base para as análises que se seguem. Mostra as datas de início e final das principais operações executadas no Castelo, além de apresentar os tempos gastos em cada operação e os tempos gastos em fila de espera antes de cada operação.

Principais Operações na Usinagem de Castelos de Moenda

	BITOLA	TRAÇAGEM			FILA	US. DESBASTE			FILA	US. ACABAMENTO			FILA
		Início	Fim	Tempo	Dias	Início	Fim	Tempo	Dias	Início	Fim	Tempo	Dias
Peça 1	46"X84"/90	11/02/08 20:00Hs	12/02/08 01:30Hs	5.5Hs	34	17/03/08 21:00Hs	20/03/08 07:00Hs	58Hs	7	27/03/08 10:00Hs	01/04/08 02:00Hs	70Hs	3
Peça 2	46"X84"/90	16/02/08 10:00Hs	16/02/08 16:00Hs	6.0Hs	37	24/03/08 14:00Hs	26/03/08 18:00Hs	52Hs	12	07/04/08 18:00Hs	12/04/08 12:00Hs	75Hs	4
Peça 3	45"X78"	19/02/08 09:30Hs	19/02/08 14:30Hs	5.0Hs	6	25/02/08 06:30Hs	27/02/08 08:00Hs	49.5Hs	1	28/02/08 05:00Hs	03/03/08 18:00Hs	61Hs	1
Peça 4	45"X78"	21/02/08 00:00Hs	21/02/08 06:00Hs	6.0Hs	8	29/02/08 07:00Hs	03/03/08 14:00Hs	55Hs	1	04/03/08 20:00Hs	09/03/08 18:00Hs	60Hs	1
Peça 5	45"X78"	23/02/08 15:00Hs	25/02/08 8:00Hs	5.0Hs	9	05/03/08 18:00Hs	08/03/08 16:00Hs	52Hs	2	10/03/08 06:30Hs	13/03/08 20:00Hs	59Hs	4
Peça 6	45"X78"	25/02/08 10:00Hs	25/02/08 15:30Hs	4.5Hs	11	07/03/08 14:00Hs	10/03/08 12:00Hs	46Hs	9	19/03/08 10:00Hs	24/03/08 16:00Hs	55Hs	1
Peça 7	46"X84"/90	29/02/08 07:00Hs	29/02/08 14:00Hs	6.0Hs	11	11/03/08 09:00Hs	14/03/08 09:30Hs	57Hs	0	14/03/08 15:30Hs	19/03/08 02:00Hs	65Hs	5
Peça 8	46"X84"/90	18/03/08 20:00Hs	19/03/08 08:30Hs	6.5Hs	12	31/03/08 01:00Hs	02/04/08 12:00Hs	59Hs	1	03/04/08 23:00Hs	07/04/08 16:00Hs	65Hs	4
Peça 9	46"X84"/90	20/03/08 18:00Hs	21/03/08 09:00Hs	9.0Hs	12	02/04/08 12:00Hs	04/04/08 19:00Hs	55Hs	3	07/04/08 18:00Hs	12/04/08 12:00Hs	72Hs	4
Peça 10	46"X84"/90	21/03/08 10:30Hs	21/03/08 18:00Hs	6.5Hs	22	12/04/08 14:00Hs	>>>> >>>>	S/T	0	>>>> >>>>	28/04/08 11:00Hs	108Hs	7
Peça 11	46"X84"/90	22/03/08 7:00Hs	22/03/08 15:30Hs	7.5Hs	21	12/04/08 14:00Hs	>>>> >>>>	S/T	0	>>>> >>>>	28/04/08 11:00Hs	108Hs	8
Peça 12	46"X84"/90	24/03/08 10:00Hs	24/03/08 16:00Hs	5.0Hs	21	14/04/08 06:30Hs	16/04/08 17:00Hs	58Hs	12	28/04/08 00:00Hs	06/05/08 15:00Hs	71Hs	1
Tempo total de Fila					204	Tempo total de Fila			48	Tempo total de Fila			43
Média de dias					17	Média de dias			4	Média de dias			3.5

Principais Operações na Usinagem de Castelos de Moenda

2ª TRAÇAGEM			FILA	FURAÇÃO			FILA	AJUSTAGEM			Ciclo Total	Fila Média
Início	Fim	Tempo	Dias	Início	Fim	Tempo	Dias	Início	Fim	Tempo	Dias	dias
04/04/08	04/04/08	5.5Hs	6	10/04/08	12/04/08	25Hs	2	14/04/08	17/04/08	67Hs	66	10.4
08:00hs	14:30Hs			20:00Hs	08:00Hs			14:00Hs	09:00Hs			
16/04/08	16/04/08	5.5Hs	2	18/04/08	19/04/08	22Hs	6	25/04/08	28/04/08	46Hs	72	12.2
10:00Hs	16:30Hs			06:30Hs	12:00Hs			07:00Hs	10:30Hs			
04/03/08	04/03/08	6.0Hs	9	13/03/08	15/03/08	30Hs	2	17/03/08	18/03/08	30Hs	28	3.8
13:00Hs	20:00Hs			16:00Hs	07:00Hs			14:00Hs	20:00Hs			
10/03/08	10/03/08	7.0Hs	1	11/03/08	12/03/08	20Hs	7	19/03/08	20/03/08	33Hs	28	3.6
07:00Hs	14:30Hs			07:00Hs	16:00Hs			07:00Hs	16:00Hs			
17/03/08	17/03/08	5.0Hs	1	18/03/08	19/03/08	18Hs	3	22/03/08	25/03/08	35Hs	31	3.8
07:00Hs	12:00Hs			09:00Hs	14:30Hs			09:00Hs	20:00Hs			
25/03/08	25/03/08	6.5Hs	2	27/03/08	29/03/08	28Hs	6	04/04/08	07/04/08	46Hs	42	5.8
13:00Hs	19:30Hs			10:00Hs	08:00Hs			08:00Hs	10:00Hs			
24/03/08	24/03/08	4.0Hs	1	25/03/08	26/03/08	30Hs	7	02/04/08	04/04/08	35Hs	35	4.8
09:00Hs	14:00Hs			07:00Hs	19:00Hs			11:00Hs	01:00Hs			
11/04/08	12/04/08	5.5Hs	2	14/04/08	16/04/08	32Hs	2	18/04/08	22/04/08	53Hs	35	4.2
18:00Hs	09:00Hs			14:00Hs	04:00Hs			02:00Hs	09:00Hs			
16/04/08	16/04/08	6.0Hs	6	22/04/08	24/04/08	36Hs	4	28/04/08	30/04/08	46Hs	41	5.8
07:00Hs	15:00Hs			13:00Hs	23:00Hs			08:00Hs	06:00Hs			
05/05/08	05/05/08	7.0Hs	2	07/05/08	08/05/08	32Hs	5	13/05/08	16/05/08	73Hs	56	7.2
10:00Hs	18:00Hs			08:00Hs	20:00Hs			09:00Hs	10:00Hs			
06/05/08	06/05/08	5.0Hs	3	09/05/08	10/05/08	30Hs	3	13/05/08	16/05/08	73Hs	55	7
07:00Hs	13:00Hs			07:00Hs	15:00Hs			09:00Hs	10:00Hs			
07/05/08	07/05/08	5.5Hs	6	13/05/08	15/05/08	33Hs	1	16/05/08	19/05/08	35Hs	56	8.2
14:00Hs	20:30Hs			14:00Hs	08:00Hs			15:00Hs	08:00Hs			
Tempo total de Fila			41	Tempo total de Fila			48					
Mádia de dias			3.4	Mádia de dias			4					

Tabela 2 - Tabela de Controle dos Tempos das Operações

Foram definidas 6 operações como base para análise dos tempos neste trabalho, embora outras operações sejam necessárias, além da usinagem para a completa fabricação do castelo. Por meio da Tabela 2 é possível identificar os principais problemas no fluxo de usinagem do setor. É possível, por exemplo, identificar as filas formadas entre as operações.

Observa-se que as maiores filas identificadas no estudo ocorreram nas operações que antecedem a usinagem em desbaste e acabamento, o que caracteriza um problema de fluxo de produção do setor. O tempo de fila da peça 1 entre a operação de traçagem e usinagem de desbaste chegou a 34 dias e na peça 2 a 37 dias, estes tempos apontam a necessidade de melhoria na eficiência no setor, uma vez que o tempo de transformação da matéria prima em produto acabado se estende excessivamente com uma fila desta dimensão. Já nas peças 3 e 4 os tempos de fila foram bem menores, observa-se que o tempo total de permanência na fábrica das peças 3 e 4 foram menores que o tempo de fila de uma única operação das peças 1 e 2. Outra solução que deve ser estudada para eliminar a formação de filas é realizar as operações de usinagem em desbaste e acabamento numa única máquina, este caso apareceu nas peças 11 e 12 e o resultado foi muito bom, pois eliminou a fila entre as operações de desbaste e acabamento.

As demais peças apresentam as mesmas características, as filas maiores se formam antes das operações de desbaste e acabamento que são operações realizadas nas mandriladoras. Estes problemas de fluxo são denominados gargalos, conforme detalhado na literatura no Capítulo 2. Usando os resultados deste estudo fica evidente que algumas melhorias são necessárias para aumentar a produtividade do setor. Porém, não é possível avaliar a produção utilizando apenas a Tabela 2, pois a análise isolada da mesma mostra apenas as filas e os gargalos, mas não aponta a eficiência do setor nem o índice de ciclo, que são indicadores importantes para a real avaliação do setor de usinagem como todos, no que se refere à usinagem do Castelo.

7.1 Análise dos Dados

Com os dados obtidos na Tabela 2, por meio de cronogramas, foi possível criar um controle visual da situação de manufatura de cada peça pelo acompanhamento da peça ao longo do ciclo de usinagem. As Figuras 28 a 39 oferecem um quadro visual do

andamento das operações ao longo dos dias necessários para completar cada uma das peças. Trata-se de um detalhamento da Tabela 2.

Figura 28 - Cronograma de fabricação peça 01

Figura 29 - Cronograma de fabricação peça 02

Figura 30 - Cronograma de fabricação peça 03

Figura 31 - Cronograma de fabricação peça 04

Figura 32 - Cronograma de fabricação peça 05

Figura 33 - Cronograma de fabricação peça 06

Figura 37 - Cronograma de fabricação peça 10

Figura 38 - Cronograma de fabricação peça 11

Figura 39 - Cronograma de fabricação peça 12

As figuras de 28 a 39, mostram com mais clareza cada etapa de tempo e a sequência de fabricação. Seria ideal que se pudessem eliminar as filas ao máximo possível e melhorasse a eficiência em cada operação. Os tempos das operações variam entre as peças por uma série de fatores que fazem parte do processo: espera por ponte rolante, peças com dimensões diferentes, retrabalho durante o processo, entre outros fatores que influenciam os tempos das operações e prejudicam o resultado final do produto, pois os tempos improdutivos ocorridos dentro do processo afetam diretamente a eficiência do setor. Já os tempos de fila variam muito e são fundamentais para o resultado final, pois afetam diretamente o Índice de Ciclo (I.C.) do setor.

Nas figuras 28 e 29, fica evidente a longa fila logo após a operação de traçagem. As causas dos tempos de fila muito discrepantes, devem ser muito bem avaliados, pois além dos problemas já detectados como gargalos, podem também ser gerados por outros problemas como planejamento falho, ou falta dele, pois o início do acompanhamento dos tempos se dá a partir do início da primeira operação. Se uma peça é transferida da fundição para o setor de usinagem e sofre a primeira operação sem ter carga de máquina disponível para a usinagem, ela passa a ser considerada como tempo de fila e prejudica os indicadores do setor.

Nas figuras 37 e 38, eliminou-se um tempo de fila entre as operações de usinagem de desbaste e acabamento, pois as peças foram preparadas em dupla e foram usinadas de uma só vez sem necessidade de serem transportadas de uma máquina para outra. Isso criou uma possível solução para o problema de fila entre as operações de usinagem de desbaste e acabamento.

Os demais gráficos mostram uma sequência mais discreta de fabricação, mas todas apresentaram tempos elevados de fila antes das operações de usinagem em mandriladora.

7.2 Eficiência Fabril

Conforme definido no item 6.4.1 a eficiência fabril será calculada a seguir para cada uma das peças, de forma detalhada. Este indicador avalia o nível de utilização da máquina em relação ao tempo planejado e disponível para trabalho, pois é razão entre o tempo planejado e o tempo real de execução.

Peça 01

$$\%_{-Ef_{01}} = \frac{\sum 8,5 + 74,5 + 65 + 5 + 28 + 25}{\sum 5,5 + 58 + 70 + 5,5 + 25 + 67} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{01}} = 89\%}$$

Peça 02

$$\%_{-Ef_{02}} = \frac{\sum 8,5 + 74,5 + 65 + 5 + 28 + 25}{\sum 6,0 + 52 + 75 + 5,5 + 22 + 46} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{02}} = 99\%}$$

Peça 03

$$\%_{-Ef_{03}} = \frac{\sum 8 + 70 + 60 + 5 + 31,5 + 15}{\sum 5 + 49,5 + 61 + 6 + 30 + 30} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{03}} = 104\%}$$

Peça 04

$$\%_{-Ef_{04}} = \frac{\sum 8 + 70 + 60 + 5 + 31,5 + 15}{\sum 6 + 55 + 60 + 7 + 20 + 33} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{04}} = 105\%}$$

Peça 05

$$\%_{-Ef_{05}} = \frac{\sum 8 + 70 + 60 + 5 + 31,5 + 15}{\sum 5 + 52 + 59 + 5 + 18 + 35} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{05}} = 109\%}$$

Peça 06

$$\%_{-Ef_{06}} = \frac{\sum 8 + 70 + 60 + 5 + 31,5 + 15}{\sum 4,5 + 60 + 55 + 6,5 + 28 + 46} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{06}} = 102\%}$$

Peça 07

$$\%_{-Ef_{07}} = \frac{\sum 10 + 76 + 66 + 5 + 27 + 36}{\sum 6 + 57 + 65 + 4 + 30 + 35} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{07}} = 112\%}$$

Peça 08

$$\%_{-Ef_{08}} = \frac{\sum 10 + 76 + 66 + 5 + 27 + 36}{\sum 6,5 + 59 + 65 + 5,5 + 32 + 53} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{08}} = 99\%}$$

Peça 09

$$\%_{-Ef_{09}} = \frac{\sum 10 + 76 + 66 + 5 + 27 + 36}{\sum 9 + 55 + 72 + 6 + 36 + 46} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{09}} = 98\%}$$

Peça 10

$$\%_{-Ef_{10}} = \frac{\sum 10 + 76 + 66 + 5 + 27 + 36}{\sum 6,5 + 108 + 7 + 32 + 73} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{10}} = 97\%}$$

Peça 11

$$\%_{-Ef_{11}} = \frac{\sum 10 + 76 + 66 + 5 + 27 + 36}{\sum 7,5 + 108 + 5 + 30 + 73} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{11}} = 98\%}$$

Peça 12

$$\%_{-Ef_{12}} = \frac{\sum 10 + 76 + 66 + 5 + 27 + 36}{\sum 5 + 58 + 71 + 5,5 + 33 + 35} \times 100 \quad \underline{\%_{-Ef_{12}} = 106\%}$$

A média geral da eficiência das 12 peças estudadas indica que estão sendo produzidas 2% mais rápidas do que o tempo planejado. Este dado é muito importante para análise do estudo, porém isoladamente este indicador não aponta qual peça gerou melhor resultado para a empresa. Por exemplo, a eficiência da peça 07 foi de 112%, isto significa que o tempo real de execução da peça foi 12% menor do que o tempo planejado, porém, pode-se observar na figura 41 que a mesma peça 7 não foi a que teve o melhor índice de ciclo, pois o índice de ciclo avalia também o tempo em que a peça ficou em fila durante o período de transformação. Portanto, apesar da melhor eficiência, a peça 7 não foi a que deu melhor resultado para a empresa.

Na elaboração do roteiro de fabricação deve-se conhecer o tempo médio de fabricação das peças, para tentar deixar o indicador eficiência próximo dos 100%, ou seja, o tempo realizado igual ao tempo planejado, pois se o tempo planejado estiver muito fora da realidade da fábrica o indicador eficiência apresentará resultados que não servirão como base de avaliações. Portanto, antes da elaboração de um roteiro com tempo padrão, devem-se avaliar bem as operações envolvidas no processo e buscar manter o indicador eficiência próximo dos 100% que corresponde à igualdade entre o tempo executado e o realizado, a partir daí tomar ações necessárias para baixar o tempo real de fabricação das peças. A Figura 40 mostra, de maneira mais abrangente, a eficiência fabril do setor usando os dados das 12 amostras estudadas com os valores calculados acima e ordenados na ordem decrescente de eficiência.

Eficiência Usinagem Pesada

Figura 40 - Eficiência Fabril

A Peça 07 tecnicamente foi a mais eficiente, pois teve o tempo de transformação 12% mais rápido do que o tempo planejado. A peça 01 foi a menos eficiente, pois teve o tempo de transformação 11% maior do que o tempo planejado. Este indicador avaliado isoladamente é bom para se ter idéia de qual é a diferença entre os tempos planejados e os tempos realizados.

A média geral do setor ficou em 102%, isto significa que a média dos tempos reais de fabricação foi 2% melhor que a média dos tempos planejados, se fosse 100% indicaria que o tempo planejado foi igual ao tempo real executado. No entanto, este indicador deve ser considerado apenas para medir a eficiência do setor e não das máquinas isoladamente, pois para avaliar a eficiência das máquinas seriam necessários outros estudos focados apenas nos tempo de corte das máquinas.

Observou-se também durante a pesquisa que é muito freqüente as interrupções na usinagem dos castelos para realização de outros tipos de serviço, isso prejudica muito o fluxo da produção e favorece o surgimento de gargalos com aumento do tempo de fabricação.

7.3 Índice de Ciclo (IC)

A seguir são calculados os ICs para cada peça conforme definido no item 6.4.2 . Este indicador avalia a razão entre o tempo real de execução para as operações apenas (traçagem, usinagem, furação e ajustagem) e o tempo de permanência no setor.

Peça 01

$$IC_{\%01} = \left(\frac{231}{((17/4/08 - 11/2/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{\%01} = 14\%}$$

Peça 02

$$IC_{\%02} = \left(\frac{206,5}{((28/4/08 - 16/2/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{\%02} = 11,7\%}$$

Peça 3

$$IC_{- \%_{03}} = \left(\frac{181,5}{((18/3/08 - 19/2/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{- \%_{03}} = 26\%}$$

Peça 4

$$IC_{- \%_{04}} = \left(\frac{181}{((20/3/08 - 21/2/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{- \%_{04}} = 26\%}$$

Peça 5

$$IC_{- \%_{05}} = \left(\frac{174}{((25/3/08 - 23/2/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{- \%_{05}} = 22,6\%}$$

Peça 6

$$IC_{- \%_{06}} = \left(\frac{186}{((7/4/08 - 25/2/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{- \%_{06}} = 18\%}$$

Peça 7

$$IC_{- \%_{07}} = \left(\frac{197}{((4/4/08 - 29/2/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{- \%_{07}} = 22,8\%}$$

Peça 8

$$IC_{- \%_{08}} = \left(\frac{221}{((22/4/08 - 18/3/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{- \%_{08}} = 25,5\%}$$

Peça 9

$$IC_{\%_{09}} = \left(\frac{224}{((30/4/08 - 20/3/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{\%_{09}} = 22,2\%}$$

Peça 10

$$IC_{\%_{10}} = \left(\frac{226,5}{((16/5/08 - 21/3/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{\%_{10}} = 16,5\%}$$

Peça 11

$$IC_{\%_{11}} = \left(\frac{223,5}{((16/5/08 - 22/3/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{\%_{11}} = 16,6\%}$$

Peça 12

$$IC_{\%_{12}} = \left(\frac{207,5}{((19/5/08 - 24/3/08) + 1) \times 24} \right) \times 100 \quad \underline{IC_{\%_{12}} = 15,1\%}$$

O índice de ciclo é um indicador muito valioso na avaliação da produção, porque está diretamente relacionado ao tempo de fila. Se o processo apresenta longas filas e evidências de gargalos, certamente o índice de ciclo será baixo. Esse aspecto ficará mais claro à frente.

A Figura 41 mostra os índices de ciclo para todas as 12 amostras estudadas já ordenadas em ordem decrescente.

Figura 41 - Índice de Ciclo

Entre as peças estudadas, a peça 3 apresentou o maior IC, porém as peças 4 e 8 também têm valores muito próximos. A peça 2 foi a de menor IC indicando que teve os maiores tempos de fila ao contrário das peças 3, 4 e 8.

7.4 Tempo de Fila

A Figura 42 mostra o tempo de fila médio de cada uma das 12 amostras estudadas, já ordenados na ordem decrescente.

Figura 42 - Tempo de Fila Médio

A peça 02 apresentou o maior tempo de fila e consequentemente teve índice de ciclo comprometido. Esses tempos prejudicam muito o índice de ciclo do setor, pois os tempos de filas estão diretamente relacionados com o índice de ciclo.

A peça 04 teve o menor tempo de fila assim o seu índice de ciclo foi um dos melhores se comparado com as 12 peças estudadas.

Pode-se observar comparativamente nas Figuras 41 e 42 que as peças com maiores tempos de fila apresentados na Figura 42 são as de menores índices de ciclo, conforme dados apresentados na Figura 41. Todas as peças estudadas seguem esta mesma regra.

A eficiência fabril, item 7.2, apresentou resultados de 102% na média, conforme Figura 40. Isso significa que o tempo de execução foi muito próximo ao tempo planejado. Essa é uma característica deste tipo de indicador, pois ele compara o tempo planejado ao tempo de execução. Se este índice é 100% indica que há um acerto no dimensionamento do tempo durante a fase de planejamento. Se for maior que 100% indica que a fábrica realizou o trabalho mais rápido do que foi planejado. Se for menor que 100% indica que a fábrica realizou o trabalho mais lento do que foi planejado.

O índice de ciclo. Item 7.3, ficou 19,8% na média, conforme Figura 41, o que pode ser considerado baixo para o setor se comparado ao valor tradicionalmente aceito de 30%. Este indicador avalia a relação entre o tempo trabalhado numa peça e o tempo que ela permanece no setor. Na maioria dos casos neste estudo, quando a peça apresentou índice de ciclo baixo, o tempo de fila da mesma foi alto.

O tempo de fila médio, Figura 42, apresentou 6,4 dias entre as operações este valor aparentemente pode ser considerado baixo, porém a maior concentração deste tempo foi antes das operações de usinagem em desbaste e acabamento onde foram registrados picos de até 37 dias.

Os resultados obtidos pela pesquisa indicam que no setor existem dois grandes gargalos que estão prejudicando o fluxo de produção do setor. Estes gargalos restringem a produção e fazem com que toda a sequência do processo seja prejudicada. É possível verificar que o índice de ciclo foi considerado baixo, conforme a Figura 41, isto indica que para melhorar este resultado do setor deve-se primeiro concentrar as atenções nas atividades que reduzam os tempos das filas entre as operações, pois as peças com menor tempo de fila, em geral, têm melhores ICs.. De maneira geral não adianta ter processos pontuais extremamente eficientes se existirem restrições no restante da sequência de fabricação, isto não representará bons resultados para a empresa ao final.

A principal ação recomendada, diante dos resultados do presente trabalho, é a eliminação dos gargalos das máquinas mandriladoras, ou seja, dos tempos de filas antes dessas máquinas. A duplicação com uma outra mandriladora pode melhorar muito a média do IC do setor porque irá diminuir substancialmente o tempo de fila antes desta.

Outra solução que deve ser estudada para eliminar a formação de filas é realizar as operações de usinagem em desbaste e acabamento numa única máquina, este caso apareceu nas peças 10 e 11 mostradas na Tabela 2 e desta forma pode-se eliminar uma etapa reduzindo, assim, a fila.

Todas as peças apresentam tempo médio de fila antes das operações de usinagem em desbaste e acabamento muito elevado, 17 e 4 respectivamente, este tempo é considerado improdutivo e não agrega valor ao produto, pelo contrário diminui o IC dos produtos (vide Tabela 2). Quanto menor o IC, menor é a velocidade com que a fábrica transforma matéria-prima em produto acabado e mais lento é o retorno financeiro. A figura 43 mostra um exemplo de fila formado antes da usinagem de desbaste ou acabamento.

Figura 43 - Fila Formada antes da Operação de Usinagem

O DRE, Demonstrativo dos Resultados do Exercício, de uma empresa é a apresentação resumida das operações financeiras realizadas pela empresa durante determinado período de tempo, ou exercício social. Neste demonstrativo, entre outros itens, está o CPV, Custo do Produto Vendido, que é onde todos os custos de fabricação, inclusive os que derivam dos tempos improdutivos, são subtraídos do valor final da venda do produto. A Figura 44 mostra ilustrativamente um diagrama dos resultados do exercício com o CPV compondo o resultado líquido do período.

Demonstração do Resultado do Exercício	
	Receita Bruta (de vendas e de prestação de serviços)
(-)	Deduções da receita:
	Impostos incidentes sobre a receita (ISS / ICMS / PIS / COFINS)
	Descontos Incondicionais
	Devoluções de Vendas
(=)	Receita Líquida
(-)	Custo das Mercadorias Vendidas / Produtos Vendidos / Serviços Prestados
(=)	Resultado Bruto
(-)	Despesas Operacionais
	Despesas de Vendas
	Despesas Financeiras deduzidas das Receitas Financeiras
	Despesas Gerais e Administrativas
	Outras despesas e receitas operacionais
(=)	Resultado Operacional
(+/-)	Receitas / Despesas não Operacionais
(=)	Resultado antes do Imposto de Renda (LAIR)
(-)	Provisão para Imposto de Renda e Contribuição Social
(-)	Participação de Terceiros
(=)	Resultado Líquido
(-)	Número de ações
(=)	Lucro / Prejuízo por Ação

Figura 44 - Exemplo de DRE

Então, entende-se que se os tempos de fila forem eliminados ou diminuídos, a empresa terá retorno financeiro imediato, pois, além de diminuir o CPV, aumentará a velocidade na fabricação do produto e consequentemente terá dinheiro em caixa mais rapidamente.

Conclusões e Sugestões para Futuros Trabalhos

De posse dos resultados obtidos pela análise dos indicadores de desempenho fabril, conclui-se que:

- A Eficiência fabril encontrada foi de 102% avaliando-se 12 castelos de moenda no presente trabalho.
- O indicador Eficiência fabril, é capaz de avaliar o nível de utilização da máquina em relação ao tempo disponível para o planejamento, pois é razão entre o tempo planejado e o tempo real de execução da peça.
- O Índice de Ciclo (IC) médio foi de 19,8% considerado baixo quando comparado com valor tradicionalmente aceito de 30%.
- O Índice de Ciclo (IC) foi baixo principalmente devido ao alto tempo de fila. Embora seja em média de apenas 6,4 dias, há valores extremos de até 37 dias que prejudicam o IC do setor.
- Existem gargalos de produção nas máquinas que realizam as usinagem de desbaste e acabamento nos castelos, pois o tempo de fila antes dessa máquina é alto. Em média 17 dias para o desbaste e 4 dias para o acabamento.
- A duplicação de máquina, a melhoria dos processos, ou da tecnologia das máquinas existentes, pode ser uma solução para eliminar ou diminuir os gargalos encontrados.
- A melhoria da programação de chegada das peças a serem manufaturadas na fábrica, pode melhorar os indicadores do setor tanto o de eficiência quanto o de IC..
- A eliminação de interrupções na usinagem de peças no meio do processo, contribuirá para a melhoria da eficiência.

O estudo dos tempos e movimentos no castelo apontou que durante todo o processo de transformação, a principal restrição ao fluxo de produção foi a mandriladora. A avaliação da %eficiência e do IC do setor apontou que o problema gerado pelo gargalo na produção, pode prejudicar consideravelmente o Demonstrativo do Resultado do Exercício, DRE, do setor

Como sugestões de futuros trabalhos, sugerem-se:

- Verificar os tempos improdutivos específico para cada máquina do setor de usinagem pesada.
- Verificar retorno de investimento para compra de máquinas de grande porte em setores de usinagem pesada.
- Avaliar outros indicadores de desempenho que não foram abordados por este trabalho e estão relacionados com usinagem também.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, D. A. (2003). **Gerência da Produção**. Apostila, curso de especialização em qualidade e produtividade, programa de pós-graduação em engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, pp

ARRUDA, J. J. de A.; PILETTI, N. (1997). **Toda a História**. 7ª edição, São Paulo: Ed. Ática, pp.

BATISTA, E.A.; COPINNI, N. L.(2002). **Sistema especialista para otimizar processos de usinagem e aumentar os lucros**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (Enegep), Curitiba, pp

BARNES, R. M. (1977). **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. 6ª edição, São Paulo: Ed. Edgard Blücher, pp

BERNARDI, L. A. (1995). **Política e Formação de Preços: uma abordagem competitiva, sistêmica e integrada**. São Paulo: Atlas, 1995, pp

BLACK, J. T. (1998). **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Ed. Bookman, pp

BOEHS, L.; BORTOLOTO, M. A.; GOLÇALVES, M. A.: **Gerenciamento de ferramentas de corte na teoria e na prática**. 2º Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (Conem), João Pessoa, pp

BRUNI, A. L.; FAMA, R. (2002). **Gestão de Custos e Formação de Preços: Com aplicações na calculadora HP 12C e Excel**. São Paulo: Ed. Atlas, pp.

CARDOSO, R. L. (2006). **Administrando a Contabilidade da Empresa**, São Paulo, Fundação Getulio Vargas, pp

COPERÇUCAR (2007). **A Origem da Cana de Açúcar**. Cooperativa dos produtores de açúcar. Disponível em : <www.coperçucar.com.br> Acesso em: 15 Ago. 2007.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. (2001). **Planejamento programação e controle da produção**. São Paulo: Ed. Atlas, pp

COSTA, L. C. A.; MELLO, L. I. A.(1993). **História do Brasil**. 6ª edição , São Paulo: Ed. Scipione, pp
COTRIN, G. (1999). **Saber e Fazer História do Brasil**. 6ª edição, São Paulo, Ed. Saraiva, pp

CREPALDI, S. A. (1999). **Curso básico de contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, pp

DA SILVA, A. R. Y. (2002). **Modelagem de Custos em Sistemas de Manufatura Utilizando Redes de Petri**, São Carlos, [s.n.], Dissertação de Mestrado, pp

FERRARESI, D. (1977). **Fundamentos de Usinagem dos Metais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, pp

FONSECA, E. C.; FERREIRA, J. R. (2006). **Avaliação dos tempos improdutivos na usinagem pesada**. Artigo apresentado como palestra técnica no congresso Usinagem 2006 em São Paulo. [s.n], pp. Xxx.

HUGOT, E. (1950). **La Sucrierie de Cannes**. Paris, Ed. DUNOD, pp

LEONE, G. S. G. (1981). **Custos: Planejamento, Implantação e Controle**. São Paulo: Atlas, pp

LIMA, Jr. WALDOMIRO PINHEIRO de (2001). **Variáveis envolvidas nos cálculos dos tempos alocados para as atividades de produção**. Dissertação de Mestrado; Santa Catarina-PR, [s.n.], p.xxx

MANDARINO, Umberto (1971) .**Custos**. São Paulo: Ed. Atlas, 2ª edição, pp

MARÇOLA, J. A.; PEREIRA, H. C. (2008). **Manual de Indicadores de Desempenho de Operações Fabris**. Piracicaba - SP: S/E.

MAYNARD, H. B. (1970). **Manual de engenharia de produção. Técnicas de medida do trabalho**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, pp

MEREDITH, J.R.; SHAFER, S. M. (2002). **Administração da produção para MBAs**. Porto Alegre: Ed. Bookman, pp

MEYERS, F. E.; STEWART, J. R. (2002). **Motion and Time Study for Lean Manufacturing**. Third Edition, New Jersey: Ed. Prentice Hall, pp
MOREIRA, D. A. (1994). **Os benefícios da produtividade industrial**. Biblioteca Pioneira de administração e negócio, São Paulo, pp

MOURA, R. A. (1983) **Sistemas e técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 3ª edição, São Paulo: Moderna, pp

MOURA, R. A. (1989). **Equipamentos: Manual de Movimentação de Materiais**. 3ª edição, São Paulo: Moderna, pp

MUNDEL, M. E. (1966). **Estudo de Movimentos e Tempos: Princípios e Prática**, São Paulo: Ed. Mestre Jou, pp

NOVASKI, O. (1991). **Custos de Usinagem**. Campinas: Ed. UNICAMP, pp

RAMOS, P. (1999). **A Agroindústria Cana Vieira do Brasil: Referencial Historiográfico, Temas e Fontes**. Revista. América Latina em la Historia Económica, Jun. 1999, pág. 59 – 71.

SHELL BRAZIL LIMITED (1959). **A usina Açucareira e sua Lubrificação**. Rio de Janeiro, [s.n], pp

SILVA, F. de A. (1992). **História do Brasil – Colônia, Império e República**. 1ª edição, São Paulo: Ed. Moderna, pp

SILVA, F. de A. (1994). **História do Brasil – Colônia**. 3ª edição, São Paulo: Ed. Moderna, pp

SILVA, L. C. (2007). **Modelos de Simulação**. Boletim técnico, Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em <WWW.agais.com>, acesso em 19 Nov. 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. (2002). **Administração da produção**. São Paulo: Ed. Atlas, 2ª ed.

PILETTI, N.; PILETTI, C. (2002). **História & Vida Integrada**. 1ª edição, São Paulo, Ed. Ática, pp

TURINO, C. E.; POSSOMAI, O. (2001). **Modelo para Gerenciamento de Estoques de Ferramentas de Corte**. Abepro, Santa Catarina, pp

.

VIEIRA N. Jr., ARTHUR (1992). **Cálculo de Custos de Fabricação Integrado ao Planejamento do Processo Auxiliado por Computador**; Dissertação Mestrado, EESC – USP, pp.

.

Anexos

ANEXOS 1 – Modelo de um Roteiro de Fabricação

Dedini S/A Indústrias de Base		Roteiro de Fabricação			Página : 001 de 003 Data Emissão: 03/09/2008			
174 - Dedini S/A Industrias de Base - Mecanica - O								
Desenho : 100005778/2								
Descrição : CASTELO ESQUERDO - USINAGEM - MOENDA MCD/01 46" X 84"/90								
Local :				Peso Liq. : 15908,9-PC				
Observação : ANEXAR CROQUIS CRQ-0462, CRQ-0427 e CRQ-0428.								
Oper.	Oper. Padrão	Recurs.	Descrição	Prep.	Exec.	Total	Prog	Eco
10	TRM04 AL1V4		TRAÇAR REFERENCIAS PARA USINAGEM. TOMAR COMO REFERENCIA A PRÉ TRAÇAGEM EXECUTADA PELA FUNDIÇÃO TRAÇAR E IDENTIFICAR COM MARCADOR INDUSTRIAL NO CASTELO AS COORDENADAS DOS FUROS DE IÇAMENTO PI FACILITAR A USINAGEM.	0	8.5	8.5	Sim	
20	MHG09 AL1V2		----- EXECUTAR USINAGEM DE DESBASTE CONFORME A SEQUENCIA ABAIXO: (VER CROQUI CRQ-0462).	1.5	73	74.5	Sim	
40	MHG11 AL1V6		USINAR EM ACABAMENTO CONFORME PROGRAMA CNC nota 1: EXECUTAR FURAÇÃO PARA FIXAÇÃO DAS PLACAS DE DESGASTE INTERNA. nota2: VER CRQ-0427 e CRQ-0428.	1	64	65	Sim	
50	TRM04 AL1V4		TRAÇAR FURAÇÕES	0	5	5	Sim	
60	FUR37 AL1V6		FURAR AS DUAS FACES CONFORME TRAÇADO.	1	12	13	Sim	
70	FUP04 AL1V7 AL1V8		FURAR AS LATERAIS CONFORME TAÇADO.	1	14	15	Sim	
100	MOM04 AL1V8		AJUSTAGEM GERAL	0	25	25	Sim	