

MELHORIA NO PROCESSO DE UMA LINHA DE PRODUTOS PLÁSTICOS

Guilherme Henrique Weidlich

Orientador: Prof. Flávio J. Lorini

Área de concentração: Projeto, Fabricação e Automação Industrial

Resumo

Este trabalho tem por finalidade propor uma melhoria no processo de uma linha de produtos de uma empresa do ramo plástico, de maneira a buscar uma redução nos recursos atualmente empregados. O estudo será feito na linha de caixas organizadoras chamada “*Top Stock*”, onde se faz uma análise com um grupo de 15 máquinas injetoras. A análise terá dois enfoques principais: primeiramente será abordado o layout atual, propondo assim uma reorganização neste grupo de máquinas afim de aprimorar o processo produtivo, e reduzir distâncias e operações entre as etapas de produção destes organizadores, em seguida é feito um estudo para automatizar o abastecimento das máquinas (atualmente manual, manuseio de sacos de 25Kg), com o intuito de eliminar esta operação pesada, e preservar a integridade física dos funcionários.

Abstract

“ Process Improvement on a Production Line of a Family of Plastic Wares”

The goal of this paper is to propose process improvement a production line of plastic goods a company, aiming to decrease the resources currently employed. The study focus in the line of products called “*Top Stock*” (organizing storage boxes), for which an analysis with a group of 15 injection machines is performed. The analysis will have two main parts: firstly, it is proposed a reorganization on the current layout of this group of machines, in order to optimize the productive process, and reduce distances and operations among the stages of the production of these goods. After that it is made a study to automate the supply of the machines (which is nowadays the manual, handling of 25 Kg bags), intending to eliminate this heavy operation, and preserving the physical integrity of the employees.

PALAVRAS CHAVES

Processamento de Polímeros, Balanceamento de uma linha, Transporte Pneumático, Automação de Processo.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 2 |
| 2 BALANCEAMENTO DA LINHA | 4 |
| 2.1 ESTUDO DO CASO | 5 |
| 3 DEFINIÇÃO DO LAYOUT | 11 |
| 4 SISTEMA PARA TRANSPORTE DE PEÇAS | 13 |
| 5 AUTOMATIZAÇÃO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE MATÉRIA-PRIMA | 16 |
| 5.1 CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MATERIAL PROCESSADA | 17 |
| 5.2 DIMENSIONAMENTO DOS SILOS DE ARMAZENAMENTO | 19 |
| 5.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO | 22 |
| 6 ANÁLISE DE CUSTOS | 27 |
| 7 LAY-OUT PROPOSTO | 29 |
| 8 CONCLUSÃO | 30 |
| 9 BIBLIOGRAFIA | 30 |

1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido na Sanremo S/A, uma empresa do grupo Betanim que produz utensílios plásticos de polipropileno e polietileno pelo processo de injeção. O processo de injeção consiste em introduzir em molde a composição moldável fundida em um cilindro aquecido, por intermédio da pressão de um êmbolo. As máquinas injetoras dispõem de uma câmara cilíndrica preliminar, aquecida (por meio de resistências elétricas), dotada de parafuso sem fim, que funciona como plastificador e homogeneizador da massa polimérica antes que seja admitida à seção onde será transmitida aos canais de injeção do molde. O resfriamento do material é feito dentro do molde, de forma a permitir a sua solidificação e a remoção do artefato sem deformação, [01].

A matéria-prima para a produção das caixas organizadoras é o polipropileno (PP), fornecido pela OPP, unidade de Triunfo, RS. Além do polipropileno, a empresa processa resinas de polietileno de baixa e alta densidade, empregados na produção dos variados tipos de utensílios plásticos. A Sanremo industrializa as resinas para diferentes linhas de produtos, dentre as quais pode-se citar: Top Stock (caixas organizadoras), Vac Freezer (potes), Gradual (potes), Hydrus

(baldes, bacias e cestos), Casar (utensílios p/ cozinha), Gole Gut (garrafas), Casablanca (lixeiras), Boulevard (vasos, regadores).

Atualmente, a empresa dispõe de um parque industrial composto por 76 máquinas injetoras e 16 máquinas sopradoras, com diferentes capacidades de carga, e dispostas de forma aleatória na planta.

A empresa trabalha com o sistema “*Kanban*” de manufatura, onde existe um quadro com as programações diárias dos moldes que devem ser colocados em máquinas, e outro com o controle da produção das diferentes referências. As peças são estocadas em paletes, que possuem uma posição fixa nas regiões de armazenamento. Cada palete contém na sua porta um código de produto (CP), este indica a cor, a referência armazenada e a quantidade de peças estocadas. È através deste sistema que a empresa gerencia os estoques e programa as trocas de referências para o cumprimento da produção.

O processo produtivo atual é bastante deficiente, as peças processadas caem nas bandejas das máquinas, e em seguida são recolhidas e estocadas manualmente nos paletes. As peças recebem dois tipos de codificação: os acessórios e os semi-acabados. No caso da produção de um semi-acabado, todos os acessórios que compõem o produto final devem ser alocados junto a máquina onde está sendo produzido o mesmo, para montagem do conjunto. Outra deficiência no processo, diz respeito ao abastecimento das máquinas, este é feito manualmente, onde operadores manuseiam sacos de 25 Kg, e cada um deles abastece de 15 a 20 máquinas.

O objetivo deste trabalho é conceber um estudo para aprimorar o processo produtivo, para isto propor uma modificação na organização das máquinas, criar *células de trabalho*, além de automatizar o abastecimento da matéria-prima. O trabalho está sendo desenvolvido na linha de produtos *Top Stock*, e será analisado um grupo de 15 máquinas injetoras com o intuito de se buscar uma melhoria no processo produtivo e uma redução dos recursos atualmente alocados.

2 - BALANCEAMENTO DA LINHA

Uma questão fundamental para a otimização do processo produtivo, é a organização dos equipamentos na fábrica. Essa questão ganha importância à medida que são contabilizadas as expressivas perdas relacionadas com o desperdício de área produtiva no *chão de fábrica* e com a movimentação excessiva ou dispersiva de materiais nesse ou entre as diversas unidades fabris de uma mesma empresa industrial.

A racionalização da ocupação do espaço utilizado na movimentação de cargas em nível de *chão de fábrica* é proporcionada pela utilização da *Análise do Fluxo de Produção*, que se segue à aplicação da análise provida pela *Tecnologia de Grupo* ao espectro de produtos

fabricados pela empresa. Basicamente, a *Tecnologia de Grupo* permite a identificação e o agrupamento em famílias de peças possuidoras de características físicas e elementos funcionais semelhantes. A análise proposta pela *Análise do Fluxo de Produção* expande esse conceito à formação de grupos de peças possuidoras de processos de fabricação e utilização de equipamentos similares.

A possibilidade de executar a organização física das máquinas em grupos em correspondência com os equipamentos requeridos para a fabricação de cada uma das famílias de peças, permite um ganho pela aplicação da *Análise do Fluxo de Produção*, pois isso vem a reduzir a movimentação de matérias-primas e peças em produção na fábrica (pelo menos em tempos e percursos). Isso é proporcionado na medida em que os diversos postos de trabalho constituídos pelos equipamentos poderão estar relativamente mais próximos entre si.

A aplicação desta análise é particularmente útil na hipótese de que é possível associar, de modo racional, determinados *grupos de equipamentos* a certas *famílias de peças* dentro da gama de produtos fabricados pela empresa, podendo resultar, em substancial redução de despesas com a utilização de equipamentos de transporte de materiais. A racionalização das rotas de processo, com conseqüente atribuição das atividades numa seqüência lógica adequada podem trazer ganhos com a diminuição nos espaços em áreas de armazenamento temporários de peças no *chão de fábrica*, alcançando ganhos em produtividade.

Observa-se que a extensão desse conceito de organização de equipamentos, em unidades produtivas compostas por grupos de máquinas capazes de efetuarem inteiramente, pelo menos, as operações de geração da forma, do aspecto ou da funcionalidade dos componentes determinou o surgimento da produção organizada por *células de fabricação* e *células de montagem*, denominação então dada ao conjunto dos equipamentos reunidos numa estrutura capaz de operacionalizar de forma completa essas atividades de produção.

O problema no balanceamento de uma linha é organizar o processo individualmente nas estações de trabalho, de forma que o tempo total requerido em cada estação seja praticamente o mesmo. Se os elementos de trabalho pudessem se agrupar de forma que todos os tempos nas estações fossem iguais, se teria assim um perfeito equilíbrio na linha, e esta produção fluiria suavemente. Na maioria das situações práticas isso é muito difícil, e neste caso, quando temos tempos desiguais entre estações, a estação mais lenta determina a taxa de produção global da linha.

2.1 - ESTUDO DE CASO

Para um estudo de caso, será analisada uma série de componentes de uma linha produção específica, foco do estudo que será apresentado a seguir.

Para a análise da linha citada, iniciou-se um estudo de todas as referências que compõem a mesma, e em seguida foram levantados alguns dados importantes para o estudo, como: tempo de ciclo, capacidade de produção, tipo de operação, tipo de máquina. A linha de produtos *Top Stock*, é composta por 6 organizadores distintos (variação no volume), para facilitar o estudo serão usadas as mesmas referências da empresa para identificação dos componentes. Abaixo na figura 1, pode-se visualizar a linha *Top Stock*, e na seqüência estão relacionados os diferentes tipos de organizadores com suas capacidades de volume:



Fig.1 – Foto ilustrativa da linha de produtos *Top Stock*

- Referência 950 – Organizador pequeno (volume = 2,3 litros)
- Referência 955 – Organizador pequeno alto (volume = 4,3 litros)
- Referência 960 – Organizador médio (volume = 8,6 litros)
- Referência 965 – Organizador médio alto (volume = 26,5 litros)
- Referência 970 – Organizador grande (volume = 28,2 litros)
- Referência 975 – Organizador grande alto (volume = 56,1 litros)

Estas diferenças de volume refletem diretamente no tamanho das caixas, e logo na quantidade de material a ser injetado e na capacidade de carga e pressão das máquinas, isto é, as matrizes são projetadas para trabalhar numa dada faixa de pressão de fechamento, para que não ocorra desgaste excessivo do molde, e problemas no processo produtivo. Na tabela 1 estão listados, as referências dos componentes que compõem os organizadores, com seus respectivos ciclos de trabalho, quantidade de material injetado, e capacidades das máquinas (pressão de injeção e fechamento).

| Referência | Nº de cavidades | Peso (g) | Ciclo (seg) | Capacidade máquina (Ton) |
|------------|-----------------|----------|-------------|--------------------------|
| 950F | 1 | 110,51 | 30 | 140 |
| 950T | 1 | 60,00 | 15 | 140 |
| 950PR | 16 | 1,58 | 22 | 80 |
| 950BS | 8 | 1,92 | 20 | 80 |
| 955F | 1 | 162,00 | 33 | 200 |
| 960F | 1 | 306,81 | 34 | 315 |
| 960T | 1 | 145,93 | 22 | 200 |
| 960PR | 16 | 3,22 | 27 | 80 |
| 960BS | 8 | 5,50 | 24 | 80 |
| 965F | 1 | 728,10 | 50 | 450 |
| 970F | 1 | 743,66 | 45 | 550 |
| 970T | 1 | 392,21 | 30 | 315 |
| 970PR | 16 | 5,50 | 32 | 140 |
| 970BS | 4 | 11,05 | 24 | 80 |
| 975F | 1 | 1354,84 | 60 | 650 |

Tab.1 – Dados do processo para as referências citadas

Esta etapa do trabalho se propõe a realizar um estudo no *layout* da empresa, a fim de organizar as máquinas em formas de células, constituídas de n estações de trabalho que abrangem a fabricação dos componentes e montagem do produto final. Para tanto, optou-se por fazer uma análise do balanceamento da linha de caixas organizadoras, tomando para um estudo em 15 máquinas injetoras, e suas respectivas estações de montagem.

Uma estação de trabalho é o local ao longo de uma linha de fluxo onde o trabalho é executado, manualmente ou por algum dispositivo automático. O trabalho executado na estação consiste em um ou mais elementos de trabalho individuais e o tempo requerido é a soma das vezes dos elementos de trabalho feitos na estação. Deve estar claro, que o tempo de processo da estação, é a soma dos tempos dos elementos de trabalho, logo:

$$Tej = \sum (Tsi)$$

O conteúdo de trabalho total, definido por Twc , será o agregado de todos os tempos dos elementos de trabalho a serem realizados na linha, assim:

$$Twc = \sum (Tej)$$

O tempo de ciclo ideal ou teórico de uma linha de fluxo, é o intervalo de tempo entre as peças que caem na linha, o valor de Tc pode ser definido de acordo com a taxa de produção a ser alcançada pela linha de fluxo. Porém, o mínimo valor de Tc , será estabelecido pela estação gargalo, ou seja, pelo maior tempo entre os elementos de trabalho.

$$Tc \geq \text{Max } Tsi$$

Um tópico importante a ser abordado no estudo, são as relações de precedência, isto é, a ordem na qual os elementos de trabalho são realizados. Em quase todo processo ou trabalho de montagem, há exigências de precedência que restringem a sucessão na qual o trabalho pode ser realizado.

Uma forma de se calcular o número mínimo teórico de estações de trabalho exigido para se ter uma mínima perda de balanceamento da linha, considerando n um valor inteiro, e Tc um valor especificado, podemos calcular:

$$\text{mínimo } n = \frac{T_{wc}}{T_c}$$

A perda de balanceamento é a medida de ineficiência da linha, que significa o tempo inativo devido a distribuição imperfeita de trabalho entre estações. É simbolizado como d e pode ser computado para a linha de fluxo como segue:

$$d = \frac{(nT_c - T_{wc})}{nT_c}$$

Para realizar o balanceamento da linha de produtos citada, usou-se uma metodologia chamada de “*Largest-candidate rule*”, onde os elementos de trabalho são selecionados e ordenados através do seu valor de T_c , [02]. O procedimento baseia-se na organização das máquinas, e na alocação de máquinas de uma mesma *família*, isto é, possibilita a organização destas estações de trabalho, em ambientes de célula, onde todas as referências comuns ou precedentes trabalham juntas. Empregando-se o método, faz-se várias interações entre os elementos, a fim de agrupar todos os elementos comuns, na ordem correta de operação e montagem. Como resultado obteve-se uma seqüência ótima para os elementos, onde estes ficaram agrupados por *famílias*, e respeitando as restrições de precedência, como pode ser visto na tabela 2.

| Células | Estações | Elementos | Operação | Tempo (seg) | Precedência |
|---------|----------|-----------|----------------------------|-------------|-------------|
| 3 | 13 | 11 | Produção do fundo 970F | 45 | |
| | 14 | 13 | Produção da presilha 970PR | 32 | |
| | 12 | 12 | Produção da tampa 970T | 30 | |
| | 15 | 14 | Produção da base 970BS | 24 | |
| | 20 | 20 | Montagem do conjunto 970 | 34 | 11,12,13,14 |
| | 11 | 15 | Produção do fundo 975F | 60 | |
| | 21 | 21 | Montagem do conjunto 975 | 32 | 12,13,14,15 |
| 2 | 9 | 6 | Produção do fundo 960F | 34 | |
| | 7 | 8 | Produção da presilha 960PR | 27 | |
| | 8 | 9 | Produção da base 960BS | 24 | |
| | 6 | 7 | Produção da tampa 960T | 22 | |
| | 18 | 18 | Montagem do conjunto 960 | 30 | 6,7,8,9 |
| | 10 | 10 | Produção do fundo 965F | 50 | |
| | 19 | 19 | Montagem do conjunto 965 | 32 | 7,8,9,10 |
| 1 | 4 | 1 | Produção do fundo 950F | 30 | |
| | 1 | 3 | Produção da presilha 950PR | 22 | |
| | 2 | 4 | Produção da base 950BS | 20 | |
| | 3 | 2 | Produção da tampa 950T | 15 | |
| | 16 | 16 | Montagem do conjunto 950 | 26 | 1,2,3,4 |
| | 5 | 5 | Produção do fundo 955F | 33 | |
| | 17 | 17 | Montagem do conjunto 955 | 28 | 2,3,4,5 |

Tab.2 – Ordenação dos elementos e suas restrições de precedência

Um ponto que pode ser notado na tabela 2 é o fato de apenas as estações de montagem possuírem relações de precedência, isto se dá pelo fato de a produção das diferentes referências serem todas independentes, onde posteriormente são separadas e alocadas nas suas respectivas estações de montagem. Assim, de posse destes resultados, se buscará a configuração ideal, que permita uma melhoria nas operações e etapas do processo, e que, se possível, reduza os recursos atualmente alocados. Para isso, será feita uma análise destas estações de trabalho, e proposto um *layout* do tipo celular, cuja configuração seja a mais adequada para esta situação.

Para a análise das células de trabalho, aplica-se a equação de balanceamento vistas anteriormente. Considerando, como *célula 1* a família das referências 950 e 955, *célula 2* a família das referências 960 e 965, e *célula 3* a família das referências 970 e 975, inicia-se o estudo pela *célula 3*, definindo os valores de T_c e T_{wc} :

$$T_c = 60 \text{ seg}$$

$$T_{wc} = 257 \text{ seg}$$

Depois de definidos os valores de T_c e T_{wc} , pode-se efetuar o cálculo do número mínimo teórico de estações de trabalho numa célula, onde tem-se:

$$\frac{T_{wc}}{T_c} = 4,28$$

Logo, o número mínimo de estações de trabalho para a *célula 3* é: $n = 5$ estações. Porém, como já foi relatado anteriormente, as únicas relações de precedência existem nas estações de montagem, as outras estações são todas independentes, sendo assim, para o cálculo da perda de balanceamento, se usará $n = 7$ estações.

$$d = \frac{(7 \times 60 - 257)}{(7 \times 60)} = 0,388 = 38,8\%$$

Repetindo-se os cálculos anteriores, tem-se para a *célula 2*, os seguintes valores:

$$T_c = 50 \text{ seg}$$

$$T_{wc} = 219 \text{ seg}$$

$$\frac{T_{wc}}{T_c} = 4,38$$

$$d = \frac{(7 \times 50 - 219)}{(7 \times 50)} = 0,374 = 37,4\%$$

Efetuando-se igualmente a análise para a *célula 1*, temos:

$$T_c = 33 \text{ seg}$$

$$T_{wc} = 174 \text{ seg}$$

$$\frac{T_{wc}}{T_c} = 5,27$$

$$d = \frac{(7 \times 33 - 174)}{(7 \times 33)} = 0,246 = 24,6\%$$

Analisando-se os resultados obtidos, pode-se notar que as perdas de balanceamento possuem valores significativos. Isto se dá primeiramente em função da metodologia, que fornece melhores resultados para estações de trabalho dependentes, onde se tenha relação de precedência entre estações. Porém, os cálculos estão corretos, e analisando-se as células individualmente, pode-se notar que realmente a *célula 1* é a mais balanceada das três. Isto ocorre, em função de possuir tempos mais próximos entre estações, significando menos desbalanceamento de tempo entre estas. Outro ponto importante que deve ser considerado é o fato de que as referências possuem diferentes números de cavidades em seus moldes. Isto significa, que para um mesmo tempo estabelecido entre estações, tem-se diferentes quantidades de peças entre referências nas células de trabalho.

Para melhor compreensão do que está sendo dito, pode-se simular a produção de um turno de trabalho, para isso pode-se usar como exemplo as referências da família 950 e 955. Considerando um turno como sendo 8 horas (28800 segundos) trabalhadas, tem-se em função dos ciclos de cada referência e do número de cavidades de cada molde, as quantidades de peças produzidas. Para se efetuar este cálculo, tem-se a seguinte equação:

$$N^{\circ} \text{ de peças} = \frac{\text{Turno}}{\text{Ciclo}} \times N^{\circ} \text{ de cavidades}$$

Calculando-se o nº de peças para as diferentes referências da *célula 1*, tem-se:

- Referência F 950 : 960 pç
- Referência F 955 : 872 pç
- Referência T 950 : 1920 pç
- Referência PR 950 : 20944 pç
- Referência BS 950 : 11520 pç

Analisando-se estes resultados, pode-se entender melhor a razão dos valores para a perda de balanceamento terem sido tão significativos. Esse cálculo nos mostra de maneira mais simples, que algumas estações dentro da célula estão com capacidade de carga além do necessário, e outras com capacidade abaixo. Fazendo-se novamente outra interação, pode-se analisar o quanto de tempo cada referência deve trabalhar durante o turno para cumprir a produção estabelecida. Tomando-se como base para o cálculo, que para a montagem do conjunto

são necessários os seguintes itens: 1 fundo, 1 tampa, 4 presilhas e 4 bases, tem-se os seguintes valores em horas:

- Referência F 950 : 8 horas
- Referência F 955 : 8 horas
- Referência T 950 : 7,63 horas
- Referência PR 950 : 5,6 horas
- Referência BS 950 : 8,87 horas

Esses resultados apontam uma deficiência na célula, isto é, a referência BS 950 é o gargalo entre as estações, os cálculos mostram que seria necessário para o cumprimento da quantidade de peças estabelecida, um acréscimo de 52 minutos naquela estação de trabalho. Na prática, o que pode ser feito, é ter no setor de montagem um “pulmão” de produção, isto é, uma quantidade de peças desta referência, para que não atrapalhe o andamento do processo, e garanta a quantidade de peças estabelecida.

3 - DEFINIÇÃO DO LAYOUT

Poucas regras existem para se projetar fisicamente uma célula. O que é básico e fundamental é que os trabalhos sejam completados dentro do ambiente da célula, e que se busque sempre obter o maior grau de automatização e flexibilidade possível. A organização e integração dos equipamentos nas células podem seguir uma das orientações básicas:

- totalmente integrados, através de sistemas de transporte e de controles de fluxo do trabalho;
- uma célula semi-integrada, projetada com transportadores usados para armazenagem e transporte de peças;
- células simples, sem nenhum sistema automático de manuseio ou controle;
- trabalho agrupado para execução em máquinas simples;

Quanto ao porte da célula, ou seja, o número adequado de máquinas, este foi definido em função do balanceamento de carga que considerou as características das famílias, o tamanho dos lotes, a diversidade de processos necessários e as limitações no aspecto físico, [03].

Nesta etapa do trabalho busca-se definir o melhor arranjo celular para este grupo de máquinas. Existe uma série de formas de se agrupar estes equipamentos, porém alguns pontos importantes devem ser analisados, como a dimensão das máquinas, área fabril disponível, instalações necessárias, saída das peças para os setores de montagem, abastecimento das máquinas, etc.

Para isso, depois de executado o estudo do balanceamento do processo produtivo, definiu-se a divisão das máquinas em um grupo de 3 *células*, onde cada uma destas trabalhará com duas referências distintas, porém pertencentes a mesma família de peças. Buscando-se uma menor área optou-se por colocar as máquinas em linha, isto devido a possuírem uma dimensão (comprimento) muito maior que outra (largura), este arranjo possibilita uma facilidade para a instalação das tubulações subterrâneas de água (refrigeração dos moldes), ar comprimido (extração da peça), e instalações elétricas, além de melhorar a saída das peças para o setor de montagem, e facilitar o abastecimento das máquinas.

Primeiramente, desenvolveu-se apenas uma representação esquemática deste layout, que é apresentado na figura 2 abaixo. A próxima etapa do estudo será definir o sistema de transporte das peças destas células e o sistema de abastecimento das máquinas, para então representar em escala o layout final proposto.

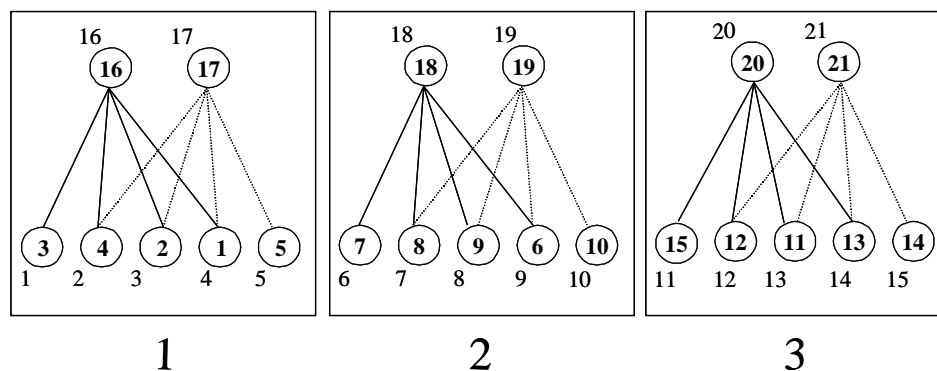


Fig.2 – Representação esquemática do layout

Este desenho representa de forma figurada a distribuição das máquinas em arranjos celulares, pode-se notar que os elementos (representados em forma de círculos) estão todos numerados (de acordo com os índices da tabela 2), e dispostos em linha. O número maior, situado mais a esquerda representa o número da *célula*, os números em negrito circundados representam *os elementos de trabalho*, e os que se posicionam à esquerda dos mesmos, são as respectivas *estações de trabalho*, dentre as quais estão divididas em estações de produção e montagem, estas situadas na parte mais a direita do desenho. As linhas da figura, indicam o fluxo das peças, como já foi citado, são seis referências distintas por célula, que possibilitam a montagem de dois conjuntos diferentes.

4 - SISTEMA PARA TRANSPORTE DAS PEÇAS

Uma parcela expressiva parte da evolução na área de equipamentos utilizados na indústria de artefatos está relacionada com o desenvolvimento de equipamentos para o transporte e manipulação de materiais.

O termo “materiais”, neste contexto, aplica-se genericamente a tudo que é movimentado na execução da fabricação: matérias-primas, peças em processo, peças acabadas, ferramentas e equipamentos. O custo envolvido com a manipulação de materiais pode ser muito expressivo em termos de montante associado à fabricação, a tal ponto que, por muito tempo considerou-se como fundamental a diminuição ou eliminação dessa movimentação como fator determinante para a otimização da produção. Atualmente, procura-se evitar basicamente a movimentação desnecessária, ao mesmo tempo em que se opta pela automatização do transporte e manipulação de materiais, [04].

Buscou-se desenvolver algo nesta área, em função de se tentar reduzir os recursos humanos atualmente alocados. Devido, ao processo ser bastante manual, tem-se muitas pessoas envolvidas na prática de atividades simples. Para ilustrar o problema, fez-se um levantamento da quantidade de funcionários envolvidos na produção da linha *Top Stock*, constadando-se, o número de operadores necessários respectivamente para cada uma das referências:

- F950, F960, F970: 2 operadores
- T950, T960, T970: 1 operador
- BS950, PR950, PR960, BS960, PR970, BS970: 0,5 operador

Pode-se notar, que são necessários 12 operadores para trabalhar nesta linha, onde estes executam operações simples de recolhimento e estocagem das peças em paletes, e outros executam operações de montagem dos conjuntos.

O equipamento mais simples para o transporte automatizado de materiais é aquele constituído pelas *esteiras de movimentação* de materiais automáticas, cujo funcionamento é monitorado por sensores e controlado por atuadores. A percepção sobre a existência de material a ser transportado pode ser detectada, por exemplo, por sensores de carga ou células fotoelétricas, dando início ao acionamento dos mecanismos de movimentação da esteira. A utilização da esteira pode ser útil no transporte de materiais entre *células de fabricação* ou de *montagem* (se a fábrica utilizar este tipo de arranjo de equipamentos).

Analisando-se o grupo de máquinas, buscou-se uma configuração destes elementos de transporte, que permitisse a integração de todas as estações de trabalho, facilitando a saída das peças das máquinas e a chegada das mesmas nas áreas de montagem. Em função da geometria das peças, e posicionamento das estações de trabalho, optou-se então, por esteiras

transportadoras do tipo correia, com diferentes larguras e comprimentos para as respectivas referências.

Um critério para escolha das esteiras, é em função da largura da mesma, pois, considerando que não se sabe como a peça irá sair da máquina, se buscou a maior dimensão possível para cada referência, e chegou-se numa largura mínima necessária para cada uma das referências:

- T 950, F 950, F 955: 265 mm
- PR 950, BS 950: 200 mm
- T 960, F 960, F 965: 400 mm
- PR 960, BS 960: 250 mm
- T 970, F 970, F 975: 560 mm
- PR 970, BS 970: 300 mm

Depois deste estudo definido, buscou-se no mercado, os possíveis fornecedores deste equipamento. Por apresentar um preço mais baixo e já ser fornecedor da Sanremo, optou-se pelas esteiras da empresa NTG, em função da disponibilidade de fornecer dimensões especiais. Abaixo, nas figuras 3 e 4, estão representadas fotos ilustrativas, desenhos e dimensões de dois tipos de esteiras usadas no projeto proposto, [05].

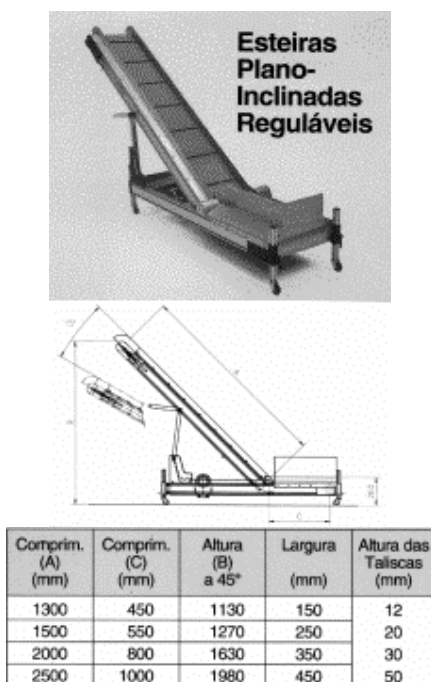


Fig.3 – Esteira plano-inclinada regulável

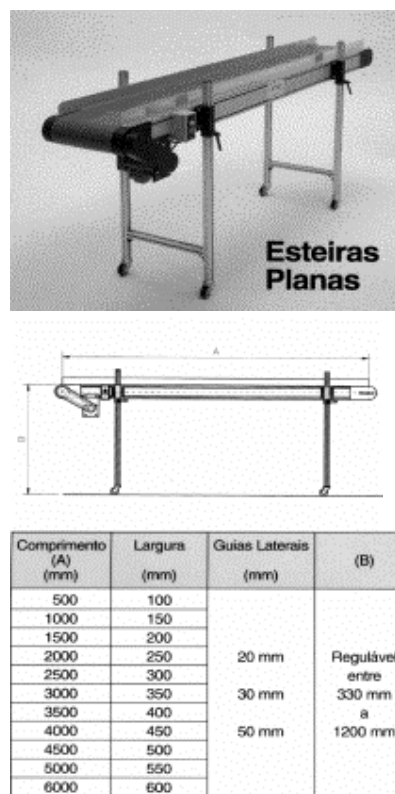


Fig.4 – Esteira plana

5 - AUTOMATIZAÇÃO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE MATÉRIA-PRIMA

A necessidade de analisar o assunto, se impõe em função das más condições ergonômicas desta operação, na situação corrente.

Atualmente, esta operação é manual, onde um operador abastece um grupo de 15 a 20 máquinas, para tal, manuseia sacos de 25 kg (resinas poliméricas na forma de pequenos grãos), com uma freqüência de abastecimentos diretamente vinculada ao ciclo das máquinas (ciclos curtos), e a quantidade de material injetada por ciclo de operação.

O estudo proposto nesta área tem por finalidade encontrar uma solução para automatizar o abastecimento destas máquinas, com o intuito de eliminar esta operação pesada, e possibilitar uma maior estocagem de materiais (silos de armazenamento). Visto que a área física atual é bastante deficiente, e gera um custo elevado com o transporte da matéria-prima até a empresa (abastecimento quase que diário), impõe-se melhorar o rendimento geral do processo produtivo, para eliminar os problemas de refugo de peças, causados pela contaminação destas matérias-primas, estocadas em diferentes pontos da fábrica, e em contato direto com este ambiente fabril.

A escolha do transportador adequado para um determinado material a granel, num estado específico, é complicada pelo grande número de fatores inter-relacionados que devem ser levados em consideração. As exigências de capacidade de abastecimento constituem um fator primordial na escolha do transportador. A distância de transferência é outro ponto muito importante, e esta é nitidamente limitada para certos tipos de transportadores. Na tabela 3, [06], representada abaixo, pode-se visualizar alguns tipos de transportadores de material a granel, e suas respectivas funções:

| Função | Tipo do transportador |
|---|--|
| Transportar na horizontal | Tabuleiro, correia, a fluxo contínuo, de arraste, de parafuso vibratório, caneco, caçamba articulada, pneumático |
| Transportar materiais acima ou abaixo de uma inclinação | Tabuleiro, correia, a fluxo contínuo, de arraste, a parafuso, caneco elevatório, pneumático |
| Elevar materiais | Elevador a canecos, a fluxo contínuo, caneco elevatório, pneumático |
| Manipular materiais em trajetórias horizontais e verticais | A fluxo contínuo, a caçambas com descarga gravitacional, caçamba articulada, pneumático |
| Distribuir ou coletar materiais de silos, reservatórios, etc. | Correia, de arraste, a parafuso, a fluxo contínuo, a caçambas com descarga gravitacional, caçambas articuladas, pneumático |
| Remover materiais de vagões, de truques, carretas, etc. | Basculador, descarregador de grãos, vibrador de vagões, pá motorizada, pneumático |

Tab.3 – Exemplos de transportadores para material a granel

Essa tabela, representa apenas de maneira prática, a dificuldade na escolha do transportador, devido a grande variedade como aparece ilustrado, nota-se que a mesma função, pode ser executada por n tipos de transportadores. Porém, um dos tópicos mais importantes para definição do tipo do transportador, são as características do material, isto é, as propriedades físicas e químicas deste material, como o índice de fluidez, a dureza (que determina a capacidade de abrasão), a friabilidade e o tamanho dos fragmentos. Essas propriedades são classificadas em classes conforme indicado na tabela 4, [06], para sólidos a granel:

| Características do material | | Classe |
|-----------------------------|--|--------|
| Tamanho | Muito fino — menos de 100 <i>mesh</i> | A |
| | Fino — de 100 <i>mesh</i> a 1/8 in | B |
| | Granulado — 1/8 a 1/4 in | C |
| | Fragmentado — com pedaços de 1/8 in e mais | D |
| | Irregular — fibroso, encordoado, ou análogo | H |
| Fluidez | Muito solto — ângulo de repouso até 30° | 1 |
| | Solto — ângulo de repouso entre 30° e 45° | 2 |
| | Peguento — ângulo de repouso maior que 45° | 3 |
| Abrasividade | Não abrasivo | 6 |
| | Ligeiramente abrasivo | 7 |
| | Muito abrasivo | 8 |
| Características especiais | Contaminável, alterando-se o uso ou o valor de venda | K |
| | Higroscópico | L |
| | Muito corrosivo | N |
| | Fracamente corrosivo | P |
| | Expele poeira ou fumo insalubre | R |
| | Contém poeira explosiva | S |
| | Degradável, alterando-se o uso ou o valor de venda | T |
| | Muito leve e penuginoso | W |
| | Enovela-se ou acama-se, resistindo à separação | X |
| | Aera-se e fica fluido, solto | Y |
| Aglomera-se sob pressão | Z | |

Exemplo: Uma substância granulada, muito solta, ligeiramente abrasiva e fracamente corrosiva seria classificada em C, 1, 7 e P, recebendo o signo C17P.
*Link-Belt Co.

Tab. 4 – Sistema de classificação dos sólidos a granel

No estudo, o material a ser transportado é o polipropileno pelletizado, e este recebe a classificação, seguindo a tabela acima como: C16K, ou seja, substância granulada, muito solta, não abrasiva e contaminável.

5.1 - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MATERIAL PROCESSADA

A primeira etapa no projeto do abastecimento automatizado é o cálculo da quantidade de material injetado em cada referência, isto é, a quantidade de polímero consumida no processo. Para o cálculo, toda quantidade de matéria-prima abastecida na máquina, é igualmente processada em peças, isto é, no processo de injeção não se tem perda de material. Em função do volume de cada referência, tem-se uma diferença significativa no peso de polímero processado, e o número de cavidades no molde está diretamente relacionado a este volume. Outro fator primordial que deve ser considerado é o ciclo de operação das peças, pois conforme o tempo de ciclo, tem-se mais ou menos repetições durante um tempo estabelecido. Os valores de peso [g] e

tempo de ciclo [s] das referências citadas, empregados nos cálculos, foram retirados de tabelas padrões de uso interno da empresa. Considerando como 8 horas (28800 segundos) o tempo de um turno de trabalho, tem-se para o cálculo da quantidade de material injetada por turno (para cada referência), as seguintes equações:

$$N^{\circ} \text{ de cavidades} \times \text{Peso da peça [g]} = \text{Material processado [g/ciclo]}$$

$$\frac{\text{Tempo do turno [s]}}{\text{Ciclo de operação [s]}} = N^{\circ} \text{ de ciclos / turno}$$

$$N^{\circ} \text{ de ciclos / turno} \times \text{Peso de material [g /ciclo]} = \text{Quantidade de material [Kg/turno]}$$

Estas equações foram lançadas em uma planilha de cálculo, que gerou os valores para todas as referências em estudo. Cabe ressaltar, que os valores de peso e tempo de ciclo, variam para cada peça, e nas equações, os cálculos devem ser feitos separadamente para cada uma das referências. Em função do valor elevado para quantidade de material [g], usou-se um fator de ajuste para fornecer a resposta em [Kg]. Pode-se visualizar estes valores na tabela 5 definida abaixo:

| Referência | Nº de cavidades | Peso (g) | Ciclo (seg) | Processamento (g/ciclo) | Nº ciclos / turno | Peso kg/turno | Peso kg/hora |
|------------|-----------------|----------|-------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------|
| 950F | 1 | 110,51 | 30 | 110,51 | 960 | 106,09 | 13,26 |
| 950T | 1 | 60,00 | 15 | 60,00 | 1920 | 115,20 | 14,40 |
| 950PR | 16 | 1,58 | 22 | 25,28 | 1309 | 33,09 | 4,14 |
| 950BS | 8 | 1,92 | 20 | 15,36 | 1440 | 22,12 | 2,76 |
| 955F | 1 | 162,00 | 33 | 162,00 | 873 | 141,38 | 17,67 |
| 960F | 1 | 306,81 | 34 | 306,81 | 847 | 259,89 | 32,49 |
| 960T | 1 | 145,93 | 22 | 145,93 | 1309 | 191,04 | 23,88 |
| 960PR | 16 | 3,22 | 27 | 51,52 | 1067 | 54,95 | 6,87 |
| 960BS | 8 | 5,50 | 24 | 44,00 | 1200 | 52,80 | 6,60 |
| 965F | 1 | 728,10 | 50 | 728,10 | 576 | 419,39 | 52,42 |
| 970F | 1 | 743,66 | 45 | 743,66 | 640 | 475,94 | 59,49 |
| 970T | 1 | 392,21 | 30 | 392,21 | 960 | 376,52 | 47,07 |
| 970PR | 16 | 5,50 | 32 | 88,00 | 900 | 79,20 | 9,90 |
| 970BS | 4 | 11,05 | 24 | 44,20 | 1200 | 53,04 | 6,63 |
| 975F | 1 | 1354,84 | 60 | 1354,84 | 480 | 650,32 | 81,29 |

Tab. 5 – Dados de processo para as diferentes referências

De posse destes resultados, a próxima etapa no estudo, é calcular a quantidade total de material processado por todas as referências, para se projetar um consumo diário ou mensal de material usado. Porém, não se pode simplesmente somar as quantidades calculadas na tabela acima, em função de que as referências trabalham com dois materiais distintos. Usando-se a

nomenclatura da OPP, fornecedora da matéria-prima, tem-se o *RP141* (Polipropileno Copolímero Random) e o *H503* (Polipropileno Homopolímero). A diferença de propriedades físicas entre as duas resinas está diretamente relacionada com suas propriedades mecânicas. As referências que usam a resina *RP141* são as tampas e fundos, e a resina *H503* é para as bases e presilhas, executando-se os somatórios das referências para as diferentes resinas tem-se um consumo final de material por turno igual a:

- Consumo de resina *RP141* = 2736,35 [Kg/turno]
- Consumo de resina *H503* = 295,19 [Kg/turno]

Transformando-se estes consumos de matéria-prima por turno em consumos diários e mensais, tem-se:

- Consumo de resina *RP141* = 8209,05 [Kg/dia]
- Consumo de resina *H503* = 885,57 [Kg/dia]
- Consumo de resina *RP141* = 213435,3 [Kg/mês]
- Consumo de resina *H503* = 23024,82 [Kg/mês]

5.2 – DIMENSIONAMENTO DOS SILOS DE ARMAZENAMENTO

De posse dos resultados acima, em função da quantidade de resina consumida mensalmente, pode-se estimar-se as dimensões dos silos de armazenamento. Para o cálculo das dimensões destes silos, primeiramente define-se o volume necessário para estocagem deste material a granel (grãos com diâmetro aproximado de 4 mm). Para cálculo do volume de um material a granel, deve-se encontrar a densidade aparente do mesmo, isto é, por causa da forma destes grãos, ao se estocar estas partículas sólidas, existem espaços vazios entre estas, um volume pequeno que acaba não sendo preenchido pelo material, ocasionando variações de densidade.

Uma maneira prática para se ter uma medida confiável da densidade aparente, é usar qualquer vaso de boca larga, com 5 litros ou mais de capacidade. O material a ser pesado é colocado no recipiente, em pequeno excesso, para facilitar o nivelamento. O conjunto é então pesado, determinando-se assim o peso do volume conhecido do material, de onde se calcula a densidade da substância solta, em condições de transporte. Quando se define a densidade do material em fluxo, solto, é preciso cuidado em não bater nas paredes da caixa de medida, nem em vibrá-la. Ao contrário, quando se quer a densidade do material assentado, o enchimento da caixa será acompanhado de batidas vibratórias, até que não se possa mais encher o recipiente.

Executando-se este experimento, com uma caixa com volume e peso conhecidos, pôde-se definir depois de uma série de medições, a densidade volumar média (ρ) destes grãos de polipropileno para transporte e armazenamento como sendo respectivamente:

$$\rho(\text{transporte}) = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \cong 0,65 \left[\text{g} / \text{cm}^3 \right] = 650 \left[\text{Kg} / \text{m}^3 \right]$$

$$\rho(\text{armazenamento}) = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \cong 0,80 \left[\text{g} / \text{cm}^3 \right] = 800 \left[\text{Kg} / \text{m}^3 \right]$$

Conhecido o valor da densidade, pode-se agora efetuar uma estimativa para o volume dos silos, considerando-se as quantidades mensais consumidas para cada um dos materiais, tem-se os seguintes volumes calculados:

$$\text{Volume}(RP141) = \frac{\text{massa}}{\rho} = \frac{213435,3 \left[\text{Kg} \right]}{800 \left[\text{Kg} / \text{m}^3 \right]} = 266,79 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}(H503) = \frac{\text{massa}}{\rho} = \frac{23024,82 \left[\text{Kg} \right]}{800 \left[\text{Kg} / \text{m}^3 \right]} = 28,78 \text{ m}^3$$

Pode-se perceber com os resultados obtidos, que o volume para resina *RP141* é bastante significativo, e seria praticamente inviável construir um silo para armazenar este volume, ao mesmo tempo que o custo seria muito alto para dividir este volume em “*n*” silos. Porém, em função de se buscar a eliminação dos carregamentos diários de matéria-prima até a empresa, uma solução mais racional pode-se ser aquela de, ao invés de se ter um carregamento mensal como foi inicialmente proposto, opta-se por um carregamento quinzenal de material, reduzindo pela metade a quantidade de matéria-prima consumida, e conseqüentemente possibilita uma redução pela metade no volume calculado, tem-se então:

$$\text{Volume}(RP141) = \frac{\text{massa}}{\rho} = \frac{106717,65 \left[\text{Kg} \right]}{800 \left[\text{Kg} / \text{m}^3 \right]} = 133,39 \text{ m}^3$$

De posse destes resultados, pode-se avaliar a melhor configuração para os mesmos, isto é, buscar no mercado nos projetos existentes, as capacidades disponíveis, e assim efetuar um estudo de custo para os mesmos, analisando o número de silos necessários. Um fator importante a ser analisado, é quanto ao tipo de material para construção dos silos, devem ser fabricados em alumínio ou aço inoxidável, em função do material ser contaminável.

Buscou-se no mercado empresas para construção destes silos, e em função do custo mais elevado do aço inoxidável, optou-se por silos de alumínio. A Tecnopolymer Engineering, representante da Jansens & Dieperink (empresa holandesa), que trabalha especificamente neste segmento, forneceu o menor custo para a construção dos mesmos. Os silos são fabricados em alumínio, e suas chapas são unidas por parafusos, ao invés de solda, implicando um menor

tempo de montagem do silo. Segue abaixo, na figura 5, um desenho ilustrativo do silo em perspectiva, assim como na figura 6, um desenho em vista do mesmo, com identificação de seus acessórios e suas dimensões, [07].

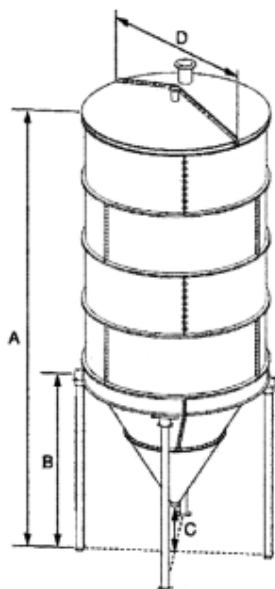


Fig.5 – Desenho ilustrativo do silo

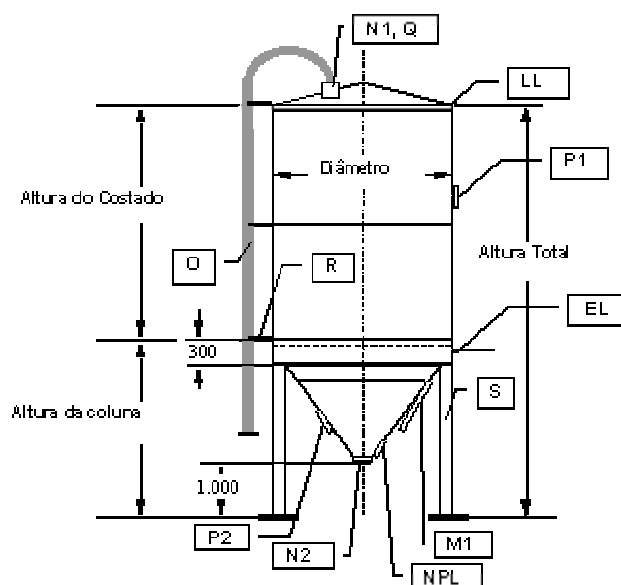


Fig.6 – Desenho em vista plana do silo

Abaixo, estão descritos na tabela 6, todos os acessórios que acompanham o silo, e que estão representados no desenho da figura 5.

| Quant | Dimensão | Denominação | Posição |
|-------|-----------|---|---------|
| 1 | 600 x 700 | Porta de visita no cone (medidas em mm) | M1 |
| 1 | Ø 4" | Entrada de produto | N1 |
| 1 | Ø 6" | Saída de produto | N2 |
| 1 | Ø 6" | Ventilação | Q |
| 2 | Ø 8" | Visor de nível com vidro (1 no cone e 1 na camisa do silo) | P1 e P2 |
| 2 | | Olhais para içamento - J & D | LL |
| 1 | | Placa de identificação - J & D | NPL |
| 1 | | plugs para aterramento - J & D | EL |
| 5 | Ø 4" | Grampos para fixação do tubo de entrada de produto | R |
| 1 | Ø 110 x 5 | Tubo de entrada de produto (medidas em mm) | O |
| 4 | | Pés em aço carbono galvanizados | S |

Tab.6 – Descrição dos acessórios do silo com suas dimensões

Abaixo na tabela 7, pode-se visualizar as capacidades disponíveis em [m³], e suas respectivas dimensões em [mm].

| Denominação | Volume do silo (m ³) | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 50 | 70 | 100 | 150 | 200 |
| Diâmetro | 3.550 | 3.550 | 4.250 | 4.250 | 4.400 |
| Altura do costado | 4.240 | 6.240 | 6.240 | 10.240 | 12.240 |
| Altura da camisa | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Altura das colunas | 4000 | 4.000 | 4.600 | 4.600 | 4.750 |
| Altura total | 8.240 | 10.240 | 10.840 | 14.840 | 16.990 |

Tab.7 – Capacidade e dimensões dos silos

5.3 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

Uma importante técnica de manipular substâncias na indústria química é a movimentação do material suspenso numa corrente de ar, a distâncias horizontais ou verticais, que vão de alguns até centenas de metros. Podem ser transportadas substâncias finamente pulverizadas, ou em pelotas de ¼ de polegada (6,35 mm), com densidades que variam de 0,016 [g/cm³] até 3,2 [g/cm³].

A capacidade do transportador pneumático depende: da densidade do material (e em certa medida do tamanho e da forma das partículas), da energia do ar transportador em todo o sistema, do diâmetro da linha transportadora, e do comprimento equivalente da linha.

O sistema de transporte pneumático pode ser classificado em cinco tipos básicos: a pressão, a vácuo, a pressão e vácuo combinados, a corrente fluidizada e a câmara de sopro. Para definição do tipo ideal para o caso proposto, procurou-se analisar as principais características de cada um deles. O escolhido é o sistema a vácuo, por fornecer as características mais próximas do estudo.

Os sistemas a vácuo são caracterizados pela movimentação do material numa corrente de ar sob pressão menor que a ambiente. As vantagens deste tipo estão na utilização de toda a energia de bombeamento para movimentar a substância e na aspiração direta do material para a linha transportadora, sem haver necessidade de um alimentador giratório ou de outro dispositivo semelhante entre o silo de armazenamento e o transportador. O material permanece suspenso na corrente de ar até atingir o vaso receptor (funil da máquina), onde é recolhido por um alimentador, que fica alocado na parte superior do funil.

A vazão nestes sistemas tipicamente não excede a 6800 [Kg/h]. O comprimento equivalente do transportador é menor que 500 [m], e vários pontos podem ser abastecidos por uma única fonte. São largamente utilizados para materiais desde finamente divididos até granulados. Têm especial interesse os sistemas a vácuo com vazões menores que 500 [Kg/h], usados para transferir material a curta distância, entre depósitos de armazenagem e unidades de

processamento. Este tipo de transportador é muito empregado em operações de processamento de plásticos e de outras indústrias, onde a diversidade das condições de trabalho exige flexibilidade na escolha dos dispositivos de transporte, das fontes de energia e dos vasos receptores. Pode-se visualizar abaixo na figura 7, uma representação esquemática do sistema de transporte dos silos de armazenamento até as máquinas:

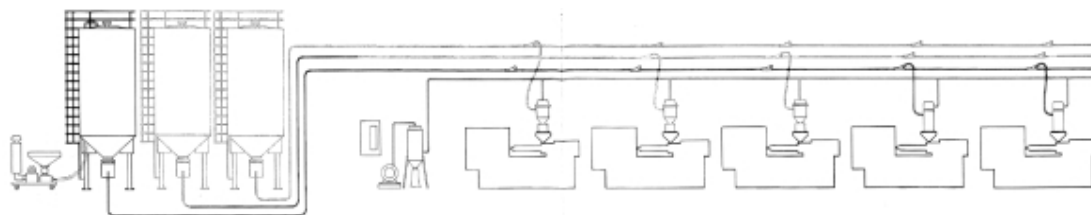


Fig.7 – Representação esquemática do transporte do material

Esta etapa do estudo, consiste em determinar a potência da bomba de vácuo para operar o sistema. De posse dos resultados até aqui obtidos, pode-se executar com o auxílio de monogramas de cálculo, o dimensionamento do sistema de transporte pneumático proposto.

Os cálculos preliminares iniciam com a determinação do comprimento equivalente do sistema. Este comprimento é igual à soma das distâncias horizontal e vertical, mais uma tolerância para dar conta das peças de montagem. As mais comuns, entre estas, são a união cotovelo a 90° (equivalente a 25 [ft] = 7,62[m]), e a união cotovelo a 45° (equivalente a 15 [ft] = 4,57 [m]), [06]. Para definição deste comprimento equivalente, fez-se uma análise do layout proposto, e definiu-se os cálculos da seguinte forma:

- comprimento total da linha de vácuo: 37 [m];
- comprimento equivalente a 15 cotovelos a 90°: $15 \times 7,62 = 114,3$ [m];
- comprimento equivalente a 15 cotovelos a 45°: $15 \times 4,57 = 68,55$ [m];
- comprimento equivalente a 15 mangotes flexíveis (alimentação): $15 \times 5 = 75$ [m];
- comprimento equivalente a 15 mangotes flexíveis (vácuo): $15 \times 5 = 75$ [m];
- comprimento total da linha de alimentação do *RPI41*: 37 [m];
- comprimento total da linha de alimentação do *H503*: 45 [m];
- **comprimento total do sistema: 451,85 [m] = 1482,45 [ft];**

Definido o comprimento, a etapa seguinte consiste em definir uma velocidade inicial do ar, suficiente para movimentar o material. Os valores recomendados para velocidade foram retirados da tabela 7.13, [06].

De acordo com a tabela citada, para movimentar o polipropileno cuja densidade = 0,65 [g/cm³] = 40,6 [lb/ft³], é necessário, fazendo-se uma interação, uma velocidade de

aproximadamente 6000 [ft/min]. Através de um procedimento iterativo, fazendo uma estimativa do diâmetro para a capacidade necessária do sistema, define-se este diâmetro como sendo igual 2,5 [in] = 63,5 [mm]. Considerando a quantidade de material processada igual a 342 [kg/h] = 754 [lb/h], definiu-se a vazão de material do sistema, em seguida executou-se um procedimento iterativo com nomogramas de cálculo, [06]. Chegou-se então, a um valor de 15[HP] para potência da bomba do sistema.

De posse destes resultados, buscou-se no mercado, fabricantes de equipamentos de vácuo, e em função da potência ser pequena, optou-se pelos compressores radiais, que são largamente utilizados no transporte pneumático. Depois de diversos orçamentos, conseguiu-se com a empresa Aeromack, [08], um compressor radial com potência de 15[HP] para a aplicação proposta. Na figura 10, é mostrado o desenho do compressor com suas dimensões em [mm], além de uma foto ilustrativa, demonstrada pela figura 11.

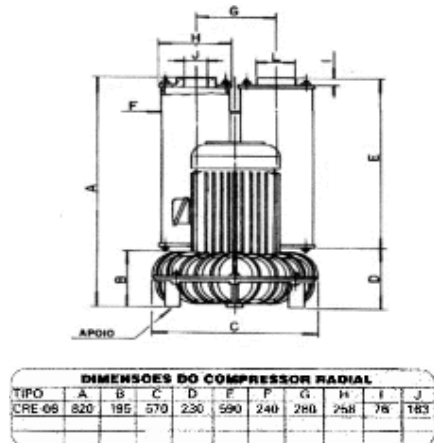


Fig.10 – Desenho do compressor



Fig.11 – Foto ilustrativa do compressor

6 – ANÁLISE DE CUSTOS

- 01 (Um) Compressor Radial modelo C.R.E - 06, construído em alumínio fundido, diretamente acionado por um motor elétrico TFVE 15 CV, 220 / 380 Volts, II Pólos , 60 Hz, IPW 55, classe B. AERO MACK - **Preço: R\$ 5.416,13**
- 01 (Um) Silo para armazenamento de polipropileno – construído em alumínio, com capacidade de 50 m³. TECNOPOLYMER - **Preço: R\$ 49.151,25** (montado)
- 01 (Um) Silo para armazenamento de polipropileno – construído em alumínio, com capacidade de 150 m³. TECNOPOLYMER - **Preço: R\$ 73.057,50** (montado)
- 04 (Quatro) Alimentadores por vácuo modelo Alima A-10, construído em aço inoxidável com capacidade de 10 litros, com turbina exaustora incorporada, inclui motor monofásico de 950W - 220V, comando eletrônico , filtro e limpeza de filtro automático

após cada ciclo, 3,5 metros de tubo flexível e tubo exaustor simples aerado, capacidade para 150 kg/h. ALIMATIC - **Preço Total: R\$ 10.128,00**

- 11 (Onze) Alimentadores por vácuo modelo Alima A-5, construído em aço inoxidável com capacidade de 5 litros, com turbina exaustora incorporada, inclui motor monofásico de 950W – 220V, comando eletrônico, filtro e limpeza de filtro automático após cada ciclo, 3,5 metros de tubo flexível e tubo exaustor simples aerado, capacidade para 50 kg/h. ALIMATIC - **Preço Total: R\$ 26.356,00**
- 30 (trinta) metros de esteira plana, largura de 360 mm, com correia transportadora em poliuretano, confeccionada em perfil de alumínio extrudado, abas laterais com 65 mm de altura, conjuntos moto-redutores, velocidade de 12m/min, trifásico, 220V, 60Hz. NTG – **Preço Total: R\$ 31.940,00**
- 30 (trinta) metros de esteira plana, largura de 450 mm, com correia transportadora em poliuretano, confeccionada em perfil de alumínio extrudado, abas laterais com 65 mm de altura, conjuntos moto-redutores, velocidade de 12m/min, trifásico, 220V, 60Hz. NTG – **Preço Total: R\$ 35.300,00**
- 35 (trinta) metros de esteira plana, largura de 600 mm, com correia transportadora em poliuretano, confeccionada em perfil de alumínio extrudado, abas laterais com 65 mm de altura, conjuntos moto-redutores, velocidade de 12m/min, trifásico, 220V, 60Hz. NTG – **Preço Total: R\$ 40.600,00**
- 5 (cinco) esteiras plano-inclinadas reguláveis, largura de 350 mm, com correia transportadora em poliuretano, confeccionada em perfil de alumínio extrudado, abas laterais com 65 mm de altura, velocidade de 12m/min, conjuntos moto-redutores, trifásico, 220V, 60Hz. NTG – **Preço Total: R\$ 21.005,00**
- 5 (cinco) esteiras plano-inclinadas reguláveis, largura de 450 mm, com correia transportadora em poliuretano, confeccionada em perfil de alumínio extrudado, abas laterais com 65 mm de altura, conjuntos moto-redutores, velocidade de 12m/min, trifásico, 220V, 60Hz. NTG – **Preço Total: R\$ 23.955,00**
- 5 (cinco) esteiras plano-inclinadas reguláveis, largura de 600 mm, com correia transportadora em poliuretano, confeccionada em perfil de alumínio extrudado, abas laterais com 65 mm de altura, conjuntos moto-redutores, velocidade de 12m/min, trifásico, 220V, 60Hz. NTG – **Preço Total: R\$ 26.410,00**
- **CUSTO TOTAL DO PROJETO: R\$ 343.320,00**

7 – LAY-OUT PROPOSTO

8 – CONCLUSÃO

De posse dos resultados obtidos, pode-se constatar que o estudo desenvolvido pode trazer inúmeras melhorias ao processo produtivo. O principal propósito do trabalho é melhorar a situação ergonômica da operação de abastecimento de polipropileno na linha de produção em questão. O sistema atual é bastante desgastante, e proporciona uma grande fadiga muscular nos abastecedores. A troca pelo sistema proposto, proporcionará para a empresa, a posição de empresa com grande avanço tecnológico, situação bem inversa da atual, pois apesar de ter máquinas de última geração, seu processo como um todo é bastante defasado, e apresenta muitos problemas, que refletem diretamente na produtividade e perdas no processo produtivo.

Em relação à organização proposta, se busca com o estudo desenvolvido, uma padronização neste layout atual, que possui máquinas dispostas de forma aleatória na planta. A vantagem de ter esteiras transportadoras na saída das máquinas, é a redução da mão-de-obra operacional. O estudo viabilizou uma redução na ordem de 25%.

Finalmente, com o armazenamento da matéria-prima em silos, pode-se ter um maior controle do processo (quantidade de matéria-prima processada), assim como permite a compra não mais em sacos de 25 Kg, mas através de caminhões tanque, que fornecem o material a granel. Outra melhoria, é no que diz respeito a periodicidade das entregas da resina, antes quase diárias, que agora com os silos de capacidades especificadas, implicam em uma necessidade de abastecimentos em média a cada 15 dias, eliminando-se os custos adicionais de fretes dos caminhões de carga.

9 - BIBLIOGRAFIA

- [01] Mano, Eloísa Biasotto; “ *Introdução a Polímeros*”. Edgar Blucher, São Paulo, cap 11, 1999.
- [02] Groover, Mikell P., “*Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*”. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, USA, cap 6, 1987.
- [03] Lorini, Flávio J.; “*Tecnologia de Grupo e Organização da Manufatura*”. Florianópolis, Ed. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.
- [04] da Cunha, Gilberto Dias; “*A Aplicação de Modernas Tecnologias e Metodologias de Produção Sobre os Sistemas de Fabricação*”. Apostila, Porto Alegre, 1995.
- [05] NTG Equipamentos Industriais Ltda; Catálogo de Esteiras Transportadoras.
- [06] Perry, Robert H.; “*Chemical Engineers Handbook*”. McGraw-Hill, USA, s. 7-15, 1980.
- [07] TECNOPOLYMER Engineering; Memorial Descritivo, Porto Alegre, 2000.
- [08] AERO MACK Compressores; Memorial Descritivo, São Paulo, 2001.