

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU

**ESTUDO DE CASO: LOGÍSTICA DE CARGA DE AÇÚCAR
EM XAROPARIA**

CRISTIANE DA CUNHA SALATA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo em Logística com ênfase em
Transportes.

BOTUCATU-SP

Junho – 2006

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU

**ESTUDO DE CASO: LOGÍSTICA DE CARGA DE AÇÚCAR
EM XAROPARIA**

CRISTIANE DA CUNHA SALATA

Orientador: Prof. Ms. Eng. Celso Fernandes Joaquim Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo em Logística com ênfase em
Transportes.

BOTUCATU-SP

Junho – 2006

Botucatu, 24 de julho de 2006.

Cristiane da Cunha Salata

De acordo

Celso Fernandes Joaquim Júnior

/ /

Luis Fernando Nicolosi Bravin

*“A coisa mais bela que o homem pode experimentar é o mistério.
É essa a emoção fundamental que está na raiz de toda a Ciência e de toda a Arte.”*

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao meu melhor amigo, “Deus”, pela presença constante, conforto nos momentos de dificuldade e pela graça de mais esta conquista;

À Faculdade de Tecnologia de Botucatu, em especial, ao Curso de Logística – ênfase em Transporte pela oportunidade concedida;

Ao professor Ms. Celso Fernandes Joaquim Júnior, pela orientação, dedicação e amizade;

As empresas que de uma forma ou de outra colaboraram com este trabalho;

Aos meus pais (Vilma e Ednir) e aos meus irmãos (Rodrigo e Ariane), pelo amor, carinho e dedicação;

A todos os professores que contribuíram para a minha formação científica, e às demais pessoas que direta ou indiretamente, auxiliaram na execução deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE QUADROS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Mercado de refrigerante.....	4
2.2. Xarope simples para refrigerante.....	7
2.3. Matérias-primas para produção de xarope simples.....	9
2.3.1. Água.....	9
2.3.2. Açúcar.....	10
2.4. Coadjuvantes do processo.....	12
2.4.1. Carvão ativo.....	12
2.4.2. Terra diatomácea.....	13
2.5. Produção do xarope simples.....	13
2.5.1. Preparação do xarope.....	13
2.5.2. Processos de produção.....	13
2.5.3. Equipamentos utilizados.....	14
2.5.4. Dissolução do açúcar.....	15
2.5.5. Filtração do xarope.....	15
2.5.6. Resfriamento do xarope.....	16
2.5.7. Armazenamento do xarope.....	16
2.6. Movimentação da carga de açúcar.....	17
2.7. Relação entre a movimentação de materiais e o layout.....	20
2.7.1. Objetivos do plant layout e da movimentação de materiais.....	22
2.8. Contenedores flexíveis ou big bag's.....	24
2.9. Equipamentos para elevação e transferência.....	25
2.9.1. Ponte rolante.....	26
2.10. Transportadores contínuos.....	29
2.10.1. Transportadores pneumáticos.....	30
2.10.2. Transportadores de rosca sem fim.....	34

2.11. Ergonomia.....	36
2.11.1. Projeto ergonômico do local de trabalho.....	36
3. METODOLOGIA.....	39
3.1. Descrição do layout.....	39
3.1.1. Layout da ponte rolante.....	40
3.1.2. Layout do transportador pneumático.....	41
3.1.3. Layout do transportador de rosca sem fim.....	42
3.2. Avaliação econômica.....	43
3.2.1. Mão de Obra.....	43
3.2.2. Energia.....	43
3.2.3. Amortização.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1. Avaliação econômica.....	45
4.1.1. Mão de Obra.....	45
4.1.2. Energia.....	46
4.1.3. Amortização.....	47
4.1.4. Custo total da movimentação da carga de açúcar.....	48
5. CONCLUSÃO.....	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
APÊNDICE.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro	página
1. Especificação do açúcar para refrigerantes de acordo com Fantinel (2000).....	11
2. Custo da mão de obra.....	46
3. Custo da energia.....	47
4. Custo da amortização.....	47
5. Custo total da movimentação da carga de açúcar.....	48
6. Avaliação do tempo de produção de acordo com a capacidade dos equipamentos e do período de trabalho dos operários.....	55
7. Determinação do número de operários e custo da mão de obra operacional.....	56
8. Cálculo do consumo e custo de energia da movimentação da carga de açúcar.....	57
9. Custo da amortização para 1 ano, 1,5 ano e 2 anos de acordo com o tempo de funcionamento do equipamento.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
1. Consumo brasileiro de refrigerantes entre 1986 e 2004, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Refrigerante citado por Mercado... (2005).....	5
2. Divisão do mercado brasileiro de refrigerantes no ano de 2004, segundo Associação Brasileira da Indústria de Refrigerantes citado por Mercado... (2005) e Bevtech (2006).....	6
3. Transportador de açúcar ao nível do solo.....	18
4. Transportador de açúcar com plataforma.....	19
5. Transporte de açúcar por ponte rolante.....	20
6. Tipos de alça e válvulas de carga e descarga em big bag's.....	25
7. Componentes da ponte rolante.....	27
8. Regimes do transporte pneumático.....	31
9. Transportador pneumático em fase diluída e em fase densa.....	32
10. Comportamento do material na tubulação acima, abaixo e na velocidade de flutuação da partícula.....	33
11. Transportador de rosca sem fim.....	35
12. Desenho técnico da ponte rolante.....	40
13. Layout da movimentação de carga de açúcar por ponte rolante.....	40
14. Sistema de transporte pneumático.....	41
15. Desenho técnico do transportador de rosca sem fim.....	42
16. Layout da movimentação de carga de açúcar por transportador de rosca sem fim.....	42

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar economicamente três diferentes sistemas de movimentação de carga de açúcar em uma xaroparia. Este estudo de caso foi realizado considerando como base o layout de uma Indústria de Refrigerantes de grande porte, com capacidade para produzir 30.000 L/h. Foi necessário transportar 20.000 Kg/h de açúcar cristal em big bag's de 1.000 Kg. Os equipamentos que foram analisados são amplamente utilizados neste tipo de indústria. É muito comum executar a movimentação da carga de açúcar utilizando equipamentos como: ponte rolante, transportadores pneumáticos e de rosca sem fim. A avaliação econômica foi feita através do cálculo do custo médio da movimentação da carga de açúcar, levando em consideração apenas às despesas específicas. O custo de amortização do investimento foi o que mais contribuiu para a composição do custo total por hora da operação, correspondendo a aproximadamente 85% de seu valor. De acordo com os itens avaliados, mão de obra, energia e amortização; o custo total de movimentação para o transportador pneumático foi o mais alto pelo fato do equipamento exigir um investimento maior e consumir mais energia. O transporte realizado pela ponte rolante apresentou o menor custo de movimentação, resultando em um custo por hora operacional de 32% e 65% do custo dos sistemas de transportadores pneumático e por rosca sem fim, respectivamente.

1. INTRODUÇÃO

Com uma produção de aproximadamente 12,2 bilhões de litros, o Brasil é o 3º produtor mundial de refrigerantes, sendo que esse mercado fatura anualmente R\$ 14,2 bilhões (BEVTECH, 2006).

Durante a produção do refrigerante é utilizado em larga escala o xarope simples, que consiste na transformação do açúcar cristal em xarope líquido, com um tratamento especial, a fim de que se possa obter um produto dentro dos padrões de qualidade para seu consumo (SOUZA e RAZUK, 1996).

Atualmente, há uma tendência de usar-se açúcar líquido para a produção de refrigerantes. Neste caso, a indústria já obtém o seu xarope simples pronto, não necessitando proceder à etapa de dissolução do açúcar (AZEVEDO, 2006), eliminando equipamentos e operações no processo, como: bombas, filtros, agitação além de reduzir o custo industrial (ALMEIDA, 1999).

Na América do Norte e Europa mais especificamente, se utiliza o xarope líquido composto de glicose e frutose como adoçante. Já na América Latina e África utiliza-se o açúcar cristal proveniente da cana de açúcar, sendo necessário o seu tratamento especial. É um produto mais econômico e disponível na nossa região em função das barreiras alfandegárias impostas ao açúcar cristal pelos países de primeiro mundo (SOUZA e RAZUK, 1996).

Desta forma, uma grande quantidade de açúcar serve como matéria-prima na produção de quaisquer refrigerantes que não sejam da linha dietética (SOUZA e RAZUK, 1996).

Conseqüentemente, uma das principais operações no processo produtivo do refrigerante é a movimentação da carga de açúcar, que independentemente da empresa preparar o xarope simples ou comprá-lo pronto, é uma etapa do processo de extrema importância.

A partir dessa constatação estudaremos algumas das formas já utilizadas na movimentação da carga de açúcar em indústrias de refrigerantes, com o objetivo de analisar a viabilidade de movimentar a carga de açúcar até os tanques dissolvedores utilizando ponte rolante, transportador pneumático e de rosca sem fim.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mercado de refrigerante

O segmento de refrigerante sofreu com a recessão vivida pelo Brasil em 2003. Mas, com o reaquecimento da economia, a retomada do consumo e o aumento nas exportações, o setor registrou a maior expansão no volume consumido em sete anos (MERCADO..., 2005).

O Brasil continua sendo o 3º maior produtor mundial de refrigerantes, com cerca de 12,2 bilhões de litros e um faturamento médio anual de aproximadamente R\$ 14,2 bilhões (BEVTECH, 2006), permanecendo atrás dos EUA (49 bilhões de litros) e México (14 bilhões de litros), segundo Berto (2001).

O mercado brasileiro tem grande perspectiva de crescimento, pois seu consumo per capita ainda é baixo, em relação a outros países, cujas condições climáticas e geográficas não propiciam o consumo de refrigerantes o ano todo (EXCESSIVA..., 2000).

O índice per capita no Brasil é aproximadamente 1/3 do verificado nos EUA e 1/2 do México, que são respectivamente o primeiro e segundo maior mercado de refrigerantes do mundo (BEVTECH, 2006). Sendo considerado o 25º país no mundo em

consumo per capita de refrigerantes (BERTO, 2001), no Brasil a média é de 69 litros por habitante ao ano (EXCESSIVA..., 2000).

Segundo Marco Aurélio Éboli, presidente da Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes, além do mercado sazonal (no verão produz-se 50% mais do que no inverno), dois grandes fatores contribuem para o baixo consumo do produto no Brasil: o baixo poder aquisitivo da população brasileira e a elevada carga tributária (40% sobre o produto pronto), que resulta em encarecimento do produto (PAVANI, 2002).

Entre 1986 e 2004 o crescimento no consumo de refrigerantes quase triplicou, como demonstra a Figura 1 (MERCADO..., 2005).

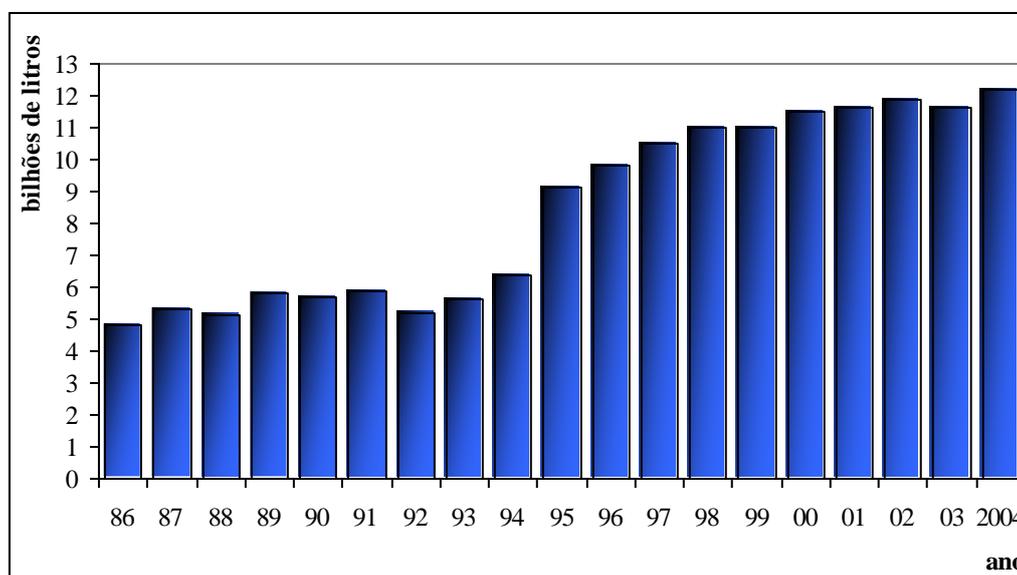


Figura 1: Consumo brasileiro de refrigerantes entre 1986 e 2004, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Refrigerante citado por Mercado... (2005).

De acordo com a ABIR - Associação Brasileira da Indústria de Refrigerantes, estão no mercado cerca de 835 empresas de refrigerantes e por volta de 3.500 marcas sendo comercializadas (BERTO, 2001 e BEVETECH, 2006). Sendo que, mais de 176 destas empresas são produtoras de refrigerantes regionais (DE MARTINO, 2000).

Alguns dos fatores que permitiram o aumento da participação das indústrias regionais foram: o domínio relativamente fácil da tecnologia de produção, a grande sensibilidade do consumo ao preço e à renda, e o aumento da oferta de embalagens PET que reduziu o custo final do produto sendo possível concorrer via preços nos mercados regionais (ESPERANCINI, 2005).

As grandes empresas, como a Coca Cola e a Ambev, atuam em nível nacional e internacional, trabalham com fortes economias de escala, possuem importante estrutura de distribuição, investem muito em propaganda e marketing e volta-se para um público de maior renda. O grupo formado por empresas regionais tem como foco principal o público de menor renda e concorre basicamente via preços (SANTOS, 2000 citado por ESPERANCINI, 2005).

Atualmente, as marcas regionais existentes no país detêm juntas 32,5% do mercado brasileiro (BEVTECH, 2006), o qual encontra-se dividido como na Figura 2.

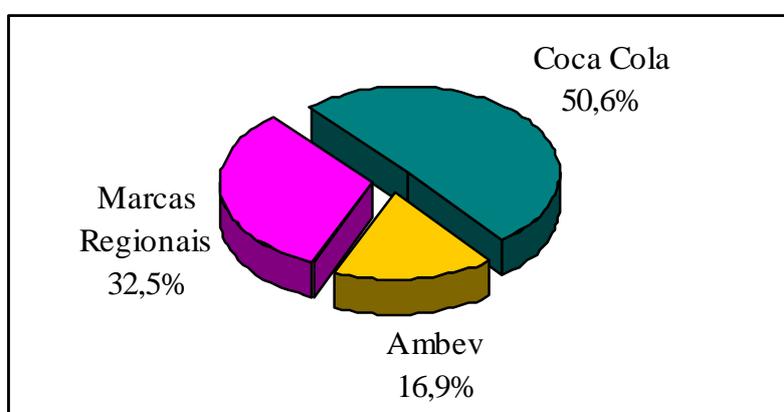


Figura 2: Divisão do mercado brasileiro de refrigerantes no ano de 2004, segundo Associação Brasileira da Indústria de Refrigerantes citado por Mercado... (2005) e Bevtch (2006).

Para fins de análise de investimento em indústrias de refrigerantes, a pesquisa de mercado a ser conduzida deve levar em conta a logística de distribuição e vendas, tendo em vista que os diferentes instrumentos de varejo possuem características diferenciadas. Por exemplo, em bares e restaurantes, a concorrência foi menos acirrada, por exigir uma rede de distribuição com capacidade de atender a um mercado bastante pulverizado e pouca capacidade de armazenagem de materiais, o que exige uma estrutura de assistência que as pequenas empresas dificilmente podem dispor. Em grandes supermercados, a concorrência é mais acirrada, em decorrência do poder de barganha e propaganda das grandes empresas e os consumidores tem maior incentivo em comparar preços e produtos (AUMENTA..., 2003; citado por ESPERANCINI, 2005).

Outro fator a ser levado em conta na análise de investimento é o elevado custo de transporte sobre o preço final do produto. Estudos mostram que o raio de transporte viável está em torno de 400 Km, podendo chegar a 500 Km, se a empresa tiver uma grande participação no mercado. (SEAE, 2000 citado por ESPERANCINI, 2005).

2.2. Xarope simples para refrigerante

A indústria de refrigerantes é uma das maiores consumidoras de açúcar no Brasil. Milhares de toneladas são utilizados anualmente, na forma sólida e processada nas indústrias de refrigerantes de modo a transformarem-se na base xaroposa destas bebidas a serem a principal fonte de carboidratos presentes no produto final (ALMEIDA, 1999).

Nos últimos anos, em substituição ao açúcar refinado e cristal, estão sendo comercializados alguns açúcares na forma líquida (xaropes) de concentração pré-estabelecida chamado de açúcar líquido (ALMEIDA, 1999).

Segundo João Fabro, gerente industrial da Guarani, o mercado é amplo tanto para o açúcar líquido simples quanto para o açúcar líquido invertido (GUARANI..., 1999). Porém há distinções entre ambos, embora passe por processos de dissolução, filtração, desodorização, descoloração (ALMEIDA, 1999).

O açúcar líquido simples consiste numa solução de água e açúcar (sacarose), tratada através de um processo de refinação, com o objetivo de atingir um elevado grau de pureza. A alta tecnologia empregada na produção do açúcar líquido simples garante padronização de suas especificações, isenção de impurezas (através de microfiltragens) e, o mais importante, controle microbiológico rigoroso, dentro dos padrões alimentícios, possibilitando a entrada diretamente na linha de produção. Ao receber o açúcar líquido, a indústria estará, portanto melhorando seu processo de produção, gerando um produto final de alta qualidade, de acordo com as especificações exigidas (INOCENTES, 1999).

O processo para obtenção do açúcar líquido invertido é feito através de hidrólise ácida ou enzimática ou através de resina, que “quebra” a molécula de sacarose, transformando-a em uma de frutose e outra de glicose (GUARANI..., 1999). Este açúcar apresenta propriedades físico-químicas bastante peculiares, de grande importância para a

indústria alimentícia e farmacêutica. As mais relevantes são sua alta concentração e resistência à cristalização, perfeita solubilidade, viscosidade, baixo ponto de congelamento, higroscopicidade, maior capacidade edulcorante (30% maior que o açúcar sólido) e limpidez. Essas propriedades permitem o aumento tanto da densidade como da viscosidade de qualquer xarope nele dissolvido, bem como a diminuição de sua temperatura de congelamento (INOCENTES, 1999).

Além disso, o açúcar líquido invertido é também totalmente isento de impurezas e apresenta um padrão de qualidade constante que, de maneira associada à dificuldade de cristalização e à ausência de turbidez, garante um processo de utilização mais rápido, moderno e higiênico, aumentando a produtividade industrial. Por ser extremamente higroscópico o produto é capaz, ainda, de absorver e reter a umidade mesmo em ambientes com baixa umidade relativa (INOCENTES, 1999).

O açúcar líquido simples pode ter até 67°Brix, pois valores superiores podem provocar cristalização. Já o invertido pode chegar a 76°Brix sem problemas de cristalização, dependendo da sua composição (ALMEIDA, 1999). No entanto, o açúcar líquido invertido é mais requisitado pelas indústrias de: doces, biscoitos, conservas e refrigerantes, enquanto o açúcar líquido simples é essencialmente utilizado pela indústria de refrigerantes (GUARANI..., 1999).

Em decorrência do emprego do açúcar líquido são eliminadas diversas etapas do processo industrial de qualquer segmento considerado. Destacam-se aquelas relacionadas com transporte, armazenamento, movimentação e desensaque do açúcar cristal, resultando em ganho de área e diminuição de perdas (INOCENTES, 1999).

Eliminando a dissolução do açúcar pode-se obter ganhos com a redução de algumas operações unitárias (bombas, filtros, agitação), equipamentos (tanques dissolvedores, válvulas, tubulações, trocadores de calor), materiais coadjuvantes de fabricação e utilidades (auxiliares de filtração, água, energia elétrica), mão de obra, higiene e segurança, melhoria do meio ambiente e conseqüentemente redução no custo industrial e uniformização do produto (ALMEIDA, 1999).

São evitados ainda possíveis gargalos e etapas repetidas de purificação e padronização das soluções de açúcar, resultando num aumento de produtividade e minimização dos gastos com investimentos em equipamentos e insumos para essa purificação, bem como para o tratamento de efluentes e descarte de resíduos sólidos (INOCENTES, 1999).

O açúcar líquido deve ser transportado por veículos especializados e dedicados à operação para manter suas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas. Os cuidados com armazenamento, características do tanque e acessórios, assepsia e controles de recebimentos garantem a aplicação segura do produto (ALMEIDA, 1999).

Segundo João Fabro, o potencial destes dois produtos é amplo, principalmente depois que grandes fabricantes passaram a utilizá-lo, tanto a credibilidade no mercado quanto as suas vantagens ficou mais evidente. No entanto, para que o açúcar líquido “decole” no mercado é preciso vencer a barreira do preço, pois muitos ainda utilizam o açúcar cristal, preferindo manter xaroparias em suas fábricas pelo baixo preço deste produto (GUARANI..., 1999).

2.3. Matérias-primas para produção de xarope simples

2.3.1. Água

A água participa do balanço químico entre os ingredientes dos refrigerantes, pois é o veículo da dissolução do açúcar, dos ácidos, das essências, dos corantes e do gás carbônico (ALMEIDA, 1992 citado por SALATA, 2003).

A base usual para refrigerantes é 90% de água, portanto uma atenção especial deve ser dada em termos de qualidade, por exemplo, teor de minerais, além de outros materiais contidos na água (BLENFORD, 1997 citado por SALATA, 2003).

A água deve apresentar as seguintes características organolépticas: a) incolor, b) insípida, c) inodora, d) livre de íons ferro, pois estes podem provocar a formação de compostos de sabor desagradável, de precipitados semelhantes a gomas e depósitos ou anéis de hidróxido de ferro, e) livre de cloro residual que pode reagir com compostos fenólicos encontrados no refrigerante formando clorofenóis que tem sabor característico de medicamento, f) livre de microrganismos contaminantes, g) baixa alcalinidade (80ppm de CaCO_3 é o limite máximo), evitando o desenvolvimento de microrganismos e produzindo refrigerantes uniformes em cor, sabor, aroma e qualidade; h) reduzido teor de sais de cálcio e magnésio, responsáveis pela dureza da água, pois água muito dura (120-180mg CaCO_3/L) provoca a precipitação de substâncias corantes do

refrigerante; i) a turbidez não deve ultrapassar 1mg/L; acima desse valor, pode causar cor e sabor estranhos (TOCCHINI; NISIDA, 1995 citado por SALATA, 2003).

Sendo assim, os refrigerantes devem ser produzidos com água que obedeça aos padrões de potabilidade, embora alguns parâmetros apresentem maior rigor, devido às interferências de certos elementos que podem reagir com os constituintes da mistura composta, provocando alteração nas características organolépticas do produto (ALMEIDA, 1992 citado por SALATA, 2003). Porém é muito raro obter uma fonte d'água que preencha todas as necessidades estabelecidas para a produção de bebidas, sendo assim a água normalmente deve sofrer tratamentos que a tornem apropriada para a produção de refrigerante (TOCCHINI; NISIDA, 1995 citado por SALATA, 2003).

A qualidade da água usada na produção do xarope tem implicações diretas na qualidade do produto final, assim o pré-tratamento é obrigatório e varia de acordo com a fonte e a composição química da água. O tratamento é feito através da remoção de partículas microscópicas ou coloidais por coagulação e filtração, seguido de redução de dureza e ajuste de pH. Para a água da rede pública, de melhor qualidade, pode-se usar a técnica de purificação feita através de resina de troca iônica. A cloração é o método preferido para a destruição dos microrganismos, sendo que filtrar com carvão ativo serve para retirar o excesso de cloro. A desaeração da água é exigida para facilitar a carbonatação subsequente, pois minimiza os problemas de espuma causados pela liberação do gás carbônico devido ao oxigênio (VARNAM; SUTHERLAND, 1994 citado por SALATA, 2003).

2.3.2. Açúcar

O açúcar é adicionado numa proporção de 8 a 12% do refrigerante. Sendo o principal açúcar utilizado a sacarose, posteriormente à glicose e o açúcar líquido (TOCCHINI; NISIDA, 1995 citado por SALATA, 2003). Nos refrigerantes, o açúcar é empregado para dar doçura, compatibilizar o sabor dos componentes e para dar corpo, além de ajudar na estabilização do CO₂ (ANTUNES; CANHOS, s.d.d citado por SALATA, 2003).

De acordo com Fantinel (2000) citado por Salata (2003), o açúcar cristal para uso em refrigerantes deve apresentar polarização entre 99,5 e 100%, pois com a

polarização muito baixa pode ocorrer inversão do açúcar e o refrigerante chegar ao mercado mais doce. Se o açúcar cristal não atender às especificações do Quadro 1, deverá sofrer um tratamento, o qual envolverá calor e carvão ativo, para que se enquadre aos limites propostos.

Quadro 1: Especificação do açúcar para refrigerantes de acordo com Fantinel (2000) citado por Salata (2003).

Características	Limites máximos
Polarização	99,5 – 100%
Cor (Unidade ICUMSA)	60 unidades
Turbidez (Unidade ICUMSA)	45 unidades
Cinzas Condutimétricas	0,035%
SO ₂	20 mg / Kg
Arsênio	1 mg / Kg
Cobre	2 mg / Kg
Chumbo	1 mg / Kg
Mercúrio	0,05 mg / Kg
Pontos Pretos	20 unidades / 100 g de amostra
Odor – Sabor	Nenhum
Presença de Flóculos	Nenhum

A qualidade do açúcar utilizado é de extrema importância, uma vez que, utilizando o açúcar mais próximo dos padrões exigidos, o tratamento será muito mais rápido e com custos inferiores (SOUZA e RAZUK, 1996).

Vários tipos de açúcares estão disponíveis no mercado, mas quantificar os seus custos implica em avaliar seu tratamento de uma maneira geral, no que se refere a pessoal, a energia, auxiliares filtrantes, água, carvão ativo (SOUZA e RAZUK, 1996).

A embalagem mais comum atualmente são os big-bags, sacos de 1.000 Kg do produto, sobrepujando o uso dos antigos sacos de algodão contendo 50 Kg. Existem ainda sistemas de transporte de açúcar a granel, onde o açúcar é descarregado em silos e através de sistema pneumático, o açúcar é automaticamente descarregado nos reatores para produção de xarope simples, sem nenhum contato manual. Este sistema utilizado é o mais sofisticado (AZEVEDO, 2006).

No recebimento do açúcar é importante proceder ao exame visual objetivando verificar ocorrências de avarias, umidade excessiva ou odores estranhos. O açúcar não deve apresentar-se embolotado ou molhado, e deve estar isento de materiais estranhos. As embalagens danificadas devem ser separadas e analisadas, para eventual

consumo imediato. Os cristais devem ser grandes e brilhantes, de cor mais clara possível (AZEVEDO, 2006).

De modo a se assegurar às boas condições de estocagem do açúcar, o depósito deve ser claro, limpo e arejado, distante de ambientes com cheiro ativo e protegido contra roedores e insetos. As pilhas devem estar organizadas com corredores de ventilação, sobre estrados e os vários lotes identificados quanto à procedência, quantidade e data de entrada, de modo a permitir a rotação segura e permanente dos estoques (AZEVEDO, 2006).

2.4. Coadjuvantes do processo

2.4.1. Carvão ativo

O carvão ativo é um material inerte, quimicamente constituído de mais de 95% de carbono. É preparado pela carbonização de matéria prima vegetal e, posteriormente, ativado mediante processo desenvolvido a altas temperaturas em presença de vapor. Esse processo determina uma modificação estrutural, ocorrendo liberação de hidrocarbonetos. Como resultado, obtém-se um carvão extremamente poroso e de superfície aumentada. O carvão ativo purifica misturas nos estados líquido e gasoso, adsorvendo impurezas responsáveis pela existência de cor, odor, sabor e turvação (AZEVEDO, 2006).

A adsorção consiste num método físico de purificação, onde o carvão ativo, dotado de poros microscópicos, retém moléculas ao nível da superfície. São forças de atração física, do tipo Wan der Walls que o carbono puro exerce sobre as impurezas, sem modificação química do produto adsorvido (SOUZA e RAZUK, 1996).

Sua capacidade de adsorção depende da área superficial e do volume dos poros, tornando assim o carvão ativo mais eficiente quanto menor o tamanho das partículas (SOUZA e RAZUK, 1996).

É apresentado nas formas granular, com densidade de 0,35 a 0,55 g/cm² e em pó, com densidade de 0,16 a 0,30 g/cm². A granular é empregada, geralmente na adsorção de gases e vapores, enquanto que a forma pulverizada é recomendada ao tratamento de líquidos (SOUZA e RAZUK, 1996).

2.4.2. Terra diatomácea

As terras diatomáceas são classificadas, segundo a sua granulometria e filtrabilidade, em grossas, médias e finas. A cada tipo de terra correspondem características próprias. Terras grossas não substituem as finas e vice-versa. Assim como todos os componentes que entram diretamente em contato com o xarope simples, as terras requerem boas condições de estocagem, em ambientes secos e arejados, distante de materiais tóxicos ou com cheiro ativo (AZEVEDO, 2006).

Normalmente a quantidade de terra é de cerca de 1 Kg/m² de área filtrante, sendo 70 a 80% de terra grossa e 20 a 30% de terra fina. Esta proporção pode variar em função do tipo de filtro e da qualidade do açúcar e terras utilizadas no processo (BARNABÉ et. al., 2005).

2.5. Produção do xarope simples

2.5.1. Preparação do xarope

Denomina-se xarope simples o produto da diluição do açúcar cristal em água (SANTANA, 1995 citado por SALATA, 2003). A concentração usual para refrigerantes é de 67°Brix, ou seja, 67 gramas de sacarose em 100 gramas de solução. Sua densidade nesta concentração é de aproximadamente de 1,28 g/mL a uma temperatura de 20°C (BARNABÉ et. al, 2005).

2.5.2. Processos de produção

Segundo Tocchini e Nisida (1995) citado por Salata, 2003, a produção do xarope simples pode ser obtida de acordo com os seguintes métodos: a) processo a frio - consiste na dissolução do açúcar em água à temperatura ambiente. As vantagens desse processo são: baixo consumo de energia de aquecimento, uso de equipamentos mais simples, não necessita de resfriamento subsequente. Porém esse xarope é mais viscoso, necessitando de agitadores mais potentes e dificultando o processo de filtração, além de facilitar a contaminação microbiana; b) processo a frio acidificado - o

produto é obtido com a adição de ácido ao xarope simples frio o qual fica menos sujeito ao ataque de microrganismos; c) processo à quente - a água e o açúcar são aquecidos para facilitar a dissolução e eliminar os microrganismos, dá-se preferência a este processo quando é necessária a estocagem do produto por longo período. Existem dois métodos de preparo: método da ebulição (fervura por 1-2 minutos) e processo de pasteurização (85°C/5 minutos); d) processo à quente acidificado - é adicionado ácido ao xarope antes ou durante o aquecimento, obtendo-se inversão total ou parcial do açúcar (sacarose) tornando o xarope menos susceptível ao ataque microbiano e e) xarope de alta densidade – são xaropes com concentrações de no mínimo 67°Brix, mais apropriado para estocagem.

2.5.3. Equipamentos utilizados

Industrialmente, a elaboração do xarope simples é efetuada em uma sala isolada, denominada xaroparia, utilizando os seguintes equipamentos: tanque dissolvedor (dotado de agitador que permite a perfeita homogeneização dos componentes), filtro de quadros ou placas, trocador de calor e tanques de xarope. Estes equipamentos devem ser construídos em aço inoxidável (BARNABÉ et. al., 2005).

O tanque dissolvedor é utilizado para dissolver o açúcar cristal, nas proporções indicadas pela fórmula de cada xarope. Para tanto, deve estar provido de um sistema vigoroso de agitação e de um sistema de aquecimento. É utilizado também para promover a mistura do carvão ativo e do coadjuvante de filtração ao xarope simples (BARNABÉ et. al., 2005).

O equipamento utilizado para filtração do xarope simples é o filtro de quadros ou placas, que utiliza a terra diatomácea como auxiliar filtrante. Também conhecido como filtro de pré-cap, adota um sistema de filtração que opera sob pressão e de forma descontínua. As placas filtrantes, constituídas basicamente pelo tecido metálico, fabricado com fios de aço inoxidável, encontram-se no interior de um vaso cilíndrico vertical ou horizontal. Os tampos são normalmente toro esféricos fixados ao costado por meio de grampos de fechamento rápido (AZEVEDO, 2006).

Para o processo de resfriamento do xarope simples é utilizado trocador de calor a placas, de dois ou três estágios. No primeiro estágio utiliza-se normalmente água de recirculação por torre de arrefecimento ou água tratada, a qual pode

ser utilizada na dissolução do açúcar na batelada seguinte. No segundo e terceiro estágio utiliza-se água ambiente e gelada, ou outro meio refrigerante (BARNABÉ et.al., 2005).

2.5.4. Dissolução do açúcar

A água utilizada para a dissolução do açúcar deve estar previamente aquecida entre 60 e 80°C. Esta água geralmente é oriunda do primeiro estágio do resfriamento do xarope, aproveitando-se assim sua energia calorífica. A dissolução do açúcar, que ocorre a 80 a 85°C deve-se processar gradativamente e sob constante agitação, visando uma mistura homogênea (AZEVEDO, 2006).

As quantidades de água e açúcar para a produção devem ser determinadas, levando-se em conta o volume das próximas bateladas de xarope composto a serem preparados (AZEVEDO, 2006).

Após a dissolução completa do açúcar, a temperatura é elevada para $85 \pm 5^\circ\text{C}$ e adiciona-se o carvão ativado em pó na proporção que pode variar de 2 a 5 gramas por Kg de açúcar, para clarificação do xarope. O tempo de contato é de 20 a 30 minutos, mantendo-se a temperatura constante (BARNABÉ et. al., 2005).

Além do carvão ativo, é adicionada terra diatomácea. A adição deste auxiliar de filtração no produto a ser processado, tem por finalidade impedir a compactação da torta que vai se formando, mantendo-a porosa durante o ciclo de filtração (AZEVEDO, 2006).

Após a perfeita homogeneização, procede-se à filtração do xarope.

2.5.5. Filtração do xarope

A filtração tem por finalidade separar o carvão ativo, a terra diatomácea e outras partículas do xarope simples, resultando na clarificação do produto mediante a remoção de partículas em suspensão, que lhe conferem a turbidez (BARNABÉ et. al., 2005).

De acordo com Azevedo (2006), o início da filtração é precedido com a formação da pré-camada ou pré-capa, no filtro, que consiste em formar uma fina malha de terra nas placas do filtro, antes da filtração. Esta malha será o meio filtrante para o

xarope. Sua formação é obtida por circulação de uma suspensão de terra diatomácea em água.

Após a formação da pré-camada, manobram-se os registros do filtro de maneira que haja a circulação do xarope entre este e o tanque dissolvedor, sem a entrada de ar. Circula-se até que o mesmo se torne bem límpido (aproximadamente 10 – 15 minutos). Esta limpidez deve ser constatada através de medições de sua turbidez. Quando o parâmetro é alcançado, o xarope já pode ser filtrado.

Durante a operação, é importante a observação da limpidez e brilho do xarope. Uma amostra representativa deve ser enviada ao laboratório para exame de partículas de carvão. Quando não se consegue limpidez do xarope nessa operação, a causa pode ser por uma das seguintes razões: as telas do filtro encontram-se obstruídas, apresentam deformações ou furos; existe ar no xarope que entra no filtro; perda de pressão, por desprendimento da pré-camada; formação incorreta da pré-camada; anéis de vedação defeituosos ou mal posicionados.

Ao final do processo, empurra-se o xarope com água, cuidando-se sempre para não haver admissão de ar. Ao se retirar do filtro a torta que serviu como pré-camada, é de suma importância que a eliminação seja completa, pois caso contrário poderá haver obstrução das telas, resultando em funcionamento inadequado do filtro.

Caso o xarope filtrado não se apresente dentro dos padrões de turvação, o mesmo deverá ser refiltrado.

2.5.6. Resfriamento do xarope

Imediatamente após a filtração, o xarope simples é resfriado, em trocador de calor, até 15 – 20°C, a fim de preservá-lo contra contaminação, evitar inversão da sacarose e não permitir perdas de aromas durante a produção do xarope composto (SANTANA, 1995 citado por SALATA, 2003).

2.5.7. Armazenamento do xarope

A estocagem do xarope deve ser efetuada em tanques de aço inoxidável. Esses tanques devem ser isolados termicamente, providos de serpentinas

trocadoras de calor ou instalados em sala climatizada, de forma a manter a temperatura do xarope baixa (BARNABÉ et. al, 2005).

O desejável seria preparar o xarope simples e imediatamente utilizá-lo na produção do refrigerante, porém como isto nem sempre ocorre, o ideal é que o tempo de armazenamento não ultrapasse 12 horas (SANTANA, 1995 citado por SALATA, 2003).

2.6. Movimentação da carga de açúcar

Para que a matéria-prima possa transformar-se ou ser beneficiada, pelo menos um dos três elementos básicos de produção: homem, máquina ou material, deve movimentar-se (DIAS, 1993).

Os custos de movimentação de materiais influem sobremaneira no produto afetando diretamente o custo final. O acréscimo no custo do produto proporciona-lhe maior valor, mas, no caso da movimentação, esta contribui em nada, podendo somente barateá-la com uma seleção adequada do método mais compatível à natureza e ao regime da produção. Se considerarmos a movimentação como problema separado dos demais, pode-se concluir, por exemplo, que a simples redução dos trajetos percorridos pelo material em suas diversas etapas, do estoque a expedição, constituiria a solução ideal. Quando se pensa em termos globais, porém, esta solução simplista pode acarretar ociosidade de homens e equipamentos em determinadas estações de trabalho, anulando por completo o objetivo, com reflexos negativos na linha de produção, ou seja, aumento de custos e redução de lucros (DIAS, 1993).

Um sistema de movimentação de materiais em uma indústria deve atender a uma série de finalidades básicas: redução de custos, aumento da capacidade produtiva, melhores condições de trabalho e melhor distribuição (DIAS, 1993).

No processo industrial do xarope simples, o material é o elemento que se movimenta. Para abastecimento dos tanques dissolvedores existem, dependendo do volume de açúcar, várias opções: a colocação do depósito de açúcar em desnível, abastecendo o tanque por gravidade, criando uma obra civil cara, transportadores, elevadores do tipo rosca sem fim e as grandes cargas, elevadas por ponte rolante (SOUZA e RAZUK, 1996).

Em 1996, Souza e Razuk relataram o uso de transportadores de rosca sem fim e ponte rolante para a movimentação do açúcar até o tanque dissolvedor.

No sistema de rosca sem fim, onde o depósito de açúcar tinha o mesmo nível do tanque segundo a Figura 3, o tempo de carga situava-se na faixa de uma hora ou pouco mais. Porém, neste processo destacava-se a dificuldade dos operadores em curvar-se ao nível do solo para pegar uma saca de 50 Kg e elevá-la aproximadamente na altura da cintura, para alimentação da moega do elevador, gerando grande esforço físico, tendo às vezes que abastecer até 280 sacas por lote a ser processado.

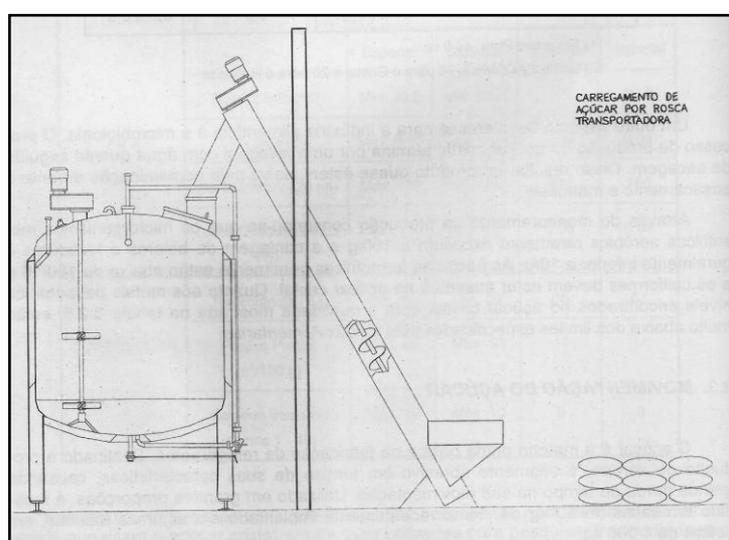


Figura 3: Transportador de açúcar ao nível do solo.

No sistema de rosca sem fim, onde o silo de recebimento de açúcar do transportador estava situado no mesmo nível das sacas como mostra a Figura 4, a única diferença era que o operador não tinha que elevar a saca até a calha, somente arrastá-la até o silo, pois uma empilhadeira colocava um certo volume de sacas na plataforma para facilitar a descarga. Embora o uso da plataforma tivesse reduzido o comprimento da rosca sem fim até o tanque dissolvedor o operador continuava trabalhando na posição curvada.

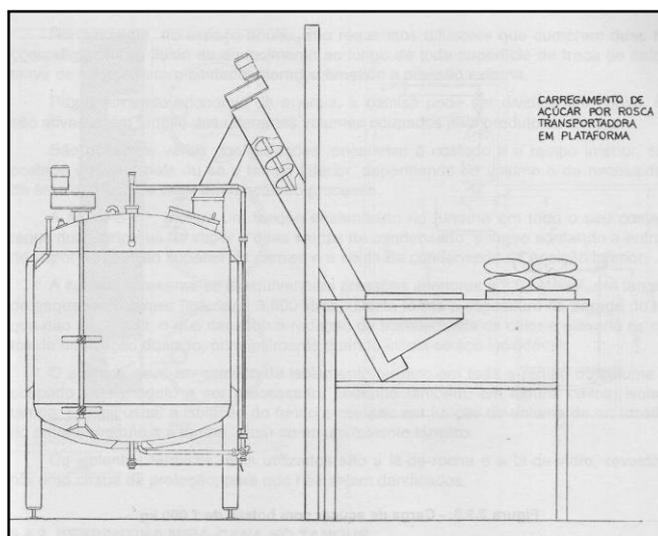


Figura 4: Transportador de açúcar com plataforma

Segundo Souza e Razuk (1996) apesar de ser usada em grande escala, a rosca sem fim exige manutenção periódica, em função das condições de abrasividade do açúcar, provocando desgaste em mancais e facilidade de quebra, caso seja introduzido, com o açúcar, algum objeto estranho.

Com a necessidade cada vez maior do aumento da produtividade e melhores condições de trabalho, várias indústrias estão, operando com bolsas de 1000 Kg de açúcar, diminuindo o tempo de carga (SOUZA e RAZUK, 1996).

Utilizando a ponte rolante pode-se alimentar 14 bolsas em 15 minutos, representando neste caso 280 sacas de açúcar, sem a necessidade do esforço físico de operadores.

Nesse caso, o depósito de açúcar tem que ter um pé direito maior do que a sala de xarope, a fim de possibilitar a elevação da bolsa e sua descarga por gravidade (Figura 5).

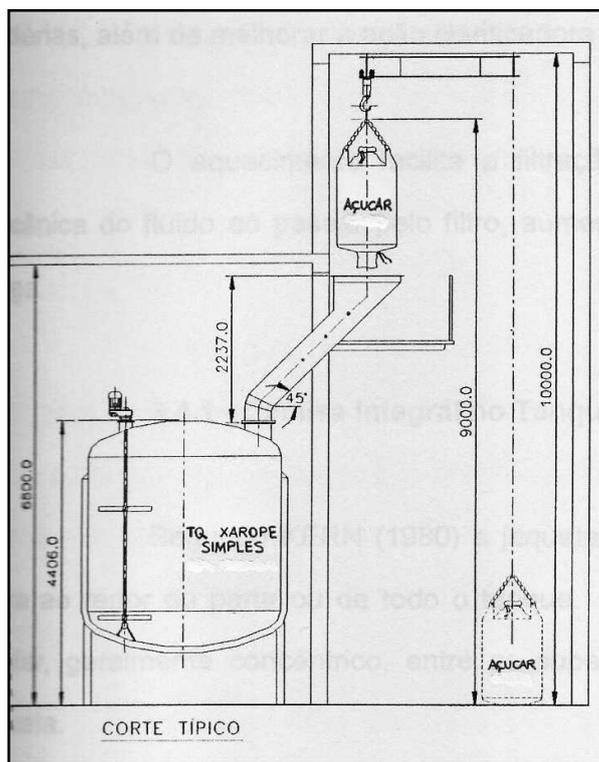


Figura 5: Transporte de açúcar por ponte rolante.

2.7. Relação entre a movimentação de materiais e o layout

Segundo Moura (1998), layout está ligado com a análise, planejamento e projeto das instalações utilizadas na produção de bens e serviços. Movimentação de materiais está ligada com a fase das operações que envolvem o movimento de materiais usados no desempenho das atividades do empreendimento. Nenhum aspecto da atividade industrial está mais relacionado com outros que esses. Na verdade, movimentação de materiais é uma consequência do layout.

Layout pode ser definido como planejamento e integração dos meios que concorrem para a produção obter a mais eficiência e econômica inter-relação entre máquinas, mão de obra e movimentação de materiais dentro de um espaço disponível.

O setor de layout da fábrica é geralmente o responsável pelo desenvolvimento do fluxo geral e do arranjo físico dos recursos, com o layout projetado

freqüentemente em função do fluxo estabelecido. Por isso é extremamente importante que o pessoal de layout trabalhe conjuntamente com a movimentação de materiais.

O layout e a movimentação estão ligados de tal maneira que é difícil determinar, muitas vezes, as áreas de influência de um sobre o outro. É quase um problema de aproximações sucessivas, para que se atinja a solução ideal. É claro que certas limitações (edificação antiga, carência de espaço) podem cercear a livre escolha do sistema almejado.

Dai se fundir diretamente ao layout, integrando um processo global que visa ao maior rendimento e a maior economia.

Se considerássemos a movimentação como problema separado dos demais, poder-se-ia concluir, por exemplo, que a simples redução nos trajetos percorridos pelo material em suas diversas etapas, do estoque à expedição, constituiria a solução ideal.

Quando se pensa em termos globais, porém, esta solução simplista pode acarretar a ociosidade de homens e máquinas em determinadas estações de trabalho, anulando por completo o almejado, com reflexos negativos na linha de produção, aumento de custos e redução de lucros.

O fluxo de materiais é um dos fatores mais importantes na determinação do tamanho, forma e arranjo geral de qualquer local de fabricação. Ele também determina o arranjo das máquinas. O fluxo de materiais depende dele e é praticamente sinônimo da movimentação de materiais.

A importância da relação entre o arranjo físico e a movimentação de materiais de um projeto industrial é:

- a) o requisito principal para uma produção econômica é um plano eficiente do fluxo de materiais.
- b) o estudo do fluxo de materiais é a base para um arranjo eficiente dos recursos físicos.
- c) o modelo de fluxo é uma representação estática do fluxo de materiais propostos.
- d) a função da movimentação de materiais é garantir que os materiais se moverão por rotas determinadas.
- e) o arranjo efetivo dos recursos em torno do fluxo de materiais deverá resultar numa eficiente operação dos vários processos.

O fluxo de materiais torna-se, então, a base para todo o projeto de arranjo físico, bem como para o sucesso da empresa.

Para a maioria das empresas, o arranjo físico existente representa um compromisso entre aquele ideal e as restrições existentes (espaço disponível,

localização de departamentos que não podem ser mudados, processos de fabricação e equipamento produtivo).

Na prática, entretanto, cada empresa pode descobrir oportunidades de reduzir os custos de movimentação estudando o arranjo físico e a seqüência de processamento, e rearranjando a fábrica de forma a ter uma mínima movimentação para cada peça ou material. Além disso, é possível acelerar o fluxo de materiais, reduzir acidentes e eliminar congestionamentos na movimentação.

No planejamento de uma nova fábrica, é possível evitar custos de movimentação de materiais pelo estudo cuidadoso do arranjo físico antes de começar a produção. A probabilidade de ocorrer problemas futuros pode ser minimizada fazendo a nova fábrica tão flexível quanto possível, do ponto de vista da movimentação de materiais. Em outras palavras, a fábrica deve ser planejada não somente para o sistema produtivo em uso, mas, também levando em conta possíveis mudanças.

Se a fábrica já estiver construída, há pouco o que fazer quanto à localização de colunas e outros obstáculos estruturais ou quanto à localização de certos equipamentos especiais. Mas, deve-se ter em mente as necessidades futuras para quando planejar mudanças. Por exemplo, pode ser melhor despende mais dinheiro na compra de um transportador portátil, mais caro que um fixo, e, quando os métodos mudarem, este transportador poderá ser facilmente rearranjado.

Naturalmente, existem ocasiões em que são necessárias instalações permanentes. Mas elas devem ser estudadas cuidadosamente, com vistas a arranjos alternativos. É melhor gastar um pouco mais e elaborar um arranjo físico adaptável a futuras mudanças.

2.7.1. Objetivos do plant layout e da movimentação de materiais

Da mesma maneira que os escopos de ambos, plant layout e movimentação de materiais, estão estreitamente relacionados, também estão seus objetivos:

- a) facilitar o processo de manufatura
 - fluxo eficiente de materiais
 - minimizar gargalos de produção
 - despacho rápido para os clientes
- b) minimizar movimentação de materiais
 - maiores cargas unitizadas
 - menor quantidade de materiais danificados
 - melhor controle dos materiais
- c) manter flexibilidade de arranjo
 - flexibilidade nos métodos e equipamentos de movimentação
 - sistema de movimentação de materiais coordenado
 - planejamento de expansões da movimentação de materiais
- d) manter alta performance dos processos
 - menor tempo de ciclo de produção
 - velocidade constante de produção
 - menor quantidade de material em processo
- e) otimizar o investimento no equipamento
 - menor tempo improdutivo por máquina
 - reduzir movimentação entre as operações
- f) fazer uso econômico da área
 - melhor utilização da área
 - utilização da movimentação no processo produtivo
- g) promover uso eficiente da força de trabalho
 - minimizar a movimentação manual
 - fazer uso eficiente de contenedores
- h) promover segurança, conforto e o interesse do funcionário
 - menor fadiga
 - melhorar o conforto
 - elevar o nível de moral

Portanto, atingir os objetivos do plant layout quase sempre implica em se conseguir atingir os objetivos da movimentação de materiais.

2.8. Contenedores flexíveis ou big bag's

Os contenedores flexíveis ou big bag's, como são popularmente conhecidos, são basicamente um grande saco em tecido de polipropileno (corpo) com válvula de enchimento em cima e quatro alças reforçadas, podendo ter uma válvula para descarga embaixo (MOURA, 2000).

Os tipos variam conforme o tipo de material de confecção, capacidades, existência de válvula de carga e descarga, alças (Figura 6) e dimensões. Sendo conveniente mantê-las fixas, em torno das que os compatibilizem com o equipamento de transporte (MOURA, 2000).

Podem ser revestidos de plástico impermeável, impedindo a penetração de água ou umidade, eliminando também a possibilidade de perdas ou danos do produto estocado e transportado, protegendo principalmente os operários contra contaminação de produtos nocivos à saúde (MOURA, 2000).

Este tipo de embalagem oferece algumas vantagens: a) reduzido espaço ocupado quando vazios; b) na estocagem: facilidade, estabilidade, rapidez de empilhamento, fácil identificação de lotes, economia de manuseio e espaço; c) boa resistência mecânica e química; d) baixo custo de embalagem; e) dispensam estruturas para estocagem; f) menor tempo e custo de ensacamento, mão de obra de embalagem e desembalagem, transporte e seguros, além de permitirem proteção contra roubos e perdas; g) reutilizáveis (MOURA, 2000).

No entanto possuem algumas limitações: a) só se justificam para grandes quantidades por lotes; b) requerem maior investimento; c) sujeitos a rasgos por objetos pontiagudos; d) requerem equipamentos para movimentação (MOURA, 2000).

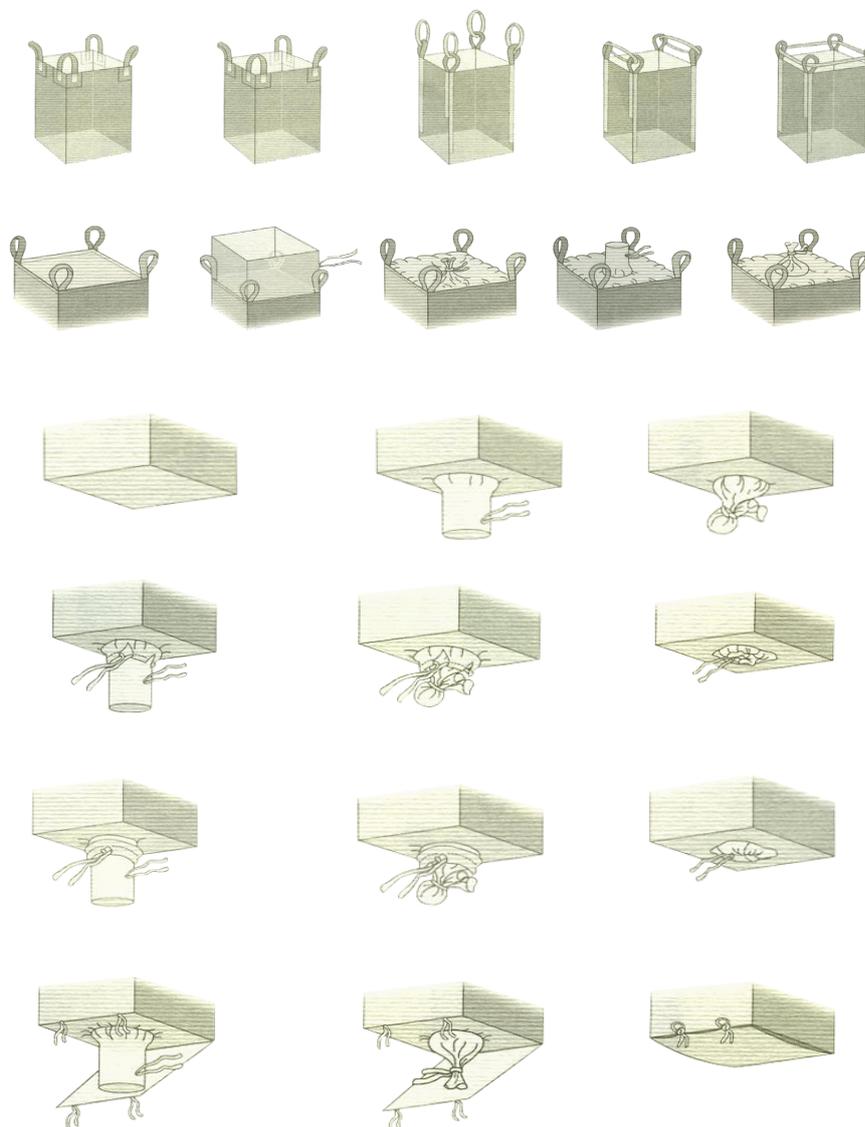


Figura 6: Tipos de alça e válvulas de carga e descarga em big bag's.

2.9. Equipamentos para elevação e transferência

De acordo com Moura (2000) são equipamentos destinados a mover cargas variadas intermitentemente para qualquer ponto dentro de uma área fixa, onde a função principal é transferir. Sendo caracterizados por: a) talhas, cuja função é elevar a carga; b) guindastes fixos, realizam somente a elevação, cabendo o transporte a outros equipamentos; c) pontes rolantes, pórticos e semi-pórticos, são formados basicamente por

uma viga elevada, que desloca-se sobre trilhos elevados ou sobre estruturas verticais apoiadas sobre trilhos.

São aplicados onde se deseja transferir materiais pesados, volumosos e desajeitados em curtas distâncias dentro de fábricas, de navios para os cais, canteiros de obras e para carregamento de veículos de transporte em indústrias ou armazéns. Sua função básica é de transferências em curtas distâncias, sendo sua característica mais importante a de não ocupar espaço significativo no piso, seja com suas estruturas, seja na operação de transferência, liberando-o para outros usos.

2.9.1. Ponte rolante

São equipamentos constituídos por uma viga apoiada que se move sobre trilhos paralelos colocados acima do piso e instalados nas colunas do edifício, sobre treliças ou estruturas. Utilizados geralmente em locais onde se quer dar movimento tridimensional e preciso para fluxos intermitentes de materiais de difícil manuseio, seja pelo peso, volume, periculosidade, seja pela delicadeza e precisão exigidas (MOURA, 2000).

De acordo com Dias (1993), as pontes rolantes com talha constam de uma viga “I”, em cuja aba inferior se apóia uma talha com trole. Sua capacidade varia entre duas e 300 toneladas e sua classificação depende do ritmo do trabalho que executa:

- a) **ocasional** – com duas a cinco operações a plena carga por hora, a velocidades baixas, usadas em usinas de força;
- b) **leve** – de cinco a dez operações a plena carga por hora, a baixas velocidades, em oficinas mecânicas e armazéns;
- c) **moderado** – trabalham em regime de 10 a 20 operações horárias, a velocidades médias, em fundições leves e pátios de carga;
- d) **constante** – funcionam de 20 a 40 vezes por hora, a plena carga, a velocidade mais elevada, principalmente linhas de montagem e fundições pesadas;
- e) **pesado** – conjugam elevadas velocidades com grande capacidade, realizando mais de 40 operações por hora, com eletroímãs.

Atualmente, são três os tipos de pontes rolantes mais fabricados:

- a) viga dupla de 5 até 25 toneladas e de 7 até 25 metros de vão; b) viga simples de 1 até 10

toneladas e de 5 até 20 metros de vão; c) pontes suspensas de 1 até 6 toneladas com vão até 4 metros (VASTEC, 2006).

A ponte rolante é constituída de viga, cabeceira, motor, talha e gancho como mostra a Figura 7.

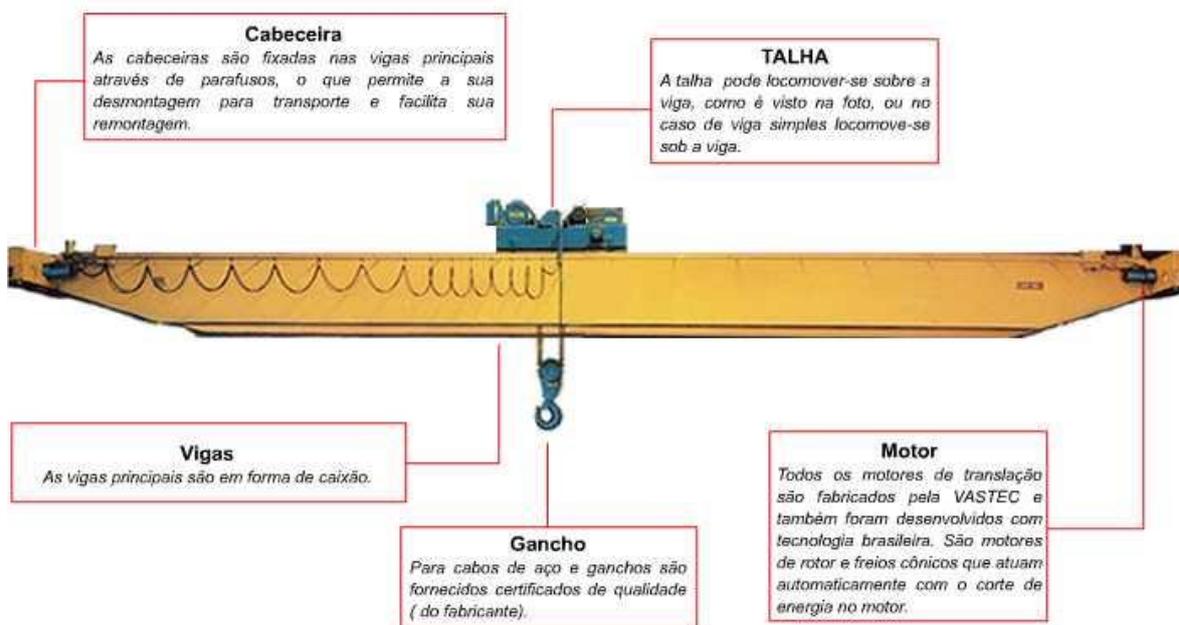


Figura 7: Composição da ponte rolante

As vigas principais e as cabeceiras em chapas dobradas são em forma de caixão. Todas as pontes rolantes que trabalham acima de 6 metros de altura, são fabricadas em viga dupla, tendo o passadiço para manutenção, rodapés e corrimão, para segurança pessoal (VASTEC, 2006).

As cabeceiras são fixadas nas vigas principais através de parafusos, o que permite a sua desmontagem para transporte e facilita a sua remontagem. Tais cabeceiras são dotadas de um sistema de roletes de guia, eliminando o contato dos frisos das rodas e os trilhos, diminuindo o desgaste dos mesmos e dando maior segurança no funcionamento das pontes, evitando problemas de descarrilhamento sobre o caminho de rolamento. Duas das quatro rodas de translação são acionadas por motor-freio-redutor independente, em cada cabeceira, substituindo com vantagens, os velhos sistemas de transmissões centrais, com eixos e mancais (VASTEC, 2006).

Os motores de rotor e freios cônicos atuam automaticamente com o corte de energia no motor. As características do freio rápido diminuem gradualmente o tempo de operação, aumentando a rentabilidade na produção (VASTEC, 2006).

As talhas elétricas com capacidade de 1 até 25 toneladas, possuem motores desenvolvidos especialmente para levantamento, tendo como consumo de energia o necessário para o serviço que estão executando. São fabricadas com várias velocidades de levantamento e ainda possuem alternativa para micro-velocidades na razão de 1/10 da velocidade nominal (VASTEC, 2006).

As pontes rolantes possuem comandos ou por cabo elétrico ou controle remoto, que podem ser acionados da cabine ou do piso, mediante um sistema de botoeiras ligado à talha. São dotadas de um sistema de proteção, para garantir a segurança durante as operações, como por exemplo: limitadores, freios magnéticos (DIAS, 1993).

Para dimensionamento de uma ponte rolante é necessário dispor dos seguintes dados: a) tipo de ponte, manual ou motorizada; b) carga, principal ou auxiliar; c) dimensões, vão entre os centros dos trilhos em metros, altura máxima de elevação, altura piso-tesoura, distância trilho-parede, distância topo da ponte-tesoura, distância centro do guincho-tesoura; d) intensidade do trabalho, número de manobras a plena carga por hora e número de horas de serviço por dia; e) ambiente, aberto ou fechado, algumas condições especiais; f) edifício, condições do prédio; g) velocidades desejadas, elevação principal, elevação auxiliar, translação do carrinho, translação da ponte em m/min; h) energia elétrica contínua ou alternada, número de fases, voltagem; i) sistema de comando, do piso ou da cabine; j) percurso, comprimento dos trilhos (DIAS, 1993).

Segundo Moura (2000) as pontes rolantes apresentam as seguintes vantagens: a) duráveis, robustas, versáteis e precisas; b) movimento tridimensional com carga e descarga em qualquer ponto; c) podem ter alta velocidade; d) baixo custo operacional; e) podem elevar e transportar cargas em altas temperaturas; f) facilitam o arranjo físico das máquinas; não ocupam espaço do piso, diminuindo a necessidade de corredores; g) os trilhos das pontes rolantes podem estender-se para fora do edifício; h) grande capacidade de carga.

Entretanto também possuem algumas limitações: a) podem ter alto custo de implantação, especialmente se o edifício não tiver sido projetado para utilizá-las; b) requerem estrutura especialmente reforçada para suportar os trilhos; c) podem exigir operador especializado (aplicações de maior responsabilidade); d) espaço de movimentação

limitado pela altura do solo às vigas; e) sempre requerem mão de obra adicional ao nível do solo; f) não fazem curvas; g) movimento relativamente lento.

2.10. Transportadores contínuos

São mecanismos destinados ao transporte contínuo de granéis e volumes em percursos inclinados, horizontais ou verticais, fazendo curvas no plano vertical e/ou horizontal (dependendo do tipo) e com posição de operação fixa (MOURA, 2000).

São formados por um leito por onde o material desliza sobre elementos rolantes ou base inclinada, por sistemas (correias, caçambas ou plataformas) baseados em correias ou correntes sem fim acionadas por tambores e/ou polias ou outros sistemas (MOURA, 2000).

Caracterizam-se por: a) correias planas ou côncavas constituídas por polímeros, telas ou cintas metálicas; b) elementos rolantes: de rodízios, rolos ou esferas; livres, motorizados ou de acumulação programada; c) corrente: aéreas ou sob o piso; d) taliscas, plataformas ou de arraste; e) elevador de caçamba contínuo de volumes, de plataformas pendentes (MOURA, 2000).

São utilizados onde haja grande fluxo de material a ser transportado em percursos fixos: mineração, armazéns de granéis (cereais), indústrias alimentícias, linhas de montagem, enfim, em qualquer indústria que requeira, em razão da sua linha de produção ou montagem seriada, o fluxo contínuo de materiais (MOURA, 2000).

Alguns tipos têm movimento reversível (como os de correia), outros ainda fazem a circulação automática (como monovias) (MOURA, 2000).

Algumas de suas vantagens são: a) alto fluxo e baixo custo por unidade de material transportado; b) interligáveis aos outros sistemas de movimentação; c) não dependem da habilidade do operador; d) podem ser instalados acima do nível do piso; e) podem ser automatizados ou ligados a controles automáticos (MOURA, 2000).

No entanto possuem limitações tais como: a) costumam ocupar lugar fixo, de difícil modificação de percurso, obstruindo fluxos transversais de tráfego quando colocados ao nível do piso; b) não são adequados para cargas variáveis; c) capacidade de carga fixa; d) importam em alto investimento, justificável apenas para grandes fluxos (MOURA, 2000).

2.10.1. Transportadores pneumáticos

São mecanismos onde o movimento de sólidos em fase dispersa se faz de um lugar a outro por ação da gravidade, com ajuda do ar ou de uma diferença de pressão do ar (MOURA, 2000). Estes transportadores funcionam em qualquer tipo de trajetos: retos, curvos, ascendentes ou descendentes (DIAS, 1993).

Além dos tipos para granel ou volumes (em cápsulas), podem ser bastante variados quanto à aplicação da diferença de pressão, bem como quanto à diferença de configuração conforme a necessidade de fluxo de material e à concentração com relação ao ar injetado (MOURA, 2000).

Segundo Dias (1993), os transportadores pneumáticos constituem-se basicamente de um conjunto de tubulações e de um sistema motor que produz a corrente de ar que circula pelas tubulações. O ar pode ser obtido por meio de um ou mais ventiladores centrífugos: de baixa, média ou alta pressão; bombas de ar ou de vácuo.

As tubulações metálicas há muito empregadas, apresentam desvantagem do desgaste por abrasão; as de vidro, embora mais resistentes, são difíceis de instalar e produzem muita eletricidade estática e; as de tubo plástico (PVC) não oferecem dificuldade de instalação e descarregam mais facilmente a eletricidade estática. Além desses componentes existem múltiplos acessórios como válvulas descarregadoras de vários tipos, alimentadores especiais e containers para receber os materiais transportados.

De acordo com Moura (2000), os transportadores pneumáticos podem ser divididos em 4 categorias:

a) Tubulação ou encanamento são sistemas de dutos verticais e horizontais que carregam partículas de materiais sólidos por meio da pressão de ar no sistema, sendo classificado como:

- **pressão positiva** – uso de soprador de deslocamento positivo para criar o fluxo positivo de ar na tubulação. Os materiais são injetados para dentro da corrente de ar, via comporta de ar, e soprados, via pista de transporte, para um silo de estocagem ou outro depósito para o processo;
- **pressão negativa (vácuo)** – emprega um soprador de deslocamento positivo para criar vácuo na linha, um mecanismo de entrada apropriado, com um bocal ou depósito alimentador, e uma estação receptora, na qual partículas transportadas são

separadas da corrente de ar por ação tangencial ou ciclônica e descarregadas ou distribuídas para estocagem ou processamento;

- **combinação** – emprega os princípios dos dois tipos expostos anteriormente. À parte do sistema a vácuo é geralmente usada para descarregar ou recuperar (aproveita) materiais do armazém. Partículas são arrastadas para a estação receptora e descarregadas dentro da parte pressurizada do sistema.

b) Circuito fechado é similar ao transportador pneumático de tubulação, mas com retorno de ar para a fonte, ao invés de lançá-lo para a atmosfera.

c) Ar ativado é um conduto retangular, com uma base permeável ao ar, no qual o ar, a baixa pressão e proveniente do espaço abaixo fluidizam o material, obrigando-o a escoar por gravidade, pelo conduto abaixo.

d) Tubo é um sistema tubular com seção transversal através do qual uma cápsula, ajustada com anéis vedantes, é movida pela pressão do ar.

Segundo Macawber Engineering (2006) existem quatro regimes de transporte pneumático de acordo com a Figura 8. Trata-se do método pelo qual são transportados os produtos sob um tipo particular de fluxo e determinando um padrão de movimentação do material dentro das tubulações. Alguns destes regimes são estáveis e outros instáveis:

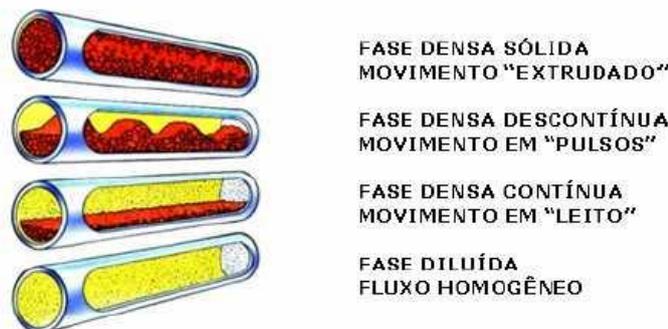


Figura 8: Regimes do transporte pneumático

a) Fase densa sólida – o material é transportado bem abaixo da velocidade de flutuação da partícula com a tubulação repleta de material. O material é virtualmente “extrudado” através da tubulação. Nestas condições praticamente não há agitação ou turbulência no fluxo de material ao longo da tubulação de transporte;

b) Fase densa descontínua – o material é transportado bem abaixo da velocidade de flutuação da partícula movendo-se em pulsos, ou seja, um pulso ou uma série deles

separados por faixas de ar ao longo da tubulação. Estes pulsos preenchem completamente a seção da tubulação;

c) Fase densa contínua – o material é transportado abaixo da velocidade de flutuação da partícula e move-se continuamente formando um “leito” na parte inferior da tubulação. Fase densa contínua refere-se a um padrão de fluxo de material e não a um método de transporte, por exemplo: o transporte pode ser por batelada, mas o fluxo de material é contínuo, em leito;

d) Fase diluída – o material é transportado acima da velocidade de flutuação da partícula. O fluxo é homogêneo e totalmente em suspensão.

As duas principais categorias do transporte pneumático, sistema em fase diluída e em fase densa, também podem ser definidas como sistemas de baixa pressão (utiliza pressão de ar inferior a 1 bar) e sistemas de alta pressão (utiliza pressão de ar superior a 1 bar). A Figura 9 mostra o transportador pneumático em fase diluída e em fase densa.

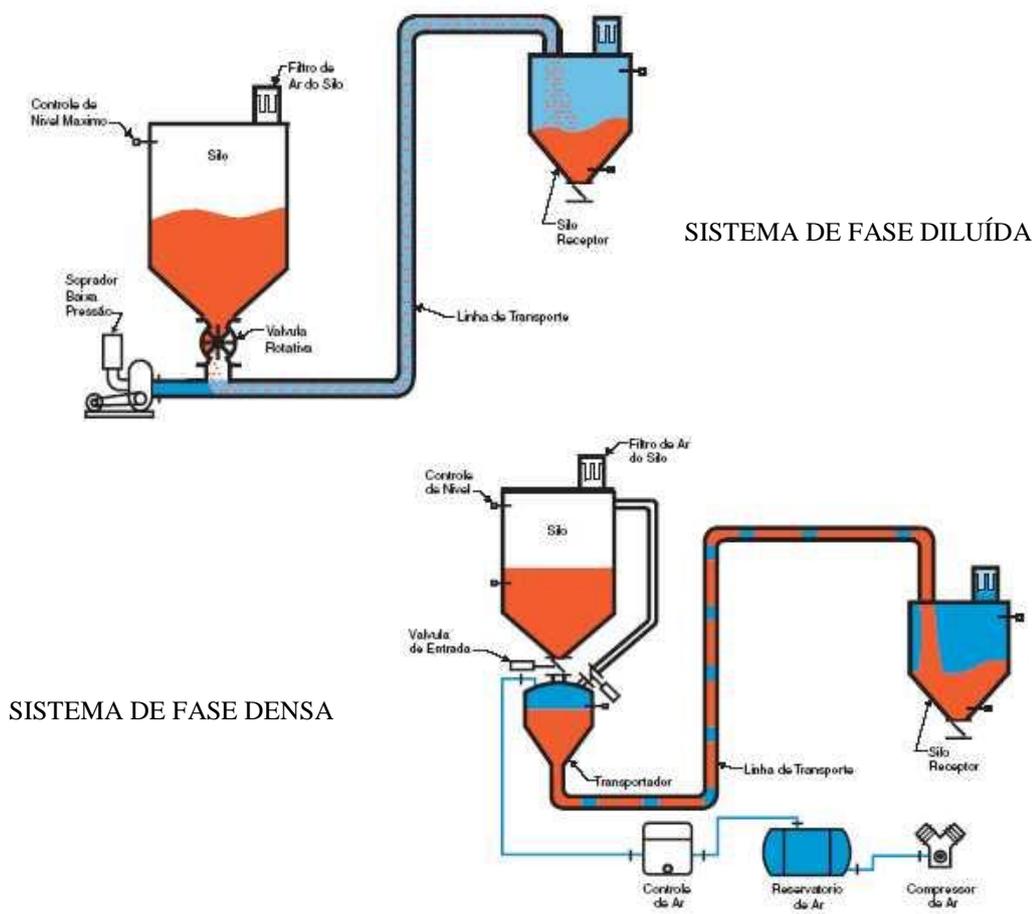


Figura 9: Transportador pneumático em fase diluída e em fase densa.

A velocidade de flutuação está relacionada com o comportamento dos particulados quando transportados por um fluxo de gás conforme mostra a Figura 10. Se a velocidade do gás de transporte é alta o suficiente, o material será transportado acima da velocidade de flutuação. À medida que é reduzida a velocidade, chega-se a um ponto onde o material deixa de flutuar, cai e sai do fluxo do gás. Este ponto é chamado de ponto de flutuação e a velocidade na qual isto ocorre é chamada de velocidade de flutuação. Se a velocidade do gás continua a ser reduzida, o material tende acumular-se na parte inferior da tubulação e o fluxo muda para o regime de fase densa. Geralmente, sistemas em fase diluída têm as maiores velocidades e em fase densa as menores (MACAWBER ENGINEERING, 2006).



Figura 10: Comportamento do material na tubulação acima, abaixo e na velocidade de flutuação da partícula.

Os tipos de transportadores pneumáticos para material em volumes são usados quando se quer transportar, entre pontos definidos, materiais de grande tonelagem. Os transportadores de granel são utilizados em indústrias ou depósitos de pós ou grãos que requeiram grande fluxo contínuo (MOURA, 2000).

Possuem aplicação típica em silos, fábricas de adubos, moinhos e portos. São indicados praticamente para todos os tipos de materiais não abrasivos, de pequena granulometria e peso específico como: carvão em pó, cereais, farinha. (DIAS, 1993). No transporte de materiais higroscópicos pode ser utilizado ar seco e no transporte de materiais potencialmente explosivos, um gás inerte, tal como o nitrogênio (MACAWBER ENGINEERING, 2006). Também podem ser utilizados para materiais que requeiram resfriamento durante o transporte ou isolamento do meio ambiente. O correio pneumático pode ser usado em fábricas, armazéns, bancos, hospitais. Para transportar pequenas peças e ferramentas, dinheiro, amostras para testes, correspondências, cópias heliográficas (MOURA, 2000).

Estes transportadores apresentam vantagens como: a) entrega de materiais secos, pela linha de abastecimento para as áreas da fábrica, as quais são economicamente inacessíveis por transportadores mecânicos; b) armazenagem de materiais volumosos em depósitos de grande capacidade e silos em áreas da fábrica; c) aumento da segurança na fábrica devido à eliminação de mão de obra de embalagem; d) impedem que os materiais transportados contaminem as dependências onde estão instalados devido ao manuseio dos materiais em sistemas fechados; e) eliminação do sistema de proteção contra incêndios, usualmente requerido em áreas onde materiais ensacados ou recipientes volumosos são estocados; f) pequeno espaço ocupado por sua aparelhagem, que pode transportar diversos materiais pelas mesmas tubulações; g) versatilidade do sistema; h) baixo custo de manutenção (DIAS, 1993 e MOURA, 2000).

As limitações destes tipos de transportadores são: a) distâncias limitadas; b) alto custo de instalação; c) alguns materiais podem se revelar explosivos, em certas misturas com o ar; d) não são indicados senão para o uso contínuo em alta capacidade; e) exigem potência mais elevada que os mecânicos convencionais; f) são unidirecionais; g) vias de regra, não devem transportar materiais quebradiços (MOURA, 2000).

2.10.2. Transportadores de rosca sem fim

São lâminas metálicas contínuas que se desenvolvem em espiral, ao longo de um eixo, encerradas dentro de um conduto tipo calha fechada ou não como mostra a Figura 11 (MOURA, 2000). O material colocado no conduto é movimentado pela rotação imprimida ao eixo longitudinal do equipamento por motor elétrico (DIAS, 1993).

Os transportadores de rosca variam conforme o tipo da hélice (dupla, simples, aletas, de fita) e de posição (fixa ou móvel). A capacidade varia de acordo com a porcentagem de carregamento do leito, diâmetro da rosca, tamanho dos granulados e velocidade do transportador (MOURA, 2000).

Os transportadores são fabricados normalmente com roscas de 4", 6", 9", 10", 12", 14", 16", 18", 20" de diâmetro, de acordo com a capacidade exigida (DIAS, 1993).

Em geral, são utilizados para transferência de material a granel sendo indicado para capacidades pequenas e médias e distâncias inferiores a 70m. Trabalham normalmente na horizontal e, se inclinados, há redução de capacidade (MOURA, 2000).



Figura 11: Transportador de rosca sem fim

Os transportadores de rosca são empregados em silos, moinhos, indústria farmacêutica e outras, nas quais seja necessário movimentar granulado, servindo também para misturar e agitar (DIAS, 1993). O calcário seco, cimento, carvão, argila, fosfato, areia e sal são alguns exemplos de materiais que podem ser transportados (MOURA, 2000).

Estes transportadores fornecem vantagens que: a) permitem reversão do fluxo; b) permitem carregamento em diversos pontos; c) facilitam homogeneização (massas), resfriamento; d) facilitam instalação; e) ocupam pouco espaço e podem ficar sob o nível do solo, sendo facilmente vedado à poeira; e) tornam versátil e barato a movimentação em curta distância (DIAS, 1993 e MOURA, 2000).

Entretanto características como: a) preço de aquisição; b) pequena capacidade; c) perda de rendimento na elevação; d) não ser aconselhado para uso com produtos corrosivos ou abrasivos; e) não ser aconselhado para grandes distâncias; f) ser

difícil de limpar; limitam o emprego de transportadores de rosca sem fim nas indústrias (DIAS, 1993 e MOURA, 2000).

2.11. Ergonomia

Segundo Slack (2002), a ergonomia preocupa-se primariamente com os aspectos fisiológicos do projeto do trabalho, isto é, com o corpo humano e como ele ajusta-se ao ambiente. Isso envolve dois aspectos: primeiro como a pessoa confronta-se com os aspectos físicos de seu local de trabalho, onde “local de trabalho” inclui mesas, cadeiras, escrivaninhas, máquinas, computadores e assim por diante; segundo, como uma pessoa relaciona-se com as condições ambientais de sua área de trabalho imediata. Com isso, queremos dizer a temperatura, a iluminação, o barulho do ambiente. Ergonomia é algumas vezes referida como “engenharia de fatores humanos”, ou simplesmente “fatores humanos”. Ambos esses aspectos estão ligados por duas idéias comuns:

Deve haver adequação entre pessoas e o trabalho que elas fazem. Para atingir essa adequação, há somente duas alternativas. Ou o trabalho pode ser adequado às pessoas que os fazem ou, alternativamente, as pessoas podem ser adequadas ao trabalho. A ergonomia direciona para a primeira alternativa.

É importante adotar uma abordagem “científica” ao projeto do trabalho, por exemplo, colecionando dados para indicar como as pessoas reagem sob diferentes condições de projeto de trabalho e tentando encontrar o melhor conjunto de condições de conforto e desempenho.

2.11.1. Projeto ergonômico do local de trabalho

Em muitas operações produtivas, novas demandas, tecnologias e métodos de trabalho reconcentraram atenção em como as pessoas ligam-se às partes físicas de seus trabalhos. Entender como os locais de trabalho afetam o desempenho, a fadiga, o desgaste e os danos físicos é parte da abordagem ergonômica do projeto de trabalho.

Muitas melhorias estão inicialmente preocupadas com o que são chamados aspectos antropométricos do trabalho, isto é, os aspectos relacionados a tamanho, forma, força e outras habilidades físicas das pessoas.

A ergonomia também se preocupa com a forma pela qual as capacidades sensoriais das pessoas são usadas em seus trabalhos. Estes assim chamados aspectos neurológicos do projeto do trabalho incluem visão, tato, som e talvez mesmo cheiro, que o local de trabalho apresenta, para dar informações para o operador, e a forma pela qual um operador transmite instruções de volta para o local de trabalho. À parte do “local de trabalho” na qual estamos interessados é, usualmente, algum tipo de tecnologia de processo ou máquina e a interface entre o operador e a máquina inclui mostradores de informação da máquina para o operador e o manuseio de controles pelo operador na comunicação com a máquina.

O ambiente imediato no qual o trabalho acontece pode influenciar a forma como ele é executado. As condições de trabalho que são muito quentes ou muito frias, insuficientemente iluminadas ou excessivamente iluminadas ou excessivamente claras, barulhentas ou irritantemente silenciosas, todas vão influenciar a forma como o trabalho é realizado. Um ponto importante a notar é o impulso que esse aspecto da ergonomia recebeu com a introdução de legislações de saúde ocupacional e segurança, que controlam as condições ambientais nos locais de trabalho no mundo. Um completo entendimento de aspectos da ergonomia é necessário para trabalhar dentro das linhas mestras dessa legislação.

Prever as reações dos indivíduos à temperatura de trabalho não é simples. Os indivíduos variam na forma como seu desempenho e conforto variam com a temperatura. Além disso, a maioria das pessoas que julgam a “temperatura” também é influenciada por outros fatores, como umidade e movimento do ar. Não obstante isso, alguns pontos gerais relativos a temperaturas de trabalho proporcionam guias para os projetistas do trabalho.

A faixa de temperatura confortável dependerá do tipo de trabalho que está sendo feito trabalhos mais leves requerem temperaturas mais altas do que os trabalhos mais pesados.

A eficiência das pessoas que fazem tarefas de vigilância reduz-se a temperaturas acima de cerca de 29°C; a temperatura equivale para pessoas que fazem trabalhos manuais leves é um pouco menor.

As chances de acidentes ocorrerem aumentam as temperaturas que estão acima ou abaixo da faixa confortável para o trabalho envolvido.

A intensidade de iluminação requerida para desempenhar qualquer trabalho satisfatoriamente dependerá da natureza do trabalho. Alguns trabalhos que envolvem movimentos extremamente delicados e precisos requerem níveis muito altos de iluminação. Outros trabalhos menos delicados não requerem níveis tão altos.

Os efeitos daninhos dos níveis de ruído excessivos são talvez mais fáceis de entender do que outros fatores ambientais. A perda de audição induzida por ruído é uma consequência de ambientes de trabalho em que o ruído não é mantido abaixo dos limites de segurança.

Além dos efeitos daninhos, os altos níveis de barulho também podem reduzir o desempenho para níveis muito baixos, por exemplo, em tarefas que requerem atenção e julgamento.

Ruídos intermitentes e imprevisíveis são mais perturbadores do que barulhos constantes no mesmo nível

Barulhos de alta frequência (acima de cerca de 2.000 Hz) usualmente produzem mais interferência no desempenho do que os barulhos de baixa frequência.

O barulho mais provavelmente afetará a taxa de erro (qualidade) do trabalhador do que sua taxa de produção.

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição do layout

O estudo de caso foi desenvolvido baseado em uma Indústria de Refrigerantes de grande porte. A xaroparia desta indústria possui três tanques dissolvedores com capacidade para produzir 30.000 litros por hora de xarope simples a 67°Brix. O que significa que para produzir o xarope são necessários aproximadamente 20.000 Kg de açúcar cristal e 10.000 Kg de água por hora. Estes tanques possuem aproximadamente 7 metros de altura (no ponto de carga) e 3 metros de diâmetro.

Na produção do xarope simples foi utilizado big bag de açúcar com capacidade de 1.000 Kg. Para a produção de um dia de trabalho (8 horas) foram necessários 160 sacas, as quais encontraram-se dispostas na área de armazenagem.

Para promover o transporte da carga de açúcar até os tanques dissolvedores foram analisados três diferentes sistemas de movimentação de cargas muito comuns e amplamente aplicados neste tipo de indústria: a) ponte rolante; b) transportador pneumático; c) transportador de rosca sem fim.

3.3.1 Layout da ponte rolante

No sistema de movimentação da carga de açúcar por ponte rolante (Figura 12), o equipamento é responsável por elevar o big bag e movimentá-lo tanto no sentido longitudinal quanto no sentido transversal. Um operador, no nível do piso operacional, comanda o equipamento por botoeira transportando o big bag até o silo localizado na plataforma (Figura 13). Já na plataforma, suspenso sobre o silo de alimentação do tanque dissolvedor, um operador desamarra a boca inferior do big bag despejando o açúcar que escorre por gravidade através de um duto até o dissolvedor.

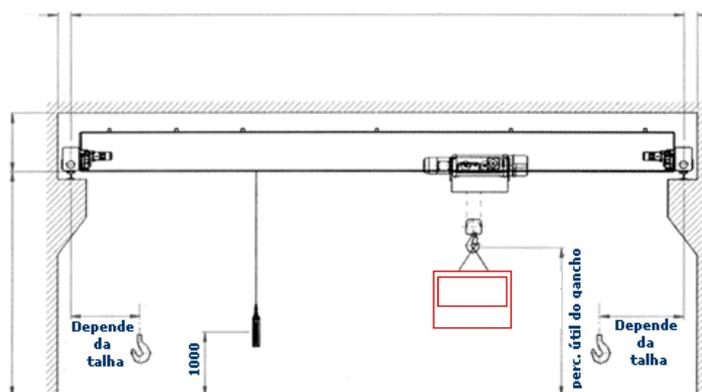


Figura 12: Ponte Rolante

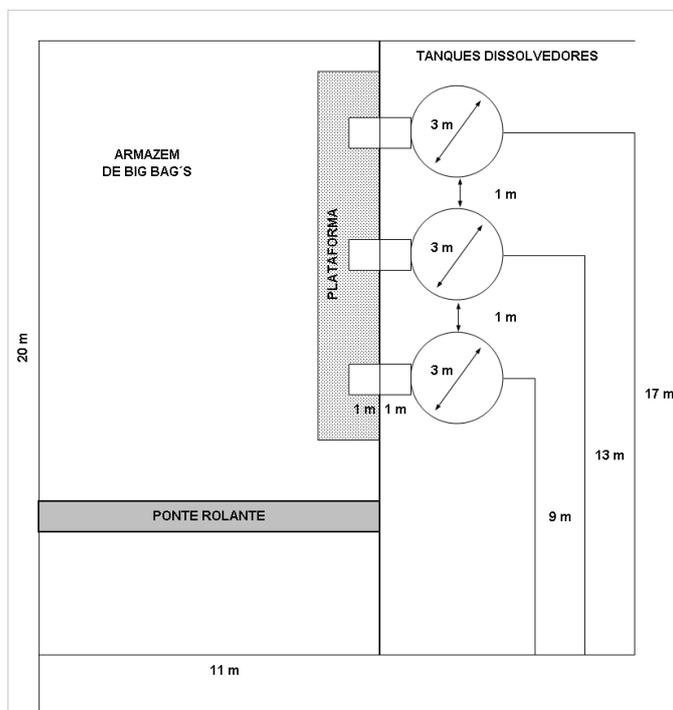
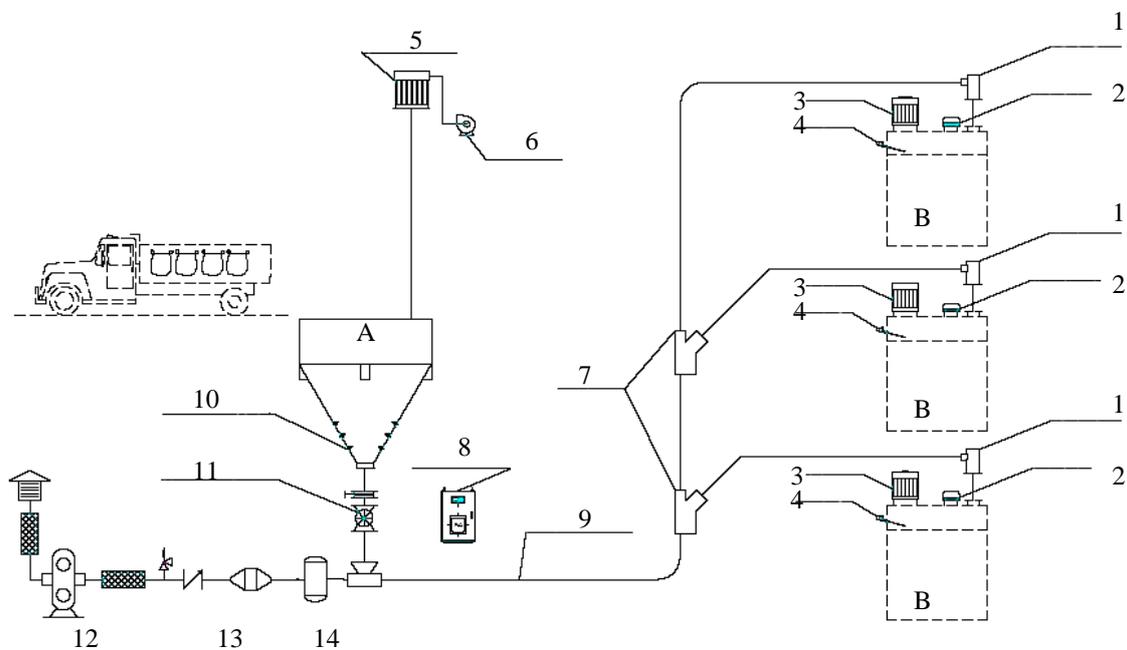


Figura 13: Layout da movimentação de carga de açúcar por ponte rolante.

3.1.2. Layout do transportador pneumático

O transportador pneumático é alimentado através de um descarregador de big bag. Sendo que a movimentação da carga de açúcar até o descarregador é realizada por um operador de empilhadeira.

No caso específico do transportador pneumático (Figura 14) o equipamento é acionado por outro operador e o açúcar é soprado através de dutos fechados até os tanques dissolvedores. Este sistema de operação adotado caracteriza-se como transporte pneumático em fase diluída, no qual o material é transportado acima da velocidade de flutuação da partícula e o fluxo é homogêneo e totalmente em suspensão.



Legenda

A	Moega	7	Válvula desviadora
B	Tanques dissolvedores	8	Painel de comando
1	Receptor final	9	Linha de transporte
2	Válvula de segurança	10	Sistema de fluidização
3	Filtro cartucho	11	Válvula rotativa
4	Chave de nível	12	Compressor tipo Roots
5	Filtro de cartucho	13	Resfriador
6	Ventilador	14	Separador de gotas

Figura 14: Sistema de transporte pneumático

3.1.3. Layout do transportador de rosca sem fim

Da mesma maneira que o transportador pneumático, o transportador de rosca sem fim também é alimentado através de um descarregador de big bag. No sistema de transporte por rosca (Figura 15), o açúcar é elevado através de uma rosca sem fim composta de dois trechos: um inclinado a 45° para elevação do açúcar até a altura de descarga e outro horizontal, responsável pela distribuição da carga aos tanques dissolvedores, a qual é controlada por válvulas tipo guilhotina de acordo com o layout da Figura 16.

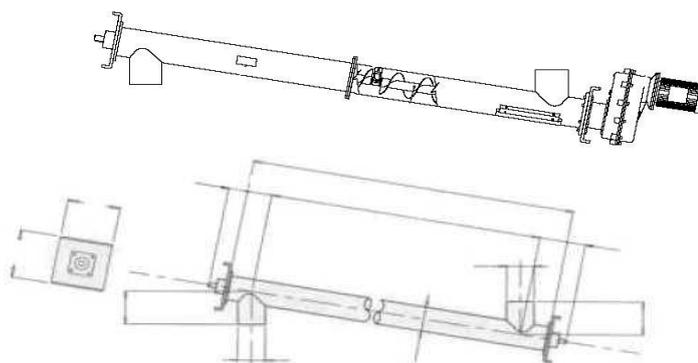


Figura 15: Desenho técnico do transportador de rosca sem fim.

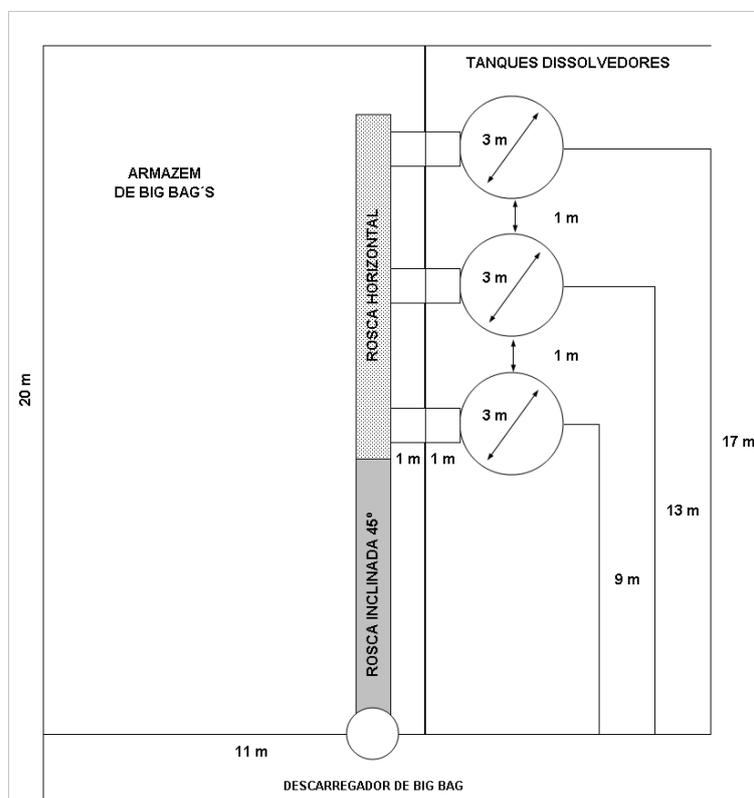


Figura 16: Layout da movimentação de carga de açúcar por transportador de rosca sem fim.

3.2. Avaliação econômica

A avaliação econômica foi feita através do cálculo do custo médio de movimentação do açúcar (HOFFMANN et al., 1987) para a produção de xarope simples, a 67° Brix. Os cálculos foram baseados em uma indústria de refrigerantes, cuja capacidade de produção é de 30.000 litros de xarope simples por hora.

O custo médio de movimentação do açúcar foi calculado a partir das despesas específicas (HOFFMANN et al., 1987), ou seja, aquelas diretamente relacionadas com a movimentação do mesmo:

- a) mão-de-obra dos operadores;
- b) energia elétrica;
- c) amortização dos equipamentos: ponte rolante, transportador pneumático ou transportador de rosca.

3.2.1. Mão de obra

Considerando-se que o processo de fabricação de uma batelada consome em torno de 4 horas, estipulou-se um período diurno de trabalho de 8 horas segundo Quadro 6 do Apêndice.

O número de trabalhadores necessários para realizar a movimentação do açúcar foi igual a dois, independente do sistema utilizado.

O custo da mão de obra foi baseado em dados fornecidos pela Indústria de Refrigerantes e em dados do Classificado Empregos da Folha de São Paulo do dia 21 de maio de 2006. Considerando as categorias profissionais dos trabalhadores e incluindo 80% de encargos sociais de acordo com o Quadro 7 do Apêndice.

3.2.2. Energia

O custo da energia elétrica foi calculado tomando por base a potência (kW) de cada equipamento, contabilizando seu período de funcionamento conforme o Quadro 8 do Apêndice.

$$E_e = P * t * p$$

onde:

E_e = custo da energia elétrica consumida pelo equipamento, R\$/dia.

P = potência do motor, kW

t = tempo de funcionamento, horas

p = preço do quilowatt.hora, R\$/kW.h

O preço da energia elétrica foi fornecido pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL).

A potência da ponte rolante foi calculada pela média ponderada, considerando 7 metros de elevação e um deslocamento médio 13 metros de longitude e 5 metros de transversal. Para os transportadores, foi considerada a soma das potências dos motores utilizados na movimentação da carga.

3.2.3. Amortização

A amortização é um processo de extinção de uma dívida através de pagamentos periódicos, que são realizados em função de um planejamento, de modo que cada prestação corresponde à soma do reembolso do capital. Seu custo foi calculado para um ano, um ano e meio e dois anos como mostra o Quadro 9 do Apêndice.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação econômica

Selecionar equipamentos de movimentação não é fácil. Principalmente porque cada operação não pode ser vista isoladamente, mas como parte integrante de todo o sistema de produção, não admite estrangulamento nem ociosidades. E também porque cada uma das alternativas possíveis tem sempre seus prós e contras. Ora, é o equipamento que exige alto investimento e mostra pouca flexibilidade, em contraposição ao equipamento de uso mais generalizado, que se mostra pouco produtivo. Outras vezes, o confronto toma a forma de opção entre elevada automatização com muito investimento, contra equipamentos mais baratos, que exigem mão de obra adicional e mais espaço (DIAS, 1993).

4.1.1. Mão de Obra

Apesar de serem necessários 2 funcionários para cada um dos 3 tipos de sistema de movimentação de carga de açúcar na xaroparia, o custo médio da mão

de obra para o sistema de movimentação por ponte rolante é o mais barato, R\$ 7,80 por hora por operário, conforme mostra o Quadro 2.

Embora o uso de empilhadeira seja necessário, nos três casos, para realizar o descarregamento dos caminhões de big bag's de açúcar que chegam à indústria, a mesma é utilizada com maior frequência apenas nos sistemas de movimentação que envolvem o transportador pneumático e a rosca sem fim. Assim, nestes dois casos o custo médio da mão de obra foi o mesmo, em torno de R\$ 10,40 por hora por operador.

Quadro 2: Custo da mão de obra.

Equipamento	Função	Salário (R\$/mês)	Número de funcionários	Custo (R\$/h.operador)
Ponte rolante	operador de máquina	R\$ 720,00	2	R\$ 7,80
	operador de máquina	R\$ 720,00		
Transportador pneumático	operador de empilhadeira	R\$ 1.200,00	2	R\$ 10,40
	operador de máquina	R\$ 720,00		
Transportador de rosca	operador de empilhadeira	R\$ 1.200,00	2	R\$ 10,40
	operador de máquina	R\$ 720,00		

4.1.2. Energia

O custo por hora da energia elétrica utilizada para a movimentação da carga de açúcar na xaroparia encontra-se no Quadro 3.

O consumo de energia elétrica do sistema de movimentação por rosca sem fim foi em torno de 5 vezes mais que o da ponte rolante, enquanto que o consumo do sistema de movimentação por transportador pneumático foi 10 vezes maior que o primeiro.

Ou seja, o sistema de movimentação por transportador pneumático consumiu maior quantidade de energia elétrica (298,08 kWh), enquanto o consumo do sistema de movimentação por transportador de rosca sem fim foi de 29,44 kWh e por ponte rolante, 5,63 kWh. O que resultou num custo de energia elétrica de R\$ 11,33; R\$1,12 e R\$ 0,21 por hora para cada um dos sistemas de movimentação, respectivamente.

Quadro 3: Custo da energia.

Equipamento	Potência (kW)	Tempo (h/dia)	Consumo (kWh)	Preço (R\$/kWh)	Custo (R\$/h)
Ponte rolante	1,13	5	5,63	R\$ 0,19	R\$ 0,21
Transportador pneumático	59,62	5	298,08	R\$ 0,19	R\$ 11,33
Transportador de rosca	5,89	5	29,44	R\$ 0,19	R\$ 1,12

4.1.3. Amortização

O custo de amortização, ou seja, a recuperação do capital investido na compra de cada um dos equipamentos encontra-se no Quadro 4. Conforme aumentamos o tempo de amortização, reduzimos o seu custo.

O sistema de movimentação por transportador pneumático é o mais sofisticado, assim o preço do equipamento é o mais alto (R\$ 269.300,00) conseqüentemente seu custo de amortização também.

Como o transportador de rosca sem fim custa à metade do transportador pneumático seu custo de amortização é duas vezes menor. Já o sistema de movimentação por ponte rolante, exige um equipamento mais simples. O que resulta num custo de investimento (R\$ 85.000,00) e amortização menor, mesmo estando incluindo o valor da estrutura metálica de sustentação do equipamento.

Quadro 4: Custo da amortização.

Equipamento	Preço (R\$)	Amortização		
		1 ano (R\$/h)	1,5 ano (R\$/h)	2 anos (R\$/h)
Ponte rolante	R\$ 85.000,00	R\$ 70,83	R\$ 47,22	R\$ 35,42
Transportador pneumático	R\$ 269.300,00	R\$ 224,42	R\$ 149,61	R\$ 112,21
Transportador de rosca	R\$ 130.526,00	R\$ 108,77	R\$ 72,51	R\$ 54,39

4.1.4. Custo total da movimentação da carga de açúcar

Segundo o Quadro 5, o custo total de movimentação da carga de açúcar é mais alto para o sistema de movimentação por transportador pneumático, decrescendo para a opção de rosca sem fim e por ponte rolante. O custo de movimentação por ponte rolante representa 32% do custo de movimentação por transporte pneumático. No caso do transportador de rosca, seu custo horário de movimentação, corresponde a aproximadamente 49% do custo por sistema pneumático.

Quadro 5: Custo total da movimentação da carga de açúcar.

Equipamento	Mão de obra (R\$/h.operador)	Energia (R\$/hora)	Amortização 1 ano (R\$/h)	Custo total (R\$/hora)
Ponte rolante	R\$ 7,80	R\$ 0,21	R\$ 70,83	R\$ 78,85
Transportador pneumático	R\$ 10,40	R\$ 11,33	R\$ 224,42	R\$ 246,14
Transportador de rosca	R\$ 10,40	R\$ 1,12	R\$ 108,77	R\$ 120,29

Equipamento	Mão de obra (R\$/h.operador)	Energia (R\$/hora)	Amortização 1,5 ano (R\$/h)	Custo total (R\$/hora)
Ponte rolante	R\$ 7,80	R\$ 0,21	R\$ 47,22	R\$ 55,24
Transportador pneumático	R\$ 10,40	R\$ 11,33	R\$ 149,61	R\$ 171,34
Transportador de rosca	R\$ 10,40	R\$ 1,12	R\$ 72,51	R\$ 84,03

Equipamento	Mão de obra (R\$/h.operador)	Energia (R\$/hora)	Amortização 2 ano (R\$/h)	Custo total (R\$/hora)
Ponte rolante	R\$ 7,80	R\$ 0,21	R\$ 35,42	R\$ 43,43
Transportador pneumático	R\$ 10,40	R\$ 11,33	R\$ 112,21	R\$ 133,94
Transportador de rosca	R\$ 10,40	R\$ 1,12	R\$ 54,39	R\$ 65,90

O sistema de movimentação por ponte rolante é mais barato, consome menos energia, porém, é mais manual, necessita de agilidade e atenção por parte dos operadores já que os mesmos têm que permanecer no piso e na plataforma enganchando e desamarrando os big bag's. Este transportador oferece maior risco e perigo ao operador.

O sistema de movimentação por transportador pneumático é uma alternativa relativamente simples e apropriada para o transporte de açúcar. É versátil e oferece vantagens com relação aos sistemas mecânicos como, por exemplo, o transportador de rosca sem fim. Além de permitir grandes movimentações de carga em circuitos herméticos, ou seja, poder operar sem que haja qualquer contato do material com peças móveis da instalação.

É ideal porque é mais higiênico e autolimpante. Porém, a umidade e a temperatura elevada do ar tornam-se um inconveniente, derretem o açúcar e provocam incrustações na tubulação. Este tipo de transporte necessita de secador e sistema de recuperação do ar encarecendo o investimento.

Além disso, o transporte pneumático no sistema de sopragem, usando soprador tipo “Roots”, exige velocidades altas de transporte com reflexos no aspecto do produto, podendo mudar a cor do mesmo e provocar desgaste por abrasão acentuado nas tubulações. O consumo de energia é significativamente maior que o exigido pelo transportador de rosca sem fim e pela ponte rolante.

No entanto as distâncias entre o descarregador de big bag’s e os tanques dissolvedores são pequenas para o uso do transporte pneumático, o que oferece aos transportadores de rosca sem fim uma melhor relação custo x benefício para esta situação.

Embora o transportador de rosca sem fim seja mais caro que a ponte rolante, oferece maior segurança aos operários. Entretanto, possui um inconveniente higiênico, pois apesar da rosca ser lavável é de difícil limpeza e o açúcar, muitas vezes, permanece grudado no equipamento.

Outra atenção deve ser dada ao projeto de instalação do transportador de rosca é quanto a sua inclinação, pois se for muito inclinada (maior que 60°) o açúcar tende a escorrer no sentido contrário ao movimento da rosca diminuindo o seu rendimento.

5. CONCLUSÃO

A escolha do sistema ideal para a movimentação da carga de açúcar depende de uma ponderação dos critérios técnicos de cada opção, os quais apresentam, entre si, prós e contras.

Do ponto de vista dos itens avaliados, mão de obra, energia e amortização; é possível concluir-se que:

- a) O sistema de movimentação por ponte rolante determinou o menor custo total por hora de operação, sendo o mais econômico do ponto de vista de custo de mão-de-obra, consumo de energia e investimento, resultando em um custo por hora operacional de 32% do custo do sistema pneumático.
- b) O sistema de movimentação por meio de transportador de rosca mostrou-se pouco atraente, uma vez que seu custo operacional é cerca de 50% mais caro que por ponte rolante, consumindo mais energia e mão de obra que este sistema.
- c) O sistema por transporte pneumático mostrou-se o mais caro e de maior custo operacional, sob todos os aspectos analisados. Sua vantagem, entretanto, é técnica, permitindo grandes movimentações de carga em circuitos herméticos, garantindo-se a integridade do produto.

Os resultados estão em consonância com a tendência na indústria de médio à grande porte pelo uso de pontes rolantes na movimentação da carga de açúcar na

indústria de bebidas açucaradas, sendo o uso de transporte pneumático mais utilizado nas chamadas mega-plantas, onde o açúcar é trazido por meio de caminhões graneleiros e estocado em silos, a partir dos quais é transportado pneumaticamente aos dissolvedores. Neste caso, o maior custo de amortização do investimento pode ser rateado em períodos mais extensos de tempo, minimizando seu impacto operacional, assim como os demais custos, minimizados pela alta produção, uma vez que a demanda energética e, principalmente, a de mão de obra, não aumentam na mesma proporção que a capacidade de transporte, carga e produção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P.G. Açúcar líquido é opção para refrigerantes. **Engarrafador Moderno**, São Bernardo do Campo, v.10, n.63, p.44-46, mar. 1999.

AZEVEDO, A. R. **Refrigerantes**. Órbita Starmedia. Disponível em: <<http://orbita.starmedia.com/~andre.azevedo/page3.html>>. Acesso em: 15 mar. 2006.

BARNABÉ, D.; SALATA, C. C.; VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). Refrigerantes. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. c.7, p.141-167.

BERTO, D. Refrigerantes: pura efervescência em ascensão desenfreada. **Engarrafador Moderno**, São Bernardo do Campo, v.11, n.91, p.38-42, nov. 2001.

BEVETCH. **Beverage technologies**. Disponível em: <<http://www.bevtech.com.br>>. Acesso em: 17 mar. 2006.

DE MARTINO, D.B. Fabricantes de refrigerantes regionais criam associação independente. **Engarrafador Moderno**, São Bernardo do Campo, v.10, n.80, p.10-12, out. 2000.

DIAS, M. A. P. Movimentação de materiais. In: _____. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1993. c.4, p.199-257.

ESPERANCINI, M. S. T. Mercado brasileiro de bebidas. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. c.2, p.21-49.

EXCESSIVA carga tributária impede expansão de refrigerantes. **Engarrafador Moderno**, São Bernardo do Campo, v.10, n.74, p.10-12, abr. 2000.

GUARANI investe em açúcar invertido. **Engarrafador Moderno**, São Bernardo do Campo, v.10, n.69, p.77, set.1999.

HOFFMANN, R. et al. In: _____. **Administração da empresa agrícola**. 6.ed. São Paulo: Pioneira, 1987. cap.2, p.5-55. (Série estudos agrícolas).

INOCENTES, A. R. Açúcar líquido emprega alta tecnologia. **Engarrafador Moderno**, São Bernardo do Campo, v.10, n.70, p.42-43, out. 1999.

MACAWBER ENGINEERING. **Transporte pneumático: diferencial tecnológico** Macawber. Disponível em: <<http://www.pdl.com.br>>. Acesso em: 07 abr. 2006.

MERCADO de refrigerantes reage em 2004. **Indústria de Bebidas**, Santo André, v.4, n.18, p.12-14, 2005. (anuário).

MOURA, R. A. Princípios básicos da movimentação de materiais. In: _____. **Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais**. 4.ed. São Paulo; Imam, 1998. v.1, c.3, p.91-121. (Série manual de logística).

MOURA, R. A. Transportadores contínuos. In: _____. **Equipamentos de movimentação e armazenagem**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 2000. v.4, c.3, p.82-118. (série manual de logística).

PAVANI, L. Refrescante e lucrativo. **Revista Oesp Alimentos e Bebidas**, São Paulo, v.7, n.52, p.6-8, jul./ago. 2002.

SALATA, C. C. Produção de refrigerante a partir de suco integral congelado e suco desidratado de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*): avaliação físico-química, sensorial e econômica. 2003. 177 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SLACK, N. Projeto e organização do trabalho. In: _____. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo; Atlas, 2002. c.9, p.275-307.

SOUZA, E.; RAZUK, P. C. **Operações unitárias no tratamento do xarope de açúcar**. Bauru, SP: Edipro, 1996. 320 p. ISBN (85-7283-151-7).

VASTECH. **Pontes e pórticos rolantes**. Disponível em: <<http://www.vastec.com.br>>. Acesso em: 10 abr. 2006.

Quadro 6: Avaliação do tempo de produção de acordo com a capacidade dos equipamentos e do período de trabalho dos operários.

EQUIPAMENTO	PRODUÇÃO POR HORA			HORAS DE PRODUÇÃO									
	Kg	Entrada	Saída	8 HORAS									
				9	10	11	12	13	14	15	16	horas funcionando	
água	9.900			X	X	X	X	X					5
tanque dissolvedor açúcar	20.100	30.000	30.000		X	X	X	X	X				5
aquecimento						X	X	X	X	X			5
filtro		30.000	30.000				X	X	X	X	X		5
tanque de armazenamento		30.000	30.000				X	X	X	X	X		5

Rendimento (produtos bons / produção total)	90%
total de xarope simples por dia (100% de rendimento)	117.188
total de xarope simples por dia (rendimento real em litros)	105.469
dias de trabalho por mês	20
total de xarope simples em litros por mês	2.109.375
dias de trabalho por ano	240
total de xarope simples em litros por ano	25.312.500

Considerando a densidade do xarope simples a 67° Brix:

$$d = 1,28 \text{ Kg/L}$$

$$d = \frac{m \text{ (Kg)}}{V \text{ (L)}}$$

$$V = 117.188 \text{ litros/dia}$$

LEGENDA	
X	1º tanque
X	2º tanque
X	3º tanque

Quadro 7: Determinação do número de operários e custo da mão de obra operacional.

CUSTO DA MÃO DE OBRA					
EQUIPAMENTO	FUNÇÕES	SALÁRIO (R\$/MÊS)	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS	ENCARGOS TRABALHISTAS	TOTAL (R\$/MÊS)
Ponte Rolante	operador de máquina	720	1	576	1.296
	operador de máquina	720	1	576	1.296
Transportador Pneumático	operador de empilhadeira	1.200	1	960	2.160
	operador de máquina	720	1	576	1.296
Transportador de Rosca	operador de empilhadeira	1.200	1	960	2.160
	operador de máquina	720	1	576	1.296
PONTE ROLANTE					
Custo por operário				R\$	7,80
Custo por hora				R\$	15,60
Custo diário				R\$	124,80
Custo mensal				R\$	3.744,00
Custo anual				R\$	45.552,00
TRANSPORTADOR PNEUMÁTICO					
Custo por operário				R\$	10,40
Custo por hora				R\$	20,80
Custo diário				R\$	166,40
Custo mensal				R\$	4.992,00
Custo anual				R\$	60.736,00
TRANSPORTADOR DE ROSCA					
Custo por operário				R\$	10,40
Custo por hora				R\$	20,80
Custo diário				R\$	166,40
Custo mensal				R\$	4.992,00
Custo anual				R\$	60.736,00

Quadro 8: Cálculo do consumo e custo de energia da movimentação da carga de açúcar.

CUSTO DA ENERGIA			
EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA (kW)	TEMPO DE USO (HORAS/DIA)	CONSUMO (kWh)
Ponte Rolante	1,13	5	5,63
Transportador Pneumático	59,62	5	298,08
Transportador de Rosca	5,89	5	29,44
Preço da Energia Elétrica (R\$/kWh)		R\$	0,19
PONTE ROLANTE			
Custo por hora	R\$		0,21
Custo diário	R\$		1,07
Custo mensal	R\$		21,38
Custo anual	R\$		256,61
TRANSPORTADOR PNEUMÁTICO			
Custo por hora	R\$		11,33
Custo diário	R\$		56,64
Custo mensal	R\$		1.132,70
Custo anual	R\$		13.592,45
TRANSPORTADOR DE ROSCA			
Custo por hora	R\$		1,12
Custo diário	R\$		5,59
Custo mensal	R\$		111,87
Custo anual	R\$		1.342,46

Quadro 9: Custo da amortização para 1 ano, 1,5 anos e 2 anos de acordo com o tempo de funcionamento do equipamento.

AMORTIZAÇÃO				
EQUIPAMENTOS	PREÇO (R\$)	1 ANO (R\$/h)	1,5 ANOS (R\$/h)	2 ANOS (R\$/h)
Ponte Rolante	R\$ 85.000,00	R\$ 70,83	R\$ 47,22	R\$ 35,42
Transportador Pneumático	R\$ 269.300,00	R\$ 224,42	R\$ 149,61	R\$ 112,21
Transportador de Rosca	R\$ 130.526,00	R\$ 108,77	R\$ 72,51	R\$ 54,39
HORAS DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO				
1 ANO	240	dias/ano	1200	horas
	5	horas/dia		
1 ANO E MEIO	20	dias/mês	1800	horas
	18	meses		
	5	horas/dia		
2 ANOS	240	dia/ano	2400	horas
	5	horas/dia		