

N. CLASS. M620.7
CUTTER M1497
ANO/EDIÇÃO 2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
MARINA ZAMPIER MACHADO

TRANSPORTADOR TUBULAR DE ARRASTE – DRAG

Varginha
2015

MARINA ZAMPIER MACHADO

TRANSPORTADOR TUBULAR DE ARRASTE – DRAG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Erik Vitor da Silva

Varginha

2015

MARINA ZAMPIER MACHADO

TRANSPORTADOR TUBULAR DE ARRASTE – DRAG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em ____/____/____

Prof. Edson Tavares de Brito

Prof. Marcelo Moraes

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus, por não me deixar desanimar e por me dar forças para continuar lutando. Dedico também à minha família, cujo apoio, paciência e compreensão me possibilitaram ir mais longe.

Grupo Educacional UNIC

AGRADECIMENTOS

À Deus e à minha família, agradeço por nunca me deixarem desanimar nesta caminhada. Aos amigos da faculdade e da STM e aos professores, pelo incentivo, auxílio e o aprendizado que me proporcionaram. Vocês foram primordiais para esta vitória.

“Como os montes cercam Jerusalém, assim o
Senhor protege o seu povo, desde agora e para
sempre.”

Salmos 125:2

RESUMO

Este trabalho visa estudar os principais componentes mecânicos de um equipamento automotor de baixo custo. Tal equipamento vem sendo desenvolvido como uma alternativa para os transportadores mecânicos e pneumáticos atualmente utilizados pela indústria de processamento. O transportador tubular de arraste – Drag é um sistema mecânico fechado de transporte contínuo. Planejado para apresentar baixo consumo de energia, utiliza um cabo taliscado para movimentar qualquer material em altas velocidades, dentro de um tubo fechado. É um sistema criado a partir da observação de componentes de arraste mecânico, principalmente a Corrente Redler, e de sistemas pneumáticos, unindo os benefícios de ambos os sistemas de transporte. O setor produtivo investe cada vez mais em soluções de produção e transporte para obter métodos mais eficientes e econômicos e atender normas rigorosas de segurança no trabalho, controle sanitário, e cuidado com o meio-ambiente. O sistema Drag visa atender essa demanda nos mais diversos meios industriais, principalmente o processamento de minério, indústrias químicas, de beneficiamento de grãos e alimentícias. A partir de uma explanação sobre as características construtivas do DRAG, utiliza-se um método de pesquisa dedutivo para realizar a análise de dados sobre os materiais aplicados, e as principais diretrizes teóricas para o dimensionamento do sistema, precedendo a elaboração de um sistema mecânico teórico e a criação de um protótipo universal em trabalhos futuros.

Palavras-chave: Drag. Transportador Mecânico. Baixo Custo. Sistema de Transporte.

ABSTRACT

This report drives the study the main mechanical components of a low cost automotor equipment. This equipment has been developed as an alternative to mechanical and pneumatic transporters currently used by the processing industry. The drag tubular transporter (DRAG) is a closed mechanical system of continuous transportation. Designed to perform low energy consumption, it uses a TALISCADO cable to move any material at high speed, inside a closed tube. It's a system created from the observation of drag mechanical components, specially the "REDLER TYPE" chain, and pneumatic systems, combining the benefits of both transportation systems. The productive sector invests increasingly on production and transportation solutions to get more economic and efficient methods, and to comply with strict norms of workplace health and safety, sanitary control and environmental care. The DRAG system aims to attend this demand in the most diverse industrial environment, specially the ore processing, chemical industries and the benefits of grains and food. From an explanation of the constructive characteristics of DRAG, it uses a method of deductive research to perform data analysis of the materials use , and the main theoretical guidelines for the system design , preceding the construction of a theoretical mechanical system and the creation of a universal prototype for future work .

Key Words: DRAG. Mechanical Transporter. Low Cost. Transportation System.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 EQUIPAMENTO PNEUMÁTICO	11
2.1 Vantagens	12
2.2 Desvantagens	13
3 TRANSPORTADOR TUBULAR DE ARRASTE – DRAG	14
3.1 Materiais aplicados	15
3.1.1 Aço	15
3.1.1.1 Aço inox	19
3.1.2 Polímeros	20
3.1.2.1 Polietileno de alta densidade	21
3.1.2.2 Nylon 6.6	23
3.2 Componentes do sistema DRAG	25
3.2.1 Unidade de transmissão	26
3.2.1.1 Motorreductor	26
3.2.1.2 Polia de transmissão	26
3.2.1.3 Caixa agregadora	26
3.2.2 Unidade de retorno	27
3.2.2.1 Esticador	27
3.2.2.2 Polia de retorno	27
3.2.2.3 Caixa agregadora	27
3.2.3 Moega de entrada e de descarga	28
3.2.4 Tubulação	28
3.2.5 Cabo de aço	28
3.2.6 Talisca	29
3.3 Vantagens	29
3.4 Desvantagens	30
4 CÁLCULO ELEMENTAR	31
4.1 Cálculo da capacidade mássica de transporte	31
5 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIA	35
ANEXO A	37

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o transporte de sólidos mediante a utilização de sistemas de Transporte Pneumático está estabelecido em muitos segmentos industriais, destacando-se o de processamento de minério, indústrias químicas, de beneficiamento de grãos e alimentícias. Isso ocorre porque ao se transportar produtos através de tubulação fechada há o menor risco de contaminação e menor desperdício de matéria-prima/produto acabado. Porém há desvantagens substanciais neste método, entre elas o fato de os fenômenos relacionados ao transporte pneumático ainda serem considerados de natureza bastante complexa, pois dependem de uma grande quantidade de variáveis.

Outro fator é que, nessa forma de transporte, o ar comprimido é injetado em tubos, carregando o produto do ponto "A" ao ponto "B". Apesar de parecer simples e barato, pois o ar é um fluido de trabalho fácil de conseguir, os gastos com manutenção de compressores e tubulação, filtros de ar, removedores de umidade e eletricidade podem inviabilizar um projeto. Há também a questão do layout a ser atendido. Para que o ar consiga exercer uma força sobre o produto é necessário que esteja sob determinada pressão.

Ao montar um circuito pneumático devemos considerar a distância a ser percorrida, a quantidade de compressores entre a origem e o destino para manter a pressão, a massa do ar, a massa do produto, a velocidade que esse deve atingir para levar material de um lugar a outro, diferenças de pressão entre alturas, entre outras coisas.

Todos estes componentes interferem na montagem final do sistema, sendo que uma grande quantidade de curvas ou diferenças de alturas pode exigir mais compressores e filtros, o que encarece o projeto. Dependendo do trajeto, é preferencial usar um sistema de arraste mecânico.

A ineficácia dos transportadores mecânicos dentro da indústria de processamento aliada a normas cada vez mais rigorosas sobre o controle sanitário obriga o setor produtivo a investir em soluções de transporte. Os sistemas de arraste mecânico dependem de lubrificação para funcionar, o que pode interferir na qualidade do produto final. Também há a desvantagem das perdas de material, pois sistemas mecânicos de arraste dificilmente são fechados, para facilitar o acesso da manutenção.

Uma solução seria uma máquina de transportes que unisse os benefícios de ambos os sistemas de transporte. Se tal componente for versátil, todos os setores industriais poderiam aproveitar seus benefícios.

O Drag é um sistema criado a partir da observação de componentes de arraste mecânico, principalmente a Corrente Redler, e de sistemas pneumáticos. O Transportador Mecânico De Arraste – Drag é um sistema mecânico fechado de transporte contínuo. Tem baixo consumo de energia e utiliza um cabo taliscado para movimentar qualquer material em altas velocidades, dentro de um tubo fechado.

Tido como inovador, sua utilização pretende atender a necessidades específicas dos setores minero industrial e alimentício.

O Transportador Mecânico De Arraste - Drag visa substituir de forma prática e eficiente os Transportadores Pneumáticos atualmente utilizados na indústria, eliminando desvantagens comuns de outros sistemas mecânicos.

Este trabalho visa estudar os principais componentes mecânicos deste equipamento automotor de baixo custo. O Sistema Drag vem sendo desenvolvido como uma alternativa para os transportadores mecânicos e pneumáticos atualmente utilizados pela indústria de processamento.

A partir de uma explanação sobre as características construtivas do DRAG, utiliza-se um método de pesquisa dedutivo para realizar a análise de dados sobre os materiais aplicados, e as principais diretrizes teóricas para o dimensionamento do sistema, precedendo a elaboração de um sistema mecânico teórico e a criação de um protótipo universal em trabalhos futuros.

2 EQUIPAMENTO PNEUMÁTICO

O transporte pneumático pode ser definido como a arte de transportar materiais em pó, grãos ou granulados através de um fluxo de ar, a uma velocidade adequada, com pressão positiva ou negativa de um local para outro (DICKOW, 2013).

O início dos estudos, projetos e aplicações do sistema de transporte pneumático é indeterminado. Há referências a um grande aumento nas pesquisas sobre este sistema na Alemanha na década de 1920.

Apesar de toda a tecnologia existente, o transporte pneumático pode ser considerado uma ciência experimental, pois, mesmo aplicando-se os fundamentos teóricos básicos de pneumática no seu projeto, o desempenho do equipamento pode diferir muito do inicialmente projetado.

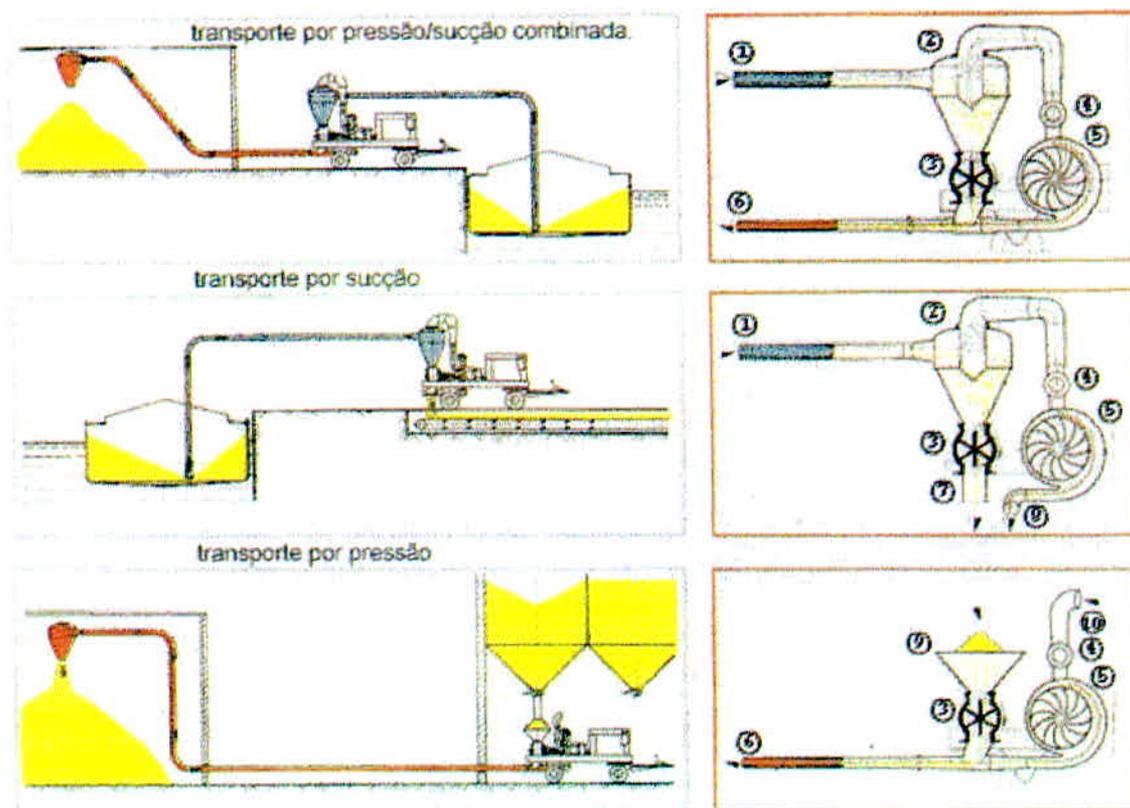
Segundo GOMES (2006), os sistemas pneumáticos podem operar em pressão positiva, negativa ou ainda combinar os dois tipos de pressão.

DICKOW (2013) considera que um sistema de transporte pneumático normalmente é composto por:

- a) Tubulação de sucção (1);
- b) Ciclone de sucção (2);
- c) Válvula rotativa (3);
- d) Regulador de fluxo de ar (4);
- e) Máquina geradora de pressão, positiva ou negativa (5);
- f) Tubulação de pressão (6);
- g) Saída de descarga por gravidade (7);
- h) Tubulação de pressão (8);
- i) Funil de entrada (9);
- j) Tubulação de entrada do ar (10).

Cada um desses componentes está relacionado à figura 1:

Figura 1 - Composição de um sistema de transporte pneumático



Fonte: Dickow, 2013

Devido a quantidade de componentes, circuitos pneumáticos podem custar até cinco vezes mais que um sistema mecânico de transporte em percursos longos ou quando existe a necessidade de múltiplos estágios (NONNENMACHER, 1983 apud DICKOW, 2013).

2.1 Vantagens

NONNENMACHER (1983 apud DICKOW, 2013) define que as principais vantagens de um transportador pneumático são:

- Praticidade no transporte;
- Limpeza, pois ao aspirar o ar pela tubulação, a poeira e a sujeira são transportadas junto, realizando uma limpeza no ambiente onde os grãos estavam estocados. É importante ressaltar que este item se mantém apenas se a manutenção de seus componentes for feita corretamente. Neste caso, tubulação e filtros de ar são os componentes mais críticos;
- Mobilidade, pois o transportador pode ser levado até o produto a ser transportado;
- Segurança e saúde do operador, pois por se tratar de um sistema fechado oferece menor contato dos operadores com o produto transportado e as partes móveis do equipamento;

Além do mais, por se tratar de um equipamento comum na indústria, podemos considerar que o acesso a componentes e manutenção é relativamente barato.

2.2 Desvantagens

Apesar de muito utilizado pela indústria, os “transportadores pneumáticos ainda são considerados de natureza bastante complexa, pois dependem de uma grande quantidade de variáveis.” (GOMES, 2006).

Dessas variáveis, as principais a serem consideradas nos cálculos são:

- a) Em relação à matéria transportada - tamanho das partículas, forma das partículas, umidade, peso específico;
- b) Em relação ao fluido de transporte - umidade, densidade, partículas em suspensão;
- c) Em relação às necessidades do projeto - o layout do sistema, pontos de entrada e saída do material, custo/benefício.

Algumas dessas variáveis ainda não foram completamente estudadas e relacionadas entre si para a análise de resultados complexos.

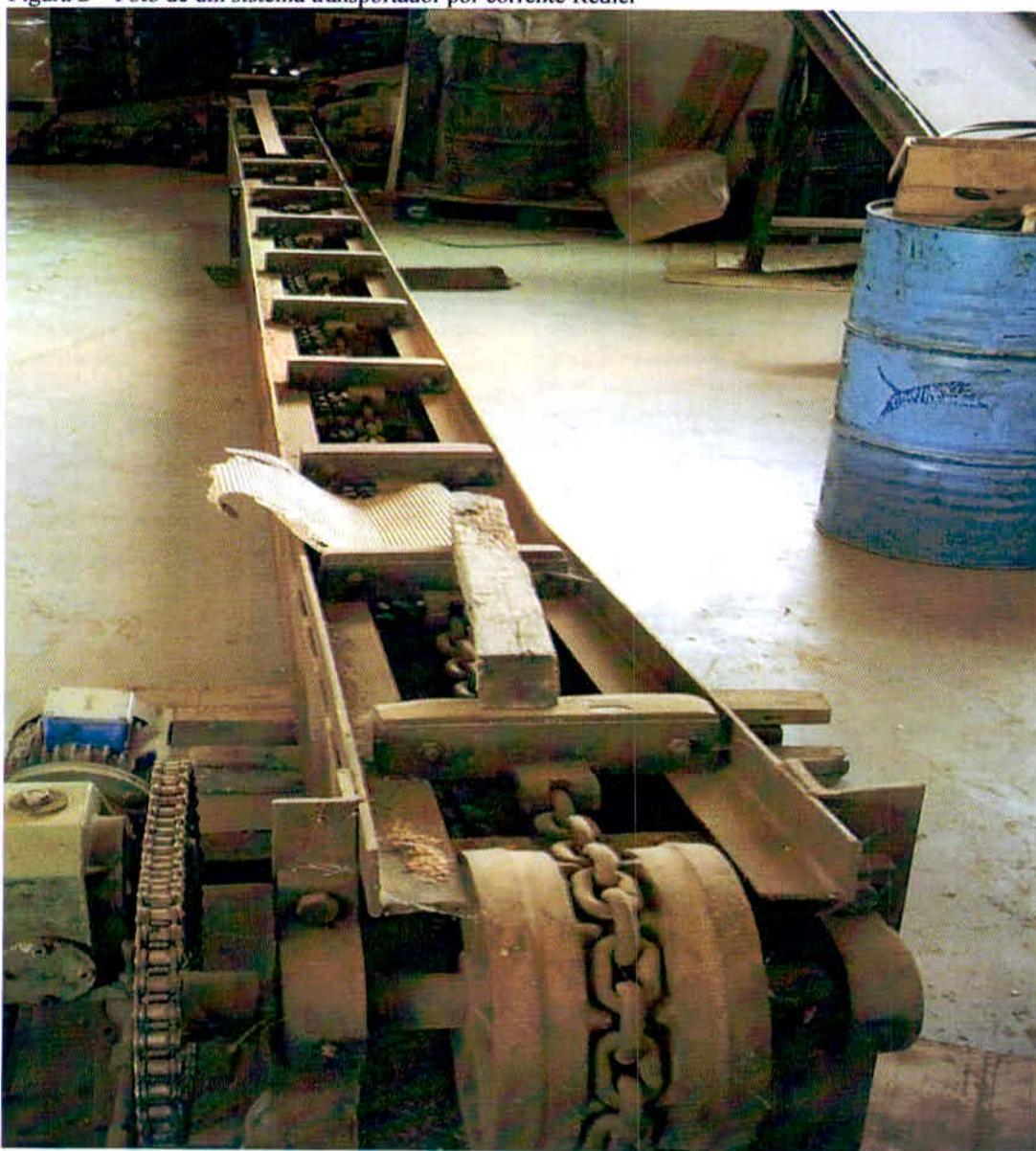
DICKOW (2013) destaca ainda que mesmo a aplicação adequada de informações teóricas não garante o perfeito funcionamento do sistema. “Experiência aliada à teoria são determinantes para o sucesso da operação de uma linha de transporte pneumático.”

3 TRANSPORTADOR TUBULAR DE ARRASTE – DRAG

O Transportador de Arraste – Drag é baseado no Transportador de Corrente-Redler.

O método Redler é aplicado ao transporte de produtos na horizontal, ou em inclinações menores que 40° . Isso ocorre devido ao arranjo físico do equipamento, como podemos observar na figura 2. MILMAN (2002) descreve a corrente Redler como uma calha retangular ou em “U” por onde é passada uma corrente com palhetas fixadas. Ao aumentar a inclinação de operação, a ação da gravidade se opõe ao avanço do produto. O material começa a escapar pela parte superior das palhetas, reduzindo sua eficiência.

Figura 2 – Foto de um sistema transportador por corrente Redler



Fonte: AVAC Comércio de Máq. & Equip. & Assessoria Técnica Ltda., 2005

O Drag, por sua vez, é composto por um tubo completamente vedado. Substitui-se também a corrente e as paletas por um cabo de aço e discos, chamados taliscas. Segundo Júnior (2000) esta composição garante ao sistema Drag a possibilidade de trabalhar com inclinações de até 90° e em trajetões radiais.

A finalidade do DRAG consiste em transportar pós e granulados químicos, cereais em grãos, pós, pedaços de flocos, grânulos, peças, aparas e beneficiados em geral, de forma a não desagregar componentes mixados, não permitir que o material entre em contato com o ambiente externo, e garantir a segurança do operador.

Todas as informações deste capítulo foram adaptadas de relatórios internos da empresa, um dos quais consta como (Anexo A) deste trabalho.

3.1 Materiais Aplicados

“A seleção de materiais é uma das tarefas mais complexas na engenharia” (SILVA, 2010).

Em cada projeto há um conjunto de especificações a serem atendidas pelo material selecionado. Nem sempre essas especificações são claramente mesuráveis, assim como nem sempre as características mensuráveis são adequadas para testes de controle de qualidade (SILVA, 2010).

Outra limitação do processo de escolha do material é o custo deste. SILVA (2010) diz que a seleção do material deve então relacionar os parâmetros de desempenho cuja medida seja mais difícil ou cara, com características mais controláveis do material pré-selecionado. Só então deve passar por um processo iterativo de homologação, a partir de ensaios de aplicação.

Levando em consideração a aplicação esperada, o sistema Drag deve ser fabricado preferencialmente em aço carbono, aço inox ou plástico de engenharia (polímeros) ou outro adequado. A escolha de um ou outro material vai depender exclusivamente da aplicação e características do material a ser movimentado.

3.1.1 Aço

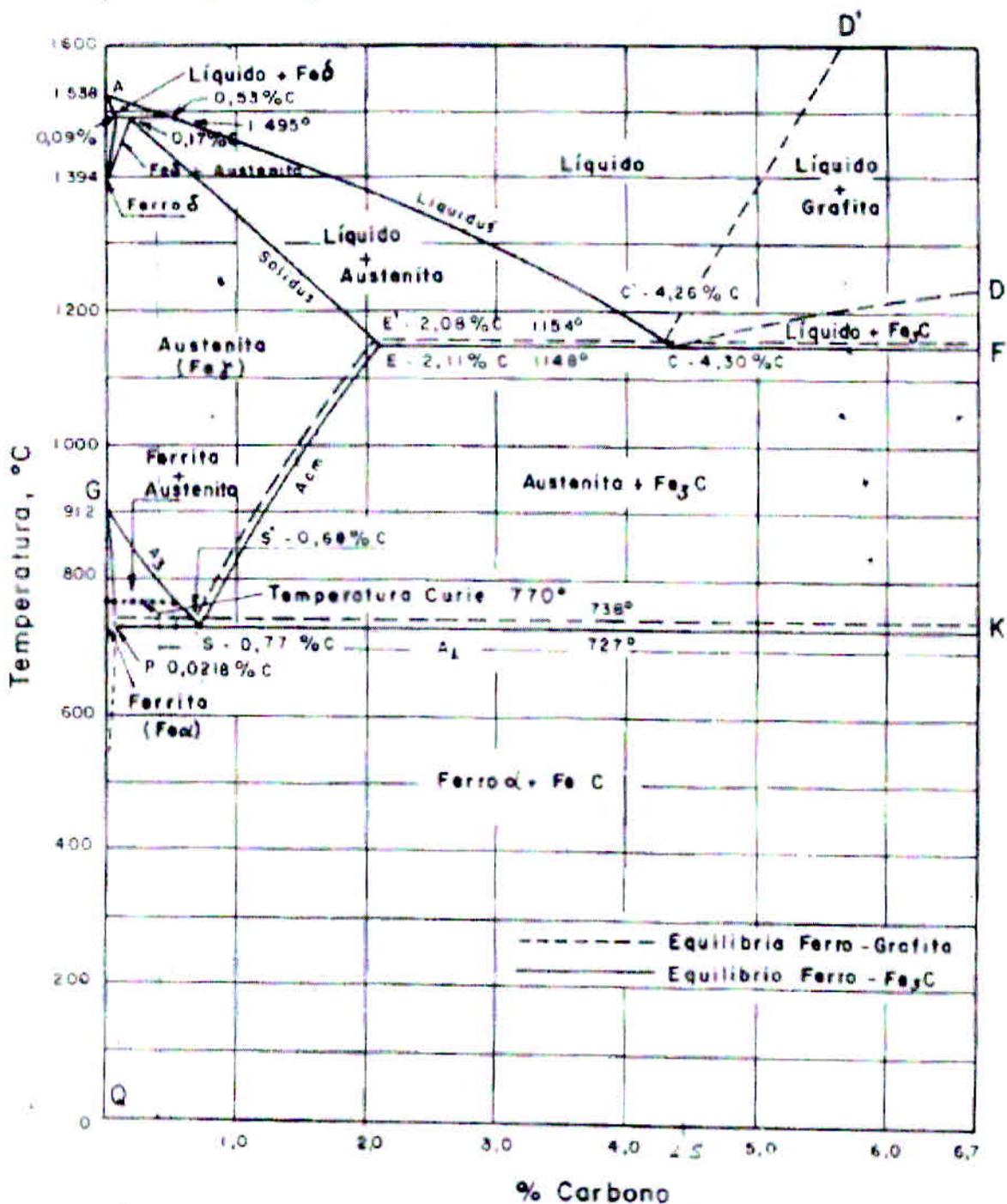
CALLISTER (2000) classifica os materiais sólidos em três grupos básicos: metais, cerâmicas e polímeros. Dentro do grupo dos metais encontramos o aço. Nas palavras de Vicente Chiaverini “aço é a liga ferro-carbono contendo geralmente 0,008% até

aproximadamente 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais, resultantes do processo de fabricação” (CHIAVERINI, 1996).

O aço é um material que possui uma enorme quantidade de possibilidades de aplicação, sendo utilizado em grande escala na indústria e possui aplicações de grande responsabilidade, tornando imprescindível a utilização de um material de boa qualidade.

Para o estudo dos aços é necessário conhecer seu Diagrama Fe-C.

Figura 3- Diagrama de Equilíbrio Fe-C



Fonte: Chiaverini, 1996.

Devemos considerar que o diagrama Fe-C corresponde tão somente às ligas binárias de Ferro-Carbono, sendo que os aços comerciais sempre apresentam elementos residuais do processo, não sendo assim ligas binárias (CHIAVERINI, 1996).

O diagrama representa a liga binária Fe-C para concentrações de carbono até 6,7%, pois, de acordo com CHIAVERINI (1996), acima deste valor o carbono passa a formar com o ferro o elemento Fe₃C. Mas na realidade ligas acima de 4,0% de carbono apresentam pequena ou nenhuma importância comercial (CHIAVERINI, 1996). Valores de 0% à 2,11% são classificados como aço. Acima de 2,11%, ferro-fundido (CHIAVERINI, 1996).

A partir do diagrama Fe-C determinamos os arranjos atômicos presentes no aço.

CHIAVERINI (1996) define que a constituição estrutural de ligas Fe-C entre 0% e 2,11% de carbono, que foram esfriadas lentamente desde a zona crítica até a temperatura ambiente, seguirá a seguinte formação:

- a) Ferro comercialmente puro (até 0,008% de carbono) – ferrita;
- b) aços hipoeutetóides (até 0,77% de carbono) – ferrita e perlita;
- c) aços eutetóides (0,77% de carbono) – perlita;
- d) aços hipereutetóides (acima de 0,77% de carbono) – perlita e cementita;

Essas formações influenciam as características mecânicas do aço da seguinte forma (CHIAVERINI, 1996):

- a) Ferrita: Baixa dureza e baixa resistência a tração, mas elevado alongamento e resistência ao choque;
- b) Perlita: Apresenta propriedades intermediárias entre a ferrita e a cementita, tendendo mais para a cementita à medida que a concentração de carbono se aproxima de 0,77%. Sua resistência à tração é de 75 kgf/mm² em média;
- c) Cementita: Responsável pela dureza elevada e baixa ductilidade em aços com alto teor de carbono, é muito dura e muito quebradiça.

Tabela 1: Propriedades mecânicas de aços esfriados lentamente, em função do teor de carbono

Carbono %	Limite de Escoamento		Limite de resistência à tração		Alongamento em 2" %	Dureza Brinell
	Kgf/mm ²	MPa	Kgf/mm ²	MPa		
0,01	12,5	125	28,5	275	47	90
0,20	25,0	250	41,5	405	37	115
0,40	31,0	300	52,5	515	30	145

0,60	35,0	340	67,0	660	23	190
0,80	36,5	355	80,5	785	15	220
1,00	36,5	355	75,5	745	22	195
1,20	36,0	350	71,5	705	24	200
1,40	35,0	340	69,5	685	19	2015

Fonte: Chiaverini, 1996

Estas propriedades estão relacionadas a aços sem tratamentos físico-químicos específicos.

Devido a grande influência da concentração de carbono na dureza do aço, podemos considerar os seguintes tipos de aço carbono (CHIAVERINI, 1996):

- aços doces – 0,15% até 0,25% de carbono;
- aços meio-duros – 0,25% até 0,45%;
- aços duros – 0,50% até 1,40%.

Como ainda assim existe uma gama considerável de ligas metálicas envolvendo o Fe-C, fez-se necessária a criação de sistemas de classificação, os quais são revisados periodicamente. (CHIAVERINI, 1996)

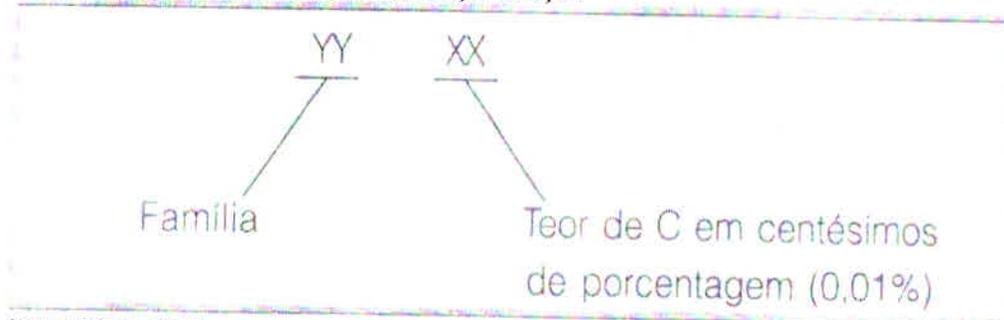
SILVA (2010) diz que os métodos mais comuns de identificação são baseados em:

- características do aço ou da liga, como propriedades mecânicas, química, etc.;
- tipo de trabalho ao qual o aço ou liga será submetido, como aços para ferramenta.

A classificação utilizada no Brasil considera a composição química do aço, seguindo as regras da “American Iron and Steel Institute – AISI” e da “Society of Automotive Engineers – SAE” (CHIAVERINI, 1996).

SILVA (2010) explica que esse sistema divide os aços em grupos principais e divide esses grupos em famílias de características semelhantes. Essas famílias são representadas por conjuntos numéricos da seguinte forma:

Figura 4 - conjunto numérico de classificação de aços



Fonte: Silva, 2010

Silva cita como exemplo o aço 4340. É um aço da família 43, que contém 1,8% Ni; 0,80% Cr; 0,25% Mo, e apresenta 40 centésimos de porcentagem de Carbono 0,40% C.

3.1.1.1 Aço Inox

Segundo a definição de CHIAVERINI (1996), elementos de liga são adicionados ao aço quando desejamos alterar características físicas deste. Pode-se, por tanto, obter os seguintes efeitos:

- a) aumento de dureza e resistência mecânica;
- b) uniformizar a resistência através de toda a secção em peças de grandes dimensões;
- c) diminuir o peso do elemento;
- d) conferir resistência à corrosão;
- e) conferir resistência ao calor;
- f) aumentar a resistência ao desgaste;
- g) aumentar a capacidade de corte;
- h) melhorar as propriedades elétricas e magnéticas.

Ao selecionarmos o aço inoxidável para uma aplicação, visamos atender especificações de desgaste por atrito, desgaste pelo calor e oxidação.

O elemento que confere ao aço o aumento de sua resistência à oxidação e corrosão é o cromo. Os aços com teor de cromo acima de 12% chamamos aço-inoxidável (SILVA, 2010).

Ligas de ferro + cromo adquirem sua resistência à corrosão através do fenômeno de passivação. Este fenômeno consiste na formação de uma camada de óxidos mistos, que será dissolvida no meio corrosivo ao qual for exposta (SILVA, 2010).

Composições de aço inoxidável utilizadas hoje foram desenvolvidas acidentalmente no início do século XX (SILVA, 2010). Desde então, novas composições vem sendo testadas. Por este motivo fez-se necessária a categorização de aços inoxidáveis de acordo com sua microestrutura em temperatura ambiente. Escolheu-se a classificação pelas microestruturas, pois estas tem efeito dominante sobre as características finais do material. São elas:

- a) Martensístico – ligas de Fe-Cr com carbono acima de 0,1%. São endurecíveis por meio de tratamentos térmicos de têmpera;
- b) Ferríticos – ligas essencialmente ferríticas. Não endurecem por tratamento térmico. Normalmente apresenta menores teores de carbono e maiores teores de cromo do que os aços inoxidáveis martensísticos;

- c) Austeníticos – ligas de cromo de 16% a 30% e níquel de 8% a 35%. Em alguns casos pode-se substituir parte do níquel por manganês ou nitrogênio para baratear o processo;
- d) Ferríticos-austeníticos – contem austenita e ferrita em proporções próximas. Formada por cromo (18% - 27%), níquel (4% - 7%), molibdênio (1% - 4%) e outros elementos como nitrogênio;
- e) Endurecidos por precipitação – ligas de cromo entre 12% e 17%, níquel entre 4% e 8%, molibdênio entre 0% e 2% mais elementos que possibilitam o endurecimento da martensita de baixo carbono pela precipitação de compostos intermetálicos.

3.1.2 Polímeros

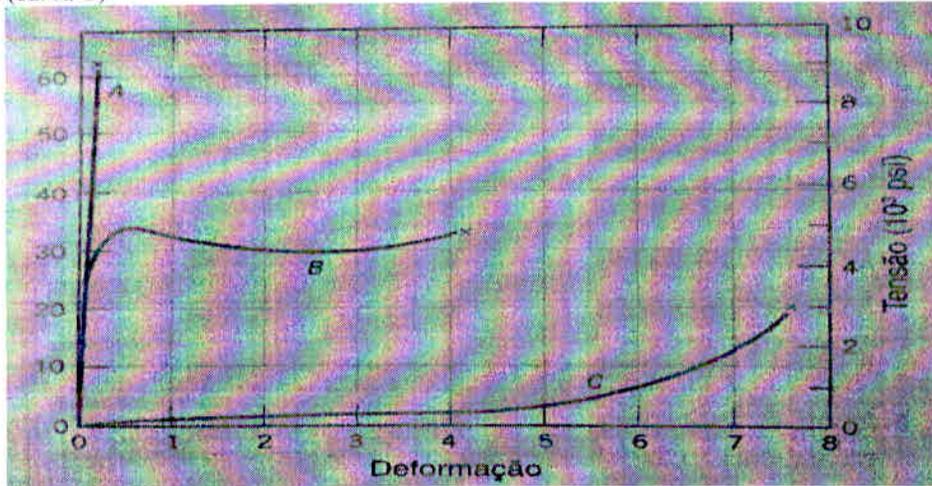
Segundo MANO (1999) polímeros são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intra- e internomoleculares. MANO (1999) relata que os polímeros representam uma imensa contribuição da Química para o desenvolvimento industrial do século XX. De fato, desde o fim da Segunda Guerra Mundial, o campo dos materiais foi virtualmente revolucionado pelo advento dos polímeros sintéticos (CALLISTER, 2008).

CALLISTER (2008) afirma que polímeros naturais, tais como madeira, borracha, couro, algodão, seda e lã, tem sido usado há vários séculos. Em torno de 1920, STAUDINGER considerou, embora sem provas, que a borracha natural e outros produtos de síntese, de estrutura química até então desconhecida, eram na verdade materiais constituídos de moléculas de cadeias longas, e não agregados coloidais de pequenas moléculas (MANO, MENDES, 1999). Porém apenas com o advento de ferramentas modernas de investigação científica foi possível a determinação das estruturas moleculares desse grupo de materiais e o desenvolvimento de numerosos polímeros, os quais são sintetizados a partir de moléculas orgânicas pequenas. Muitos plásticos, borrachas e fibras atualmente utilizados são polímeros sintéticos.

As propriedades mecânicas dos polímeros são especificadas por muitos dos mesmos parâmetros usados para os metais. Para muitos materiais poliméricos, um simples ensaio tensão-deformação é empregado para a caracterização de alguns desses parâmetros mecânicos. (CALLISTER, 2008). Isso possibilita a substituição de algumas ligas de aço por polímeros específicos, principalmente os plásticos.

A figura 5 ilustra o comportamento tensão-deformação para polímeros frágeis (Curva A), plásticos (curva B) e elásticos (Curva C)

Figura 5 - Comportamento de tensão-deformação para polímeros frágeis (curva A), plásticos (curva B) e elásticos (curva C)



Fonte: Callister, 2008

Há vários tipos diferentes de polímeros, com uma ampla gama de aplicações. Por isso dá-se a necessidade de classificar estes materiais. CALLISTER (2008) diz que uma das maneiras de classificar estes materiais é de acordo com sua aplicação final. Dessa forma, os polímeros podem ser separados entre os plásticos, os elastômeros (ou borrachas), as fibras, os revestimentos, os adesivos, as espumas e os filmes.

3.1.2.1 Polietileno de Alta Densidade

O polietileno é classificado como plástico. “As características mecânicas dos plásticos são intermediárias entre os valores correspondentes às borrachas e às fibras” (MANO, 1999). CALLISTER (2008) explica que plásticos são materiais que possuem alguma rigidez estrutural quando submetidos a uma carga. MANO (1999) cita também que os plásticos industriais mais importantes são todos de origem sintética.

COUTINHO (2003) define o polietileno como um polímero parcialmente cristalino, flexível, e cujas propriedades são influenciadas pela quantidade relativa das fases amorfa e cristalina. Sobre suas características físicas, COUTINHO (2003) ainda diz:

Os polietilenos são inertes face à maioria dos produtos químicos comuns, devido à sua natureza parafínica, seu alto peso molecular e sua estrutura parcialmente cristalina. Em temperaturas abaixo de 60 °C, são parcialmente solúveis em todos os solventes. Entretanto, dois fenômenos podem ser observados

- Interação com solventes, sofrendo inchamento, dissolução parcial, aparecimento de cor ou, com o tempo, completa degradação do material.

- Interação com agentes tensoativos, resultando na redução da resistência mecânica do material por efeito de tenso-fissuramento superficial.
- Em condições normais, os polímeros etilênicos não são tóxicos, podendo inclusive ser usados em contato com produtos alimentícios e farmacêuticos, no entanto certos aditivos podem ser agressivos.

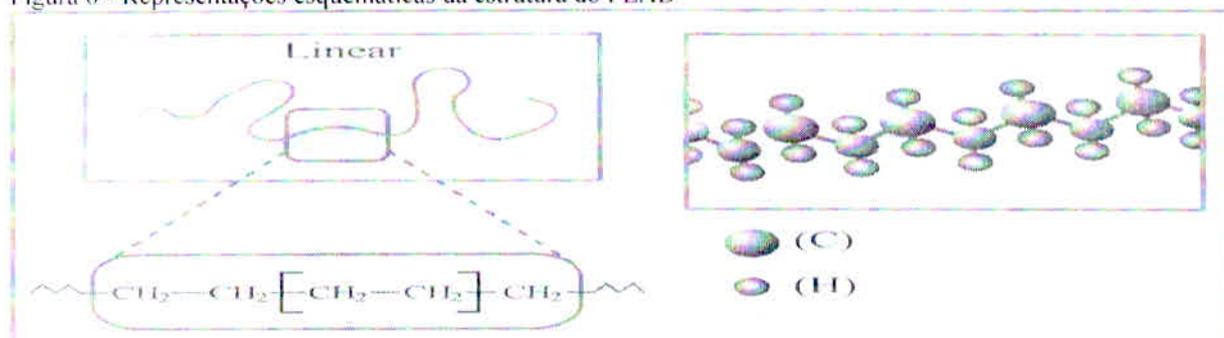
A princípio, o polietileno era classificado pela sua densidade e pelo tipo de processo usado em sua fabricação. “Atualmente, os polietilenos são mais apropriadamente descritos como polietilenos ramificados e polietilenos lineares” (COUTINHO, 2003).

Dependendo das condições reacionais e do sistema catalítico empregado na polimerização, cinco tipos diferentes de polietileno podem ser produzidos:

- Polietileno de baixa densidade (PEBD ou LDPE);
- Polietileno de alta densidade (PEAD ou HDPE);
- Polietileno linear de baixa densidade (PELBD ou LLDPE);
- Polietileno de ultra alto peso molecular (PEUAPM ou UHMWPE);
- Polietileno de ultra baixa densidade (PEUBD ou ULDPE).

O polietileno de alta densidade é linear e altamente cristalino (acima de 90%), pois apresenta um baixo teor de ramificações, como esquematizado na figura 6.

Figura 6 - Representações esquemáticas da estrutura do PEAD



Fonte: Coutinho, 2003

Esse polímero contém menos que uma cadeia lateral por 200 átomos de carbono da cadeia principal (Figura 4), sua temperatura de fusão cristalina é aproximadamente 132 °C e sua densidade está entre 0,95 e 0,97 g/cm³. O peso molecular numérico médio fica na faixa de 50.000 a 250.000[8,13].

Tabela 2: Propriedades térmicas, físicas, elétricas e mecânicas do PEAD

Propriedades	Altamente linear	Baixo grau de ramificação
Densidade, g/cm ³	0,962 – 0,968	0,950 – 0,960

Índice de refração	1,54	1,53
Temperatura de fusão, °C	128 – 135	125 – 132
Temperatura de fragilidade, °C	-140 – -70	-140 – -70
Condutividade térmica, W/(mK)	0,46 – 0,52	0,42 – 0,44
Calor de combustão, kJ/g	46,0	46,0
Constante dielétrica à 1 Mhz	2,3 – 2,4	2,2 – 2,4
Resistividade superficial, Ω	10^{15}	10^{15}
Resistividade volumétrica, $\Omega.m$	1017 – 1018	1017 – 1018
Resistência dielétrica, kV/mm	45 – 55	45 – 55
Ponto de escoamento, Mpa	28 – 40	25 – 35
Módulo de tração, Mpa	900 – 1200	800 – 900
Resistência à tração, Mpa	25 – 45	20 – 40
Alongamento, %		
No ponto de escoamento	5 – 8	10 – 12
No ponto de ruptura	50 – 900	50 – 1200
Dureza		
Brinell, Mpa	60 – 70	50 – 60
Rockwell	R55, D60 – D70	
Resistência ao cisalhamento, Mpa	20 – 38	20 – 36

Fonte: Coutinho, 2013

3.1.2.2 Nylon 6.6

O Poli(hexametileno-adipamida), mais conhecido como Nylon 6.6, é classificado como uma fibra. MANO (1999) explica que “fibra é um termo geral que designa um corpo flexível, cilíndrico, pequeno, de reduzida secção transversal e elevada razão entre o comprimento e o diâmetro”.

As principais características das fibras à serem empregadas na indústria são:

- Estabilidade química, não reagindo à luz, calor, ao ar e à umidade, bem como solventes, detergentes e agentes oxidantes;
- Resistência a micro-organismos e a insetos;
- Baixa absorção de odores;
- Resistência mecânica, baixa deformação permanente por tração;

- e) Resistência à abrasão;
- f) Resiliência;
- g) Pouco amassamento;
- h) Facilidade de empacotamento.

BASSANI (2002) diz que os nylons pertencem a uma classe de polímeros atraente para aplicações em engenharia justamente pela combinação de propriedades como: estabilidade dimensional, boa resistência ao impacto sem entalhe e excelente resistência química. “Porém são altamente higroscópicas e sensíveis ao entalhe, isto é, são dúcteis quando não entalhados, mas fraturam de maneira frágil quando entalhados, devido a sua baixa resistência à propagação da trinca.” (BASSANI, 2002).

Tabela 3 – Propriedades térmicas, físicas, elétricas e mecânicas do Nylon 6.6

Propriedades	Valores
Densidade, g/cm ³	1,14
Temperatura mínima e máxima em uso contínuo, °C	-30 / 100
Temperatura de fragilidade, °C	-80
Condutividade térmica, W/(mK)	0,23
Ponto de Fusão, °C	262
Constante dielétrica à 1 Mhz	3,6
Resistividade superficial, Ω	10^{13}
Resistividade volumétrica, Ωcm	$10^{12} - 10^{15}$
Resistência dielétrica, kV/mm	36 - 100
Ponto de escoamento, Mpa	90 - 68
Módulo de elasticidade tração, Mpa	3300 - 2000
Resistência à tração, Mpa	82,7
Alongamento, %	
No ponto de escoamento	5 – 8
No ponto de ruptura	50 - 160
Dureza	
Brinell, Mpa	170 - 100
Rockwell	R115
Resistência ao cisalhamento, Mpa	66,2

Fonte: Bassani, 2002

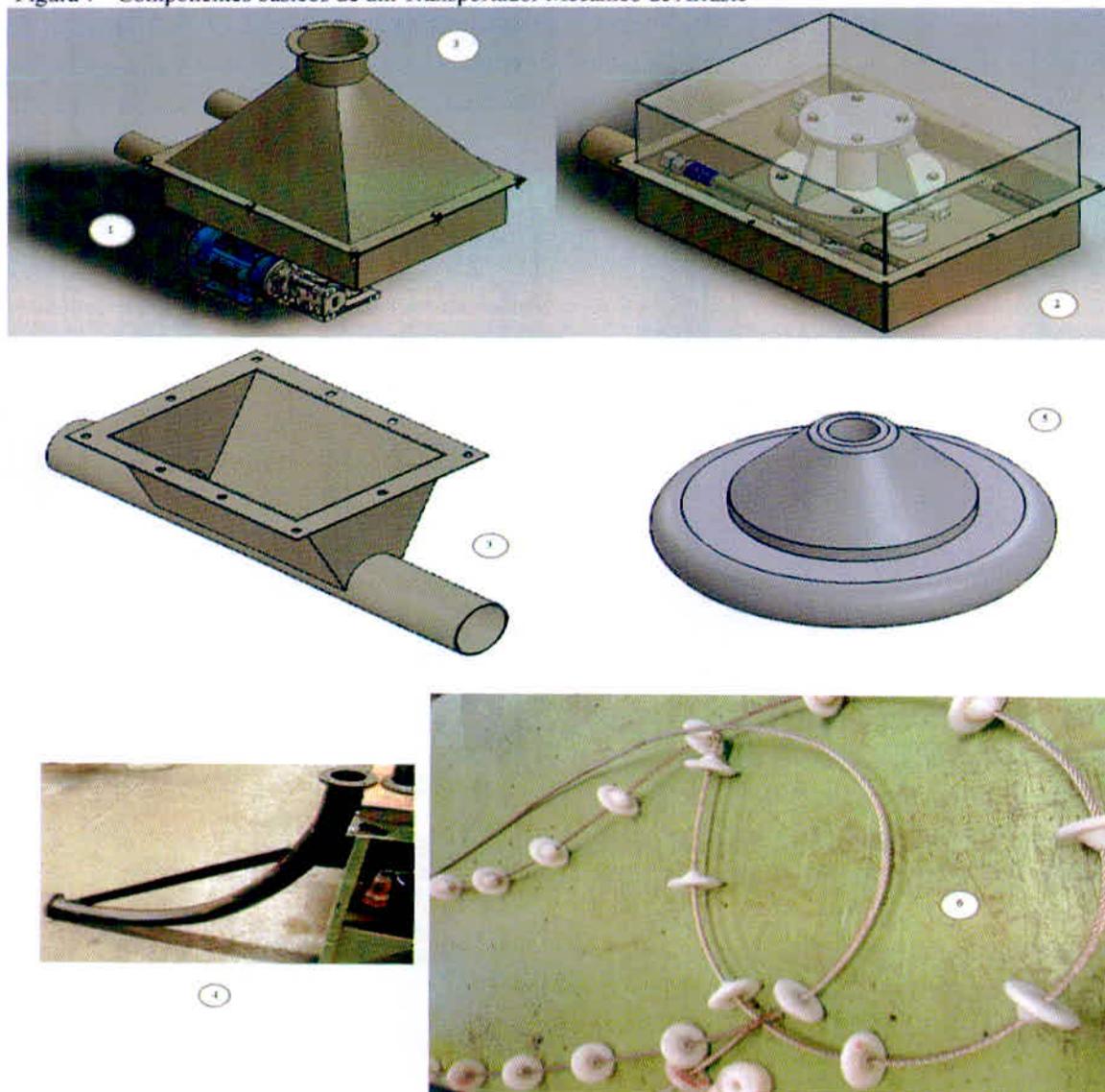
3.2 Componentes do sistema Drag

Um sistema Drag normalmente é composto por:

- a) Unidade de transmissão (1);
- b) Unidade de retorno (2);
- c) Moega de entrada e de saída (3);
- d) Tubulação (4);
- e) Cabo de aço taliscado (5);
- f) Taliscas (6) de Nylon 6.6.

Os componentes apresentam-se relacionados na Figura 7.

Figura 7 - Componentes básicos de um Transportador Mecânico de Arraste



3.2.1 Unidade de Transmissão

A unidade de transmissão é o mecanismo motor que possibilita o Sistema de cabo e taliscas ser puxado através de todo o Transportador Tubular De Arraste - Drag.

O sistema de cabo e taliscas é tracionado por uma polia desenvolvida especialmente para essa função. Essa polia é acionada por um motor redutor acoplado diretamente no seu eixo. A polia possui sedes de encaixe das taliscas, e quando em movimento estas se acoplam perfeitamente, garantindo que a força seja exercida somente no cabo. Como não existe um dispositivo de tensionamento sobre esta unidade, ela deve obrigatoriamente ser utilizada em conjugação com uma unidade de retorno.

3.2.1.1 Motorreductor

A motricidade do equipamento, basicamente, é composto por um conjunto de motorreductor. O motor do conjunto é um WEG W/22 Plus4P380VB34D-90-IP55. 1,5CV kwFlangeFC-DIN, e o redutor de rosca sem fim da marca Transmotécnica CMO75-28mm - 1:40-1755/44rpm.

A velocidade do motorreductor é controlada por um inversor de frequência. O inversor é conectado a rede elétrica que alimentará o sistema.

3.2.1.2 Polia de transmissão

A polia de tracionamento é usinada em um bloco único de Nylon 6.6 de engenharia, de tal forma que em seu aspecto final será composto de cinco ou sete aletas, dependendo do produto a ser transportado e da capacidade do sistema. O cuidado maior é de que o ponto de tangência entre a ponta da aleta com o centro da talisca seja perfeitamente ajustado.

3.2.1.3 Caixa Agregadora

A caixa agregadora é uma unidade composta por PEAD. Tem como função receber o conjunto de motorreductor e a polia de tracionamento. Em casos excepcionais podemos usar esta caixa como moega de saída para o produto transportado, ao invés de utilizar uma moega de saída na tubulação ou como complemento a esta.

3.2.2 Unidade de retorno

A unidade de retorno. É parte integrante de todo e qualquer Transportador Tubular De Arraste – Drag. Essa unidade serve também como tensionadora automática do conjunto cabo e taliscas, através de um esticador, ou seja, se a tensão se tornar demasiadamente elevada (o cabo ficar muito esticado) ou apresentar folga excessiva (o cabo ficar muito folgado), um interruptor elétrico de limite, desliga o motor de acionamento, protegendo o sistema de avarias.

Seu objetivo principal é o de completar o circuito de transporte, possibilitando o retorno do conjunto de taliscas e cabo.

3.2.2.1 Esticador

O conjunto esticador é composto por duas molas helicoidais dispostas paralelamente no eixo guia da polia de retorno. Ou seja, no caso de qualquer interferência na tensão no cabo transportador as molas serão acionadas, permitindo o ajuste calculado deste cabo. No caso de o curso alterar além da pressão da mola, mecanicamente será acionado o sensor de desligamento do conjunto de motorreductor.

3.2.2.2 Polia de retorno

A polia de retorno, assim como a de tracionamento, é usinada em um bloco único de Nylon 6.6 de engenharia. Seu aspecto final deve ser similar a da polia de tracionamento, permitindo o funcionamento uniforme do sistema. A polia de retorno também usualmente pode ser chamada de polia louca, por não ter obrigatoriedade no sentido de rotação, sendo que sua única finalidade é proporcionar o sentido de retorno do cabo.

3.2.2.3 Caixa Agregadora

A caixa agregadora do sistema de retorno é uma unidade também composta por PEAD. Tem como função única receber o conjunto esticador e da polia de retorno. Como a unidade de retorno deve sempre ficar no início do processo, antes da entrada do produto, não faria sentido utilizá-la como uma moega.

3.2.3 Moega de entrada e de descarga

O dispositivo moega de entrada é utilizado na transição entre a unidade armazenadora ou alimentadora e o tubo de condução do sistema de cabo e taliscas. Desta forma o produto flui a partir da fonte alimentadora (silos, moinhos, sacos e baq's, depósitos, etc...) livremente.

A simples entrada, usada geralmente como intersecção entre a fonte alimentadora e o tubo de condução do sistema de cabo e talisca, podendo ser aberta ou fechada.

A moega de descarga é o utensílio que tem como função principal, permitir a saída do produto transportado através da tubulação de transporte.

A versão por queda livre (gravidade) é acoplado diretamente no tubo condutor, permitindo a livre saída do produto assim que este alcance o local.

3.2.4 Tubulação

O corpo do transportador é estruturado com tubos de aço inoxidável redondos, com diâmetros variando de 2 até 10 polegadas, porém dependendo do produto a ser transportado, podemos optar por tubos em alumínio, plástico ou aço galvanizado, e todos eles obtém a máxima performance do sistema, e garante a inviolabilidade do produto transportado (PERES, 2000).

Todos os produtos têm suas características próprias, e são elas que determinam o melhor material de construção dos tubos que vão transporta-los em função delas é que devemos determinar o melhor tipo de material (aço inoxidável, carbono, alumínio ou plástico) de construção dos tubos. Cada situação deverá ser estudada caso a caso.

Independente dos materiais construtivos dos tubos, todos permitem a instalação de moegas de entrada e saída, acessórios, fazer curvas, utilização de trechos ascendentes e descendentes em qualquer ângulo.

3.2.5 Cabo de aço

Segundo a definição dada por MELCONIAM (2009) cabos de aço são elementos de construção mecânica, normalmente utilizados em transporte de carga.

O sistema de cabo e taliscas é o coração do sistema Drag. O cabo é sempre contínuo, sem emendas, com as taliscas especialmente fixadas, puxado através dos tubos transportadores. As taliscas podem ser fixadas diretamente no cabo pelo sistema de fundição

direta. Nos casos mais extremos e de grande capacidade de movimentação ou ainda dependendo das características de cada produto transportado, é usado o sistema de semi-fixadores autônomos e individuais, presos diretamente no cabo, sendo as taliscas presas diretamente nos semi-fixadores.

O cabo é de aço inoxidável flexível pré-estendido, com espessura entre 6,0 e 12,0 mm, dependendo do modelo e operação do transportador, com resistência nominal mínima de 2.539,7 kg.

Pode-se usar três tipos diferentes de cabo aço inoxidável:

- a) Revestido com Nylon ou Teflon, que forma um selo entre as taliscas (discos) e o aço do cabo. Estes cabos revestidos são utilizados geralmente para algumas indústrias de alimentos com a necessidade especial de qualidade e exigências sanitárias (produtos extremamente gordurosos), pois são mais fáceis de limpar.
- b) Aço Inoxidável sem revestimento, usado para a maioria das aplicações onde não é necessário o revestimento do cabo, e as exigências sanitárias permitem perfeitamente a sua utilização.
- c) Galvanizado, usado para transportar materiais não alimentícios.

3.2.6 Talisca

As taliscas têm como função principal ser a parede que delimita os casulos transportadores da massa movimentada no sistema.

São confeccionadas normalmente por extrusão e utilizando o Nylon 6.6 Composto porém conforme a natureza, o tipo de material a ser transportado e as características do ambiente de trabalho, pode ser substituída por outro tipo de material plástico como os polietilenos e os UHMW, ou até materiais metálicos.

3.3 Vantagens

O sistema Drag integra as qualidades dos transportadores pneumáticos e das correntes redler.

O material é isolado do meio externo, circulando por dentro da tubulação. Assim como o sistema pneumático, evita a contaminação do ambiente pelo produto e do produto pelo ambiente.

Não necessita de lubrificação no cabo, o que evita a contaminação do produto por lubrificantes. Esse tipo de contaminação é comum na corrente redler.

Pode percorrer distâncias maiores que as do transportador pneumático sem a necessidade de se adicionar mais um motor.

O transportador mecânico de arraste utiliza um motor elétrico. Isso o torna uma máquina silenciosa.

O layout pode ser alterado.

Os componentes que entram em contato com o material podem ser feitos de aço ou plástico PEAD. Permite o transporte de todo tipo de produtos.

O Drag produzido em PEAD pode ser lavado. Pode-se também adaptar uma talisca de silicone que dará efeito auto-limpante ao sistema.

3.4 Desvantagens

Por se tratar de uma máquina nova, pode ser trabalhoso encontrar peças de reposição.

O transporte de material só pode ser feito pela tubulação de ida do sistema. Adaptações podem ser feitas para uso da tubulação de retorno, mas o material deve deixar o percurso antes de alcançar as unidades de retorno ou de transmissão.

4 CÁLCULO ELEMENTAR

4.1 Cálculo de capacidade mássica de transporte

Quando projetando o sistema Drag, a primeira variável a ser determinada será a Capacidade Mássica de Transporte necessária à operação que se deseja desenvolver. A capacidade mássica é a relação da quantidade em quilos de produto a ser transportada a cada hora.

O cálculo da capacidade transportada por um sistema Drag é feito baseando-se nos cálculos da corrente Redler. A equação apresentada por MILMAN (2002) para a corrente Redler e adaptada ao nosso projeto é:

$$Q = V \times N \times C \times 60 \times 0,75 \quad (1)$$

Onde:

Q = Capacidade mássica de transporte (kg/h)

V = Velocidade linear do cabo (m/min)

N = Número volume livre por metro linear de cabo

C = Massa do produto por volume livre (kg)

60 = Constante de transformação (de minutos para horas)

0,75 = Fator de eficiência de enchimento do volume livre

Cada variável da equação (1) deve ser calculada de acordo com os requisitos do projeto.

A velocidade linear do cabo (V) é dada em metros por minuto e calcula-se com a seguinte equação:

$$V = P \times rpm \quad (2)$$

Onde:

rpm = Número de rotações por minuto da polia motriz

P = Perímetro externo da polia matriz (m) (3)

O perímetro da polia motriz será definido para atender a capacidade mássica desejada, e através dele calcula-se o diâmetro da polia pela equação (3):

$$P = \pi \times D \quad (3)$$

Onde:

π = Constante de valor 3,14159

D = Diâmetro externo da polia motriz

O volume livre unitário é a relação entre a distância, em metros, do posicionamento de cada talisca presa ao cabo de aço e a área interna do tubo, dada em metros quadrados. Calcula-se o volume livre pela equação (4):

$$vol = A \times h \quad (4)$$

O peso do produto por volume livre é a relação entre o volume livre unitário em metros cúbicos vezes o peso específico do produto transportado (Kg/m^3):

$$C = \& \times v \quad (5)$$

$\&$ = Peso específico do produto (Kg/m^3)

v = volume livre unitário (m^3)

Sendo que o volume livre unitário é dado por:

$$vol = A \times h \quad (6)$$

Onde:

A = Área interna do tubo (m^2)

h = Altura do espaço livre unitário [distância entre taliscas] (m)

A velocidade final do sistema é determinada basicamente pelo tipo de produto que está sendo transportado, ou seja, a sua capacidade de fácil escoamento e baixo ângulo de repouso. Essa determinação passa a ser bem empírica, não existindo ainda dados científicos que possam quantificá-la. Por tanto a velocidade final do sistema deve ser corrigida por um inversor de frequência.

5 CONCLUSÃO

O transportador tubular de arraste – DRAG surgiu como uma forma mais higiênica e segura de substituir sistemas mecânicos e pneumáticos de transporte dentro de diversas indústrias.

A medida que analisamos os possíveis materiais a serem utilizados, percebemos quão versátil este equipamento se tornar.

Os cálculos iniciais, baseados na Corrente Redler, fornecem as dimensões necessárias dos componentes baseando-se na capacidade inicial, o que garante que o projeto atenderá as especificações de transporte da linha de produção onde o sistema será instalado.

Por ser um projeto inovador, ainda será necessário desenvolver um protótipo para realizar os testes e correções antes de colocá-lo a disposição dos consumidores.

Em um projeto posterior pode-se fazer este desenvolvimento e correção, mantendo em mente a matéria prima a ser transportada, o local onde será instalado e a capacidade de transporte mínima necessária para se atestar a capacidade de substituir outros transportadores.

REFERENCIAS

- ALVES, Julio Oliveto. **Protótipo de Sistema Automotor para Cadeira de Rodas. Dissertação (mestrado)** – Universidade Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá: 2011.
- BAAL, Edson. **Recomendações para projeto de unidades de beneficiamento e armazenagem de grãos com enfoque em segurança do trabalho. Dissertação (Pós Graduação)** - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias: 2013; Trabalho disponível em < <http://goo.gl/wxqCo6> > Acesso dia 13 de junho de 2015.
- BASSANI, Adriane; PASSANE, Luiz A.; JÚNIOR, Elias Hage. **Propriedades de blendas de Nylon 6/Acrilonitrila-EPDM-Estireno (AES) Compatibilizadas com Copolímero Acrílico Reativo (MMA-MA)** – Departamento de Engenharia de Materiais - Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 12, n° 2, p. 102-108, 2002.
- BORTOLAIA, Luis Antônio; ANDRIGHETTO, Pedro Luís; BENATTI, Mateus. **Avaliação técnica de um transportador pneumático de grãos por aspiração.** Ciência Rural, Santa Maria: 2008; Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n2/a37v38n2.pdf> > Acesso dia 22 de março de 2015.
- CALLISTER, Jr., William D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução.** Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- CHIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos.** 7ª ed. São Paulo: ABM, 1996.
- COUTINHO, Fernanda M. B. et all. **Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações.** UERJ: 2003; Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/po/v13n1/15064.pdf> > Acesso dia 19 de setembro de 2015.
- DICKOW, Stefan Roberto. **Dimensionamento de transportador pneumático para resíduos de cereais.** UNIJUÍ: 2013; Disponível em: < <http://goo.gl/I3LCGS> > Acesso dia 21 de março de 2015.
- GOMES, Luiz Moreira. **Análise experimental sobre velocidade de captura em sistemas de transporte pneumático.** Disponível em: < <http://goo.gl/a3OGQK> > Acesso dia 21 de março de 2015.
- MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. **Introdução aos Polímeros.** 2ª ed. São Paulo: Bluncher, 1999.
- MARCONDES, Marcelo de Araújo; CALIJORNE, Alexandre Costa et all. **Desenvolvimento de uma metodologia para cálculo e padronização de componentes mecânicos para a área de mineração - transportadores de correia – eixos de tambores.** Trabalho Apresentado no VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA – Campina Grande – Paraíba: 2010.
- MELCONIAN, Sarquis. **Elementos de máquinas.** 9ª ed. São Paulo: Érica, 2009.

MELCONIAN, Sarquis. **Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais**. 18ª ed. São Paulo: Érica, 2007.

MILMAN, Mário José. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Editora Gráfica Universitária da Universidade Federal de Pelotas: 2002.

NONNENMACHER, Helio. **Projeto, Construção e Teste de Um Transportador Pneumático de Grãos**. Santa Maria: UFSM, 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 1983.

PAZOS, F. **Automação de sistemas e robótica**. Rio de Janeiro: Axcel, 2002.

PERES, Jr., Orlando. Transportador tubular de arraste – DRAG. Santos: 2000.

PINHEIRO, Alexssandra Silva. **Plano de negócios drag industrial LTDA. Varginha, mg – 03 de novembro de 2014**. Projeto apresentado no I Concurso Universitário de Plano de Negócios Unis-MG – Varginha – Minas Gerais: 2014.

PUGA, Fernando Pimentel et all. **Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais**. Rio de janeiro: banco nacional de desenvolvimento econômico e social: 2014. Disponível em < <https://goo.gl/rDOaZF> > Acesso dia 21 de março de 2015.

SILVA, André Luiz V. da Costa; MEI, Paulo Roberto. **Aços e ligas especiais**. 3ª ed. São Paulo: Bluncher, 2013.

ANEXO A

“TRANSPORTADOR MECÂNICO TUBULAR DE ARRASTE”

1.- INTRODUÇÃO.

O presente relatório descritivo, diz respeito à Transportador Tubular de Arraste, caracterizada por ser constituída por sistema mecânico tubular fechado, especificamente projetado para realizar a movimentação de grandes volumes, com a utilização de cabo de aço especial ou outro elemento qualquer de tração, no qual são posicionados a distancias constantes, discos de material plástico ou, denominados de taliscas cujo propósito é o de transportar continuamente materiais em baixa e média velocidade.

Outrossim, vale destacar que o dito transportador é provido de tubos que compõe a sua estrutura os quais, podem ter diâmetros de 3, 4, 6, 8, 10, 12 ou outros dimensionais de polegadas, dependendo da aplicação, capacidade horaria de transporte e do material a ser movimentado.

Entre outras características que o Transportador Mecânico Tubular de Arraste dispõe de varias entradas e saídas de material ao longo de seu trajeto bem como, é provido da possibilidade de transportar os materiais verticalmente, horizontalmente, ou em qualquer ângulo ascendente ou descendente, ou seja, o material é introduzido no sistema pelas suas respectivas entradas e a caixa de transmissão do conjunto acionador, com o seu disco de geometria diferenciada fornece a energia e a força motriz necessária para mover o conjunto de cabo e discos de arraste do material a ser transportado pelos tubos.

2.- CAMPO DE APLICAÇÃO.

O campo de aplicação deste Transportador Tubular de Arraste, refere-se a sua utilização, mais especificamente, nas áreas industriais de

fabricação e/ou utilização de granulados em geral através de tubo fechado, sem a utilização de ar.

3.- FINALIDADE.

A finalidade deste Transportador Mecânico Tubular de Arraste, conforme o seu nome diz, é a sua utilização visando transportar pós e granulados químicos, cereais em grãos pós, pedaços de flocos, grânulos, peças, aparas, e beneficiados em geral.

4.- ESTADO DA TÉCNICA.

No estado da técnica e conforme é do conhecimento geral entre técnicos da área, sabe-se que os meios de transporte de produtos a granel tais como pós, granulados em geral, são os tradicionais elevadores de canecas ou de correntes, correias transportadora, sistemas pneumáticos, e outros, os quais dispõem de grande complexidade operacional, bem como a manutenção dos mesmos possui custo alto e difíceis.

Existem também os transportadores convencionais de transporte pneumático os quais, para sua operação normal necessitam de alguns equipamentos adicionais tais como ciclones, ciclonetes, exclusas, etc., com o propósito de separar o material e o ar.

5.- DIFERENCIAL TÉCNICO.

Visando aprimorar estes conceitos de transporte de pós, granulados em geral, foi criado e desenvolvido o Transportador Mecânico Tubular de Arraste, a qual oferece um equipamento com diferencial técnico radica no:

- Desenvolvimento de um Transportador Mecânico Tubular de Arraste no qual, os materiais transportados, são carregados desde o ponto de captação até a descarga dentro de tubos fechados, mantendo a poeira,

condicionada, não deixando escapar a mesma para o ambiente, evitando desta forma, o perigo de contaminação externa ou vice versa;

- Desenvolvimento de um Transportador Mecânico Tubular de Arraste no qual, a movimentação dos materiais é suave, sendo ideal para transporte de produtos frágeis e delicados bem como, para misturas, sem o risco de desagregação;

- Desenvolvimento de um Transportador Mecânico Tubular de Arraste destacado também para o transporte de materiais com alta temperatura, umidade ou abrasividade bem como, para a locomoção de produtos alimentícios;

- Desenvolvimento de um Transportador Mecânico Tubular de Arraste versátil, o qual dispõe da possibilidade de originar uma grande variedade de configurações e opções de montagem, sendo retos ou curvos e dispostos na vertical, horizontal e/ou angulares;

- Desenvolvimento de um Transportador Tubular de Arraste dotado de diversas entradas e saídas de material ao longo de seu trajeto, elimina a utilização de outros tipos de transportadores complementares.

6.- DESCRIÇÃO DOS DESENHOS.

Para se obter uma total e completa visualização de como é constituído o Transportador Tubular de Arraste, acompanham os desenhos anexos, aos quais se fazem referências conforme segue:

Figura 1: Corresponde à vista em perspectiva de vários modelos de Transportadores Mecânico Tubular de Arraste, todos os quais foram desenvolvidos sob o mesmo parâmetros e com os mesmos conceitos de engenharia.

Figura 2 A/B: Mostram respectivamente a vista em perspectiva de um Transportador Mecânico Tubular de Arraste, destacando-se

nele várias entradas e numa segunda vista em perspectiva e em corte, a tubulação com cabo e discos de arraste.

7.- DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Conforme se infere dos desenhos que acompanham e fazem parte integrante deste relatório, o Transportador Mecânico Tubular de Arraste, (1), corresponde a sistema mecânico fechado, especialmente desenvolvido para movimentar grandes volumes, utilizando cabo de aço especial ou correntes para a tração, aonde são montadas as taliscas ou discos fabricadas em material plástico de engenharia ou aço, permitindo transportar de forma contínua quaisquer materiais em alta velocidade, a qual é ajustada para atender várias aplicações diferenciadas, sendo caracterizado por ser constituído por tubos (2); cabo de aço (3); taliscas ou discos (4); entradas (5); saídas (6); motor (7).

Os tubos (2) correspondem aos elementos que formam a estrutura do transportador e possuem diâmetros variáveis, destacando-se 3", 4", 6", 8", 10", 12" e 12"-E, sendo fabricados preferencialmente em aço carbono, aço inox ou plástico de engenharia ou outro adequado, destacando-se que a escolha de um ou outro material vai depender exclusivamente da aplicação e características do material a ser movimentado.

Quando em operação, os materiais são carregados desde os pontos de captação, entradas (5) até a descarga, saídas (6) dentro de tubos (2) fechados nos quais com a utilização de cabo de aço (3) especial ou outro material similar para tração no qual, são fixados a distâncias constantes, taliscas ou discos (4) de material plástico com propósito de arrastar continuamente materiais em alta velocidade, destacando-se que o Transportador de Arraste dispõe de várias entradas (5) e saídas (6) de material ao longo de seu trajeto, para tanto, o material é introduzido no equipamento (1) pelas suas respectivas entradas (5), a caixa de transmissão do conjunto acionador fornece a

energia e a força motriz necessária para mover o conjunto de cabo (3) e discos (4) de arraste do material a ser transportado através dos tubos (2).

Dentre as principais características deste Transportador Mecânico Tubular de Arraste devemos destacar as seguintes:

- Os materiais transportados pelo são carregados desde o ponto de captação até a descarga dentro de tubos fechados, mantendo a poeira, muitas vezes nocivas ou tóxicas, acondicionada, não deixando escapar para o ambiente, ficando os materiais desta forma, completamente selados dentro do tubo e assim são protegidos do contato do ar ambiente, evitando o perigo de contaminações externas ou vice versa.

- A movimentação dos materiais é suave, por isso é ideal para transportar produtos frágeis e delicados, e no caso de misturas, sem o risco de desagregá-las. Um transportador tubular de arrasto, pode também transportar matérias que estão com alta temperatura, umidade ou abrasividade, e em especial mover produtos alimentícios.

- É um equipamento altamente versátil e flexível, pode ter uma grande variedade de configurações e opções de montagem, retas ou curvas e dispostos em diversas configurações, incluindo a vertical, horizontal, ou angular. A caixa de transmissão, com seu disco de geometria especial fornece a energia e a força motriz necessária para mover o conjunto de cabo e taliscas através dos tubos de transporte. No conjunto acionador, também está agregada a unidade tencionadora, que mantém o cabo com a tensão apropriada, imprescindível para o perfeito funcionamento do transportador.

- O conjunto funciona com um motor de baixa potência, estando incluída neste relatório as tabelas de potencia, em relação às capacidades transportadas, pode incluir várias entradas e saídas de material e pode movê-los verticalmente, horizontalmente, ou em qualquer ângulo ascendente ou descendente. Isso significa economia de recursos, espaço e energia, eliminando a necessidade para outros transportadores.

- O sistema permite transportar, de forma suave, materiais a granel, incluindo pós, pedaços, flocos, granulados, grânulos, peças, aparas, etc... através de um tubo fechado, sem a utilização de ar. Estes sistemas podem transportar até 120 t/hora.

- O equipamento mantém a emissão de pó controlada, dispensando os sistemas de coleta de poeira e também não há necessidade de filtros e outros sistemas de captação de pó, eliminando os trabalhos de limpeza e manutenção dos mesmos.

- Para produtos previamente misturados, misturas preparadas e pré-mix, não há o problema da separação e degradação dos elementos mesclados, sendo ideal para transportar produtos frágeis e delicados, e no caso de misturas, sem o risco de desagregá-las. Um transportador tubular de arrasto, pode também transportar matérias que estão com alta temperatura, umidade ou abrasividade, e em especial mover produtos alimentícios.

- O TRANSPORTADOR TUBULAR DE ARRASTE – DRAG opera com baixa potência (1 a 7,5 CV) e motores de alta velocidade e rendimento, poupando custo e energia. São silenciosos para que eles reduzindo os níveis de ruído em sua fábrica e são auto-limpantes, eliminando o acúmulo de resíduos dentro dos tubos.

A título de ilustração, segue tabela onde destaca-se a relação dos diâmetros em polegadas dos tubos (2) X capacidade (toneladas/hora) X potência do motor (7) (CV).

TABELA DIAMETRO (pol) X CAPACIDADE(t/h) X POTENCIA (CV)		
DIAMETRO (pol)	CAPACIDADE (t/h)	POTENCIA (CV)
3	4,0	1,0
4	10,0	1,0
6	23,0	2,0
8	40,0	2,5
10	55,0	3,5
12	80,0	5,0

12-E	120,0	7,5

8.- CONCLUSÃO.

Verifica-se por tudo aquilo que foi descrito e ilustrado que se trata de Transportador Mecânico Tubular de Arraste, (1), o qual se enquadra perfeitamente dentro das normas de transportadores especiais, devendo preencher importante lacuna existente no mercado, merecendo pelo que foi descrito e ilustrado, o respectivo privilégio.