

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E PROCESSOS
INDUSTRIAIS - MESTRADO ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
CONTROLE E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS**

Oscar Piaia

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMA A VÁCUO NA OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE DE
RESÍDUOS CÁRNEOS INDUSTRIAIS**

Santa Cruz do Sul, agosto de 2009

Oscar Piaia

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMA A VÁCUO NA OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE DE
RESÍDUOS CÁRNEOS INDUSTRIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais - Mestrado, Área de Concentração em Controle e Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

Orientador: Prof. Dr. Rubén Edgardo Panta Pazos

Santa Cruz do Sul, agosto de 2009

Oscar Piaia

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMA A VÁCUO NA OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE DE
RESÍDUOS CÁRNEOS INDUSTRIAIS**

Esta Dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais - Mestrado, Área de Concentração em Controle e Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

Dr. Rubén Edgardo Panta Pazos
Professor orientador

Dr. João Carlos Furtado

Dr. Luciano Marder

Meus filhos Evandro Augusto Piaia e João Vitor Piaia, dedico a vocês mais esta conquista, amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela vida, por mais esta oportunidade vivida e conquistada, por ter tido forças para enfrentar as minhas longas viagens semanais de São Miguel do Oeste - SC a Santa Cruz do Sul - RS. Agradeço aos meus pais Celeste Piaia e Julieta Piaia, aos meus irmãos, aos meus filhos Evandro Augusto e João Vitor, por serem a beleza, o sentido e a esperança da minha vida, a Rúbia companheira dos meus dias, pela ajuda, paciência e carinho dispensados. Agradeço a UNISC, professores, funcionários, ao meu orientador professor Rubén Edgardo Panta Pazos pelas palavras certas, nas horas certas nos momentos de dificuldade.

RESUMO

As indústrias que produzem alimentos derivados de carnes, principalmente abatedouros frigoríficos, geram grande quantidade de resíduos industriais sólidos e líquidos afetando o meio ambiente e poluindo as águas. Águas que são utilizadas na indústria e precisam ser devolvidas ao meio ambiente com características de qualidade igual ou superior do que as recebidas para o uso. Ainda hoje o grande desafio destas empresas é gerenciar estes resíduos, pois são resíduos de baixo valor agregado e somente geram custos e não lucros, mas precisam ser tratados, processados e terem destino ecologicamente corretos. Certamente a melhor estratégia tem sido gerenciar a origem dos resíduos, ainda junto aos processos produtivos através de um sistema de gestão dos resíduos, coletando-os onde são gerados e destinando-os a locais adequados para processamento, através de meios de transporte eficazes e tecnologicamente corretos. Os resíduos industriais sólidos necessitam ser transportados para locais afastados para serem processados, conforme determinam as normas sanitárias brasileiras. Os transportes mais comumente utilizados são através de: veículos automotivos adaptados, através de chutes pneumáticos (ar comprimido) e utilizando a água como meio propulsor de transporte onde são misturados os resíduos gerando poluição da água. No trabalho desenvolvido para resolver este problema criou-se e operacionalizou-se um sistema para o transporte dos resíduos sólidos industriais: ossos, vísceras e resíduos cárneos, desde os processos onde são gerados, até os locais onde serão processados, através da tecnologia da energia do vácuo, com desenvolvimento de equipamentos especiais e um sistema totalmente automatizado; otimizando com viabilidade econômica de implantação, evitando poluir as águas industriais, com funcionamento pleno, operação simples, baixa manutenção, baixo consumo de energia elétrica, satisfazendo os objetivos propostos.

Palavras-chave: Sistema de transporte a vácuo, Resíduos cárneos industriais, Gestão por processos em resíduos industriais.

ABSTRACT

The industries that produce food derived from meat, mainly slaughter houses, cold storage rooms, generate great amount of solid and liquid industrial residues affecting the environment and polluting waters. Waters that are used in the industry and need to be returned to the environment in better condition than the water received to be used. Still nowadays the great challenge of these companies is to manage these residues, therefore they have a low financial value and they only generate costs and not profits, but they need to be treated and to have an ecologically correct destination. Certainly the best strategy has been to manage the origin of the residues, still with the productive processes through a system of management of the residues, collecting them where they are generated and destining them to a right place for processing, through efficient and technologically correct means of transportation. The solid industrial residues need to be carried to moved away places to be processings, in agreement determine the Brazilian sanitary norms. The means of transportation more commonly used are through: adapted automotive vehicles, through pneumatic kicks (compressed air) and using the half propeller water as of transport where the residues are mixed generating pollution of the water. In this developed study to try to solve this problem, it was created and operated a system for the transport of the industrial solid residues: bones, viscera and meat residues from the processes where they are generated trough the places where they will be processed, using the technology of the energy of the vacuum, with development of special equipment and a total automatic system; optimizing with economic viability of implantation, preventing to pollute industrial waters, with full functioning, simple operation, low maintenance, low consumption of electric energy, satisfying the proposed purposes.

Key words: Vacuum transportation system, Meat Residues, Management by processes in industrial residues.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de Produção.....	18
Figura 2 - Sistema Automatizado.....	25
Figura 3 - Produtos (partes físicas) de um frango.....	30
Figura 4 - Representação do processo de vácuo de Torricelli.....	35
Figura 5 - Evangelista Torricelli	36
Figura 6 - Barômetro de Torricelli, 1644	36
Figura 7 - Blaise Pascal	37
Figura 8 - Experimento de Magdeburg, 1654.....	38
Figura 9 - Otto von Guericke	39
Figura 10 - Número de moléculas/litro x Pressão em torr.....	41
Figura 11 - <i>Layout</i> dos pontos de coleta dos resíduos na indústria.....	51
Figura 12 - Esquema de produção com os pontos de coleta de resíduos.....	52
Figura 13 - Sistema de transporte a vácuo com os processos.....	53
Figura 14 - Sistema de transporte a vácuo com os processos.....	54
Figura 15 - Condições existentes (distâncias) para o transporte.....	55
Figura 16 - Macrofluxograma dos processos (foco nos resíduos a transportar).....	56
Figura 17 - Fluxograma do transporte a vácuo de resíduos cárneos.....	57
Figura 18 - Processo de coleta de resíduos - cuba.....	58
Figura 19 - Pontos de recepção dos resíduos (cubas) e tubo de transporte.....	59
Figura 20 - Válvula de passagem plena - on/off.....	60
Figura 21 - Processo de recepção dos resíduos no silo, com os ciclones.....	61
Figura 22 - Processo de geração do vácuo no sistema.....	62
Figura 23 - Processo de recepção dos resíduos.....	63
Figura 24 - Processo de descarga dos ciclones A e B.....	64
Figura 25 - Bomba de geração do vácuo.....	65
Figura 26 - Bomba de geração do vácuo	65
Figura 27 - Procedimento de desentupimento da tubulação.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rendimento médio de um frango.....	31
Tabela 2 - Composição Atmosférica do Ar.....	40
Tabela 3 - Parâmetros para vários tipos de vácuo.....	41
Tabela 4 - Planejamento do chute dos resíduos.....	67
Tabela 5 - Programação dos chutes - CLP.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ISO	International Standards Organization. Organização Internacional. para a definição de normas.
a.C.	Antes de Cristo.
CLP	Controlador Lógico Programável.
SGA	Sistema de Gestão Ambiental.
TORR	Torricelli - Unidade de medida (pressão).
CM	Centímetro.
ATM	Atmosfera normal.
PA	Pascal.
MM	Milímetro.
HG	Mercúrio.
MBAR	Megabar.
BAR	Unidade de pressão (símbolo).
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
km	Quilômetros.
M/S	Metros por segundo.
KG	Quilo.
CV	Cavalo Vapor.

LISTA DE TERMOS

<i>JIT</i>	<i>Just in Time</i> . No tempo certo.
<i>Input</i>	Entradas.
<i>Output</i>	Saídas.
<i>Layout</i>	Arranjo físico.
<i>Know-how</i>	Conhecimento processual, conhecimento de como executar uma tarefa.
<i>Feedback</i>	Realimentação ou retroalimentação.
<i>Setpoint</i>	Ponto de definição. Parâmetro de informação desejada.
Newton	Grandeza física do sistema internacional; unidade de medida de força.
Pascal	Grandeza física do sistema internacional; unidade de medida de pressão.
Torricelli	Grandeza física que não faz parte do sistema internacional; unidade de medida de pressão.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1 SISTEMAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS	16
1.1 Sistema <i>Just in Time</i> - JIT.....	19
1.2 Qualidade e Produtividade Industrial.....	20
1.3 Transporte e Logística Industrial.....	21
1.4 Tecnologias e Inovações.....	22
1.5 Automação Industrial.....	23
1.6 <i>Layout</i> ou Arranjo Físico.....	26
2 RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS INDUSTRIAIS	28
2.1 Caracterização dos Resíduos Cárneos de Frangos	29
3 A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA DO VÁCUO	33
3.1 Primeiras Tentativas de Produzir Vácuo	35
3.2 Como Gerar o Vácuo	37
3.3 Unidades de Medida de Vácuo	39
3.4 Como o Vácuo é Caracterizado	40
3.5 Aplicações Científicas e Tecnológicas do Vácuo	42
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
4.1 Delineamento da Pesquisa	49
4.2 Análise e Interpretação dos Resultados	49
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	51
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	73

INTRODUÇÃO

As agroindústrias brasileiras obtiveram um crescimento significativo nos últimos anos. No terceiro trimestre do ano de 2008 atingiu-se o abate de 1,247 bilhões de unidades de frangos no Brasil, o que representa um abate médio de 415,66 milhões mensalmente, segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - <http://www.ibge.gov.br>) divulgados em 18 de dezembro de 2008. Considerando que 33,86 % do peso das aves compõem-se de resíduos sólidos: ossos, vísceras, resíduos cárneos, cabeças e peles têm-se um total de subprodutos a transportar de 372,97 milhões de toneladas por mês, 15,54 milhões de toneladas por dia, para serem processados como subprodutos em locais afastados das indústrias de alimentos (SCHMIDT, 2008).

Nos sistemas industriais modernos de abate e industrialização de frangos, o sistema *Just in Time* tem sido utilizado ao longo de todos os processos produtivos, com máquinas e instalações modernas determinando os ritmos de produção, previsibilidades e controles. Porém, os resíduos industriais normalmente ficam em segundo plano, pois não geram lucros, mas um ônus que as empresas assumem, precisam processá-los e destiná-los de forma ecologicamente correta.

Embasado na visão de gestão de qualidade por processos, os resíduos industriais desde a sua origem no interior das indústrias precisam receber o destino correto, sendo relocados através de meios de transportes eficientes, seguros e sem a água como meio propulsor do transporte.

A contribuição com o desenvolvimento deste trabalho foi principalmente de:

- Com a utilização dos conceitos do *Just in Time*, criou-se um sistema complexo com a coleta dos resíduos cárneos no local ou ponto de origem na indústria, transportando-os, evitando acúmulos ou estoques intermediários no interior da indústria.

- Com o estudo dos processos, fazer o dimensionamento pleno de todo o sistema, de forma a trabalhar plenamente sincronizado e nas capacidades dimensionadas os processos e os componentes criados.
- Com análise do arranjo físico - *layout*, caracterizando com precisão a origem do resíduo cárneo a transportar.
- Possibilitar a coleta automaticamente em vários pontos diferentes da indústria, onde os resíduos são gerados decorrentes dos processos.
- Evitar a poluição ambiental, principalmente da água utilizada na indústria.
- Com a utilização da energia do vácuo no transporte, garantir a segurança plena dos trabalhadores da indústria.
- Utilizando os conhecimentos de tecnologias e de automação, tornar o sistema 100% automatizado, sem necessidade mão de obra para operacionalizá-lo.
- Com o estudo a criação de componentes especiais, máquinas e instalações industriais complexas para realizar o transporte dos resíduos.
- Utilizar a energia do vácuo, de baixíssimo custo e excelente produtividade para a aplicação desenvolvida.

Como caracterização do problema, destaca-se que as indústrias frigoríficas de aves necessitam realizar o transporte dos resíduos cárneos para serem processados em locais específicos e a certa distância devido a contaminações cruzadas com alimentos. Várias são as formas economicamente viáveis de realizar estes transportes, um dos mais utilizados é com o auxílio da água, onde são misturados os resíduos para serem transportados, prejudicando sensivelmente o meio ambiente e com alto custo para tratar essa água posteriormente.

Outra opção, com o transporte dos resíduos cárneos a seco através de chutes intermitentes com a pressão positiva do ar comprimido, o que é uma condição insegura onde trabalham pessoas nas proximidades.

Considerando que os resíduos devem ser transportados em sistemas automatizados, sem contato com pessoas e sem poluir o meio ambiente temos a questão: **Como utilizando a energia do vácuo, transportar resíduos cárneos num sistema totalmente automatizado, eficiente e produtivo?**

Esta forma de energia, “vácuo” ainda é muito pouco explorada e bastante nova cientificamente. No mundo existem várias “sociedades” que estudam o assunto vácuo como forma de ciência e de tecnologia. No Brasil existe a Sociedade Brasileira do Vácuo, com sede e foro no Instituto de Física "Gleb Wataghin" - na Universidade Estadual de Campinas, estado de São Paulo, regida por estatuto (<http://www.sbvacu.org.br/>).

O objetivo geral foi otimizar o sistema produtivo industrial, utilizando a energia do vácuo, utilizando técnicas do *Just in Time*, *tecnologia e automação*, para a movimentação de resíduos cárneos industriais com preservação ambiental, segurança e eficiência.

Através dos objetivos específicos apresenta-se uma tradução do objetivo geral mais detalhada e tangível, sendo:

- 1- Desenvolver os processos e os equipamentos especiais desde: coleta, transporte e armazenagem dos resíduos cárneos.
- 2- Desenvolver o sistema do transporte a vácuo, interligando os processos e equipamentos, com funcionamento 100% automatizado.
- 3- Analisar descobertas tecnológicas e científicas do vácuo e do sistema.

Este trabalho justifica-se, levando em consideração que os processos nas indústrias são praticamente todos automatizados e precisam ser, pois do contrário não seriam viáveis economicamente. Considerando as exigências ambientais atuais, os objetivos das empresas se voltam fortemente em atuar nos processos produtivos como meio de produtividade e da proteção ambiental, ou seja, atacar as causas dos problemas e das fontes poluidoras. Nas indústrias frigoríficas, uma grande fonte poluidora está nos resíduos sólidos e líquidos, sendo uma preocupação grande atualmente e sensível dos empresários evitarem que resíduos sejam misturados com água e depois separados, gerando alto custo com tratamentos. Evitar que funcionários fiquem em contato ou expostos a resíduos industriais é cada vez mais

forte entre as empresas, para prevenir doenças ocupacionais ou que ofereçam riscos de acidentes através das instalações.

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos distintos, sendo eles: O capítulo um apresenta a parte introdutória, a caracterização do problema, os objetivos gerais e específicos, justificativas e a estrutura do trabalho; o capítulo dois apresenta na fundamentação teórica embasamentos pesquisados sobre temas abordados no desenvolvimento do trabalho; no capítulo três os procedimentos metodológicos utilizados são apresentados; no capítulo quatro são apresentados os resultados sobre os objetivos propostos; no capítulo cinco as conclusões, as considerações finais e bibliografias utilizadas.

1 SISTEMAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS

“Os sistemas podem ser compreendidos como um grupo de partes que operam conjuntamente para atingir um propósito comum” (FORRESTER, 1990, citado por ANTUNES, 2008, p.59).

Conforme Campos (1992), processo é um conjunto de causas que provocam um ou mais efeitos. O processo possui uma família de causas, ou fatores de manufatura, sendo eles: máquinas, medidas, matérias primas, meio ambiente, mão de obra e métodos. A empresa em si é um grande processo e dentro dele existem vários processos.

“Sistema é um conjunto de processos distintos, interligados, visando cumprir uma missão” (MACEDO, 1995, p. 65).

Para Antunes (2008), um sistema de produção recebe um conjunto de entradas: materiais, informações, energias, a partir dos quais os materiais serão fisicamente processados e adquirirão valor agregado pela utilização de um conjunto de elementos complexos (máquinas e pessoas), o que resultará como saída, produtos acabados destinados diretamente aos consumidores, ou bens semiacabados que serão utilizados pelos clientes para fabricar outros produtos acabados.

Os sistemas de manufatura relacionam-se, portanto, com o processo físico de produção em si. O objetivo do sistema de manufatura ou produção consiste em, através de uma efetiva coordenação de seus diferentes subsistemas constitutivos, alcançarem os propósitos gerais da empresa, a sua meta. Os sistemas podem ser compreendidos como um grupo de componentes inter-relacionados que trabalham juntos rumo a uma meta comum recebendo insumos (entradas do sistema) e produzindo resultados (saídas do sistema), em um processo organizado de transformação.

Um sistema como um todo percebido, a partir do qual os diversos elementos constituintes do sistema permanecem juntos na medida em que estes elementos afetam continuamente uns aos outros ao longo da dimensão temporal, atuando para o alcance de um propósito comum. Desloca-se o eixo de interesse, que se transfere do estudo para as partes que constituem o sistema para o estudo das diferentes e dinâmicas interações entre as partes envolvidas.

Uma definição mais abrangente é a proposta por Bellinger (1996) citado por Antunes (2008), onde diz que o sistema é uma entidade que caracteriza sua existência a partir de interação mútua entre as partes que o constituem. Neste conceito, deve-se ressaltar que a fronteira do sistema pode ser instaurada de forma artificial e implica a necessidade de definir os seus objetivos ou afins. Para diferentes objetivos, provavelmente ter-se-á diferentes definições da fronteira do sistema.

A produção, como resultado de uma atividade, é oriunda de um conjunto de funções ou de esforços e o produto é o resultado. Isto leva ao conceito de sistema de produção, que é um conjunto de partes inter-relacionadas, as quais quando ligadas atuam de acordo com padrões estabelecidos sobre *inputs* - entradas, no sentido de produzir *outputs* - saídas (ERDMANN, 2000, p.12).

Conforme Erdmann (2000), sistemas de produção se compõem de subsistemas relacionando-se entre si, atuando segundo um conjunto de regras ou padrões, tendo como resultados os produtos. Produção é o ato de produzir algo intencional útil e implica em transformar, mudança de alguma coisa em outra. Produção é o fluxo de um material numa indústria, através dos processos, pelas máquinas e instalações, pessoas e impulsionado por energéticos, gerando resultados. Os produtos são os resultados, os efeitos, dos processos, dos sistemas de produção, e que atendam as necessidades das pessoas.

Conforme figura 1, um sistema de produção inicia com um valor adquirido pela empresa industrial, através das entradas, os *INPUTS*, envolvendo principalmente os materiais, os insumos. Estes materiais através dos recursos: máquinas, funcionários, energéticos, seus procedimentos e padrões respectivos, serão alterados com agregação de valor, virando produtos e atendendo

necessidades dos clientes. Junto aos recursos estão os processos de produção e como toda indústria ao longo dos processos, são gerados resíduos de materiais que necessitam ser recolhidos e transportados para serem processados normalmente em locais específicos e afastados da indústria.

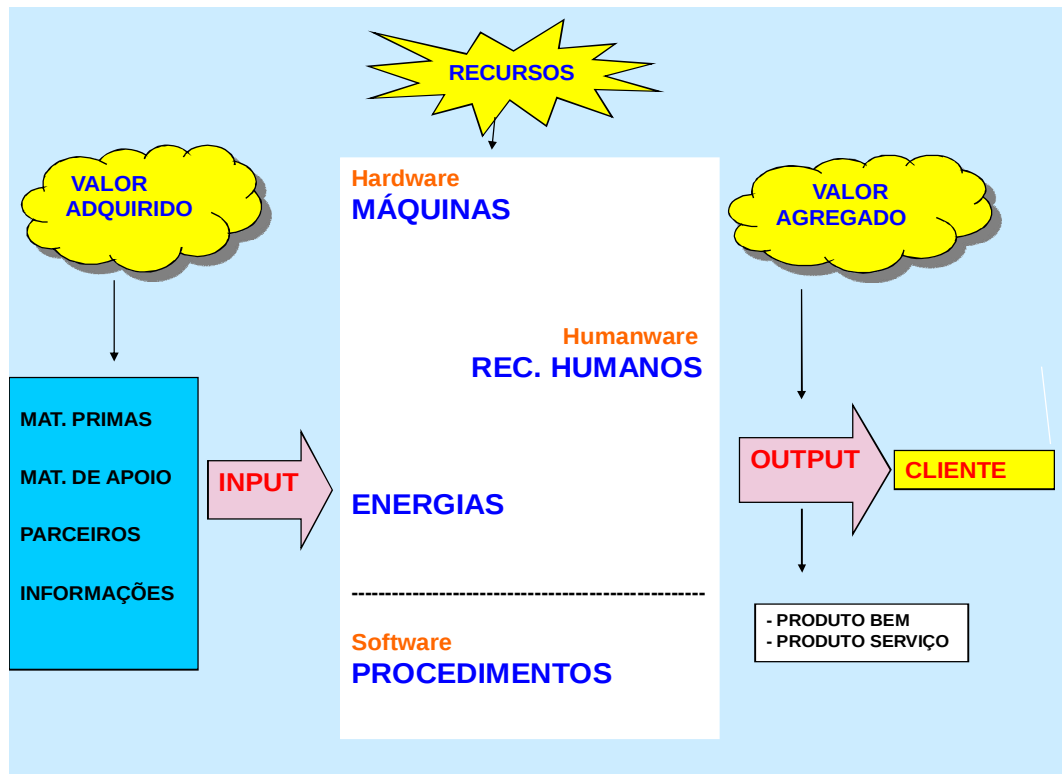


Figura 1: Sistema de Produção
Fonte: CAMPOS, (1992)

“Um sistema é um todo que não pode ser separado sem que ocorra a perda de suas características essenciais e, por isso, deve ser estudado como um todo; devendo as partes, começarem a serem estudadas em termos do todo.” (GAITHER, 2001, p.14).

Processo caracteriza-se por um conjunto de variáveis, tais como matéria prima, máquinas, medida, meio ambiente, mão de obra e métodos, que, organizadas em determinada ordem preestabelecida, geram um ou mais efeitos resultantes do processo, o produto (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001, p.225).

1.1 Sistema *Just In Time* - JIT

O fenômeno *Just In Time* é típico dos sistemas de produção enxuta, que pode ser traduzido como na hora certa. É utilizado para se referir a um sistema de produção em que a movimentação de materiais durante a produção é cuidadosamente sincronizada, de tal forma que em cada passo do processo um lote chegue para processamento tão logo o lote precedente tenha sido completado. Surgiu no Japão, na *Toyota Motor Company*, onde consideraram os refugos e os retrabalhos como sendo desperdícios e o estoque excessivo como um mal a evitar porque toma espaço e absorve recursos (STEVENSON, 2001).

Conforme Bega (2006), o *Just In Time* (JIT) é uma filosofia operacional que representa alternativa ao uso de estoques para que se possa cumprir a meta de disponibilizar os produtos certos, no lugar certo e no tempo certo. É uma filosofia de planejamento em que todo o canal de suprimentos é sincronizado para reagir às necessidades das operações dos clientes.

O *Just In Time* (JIT) refere-se a uma das tentativas básicas de eliminar o desperdício, produzindo sempre a peça ou produto certo, no lugar certo e na hora certa. O JIT usa um sistema “puxado” em vez de um sistema “empurrado” para mover os produtos por meio das instalações (MOREIRA, 2008).

O objetivo final do *Just in Time* é conseguir chegar a um sistema balanceado, um sistema que tenha um fluxo suave e veloz de materiais através do sistema. A idéia, ao se utilizar os recursos da melhor forma possível, consiste em tornar o tempo de processamento tão curto quanto possível (STEVENSON, 2001, p. 507).

O desperdício pode ser encontrado no próprio processo de produção e o JIT requer perfeita sincronização de forma a eliminar a espera e o estoque em excesso.

Desperdício é também encontrado em *layouts* impróprios que obrigam o transporte de bens de uma parte da instalação para a outra. O desperdício também toma a forma de má qualidade, dado que refugo e retrabalhos custam dinheiro e não acrescentam valor (MOREIRA, 2008).

Para Ritzman (2004), o sistema *Just in Time* concentra-se em reduzir ineficiências e tempo improdutivo nos processos, a fim de aperfeiçoar continuamente o processo e a qualidade dos produtos fabricados. O envolvimento dos funcionários e a redução de atividades que não agregam valor são essenciais para as operações JIT. Os sistemas *Just in Time* procuram eliminar retrabalho, a fim de obter um fluxo uniforme de materiais.

Operações JIT eficientes exigem conformidade às especificações do produto. Os sistemas JIT controlam a qualidade na fonte, com os funcionários atuando como seus próprios inspetores de qualidade. A automação desempenha um grande papel nos sistemas JIT, sendo fundamental para a obtenção de operações de baixo custo. Os recursos financeiros liberados por causa das reduções no estoque JIT ou outras eficiências podem ser investidos em automação para reduzir custos.

1.2 Qualidade e Produtividade Industrial

Dizemos que um processo industrial está sob controle se os produtos resultantes se mantêm dentro da qualidade desejável ou, melhor dizendo, dentro da faixa desejável de qualidade. Para Moreira (2008), o conceito de qualidade deixa de ser responsabilidade de um departamento de controle de qualidade, para ser uma obrigação de todos, do presidente da organização ao chão de fábrica.

Nas palavras de Ishikawa (1993), citado por Moreira, (2008, p. 570), “controle de qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”.

Conforme Crosby, citado por Macedo (1995), qualidade deve ser definida como cumprimento de requisitos.

Para Campos (1992), produtividade é produzir cada vez mais e melhor com cada vez menos. Pode-se representar a produtividade como o quociente entre o que a empresa produz “*OUTPUT*” e o que ela consome “*INPUT*”. Deve-se agregar o

máximo de valor aos recursos instalações, entre outros, buscando ter-se o menor custo de produção. Produzir qualidade é gerenciar a empresa ao longo dos processos e não por resultados, pois quando o resultado ocorre, a ação já é tardia.

Na definição de Caldas Aulete (2009), otimização é o ato ou efeito de otimizar, de criar condições adequadas para a realização de algo. Reorganização ou aprimoramento de um processo, de um sistema, com o objetivo de se obter o maior rendimento possível, em menor espaço de tempo. Procedimento para determinar o valor ótimo de uma grandeza.

Ferreira (1999) define que otimizar é melhorar ao máximo as condições, aproveitar ao máximo os meios, desempenho, processo, etc., de modo a obter os melhores resultados possíveis. Melhorar (programa) de modo a ser o mais simples e o mais rápido possível. Estabelecer o valor ótimo de uma grandeza.

1.3 Transporte e Logística Industrial

Conforme Ballou (2006), as atividades logísticas e de transportes são a ponte que faz ligação entre locais de produção por tempo e distâncias. Uma definição dicionarizada do termo logística é a que diz: o ramo da ciência militar que lida com a obtenção, manutenção e transporte de material, pessoal e instalações.

Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de materiais e das informações desde o ponto de origem até o ponto de consumo. Trata-se de uma excelente definição, uma vez que abrange a noção de que o fluxo das mercadorias deve ser acompanhado desde o ponto em que existem como matérias primas até aquele em que são descartadas (BALLOU, 2006).

Tradicionalmente, os produtos e serviços industriais são classificados de acordo com a intensidade de sua entrada no processo de produção, existem os produtos que fazem parte do produto final, como matérias primas e componentes, há aqueles usados no processo de fabricação, como instalações e equipamentos (BALLOU, 2006, p. 75).

1.4 Tecnologias e Inovações

A tecnologia constitui-se num fator importante para as empresas obterem vantagem competitiva, possibilita criar empresas industriais inteiramente novas e alterar drasticamente o panorama em indústrias existentes. O desenvolvimento e o uso inovador da tecnologia podem proporcionar a uma empresa uma competência diferenciada que é difícil de igualar. Os avanços das tecnologias geram novos produtos com alterações de processos iniciando com idéias, conhecimentos e experiências criando maneiras novas e melhores para realizar as funções.

Define Ritzman (2004), a tecnologia como o *know-how*, os equipamentos e os procedimentos para fabricar produtos. É o conhecimento e o julgamento de como, quando e por que empregar equipamentos e procedimentos. Perícia e experiência fazem parte desse conhecimento e muitas vezes não podem ser inseridas em manuais ou rotinas.

As tecnologias podem estar focadas aos produtos ou nos processos. As tecnologias de processos caracterizam os métodos pelos quais uma organização realiza as coisas interligando os vários processos de fabricação através das tecnologias, nos equipamentos especiais, focando resultados e preservação ambiental. A tecnologia da informação, a informática, utilizadas para obter e gerenciar informações, processar, transmitir, e através delas comandar automações de maneira a garantir que instalações e processos operem automaticamente com precisão, confiabilidade e viabilidade nas indústrias.

As tecnologias de produtos são desenvolvidas principalmente por engenheiros e pesquisadores no interior das organizações, transformando idéias em novos produtos, ou meios de transformação (RITZMAN, 2004).

Conforme Ohno, citado por Antunes et al. (2008), a necessidade é a mãe da invenção.

Na colocação de Tidd et al. (2008), inovação surge quando se repensa a forma de como olhar para algo e buscar soluções criando mudanças e o valor agregado da inovação está no grau de novidade envolvido. Ela é movida pela habilidade de estabelecer relações, resolver problemas, detectar oportunidades e tirar proveito delas no atendimento das necessidades industriais. Juntamente com a inovação a tecnologia sempre desempenha um papel fundamental na disponibilização de opções radicalmente novas atendendo necessidades industriais de forma prática e funcional.

A inovação é uma questão de conhecimento, de criar novas possibilidades pela combinação do conjunto de diversos conhecimentos, muitas vezes estes conhecimentos estão nas tecnologias, outras vezes em nossas experiências, mas que precisam ser utilizados e implementados.

Tecnologia é o conjunto organizado de todos os conhecimentos científicos, empíricos, ou intuitivos e empregados na produção. Deve-se evitar o equívoco de achar que a simples aquisição de equipamentos avançados implica na evolução tecnológica (MATTOS, 2005).

1.5 Automação Industrial

Para Groover (2008), através da automação dos recursos de transformação: máquinas e instalações e até das atividades das pessoas possibilitam a reduções significativas dos custos operacionais, aumento dos volumes produzidos, com otimização principalmente dos transportes internos dos materiais onde o valor agregado da empresa é baixo e custam muito.

A automação poderá ser implementada na indústria sobre os equipamentos visando sua melhor funcionalidade, produtividade e padronização na produção dos produtos. Também sobre o sistema de produção como um todo, onde várias máquinas e instalações estão inseridas, a automação entra como um meio de

sincronizar este sistema garantindo um fluxo adequado, porém levando em consideração as características e automações de cada máquina específica.

A principal razão para a automação é, sem dúvida, o aumento de produtividade e competitividade daí resultante o que se consegue por meio de uma qualidade melhor dos produtos, do melhor aproveitamento de matérias primas, da redução do ciclo de fabricação dos produtos e da redução dos estoques de materiais em processo. A automação gera algumas queixas de que degrada o trabalho a medida que transfere a habilidade humana para a máquina e gera desempregos. (MOREIRA, 2008, p. 233).

O arranjo físico - *layout* e os computadores modernos com programas sofisticados, tem tido papel importante no sistema de automação dos processos de produção, da logística e transporte de materiais. Ao se tratar de automação de sistemas com utilização de equipamentos e instalações, principalmente que envolvem transportes internos industriais, deve-se ressaltar que a pessoa tem ainda em muitos casos uma interação grande no sistema, como operador, ou de alguma outra forma, podendo ser de suprimento de uma matéria prima.

Existem sistemas de fabricação individuais, o trabalho consistindo em uma máquina e o trabalhador da produção operando essa máquina. Pensamos mais de sistemas de fabricação com grupos de máquinas e de trabalhadores, uma linha de produção. Os sistemas de fabricação analisam no contato físico direto com as peças e/ou os conjuntos de peças que estão sendo feitos. Analisando sistemas de fabricação, percebe-se existência de três categorias básicas distintas: sistemas manuais do trabalho, sistemas com trabalhador x máquina, e sistemas automatizados de máquinas e sistemas (GROOVER, 2008).

Observa Moreira (2008), a automação é uma tecnologia que diz respeito à aplicação de sistemas mecânicos, eletrônicos e computadorizados para operar e controlar a produção. A tecnologia da automação inclui três tipos:

Automação Fixa: A automação fixa é a característica de qualquer sistema onde a sequência de operações seja fixada pela configuração dos equipamentos, de alto investimento e com foco em volumes de produtos produzidos.

Automação Programável: Nestes sistemas, o equipamento é projetado com a capacidade de mudar a sequência de operações para acomodar diferentes configurações de produtos, também de altos investimentos, possibilita produzir várias combinações de produtos diferentes.

Automação Flexível: É capaz de produzir vários produtos com muito pouco tempo perdido na mudança de um produto para outro. Não há tempo perdido na produção enquanto se reprograma o sistema e se altera a preparação física. O sistema pode produzir várias combinações e programações de produtos, em vez de requerer que eles sejam feitos em lotes separados.

A figura 2 mostra que no final do processo *OUTPUT* tem um sensor (*feedback*), medindo o resultado de um equipamento ou de um sistema, esta informação instantaneamente e continuamente é repassada via *INPUT* ao controlador. O controlador é que realiza o processamento da informação recebida, checando com o que está programado no *setpoint* (ponto de definição; parâmetro de informação desejada).

Se a informação recebida (*feedback*) estiver fora da faixa programada no controlador, ele acionará um atuador (podendo ser uma válvula) que será acionada automaticamente e permanecerá aberta até o momento em que atinja o que está programado no *setpoint* do controlador. Se a informação medida pelo sensor (*feedback*) estiver dentro da faixa programada, este manterá o sistema, pois está dentro do planejado não ativando o atuador. O controlador poderá ser um CLP, controlador lógico programável.

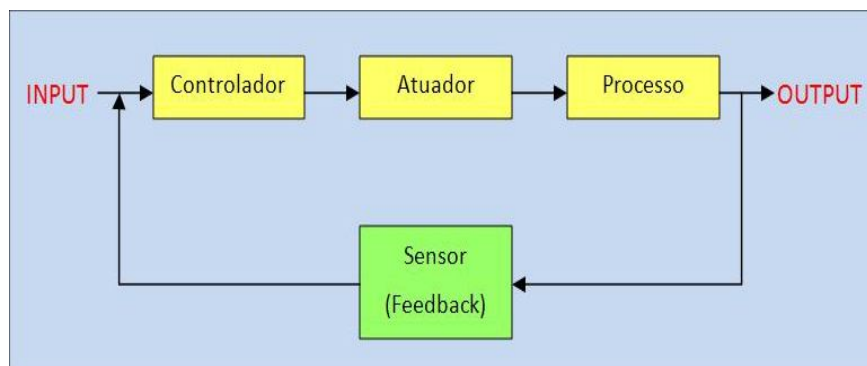


Figura 2: Sistema Automatizado
Fonte: GROOVER, (2008)

1.6 *Layout* ou Arranjo Físico

Conforme Moreira (2008), planejar o *layout* ou arranjo físico de uma instalação, significa tomar decisões sobre a forma como serão dispostos nesta instalação os centros de trabalhos compostos basicamente por: máquinas, instalações, pessoas; sempre estando com fluxos adequados, gerando produtividade positiva, capacidades dimensionadas e com flexibilidades para adequar capacidades e expansões futuras.

Máquina é equipamento industrial direcionado para a fabricação de produtos diversos. Instrumento ou aparelho que, construído pelo homem, se alimenta de uma fonte de energia, articula movimentos e desempenha diversas tarefas (máquina fotográfica; máquina elétrica, máquina a vapor; máquina de escrever; máquina de costura). O conjunto das peças de um instrumento (FERREIRA, 1999).

Para Rocha (1995), *layout* é a disposição física de máquinas, os postos de trabalho, equipamentos, homens, áreas de circulação, unidades de apoio e tudo mais que ocupa espaço na fábrica, distribuindo-os de forma a maximizar a funcionalidade do processo produtivo e otimizar o ambiente de trabalho.

O objetivo principal do *layout* é obter um fluxo coerente de fabricação, evitar investimentos desnecessários, reduzir as movimentações de materiais, racionalizar o espaço físico, permitir manutenções e supervisão. Entre os fatores que influenciam no *layout* destacam-se: os materiais a transportar, suas dimensões, pesos, quantidades movimentadas, características físico-químicas, se são sólidos, líquidos, contaminantes.

O estudo do *layout* busca encontrar a melhor maneira de dispor fisicamente todos os meios de produção, arrumando o espaço de trabalho a fim de otimizar a funcionalidade do sistema, reduzir manuseio, transporte de material e circulação de pessoas. O arranjo físico pode ser estudado partindo-se da situação de implantação da fábrica, portanto do instante inicial, como também para melhorar uma organização fabril já implantada (ROCHA, 1995, p.144).

Os arranjos físicos por produto são utilizados para se obter um fluxo suave e veloz dos materiais, cujo trânsito pelo sistema ocorre em grande escala, utilizando-se instalações e processamentos altamente padronizados (STEVENSON, 2001).

Os *layouts* modernos são cada vez mais compactos e flexíveis, com distâncias cada vez menores e os estoques intermediários cada vez mais reduzidos. O *layout* por produto utiliza máquinas especializadas para desempenho de tarefas específicas, repetitivas e normalmente complexas. Se a instalação de manufatura produzir uma variedade de produtos personalizados em lotes relativamente pequenos a instalação provavelmente usará um layout por processo (GAITHER, 2001).

2 RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

Conforme VALLE (2002), um resíduo é algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em determinado local e que não tem um valor de mercado. Há que se considerar, entretanto, que os resíduos podem ser transformados em subprodutos ou em matérias primas para outras linhas de produção industrial.

A água, sendo essencial à vida, requer racionalidade em sua utilização. A contaminação das águas é, portanto, uma das maiores preocupações tanto dos ecologistas como de todos os que necessitam utilizar a água como insumo em atividades industriais.

A água é essencial para a maioria das indústrias, onde têm utilização nos processos de lavagem, na transferência de calor (sistemas de aquecimento) e como matéria prima, em alguns tipos de produtos, como bebidas, medicamentos (VALLE, 2002, p. 59-61).

Alguns compromissos inerentes à política ambiental devem ser assumidos pela organização ao estruturar seu “Sistema de Gestão Ambiental” - SGA, para assegurar-se de que seus resíduos são transportados e destinados corretamente e com segurança, de acordo com as boas práticas ambientais, a legislação e as normas aplicáveis, entre elas a ISO 14000.

Em sua concepção a série de normas ISO 14000, tem como objetivo central um sistema de gestão ambiental que auxilia a organização a cumprir seus compromissos assumidos em prol do meio ambiente. Como objetivos decorrentes, as normas criam sistemas de certificação, tanto das organizações como de seus produtos. A série ISO 14000 é um grupo de normas que oferece subsídios para a fixação de padrões para o SGA. Seu principal objetivo é harmonizar as normas nacionais e as regionais, que existiam até aquele momento, transformando-as numa linguagem que fosse aceita internacionalmente (BALLESTRO-ALVAREZ, 2001).

Outra definição, proposta pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define os resíduos como materiais decorrentes de atividades antrópicas¹, gerados como sobras de processos, ou os que não possam ser utilizados com a finalidade para a qual foram originalmente produzidos (VALLE, 2002, p. 48-49).

Ferreira (1999) define que resíduo é o que sobra, o que resta, o que permanece, resto. A diferença entre o valor observado de uma variável e o seu valor real ou mais provável. Diz-se daquilo que resta restante, remanescente.

2.1 Caracterização dos Resíduos Cárneos de Frangos

Todas as empresas industriais além dos produtos finais desejados produzidos produzem um ou mais tipos de resíduos que praticamente não são objetivo ou produto final do negócio, mas decorrência dos processos produtivos e muitas vezes inevitáveis. Sejam eles em forma de calor, poluição do ar, ruídos, ou resíduos dos próprios materiais que estão sendo processados e precisam ter um tratamento e destino correto dentro das normas ambientais.

Os resíduos cárneos de frangos aqui considerados são compostos por: ossos, resíduos de carnes descartadas, peles, vísceras, cabeças.

Na figura 3 estão os percentuais das partes dos produtos provenientes de frangos de cortes, resultantes do seu processamento. O sangue é recolhido e processado por empresas especializadas, como fonte de matéria prima para fabricação de outros produtos. As penas não são consideradas resíduos cárneos também, separadamente vão para processos de produção industrial especial onde viram farinha de penas.

¹ Antrópicas: referente ou pertencente ao homem. Referente à ação do homem especialmente sobre a natureza.

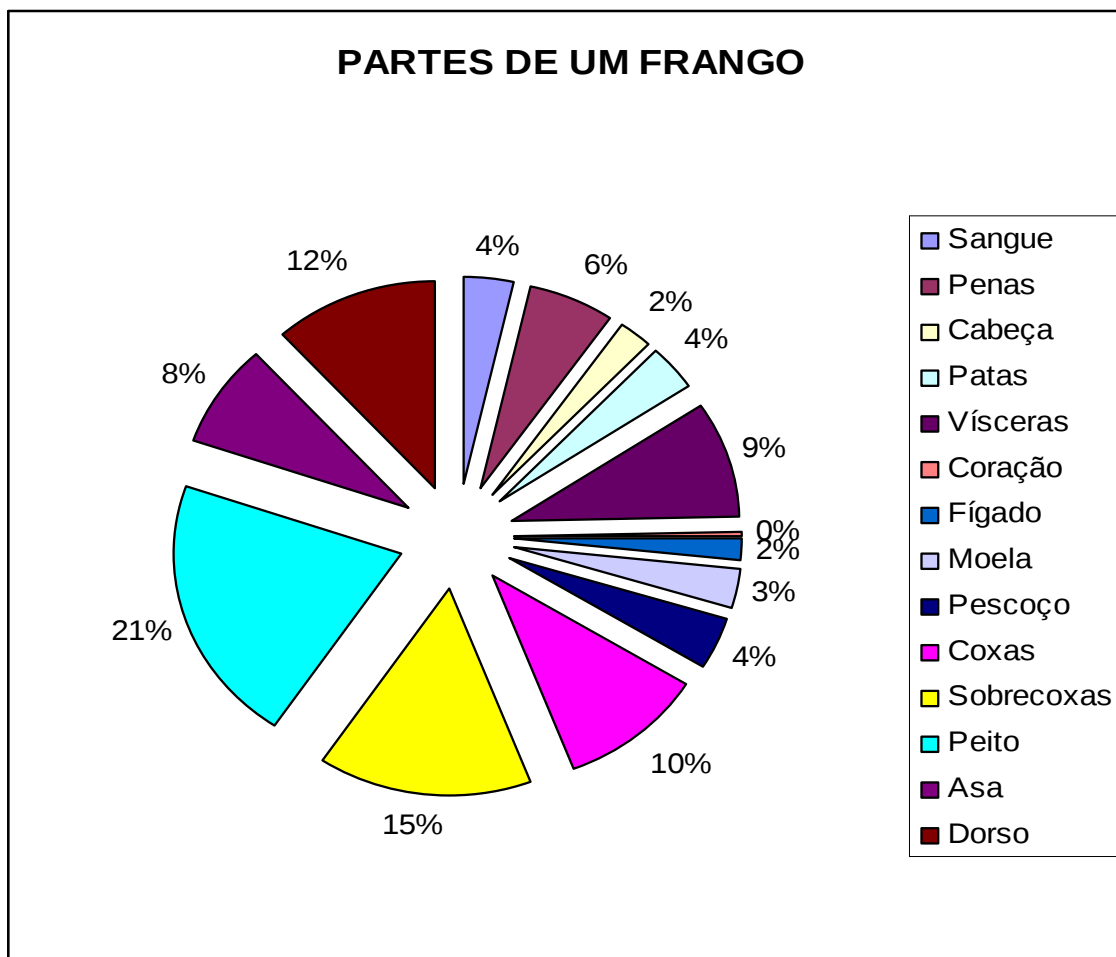


Figura 3: Produtos (partes físicas) de um frango
 Fonte: SCHMIDT, (2008)

A tabela 1 a seguir representa os percentuais de alguns produtos e resíduos provenientes a partir de uma indústria frigorífica de frangos de corte, onde estão destacados de vermelho os resíduos cárneos.

Observamos que os resíduos cárneos que necessitam ser transportados numa indústria frigorífica de frangos, para local distanciado do processamento das carnes equivalem a 33,86 % do peso dos frangos e que num abate diário de 150.000 aves, tem-se um total de 8.412,09 kg a transportar por hora.

Tabela 1 - Rendimento médio de um frango

Partes	Subpartes	Percentual (%)	Subtotal %
Sangue		3,75	29,50
Penas		6,04	
Cabeça		2,31	
Patas		3,60	
Vísceras		8,96	
Coração		0,48	
Fígado		1,67	
Moela		2,96	
Pescoço	Ossos	3,16	4,25
	CMS	1,25	
Coxas	Peles	0,72	10,40
	Ossos	2,66	
	Filé coxa	6,29	
	Retalho	0,88	
Sobre coxas	Peles	3,85	15,10
	Ossos	1,85	
	Filé sobrecoxa	8,98	
	Retalho	0,52	
Peito	Peles	2,95	21,10
	Filé de peito	11,13	
	Ossos	3,67	
	Filetino	8,97	
	Sassami	3,35	
	Retalho	1,25	
Asa	Coxa da asa	3,62	8,05
	Ponta da asa	4,43	
	Tulipa	3,35	
	Pontinha asa	1,08	
	Ossos	0,17	
Dorso	Retalho	2,14	11,60
	CMS	6,25	
	Ossos	3,56	
Total %			100,00
Obs.: Os itens destacados em vermelho acima são resíduos a transportar.			
Resíduos sólidos a transportar.		%	33,86
Simulando abate de 150.000 aves/dia e peso 2,65 kg.		Kg/dia	134.593,50
Transportar considerando trabalho 16h/dia.		Kg/h	8.412,09

Fonte: SCHMIDT, (2008)

O transporte dos resíduos cárneos industriais poderá ser através da água como meio propulsor. Os resíduos cárneos são misturados na água corrente e através da água eles se deslocam até o ponto desejado através de calhas ou tubulações. Para isto é necessário ter desnível, pois a água escoará através da força da gravidade e sempre para um nível inferior ao original. Neste meio de transporte é o que tem menor custo de instalação ou operacional, porém os materiais cárneos irão contaminar ou sujar a água que está sendo utilizada como meio para o transporte. No ponto destino os resíduos cárneos serão separados da água através de peneiras e a água terá um custo adicional para ser tratada e retornar a natureza. O limite da distância do transporte com este meio é distância do declive.

Os transportes através de roscas transportadoras, ou helicóides e equipamentos similares de automação somente possuem aplicações para transportar resíduos cárneos quando para pequenas distâncias.

Outra forma de realizar o transporte dos resíduos é através de chutes pneumáticos com a energia de pressão positiva de ar comprimido. Neste sistema os resíduos serão deslocados através de tubulações hermeticamente fechadas, tubulações de aço. Os materiais poderão ser transportados para níveis superiores, ou mais altos de sua posição original e a médias distâncias. O ponto restritivo deste tipo de instalação são riscos de acidentes altos em virtude da pressão positiva do ar nas instalações, principalmente quando próximo de pessoas no ambiente de trabalho.

Também existe o transporte através da energia do vácuo, já utilizado para resolver vários problemas atualmente nos setores produtivos, porém ainda pouco ou não explorado tecnologicamente na prática pelas empresas para o transporte de resíduos cárneos.

3 A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA DO VÁCUO

Stempniak (2002) em seu artigo “**A Ciência e a Tecnologia do Vácuo**”, relata que ao longo da história, as atividades relacionadas com o vácuo têm sido importantes para a vida moderna, para as atividades de pesquisa e para a própria compreensão do Universo. No transcorrer dos tempos, os conceitos sobre vácuo evoluíram e permitiram ao homem realizar aquilo que inicialmente parecia impossível, produzir um ambiente quase sem matéria.

Os primeiros pesquisadores iniciaram na Escola de Alexandria, com Torricelli, Pascal e tantos outros que nunca imaginaram que de suas primeiras experiências viriam aplicações científicas notáveis como a compreensão do que é a atmosfera, das propriedades químicas dos materiais, da eletricidade e da própria estrutura mais íntima da matéria. Ainda hoje muitas pessoas ignoram que toda a eletrônica, sistemas de comunicações, computadores e até uma prosaica garrafa térmica dependem de sistemas de vácuo para funcionar.

Vácuo, a palavra é utilizada com diferentes sentidos como: vazio, vazio de poder, falta de alguma coisa, um lugar onde não contém nada, espaço imaginário ou real não ocupado por coisa alguma, vácuo seria o perfeito vazio.

Seria possível o vazio absoluto, um lugar completamente desprovido de matéria? Vamos supor uma garrafa cheia de água, à medida que a água sai o espaço dentro da garrafa é ocupado pelo ar. Poderíamos pensar em retirar o ar, e podemos fazê-lo, mas nunca de modo completo. Não há equipamento capaz de reduzir a matéria, de certo volume a zero, ou seja, não é possível obter o vácuo perfeito, o vácuo absoluto (STEMPNIAC, 2002, p. 3).

Durante séculos o conceito de vácuo foi muito discutido e debatido inicialmente no campo da Filosofia e depois no das Ciências Naturais. No século V a.C. Parmênides de Eléia dizia ser impossível vazio absoluto uma contradição lógica ou o “não ser”. Logo o vácuo não poderia existir. Por volta do ano 420 a.C. dois outros gregos Leucipo e seu aluno Demócrito propunham uma explicação para a natureza das coisas a partir de uma teoria atômica. Tudo seria composto de átomos. Os átomos teriam existido sempre e sempre existiriam inalterados e diferindo por suas

formas geométricas. Esses átomos se reuniriam ao acaso formando a matéria e entre os átomos não haveria nada. Entre esses átomos existiria o vácuo.

O vácuo é o estado de um gás cuja pressão ou a densidade da massa seja mais baixa do que aquela da atmosfera na superfície da terra. Desde que estes parâmetros são dependentes do tempo e a posição, dentro de determinados limites, um limite superior geral de um vácuo não pode ser definido. (ASSOCIAZONE..., 2009).

Vácuo significa que nada contém ou apresenta; vazio. Aquilo que nada contém ou apresenta. Espaço ou ambiente que não contém ar. O espaço vazio que os atomistas gregos supunham existir entre os corpos celestes. Vacuômetro significa Instrumento para medir pressões abaixo da pressão atmosférica que utiliza como referência, a pressão barométrica local ou o vácuo absoluto (FERREIRA, 1999).

Mais tarde, Aristóteles (384-322 a.C) viria considerar o problema do vácuo, negando a possibilidade de sua existência. Aristóteles não aceitava a teoria atômica de Demócrito. O raciocínio de Aristóteles para provar a não existência do vácuo utilizava a experiência de queda dos corpos. Os corpos ao caírem sofrem uma resistência do meio em que caem: resistência do ar, da água. (STEMPNIAK, 2002, p. 3).

Alguns meios oferecem maior resistência, outros meios menor resistência. Mas essa resistência está sempre presente, limitando a velocidade. Se houvesse vácuo, os corpos não encontrariam resistência alguma e sua velocidade cresceria indefinidamente chegando a uma velocidade infinita.

Essa concepção era utilizada para interpretar determinados fenômenos como, mergulhamos um canudo em um copo de água. Ao chuparmos o ar contido no canudo a água sobe para preencher o espaço onde se retirou o ar para que não houvesse vácuo. Aristóteles supunha, de acordo com a teoria dos quatro elementos de Empédocles: Terra, Ar, Água e Fogo. Essa discussão sobre a quinta essência o Vácuo, voltou a ser importante quando se descobriu que a luz e as ondas eletromagnéticas se propagam no espaço entre os corpos celestes.

3.1 Primeiras Tentativas para Produzir o Vácuo

Para Stempniak (2002), o início da tecnologia do vácuo ocorreu somente no século XVII ao serem equacionados: a natureza do ar e a possibilidade de produzir uma região do espaço sem ar ou, pelo menos, com quantidade muito pequena de ar.

Em Florência, na Toscana (hoje Itália) por volta do ano de 1640, Galileu acompanhou as bombas aspirantes, que eram utilizadas para elevar a água em reservatórios, não eram capazes de elevar água a alturas maiores que 10,30 metros. Para melhor compreender esse fato Galileu fez pesar dois balões de vidro: um com ar e outro que fora aquecido reduzindo a quantidade de ar e notou que pesavam diferentemente: o ar tinha peso. Evangelista Torricelli, aluno de Galileu, interpretou o fenômeno como relacionado com o “peso do ar” ou mais especificamente com a pressão atmosférica capaz de equilibrar uma coluna de 10,30 metros de água, conforme representado na figura 4.

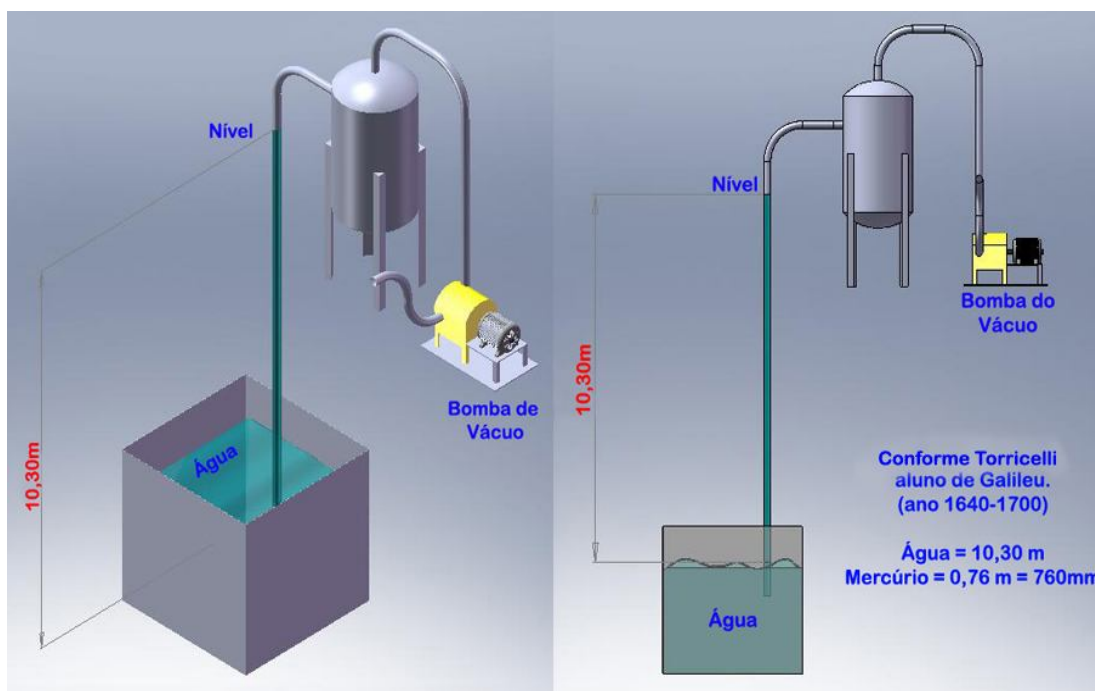


Figura 4: Representação do processo de vácuo de Torricelli.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Blaise Pascal, ilustrado na figura 7, na França verificou que se a pressão atmosférica for menor, o tamanho da coluna será menor, ao medir a pressão atmosférica na base e no pico de uma montanha, além de outras experiências importantes. Neste ponto nota-se que quando se fala em tecnologia de vácuo não se trata de produzir um vácuo absoluto que é impossível, mas de se reduzir a pressão a um valor menor que o da pressão atmosférica.



Blaise Pascal nasceu em 19 de junho de 1623 em Clermont-Ferrand, França e faleceu em 19 de agosto 1662.

Figura 7: Blaise Pascal
Fonte: MCALLISTER

Heron, em Alexandria, no século III a.C quando ao aquecer água em um recipiente e fechando-o em seguida produziu pressões inferiores à pressão atmosférica. Hoje se aplica essa técnica para vedar recipientes de alimentos de vidro como: massa de tomate, pepinos, entre outros. Nos sistemas biológicos, bombas de vácuo naturais, nossos pulmões cujo volume aumenta, reduzindo a pressão e permitindo a entrada de ar.

3.2 Como Gerar o Vácuo

Descreve Stempniak (2002), que a idéia de Von Guericke era bombear toda a água de um recipiente fechado, com auxílio de uma bomba, supondo que aí não restaria mais nada. Percebeu que tão logo a água era retirada do recipiente o ar penetrava por qualquer pequena fresta. Percebeu que um dos problemas (até hoje) enfrentados por quem deseja fazer vácuo é a vedação que deve ser muito boa. Mais tarde notou que não era necessário encher de água o recipiente, bastava bombear o próprio ar com um pistão. O fato é que a partir de tais experiências foi produzida finalmente a primeira bomba de vácuo, ou seria uma bomba de ar.

Tão logo foi possível produzir um vácuo, ainda que bastante precário espetaculares demonstrações foram possíveis, como: a chama de uma vela se extinguia na ausência de ar, o som não se propagava. Mas a mais espetacular e conhecida experiência dessa fase foi certamente a dos “Hemisférios de Magdeburg”, onde dois hemisférios de metal com juntas de vedação de couro eram justapostos e tornava-se muito difícil separa-los quando o ar era retirado de dentro da esfera formada.

A história dos equipamentos para produção de vácuo, começa com o experimento de Magdeburg no norte da Alemanha em 1654. Antes disto no início do século (provavelmente próximo a 1630), Galileu Galiei documentou a produção de um vácuo parcial, formado pelo deslocamento de um pistão em um cilindro. Evangelista Torricelli inventou o barômetro de mercúrio em 1644.

A primeira bomba de vácuo foi inventada por Otto von Guericke por volta de 1650. Esta bomba foi usada no famoso experimento dos "Hemisférios de Magdeburg", conforme ilustrado na figura 8, no qual 16 cavalos não foram capazes de separar dois hemisférios de cobre que estavam sob vácuo.



Figura 8: Experimento de Magdeburg, 1654.
Fonte: TORR, (2009).

Diz-nos Stempniak (2002), que Otto Von Guericke, ilustrado na figura 9, foi um grande experimentalista e realizou muitos trabalhos, inclusive em eletricidade estática, construindo as primeiras máquinas eletrostáticas.



Otto Von Guericke nasceu em 20 de Novembro de 1602 em Magdeburg, Alemanha e faleceu em 11 de maio de 1686.

Figura 9: Otto Von Guericke
Fonte: MCALLISTER

As suas idéias para produzir vácuo foram desenvolvidas e as bombas de vácuo a pistão eram comuns nos laboratórios de física do século XVIII e XIX. Robert Boyle, na Inglaterra, construiu e aperfeiçoou um desses engenhos a pistão. Outras técnicas foram sendo desenvolvidas com o passar do tempo. Algumas dessas bombas funcionam baseadas num pistão rotativo que se move ciclicamente.

3.3 Unidades de Medida do Vácuo

A pressão é definida como sendo a força exercida por unidade de área. No caso da pressão de um gás essa pressão é produzida pelo choque das moléculas do ar com as paredes do recipiente. A pressão depende do número de moléculas por unidade de volume e da agitação térmica dessas moléculas. Quanto maior a temperatura, maior é a agitação das moléculas e maior é o número de choques que essas moléculas têm com as paredes do recipiente definindo-se como sendo a pressão correspondente a um *Newton* por metro quadrado que é denominada pascal (1 Pa) em homenagem ao físico Pascal.

Físicos e engenheiros se acostumaram com outras unidades, ainda utilizadas. Uma delas é a altura da coluna de mercúrio em um barômetro cuja origem remonta

ao tempo de Torricelli. Com o advento do sistema métrico decimal a unidade foi definida como um milímetro de mercúrio (mm Hg) que às vezes é denominado de um Torricelli (1 Torr) em homenagem a Torricelli. Outras unidades ainda em uso são atmosfera e bar. 1 Torr = 1/760 atmosfera (atm), 133 pascal (Pa), 1 mm Hg, 1,33 mbar (STEMPNIAK, 2002).

3.4 Como o Vácuo é Caracterizado

Hoje é possível atingir pressões da ordem de 10-12 Torr nos melhores sistemas a vácuo. Deve-se levar em conta que o gás com que estamos trabalhando geralmente é o ar, cuja composição é: nitrogênio (78%), oxigênio (21%), argônio (0,9%) e, em menor proporção, gás carbônicos, neônio, hélio, metano, criptônio, hidrogênio, óxido nítrico e xenônio, como se pode observar na tabela 2.

Tabela 2 - Composição Atmosférica do Ar

COMPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA DO AR (50% de Umidade Relativa a 25 °C)		
N ₂	78.08	5.94×10^{-2}
O ₂	20.95	1.59×10^{-2}
Ar	0.93	7.0
CO ₂	0.033	2.5×10^{-1}
Ne	1.8×10^{-3}	1.4×10^{-2}
He	5.24×10^{-4}	4.0×10^{-3}
CH ₄	2.0×10^{-4}	1.5×10^{-3}
Kr	1.1×10^{-4}	8.4×10^{-4}
H ₂	5.0×10^{-5}	3.8×10^{-4}
N ₂ O	5.0×10^{-5}	3.8×10^{-4}
Xe	8.7×10^{-6}	6.6×10^{-5}
O ₂	7.0×10^{-6}	5.3×10^{-5}
H ₂ O	1.57	1.19×10^{-1}

Fonte: DANIELSON, (2009).

Na tabela 3, pode-se observar a relação existente entre: a pressão atmosférica, os vários tipos de vácuo do médio, alto e ultra alto com relação a pressão (Torr), as moléculas e o caminho livre médio entre as colisões das moléculas.

Tabela 3 - Parâmetros para vários tipos de vácuo

	Pressão Atmosférica	Médio vácuo	Alto vácuo	Ultra alto vácuo	Ultra alto vácuo
Pressão (Torr)	760	10^{-3}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-9}
Número de moléculas por cm^3	2×10^{19}	3×10^{13}	3×10^{10}	3×10^8	3×10^7
Número de moléculas por segundo que bombardeiam as paredes	3×10^{23}	4×10^{17}	4×10^{14}	4×10^{12}	4×10^{11}
Caminho livre médio entre as colisões (cm)	$6,5 \times 10^{-6}$	5	500	5×10^5	5×10^6

Fonte: STEMPNIK, (2008)

Observa-se que, analisando o número de moléculas por cm^3 , quanto maior o vácuo menor o número de moléculas e analisando o caminho livre médio entre as colisões (cm) das moléculas que quanto maior o vácuo maior é o caminho livre logicamente. Também pode-se observar o número de moléculas / litro em relação a pressão em torr, na figura 10 abaixo.

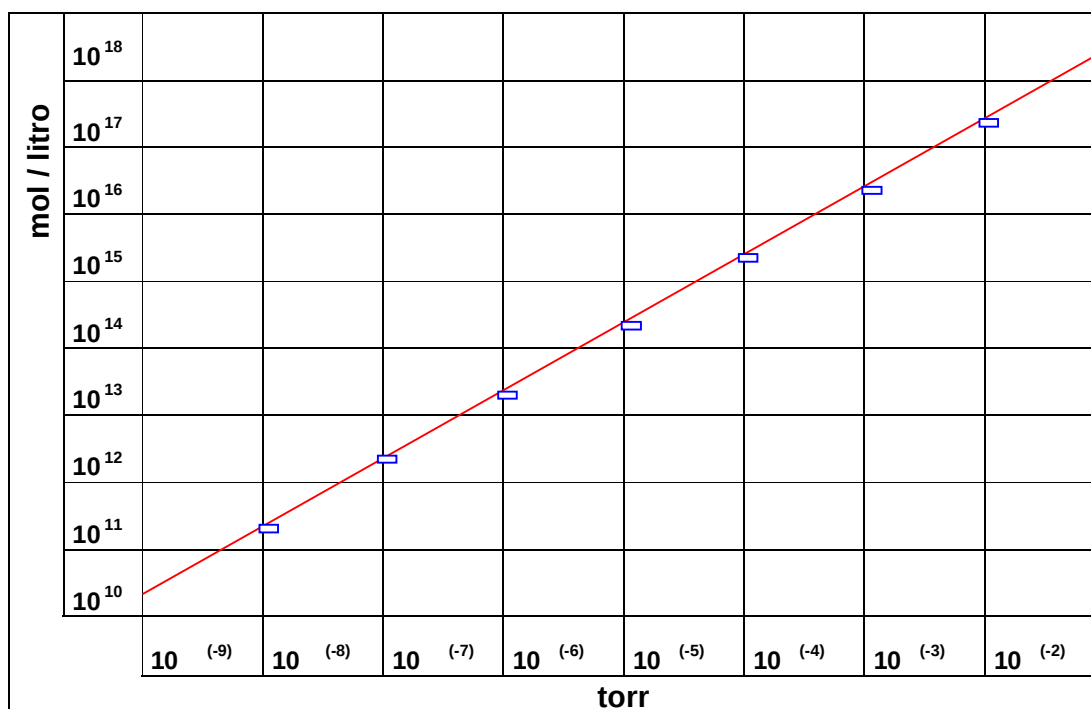


Figura 10: Número de moléculas / litro x Pressão em torr.

Fonte: DANIELSON, (2009).

Conforme Torr, (2009), a maioria dos processos que operam sob vácuo, estão situados na faixa de 0,1 a 760 torr. A seguir tabela com a caracterização dos vácuos em: Ultra Alto Vácuo, Alto Vácuo, Médio Vácuo e Vácuo Grosseiro.

- VÁCUO GROSSEIRO	760 a 1 TORR
- MÉDIO VÁCUO	1 a 10^{-3} TORR
- ALTO VÁCUO	10^{-3} a 10^{-7} TORR
- ULTRA ALTO VÁCUO	10^{-7} e ABAIXO

3.5 Aplicações Científicas e Tecnológicas do Vácuo

As aplicações do vácuo são várias segundo Stempniak (2002), onde na tecnologia moderna grande parte dos produtos tem de uma ou outra forma a influência de processos em que há necessidade de se fazer algum tipo de vácuo. Algumas aplicações do vácuo: embalagens a vácuo de: café, carne, requeijão e geléias. A garrafa térmica foi uma das primeiras aplicações tecnológicas do vácuo, inventada no fim do século XIX por J. Dewar (conhecida como “vaso de Dewar”), consiste essencialmente de um frasco de vidro de paredes duplas, onde se faz um vácuo para reduzir a possibilidade de transferência de calor por condução.

Em 1878, outra inovação tecnológica importante foi a lâmpada elétrica incandescente. Thomas Alva Edison, inventor americano, desenvolveu a lâmpada a partir da idéia de que um pedaço de fio condutor fino, um filamento, se aquece e pode se tornar incandescente pela passagem de corrente elétrica e iluminar, também utiliza o vácuo. Um dos problemas enfrentados por Edison em suas pesquisas foi o de descobrir um material que suportasse temperaturas muito elevadas da ordem de 2000 graus centígrados sem que se fundisse. As lâmpadas atuais apresentam um vácuo reduzido pela presença de uma mistura de nitrogênio e argônio, o que faz com que a pressão no interior da lâmpada seja maior.

Válvulas eletrônicas e válvulas de diodo são formadas através de uma corrente elétrica no vácuo. Essa corrente é unidirecional e permite a conversão de corrente alternada em contínua, daí o nome de válvula. Também o Raio-X, onde com o vácuo

aceleram-se as partículas no ar. Pressões negativas de ambientes, para evitar contaminações nas indústrias de alimentos. As ordenhadeiras de leite de vacas utilizam sistema vácuo com operação contínua e automatizada, também no transporte de material como a água.

Quando alteramos a pressão em uma câmara de vácuo, as seguintes grandezas físicas mudam de valor: a densidade do gás, o livre caminho médio, o tempo de formação de uma camada de moléculas – monocamada – em uma superfície e o fluxo de moléculas incidindo em uma superfície. Todas as aplicações e utilizações da tecnologia do vácuo giram em torno da mudança dos valores das grandezas expostas acima (DEGASPERI, 2006).

As principais razões para a utilização do vácuo nos processos em geral são:

- Diminuir a transferência de calor por condução e por convecção entre o meio interno e o meio externo de um recipiente.
- Conseguir deformações mecânicas, movimentos, levantamento e/ou sustentação de peças por meio de diferenças de pressão.
- Remover vapores ou gases absorvidos em materiais líquidos ou sólidos.
- Obter superfícies limpas e desgaseificadas.

A tecnologia do vácuo tem como principal tarefa a produção eficiente de baixas pressões em recipientes - chamadas geralmente de câmaras de vácuo. Para que este objetivo seja alcançado com sucesso e eficiência, devemos considerar e ter presente os seguintes pontos durante o projeto de sistema de vácuo:

- Pressão final a ser atingida e pressão de trabalho.
- Características marcantes do processo em questão, como por exemplo, se haverá gases corrosivos ou explosivos.
- Identificação do regime de escoamento dos gases e vapores.
- Cálculo das condutâncias e cálculo da velocidade efetiva de bombeamento.
- Escolha das bombas de vácuo, dos sensores de pressão e dos componentes auxiliares.
- Processos de limpeza e condicionamento do sistema de vácuo.

- Roteiro para acompanhamento do desempenho do sistema de vácuo e o seu registro no decorrer da utilização do equipamento.
- Cronograma de manutenção preventiva. Planejamento das possíveis manutenções corretivas e reformas que poderão ocorrer no sistema de vácuo.
- Realização freqüente de novos testes de desempenho do sistema de vácuo.

Devemos enfatizar que além dos pontos listados acima servirem para nortear o projeto, ou seja, eles devem ser pensados e considerados durante a fase de projeto, eles deverão também estar sempre na ordem do dia. Com isso queremos expressar que constantemente deveremos ter presente os pontos referentes a uma melhor operação, manutenção preventiva, manutenção corretiva, testes de desempenho e outros aprimoramentos dos sistemas de vácuo (DEGASPERI, 2006).

Com o propósito de alcançar as pressões pretendidas nos vários processos em vácuo, dentro do tempo previamente determinado, devemos ter sempre presente o comportamento geral dos gases e vapores. Na câmara de vácuo os gases ocupam o volume e estão também presentes nas superfícies internas. Os gases a serem bombeados deverão encontrar as bombas de vácuo, ou seja, deverão percorrer toda a tubulação que une a câmara de vácuo.

A primeira identificação de que certos materiais tinham a propriedade de reter gases e vapores foi feita por *Malginani* em 1884, durante a fabricação de lâmpadas elétricas.

De acordo com Degasperi (2006), para termos uma melhor compreensão dos processos realizados a vácuo, podemos relacionar os fenômenos físicos que ocorrem com a variação de pressão. Ainda, podemos fazer uma classificação das aplicações da tecnologia do vácuo de acordo com a mudança de propriedades físicas dos gases em baixas pressões. Por exemplo, podemos apresentar a seguinte classificação relacionada com a física relativa à variação de pressão nos gases e vapores:

a) A situação física de baixa pressão. Temos como principal objetivo a criação de uma diferença de pressão entre os meios interno e externo à câmara de vácuo.

Podemos usar este fato para deformar, carregar, fixar, transportar, coletar, limpar, frear, sustentar, suspender e separar materiais.

b) A situação física de *baixa* densidade molecular. No caso, temos três principais objetivos a serem alcançados:

- Remover os gases quimicamente ativos da câmara de vácuo. Com isso podemos evitar reações químicas - principalmente as oxidações -, empacotar em atmosferas inertes, fundir, tratar metais e encapsular produtos.
- Remover os gases e vapores dissolvidos em materiais. Podemos secar produtos em temperatura ambiente, em baixa ou em altas temperaturas, desgaseificar, liofilizar e remover líquido e vapor em materiais sólidos.
- Diminuir a transferência de energia entre meios. Conseguimos obter isolamento térmica, isolamento elétrica, ou isolar o meio externo para criar um meio diferente.

c) A situação física de *grandes* caminhos livres médios. O objetivo a ser alcançado é evitar, ou pelo menos minimizar, o número de colisões atômicas e moleculares entre si, ou de feixes de partículas com a atmosfera dentro da câmara de vácuo. As aplicações são os tubos eletrônicos em geral (raio-X, cinescópios, fotocélulas, válvulas), aceleradores de partículas, espectrômetros de massa, espectroscópios ópticos, feixes de elétrons para máquinas de solda, microscópios eletrônicos, válvulas *klystron* e *girotrons*, evaporadoras para filmes finos, anéis de armazenamento de partículas, a indústria de microeletrônica e separadores de isótopos.

A seguir, apresentaremos outras importantes aplicações da tecnologia do vácuo. A intenção é mostrar a variedade e a diversidade das áreas que usam o vácuo. O vácuo pode ser utilizado em várias etapas de processo de fabricação, apesar de o produto final não precisar estar em vácuo. Entretanto, ocorrem situações em que o produto, para funcionar, precisa permanecer em vácuo para o seu funcionamento.

Também podemos transportar peças leves e pesadas. Como exemplo, levantamos chapas de metal por meio da ação de ventosas, ou ainda, removemos poeira com aspiradores de pó, aspiradores de secreções em operações cirúrgicas,

remoção de vísceras de animais e peixes, coleta de gases e vapores para análises e coleta de sangue. Pelo mesmo princípio, podemos fixar peças em máquinas operatrizes durante as usinagens. Usamos a força resultante para conformar chapas de materiais plásticos aquecidos.

Podemos também usar a força para frear. Utilizamos ainda, a diferença de pressão, para acelerar o processo de filtração. É importante observar que nestas aplicações a força resultante obtida pela diferença de pressão é uniforme, estendendo-se uniformemente por toda a peça. O nível de uniformidade é da ordem das distâncias entre moléculas!

Removendo a maior parte da atmosfera ativa não ocorrerá a forte oxidação do filamento, ou ainda, será possível ocorrer descargas elétricas controladas em gases, dependendo do tipo de lâmpada. A produção dos primeiros tipos de lâmpadas está intimamente ligada ao desenvolvimento das primeiras bombas de vácuo.

Ainda dentro das aplicações do vácuo, que requerem atmosferas quimicamente neutras, temos a metalurgia a vácuo. Assim, durante a fundição os metais estarão protegidos da oxidação ou da formação de bolsões gasosos internos. O vácuo também é empregado na sinterização, recozimento e outros tratamentos térmicos em metais. Em processos de soldagem, como por exemplo, o de brasagem ou por meio de feixe de elétrons, as partes envolvidas na soldagem precisam estar protegidas por uma atmosfera rarefeita e inerte.

No empacotamento e no encapsulamento de alguns produtos perecíveis ou sensíveis à oxidação, o uso do vácuo tem-se mostrado muito eficiente. O produto a ser protegido estará envolvido por uma atmosfera composta quase que exclusivamente de gases inertes. Também, cabe mencionar que ao remover o ar da atmosfera, grande quantidade das bactérias e outros microrganismos estarão sendo também removidos, pois serão arrastados pelo fluxo de gás durante o processo de bombeamento. As indústrias alimentícias, farmacêuticas, químicas e de componentes eletrônicos utilizam largamente esta técnica.

Encontramos também no vácuo um meio eficiente para remoção de umidade e outros vapores impregnados em materiais sólidos e líquidos. As indústrias farmacêuticas e alimentícias são as maiores usuárias desta técnica.

Exemplificando, a liofilização ocorre em baixas temperaturas devido ao fato de a remoção da umidade precisar ser muito lenta a fim de não danificar o material biológico. Também verificamos uma forma excelente de conservar alguns produtos, entre eles o plasma sangüíneo, sem que ocorra a coagulação. Existem técnicas de conservação de obras de arte e objetos de valor histórico que são feitos sob vácuo.

Os principais exemplos são as garrafas térmicas ou vasos de *Dewar*, e também, as válvulas eletrônicas, as cavidades ressonantes dos aceleradores de partículas, os acumuladores de carga elétrica nos aceleradores eletrostáticos de partículas, tubos para laser, chaves elétricas a vácuo, etc.

Os satélites e outros artefatos a serem operados no espaço sideral são ensaiados e estudados em enormes câmaras de vácuo de laboratório. Desta forma, testam-se os dispositivos dentro de condições que serão encontradas em alturas em torno de 500 a 800 km.

As aplicações citadas nesta seção mostram que a atuação da tecnologia do vácuo na indústria e na ciência é abrangente. Verificamos ainda que o número de novas aplicações está em constante crescimento. Constatamos também que o desenvolvimento experimental de algumas áreas da ciência está intimamente ligado ao desenvolvimento de novas técnicas e instrumentação na área da tecnologia do vácuo. Ademais, em contrapartida, desenvolvimentos que ocorrem em várias áreas da ciência e tecnologia em geral influenciam muito o desenvolvimento da tecnologia do vácuo.

Historicamente, a tecnologia do vácuo teve um grande desenvolvimento a partir dos anos 40 do século XX. Saindo da esfera das experiências científicas e de algumas poucas aplicações industriais a tecnologia do vácuo ganhou espaço e firmou-se definitivamente como ferramenta de processo. Isso fez com que ela também tivesse que se firmar como ciência e tecnologia. A partir da Segunda Guerra

Mundial, muitos componentes eletrônicos, principalmente os de alta potência, tiveram sua fabricação intensificada, exigindo um aprimoramento da tecnologia do vácuo para o seu bom funcionamento com suficiente tempo de vida útil.

Entretanto, há sistemas de vácuo nos quais podemos encontrar bombas de vácuo localizadas imediatamente junto à câmara de vácuo e até mesmo dentro delas, e ainda, sistemas de vácuo onde a câmara de vácuo confunde-se com a tubulação, ou seja, a região de interesse é praticamente tubular. Em suma, existem vários sistemas de vácuo de interesse nos quais não encontramos uma demarcação nítida entre as três partes discretas mencionadas, criando desta forma uma ambigüidade nas posições das várias partes que formam o sistema de vácuo (DEGASPERI, 2006).

Embasado nas informações da ciência do vácuo e suas aplicações, as pesquisas realizadas, suas vastas aplicações e contribuições utilizadas atualmente nas áreas científicas, de tecnologias e nas empresas industriais, está auxiliando para o aumento da produtividade e sobrevivência das empresas.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Delineamento da Pesquisa

O trabalho foi desenvolvido junto a uma indústria frigorífica de grande porte que trabalha com abate e industrialização de frangos, com processamento de 150.000 aves por dia. Não será possível divulgar nome da empresa em que foi implementada esta otimização, detalhes técnicos de componentes e ou equipamentos, materiais dos equipamentos desenvolvidos e algumas informações com relação ao comportamento da energia do vácuo no sistema, valores gastos e ganhos econômicos, retorno do investimento, por uma questão de ética e preservação da imagem da empresa.

Foi realizado o estudo dos processos produtivos, do arranjo físico - *layout*, dos equipamentos e instalações existentes, da localização dos pontos onde são gerados resíduos cárneos e quantidades geradas por unidades de tempo. A partir daí foram desenvolvidos equipamentos especiais, processos, e um sistema automatizado capaz de relocar os resíduos a partir dos pontos de origem dentro da indústria, até uma área externa distante em um local adequado para seu processamento. Foi realizado o estudo, o projeto inovador e implementado na prática com medição dos resultados. O sistema desenvolvido funcionou plenamente com uma grande otimização no transporte dos resíduos cárneos.

4.2 Análise e Interpretação dos Resultados

Foram apresentadas informações de resultados através do desenvolvimento de várias figuras (projetos), tabelas, com análise de cada uma, sua função no processo e no sistema. Nas conclusões foram apresentados os resultados com informações concretas do sistema em funcionamento na indústria, envolvendo:

capacidades, tempos dos transportes, dos ciclos, impactos ambientais, de segurança, energia necessária, manutenção das instalações e dos equipamentos.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresenta-se a seguir os resultados do desenvolvimento e implementação de um sistema utilizando a energia do vácuo para otimizar o transporte de resíduos cárneos industriais.

Na figura 11 está o arranjo físico, o layout de parte da indústria e a locação dos 11 (onze) pontos junto aos equipamentos onde são coletados os resíduos cárneos já na sua origem. Também está representada no desenho a rede (tubulações) por onde os resíduos são transportados.

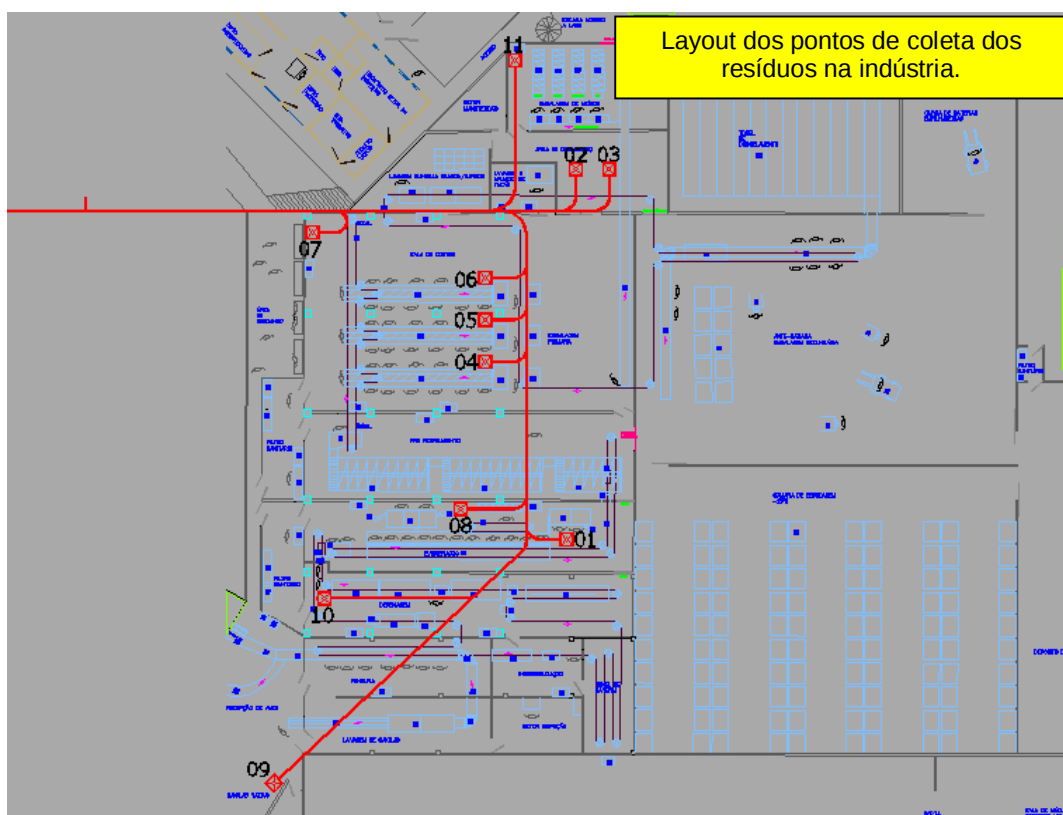


Figura 11: Layout dos pontos de coleta dos resíduos na indústria.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

A figura 12 demonstra um sistema de produção onde o valor adquirido é um frango vivo, que entra na indústria e é processado, resultando nos produtos finais da empresa. Também se observa os 11 (onze) pontos de coleta dos resíduos diretamente do local, ou ponto, na sua origem dentro da indústria, que estão sinalizados através da representação de pontos em vermelho e que também precisam sair da indústria como os produtos finais, mesmo que em forma de resíduos para serem processados em outro local.

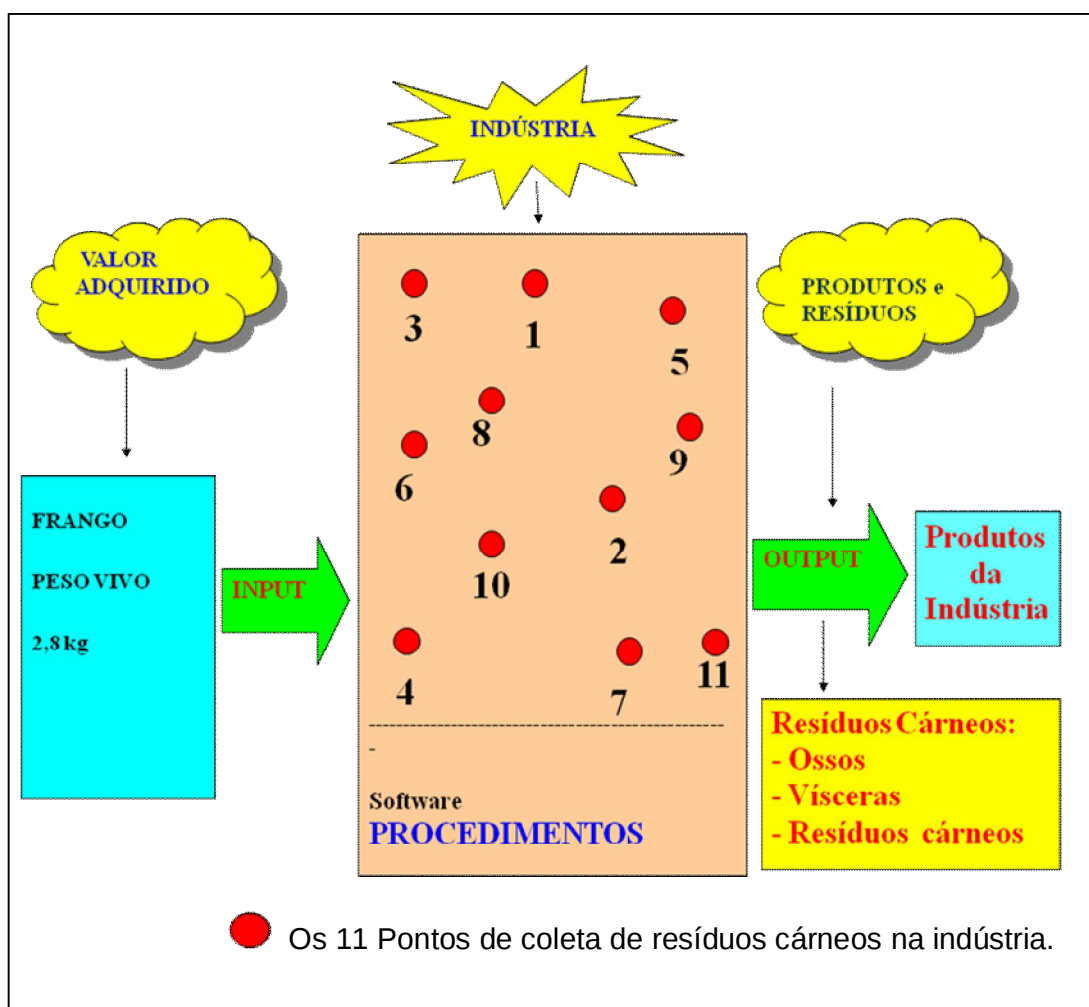


Figura 12: Esquema de produção com os pontos de coleta dos resíduos.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 13 observam-se os 4 (quatro) processos básicos criados e necessários para a operacionalização do sistema de transporte a vácuo, sendo eles:

- 1- Processo de geração do vácuo.
- 2- Processo de recepção dos resíduos cárneos no silo de armazenagem.
- 3- Processo de transporte dos resíduos cárneos pela tubulação.
- 4- Processo de coleta dos resíduos junto à indústria.

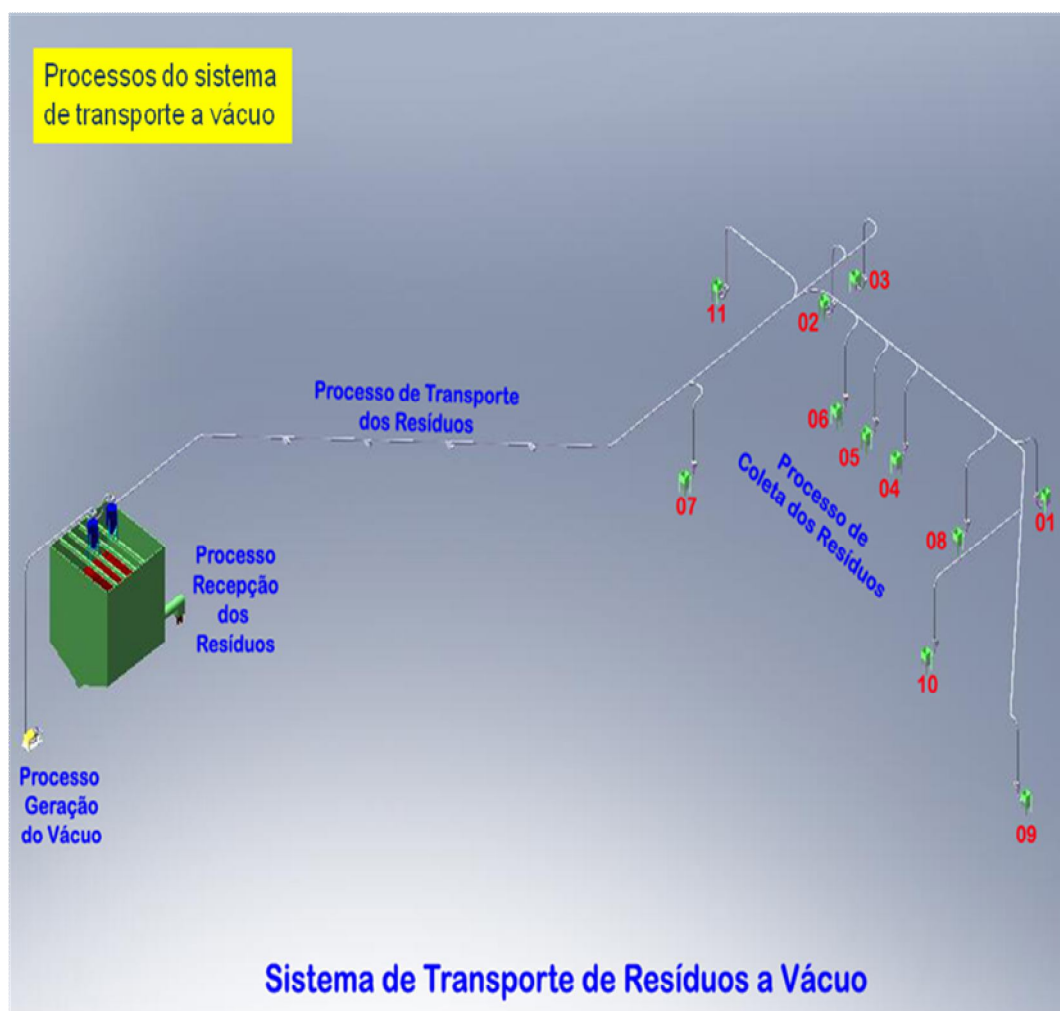


Figura 13: Sistema de transporte a vácuo com os processos.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 14 está a representação dos 4 (quatro) processos do sistema, numa outra vista.

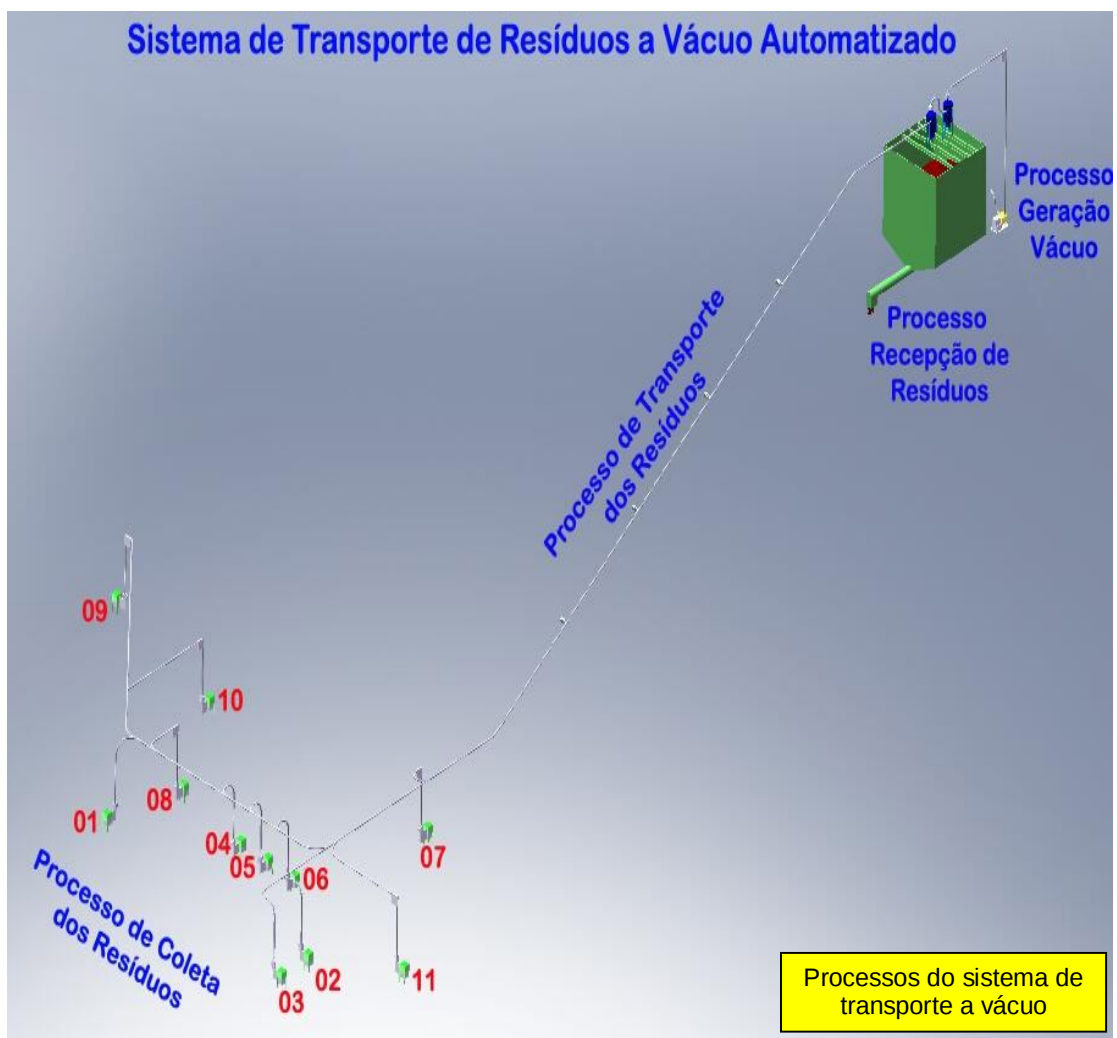


Figura 14: Sistema de transporte a vácuo com os processos.
Fonte: desenvolvido pelo autor

A figura 15 mostra que os resíduos, desde o ponto de coleta junto a indústria, até o destino, sobem 25 (vinte e cinco) metros de altura, percorrendo uma distância de 185 (cento e oitenta e cinco) metros, utilizando a energia do vácuo no sistema desenvolvido.

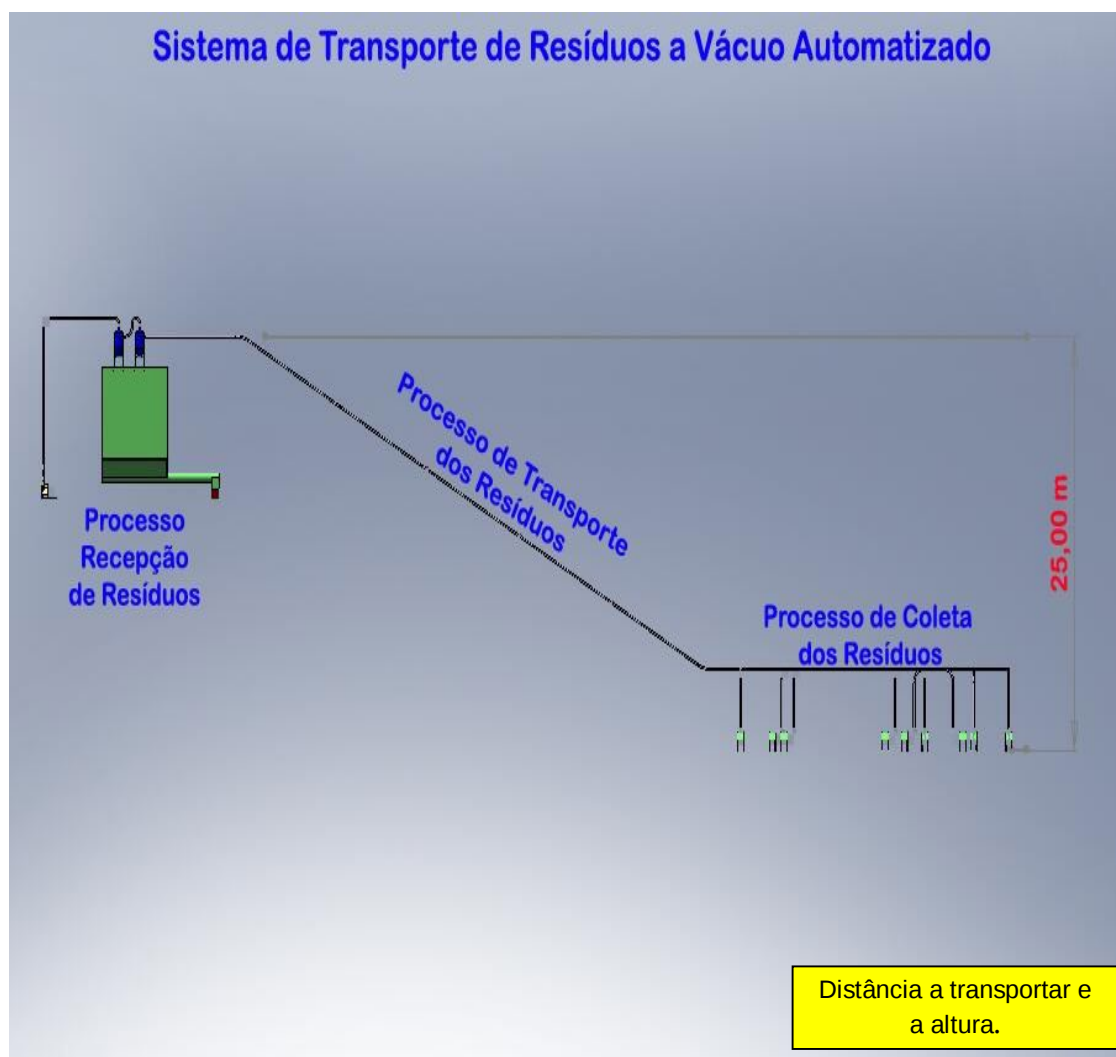


Figura 15: Condições existentes (distâncias) para o transporte.
Fonte: desenvolvido pelo autor

Na figura 16, focando os resíduos a serem transportados temos 4 (quatro) processos, sendo: o primeiro é receber os resíduos nas cubas, o segundo na sequência é realizar o transporte dos resíduos, o terceiro receber os resíduos nos ciclones, o quarto armazenar os resíduos no silo, para posterior processamento em instalações adequadas para tal.

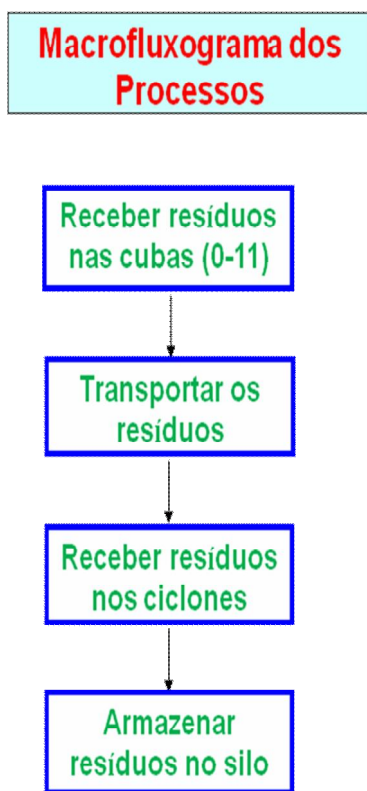


Figura 16: Macrofluxograma dos processos (foco nos resíduos a transportar)
Fonte: elaborado pelo autor

Na figura 17 está representado o fluxograma do transporte a vácuo de resíduos cárneos, contemplando desde a geração do vácuo até os resíduos cárneos armazenados no silo.

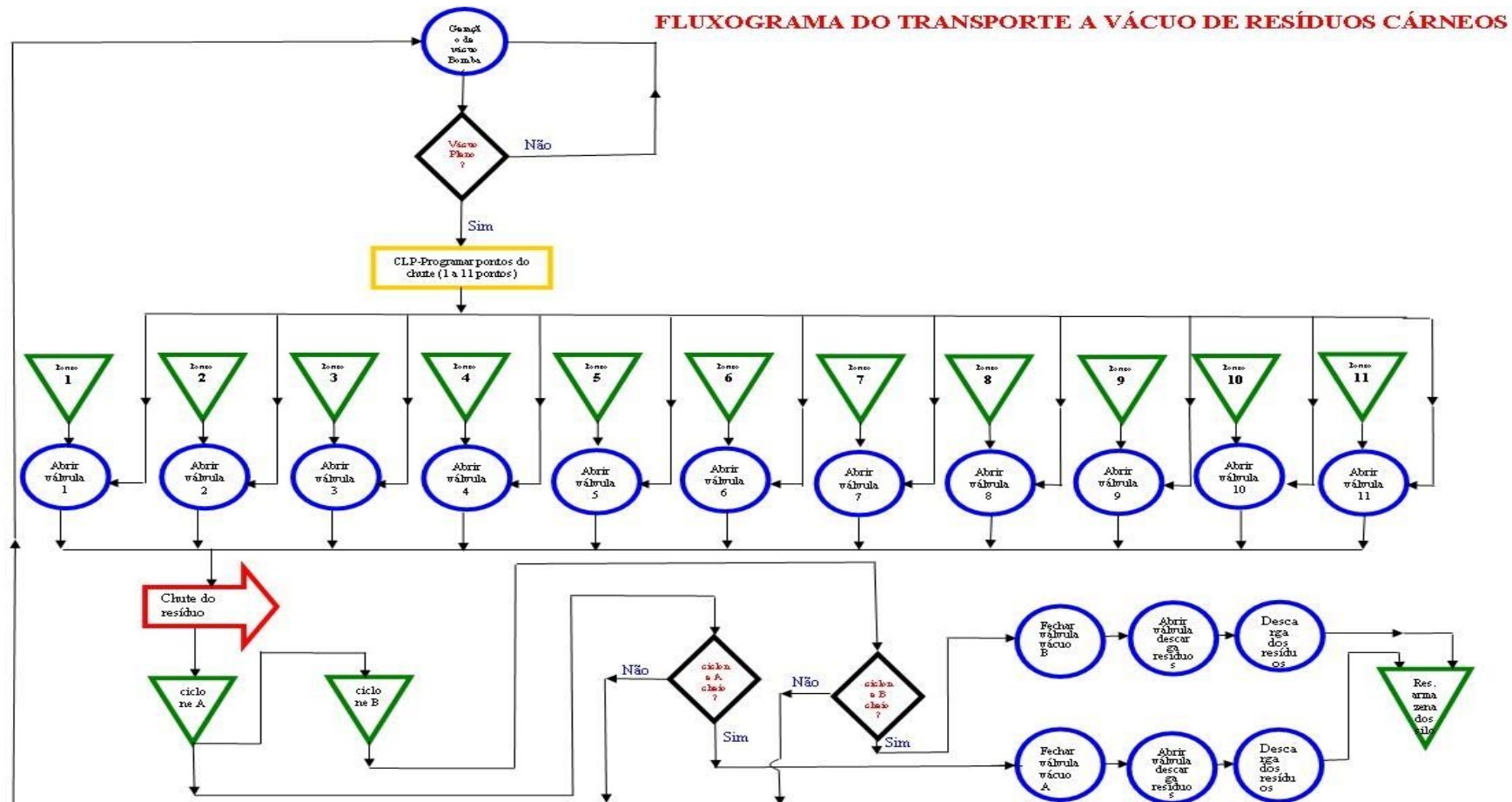


Figura 17 - Fluxograma do transporte a vácuo de resíduos cárneos
 Fonte: elaborado pelo autor

Na figura 18, os resíduos são coletados, ou recolhidos, junto aos pontos de origem nos processos produtivos da indústria, através da cuba, que se pode chamar de um pequeno tanque construído em aço inoxidável, com um afunilamento na parte inferior onde ocorre a ligação a uma tubulação. A válvula representada junto a tubulação é tipo esfera e é acionada automaticamente conforme programação do controlador. Como o sistema de produção de abate de frangos possui velocidade constante 100% do tempo e os frangos possuem peso individual padrão com pouca variação, a programação da abertura e fechamento da válvula ocorre com base no tempo, ou seja, abrirá a cada “X” minutos e também fechará a cada “Y” minutos.

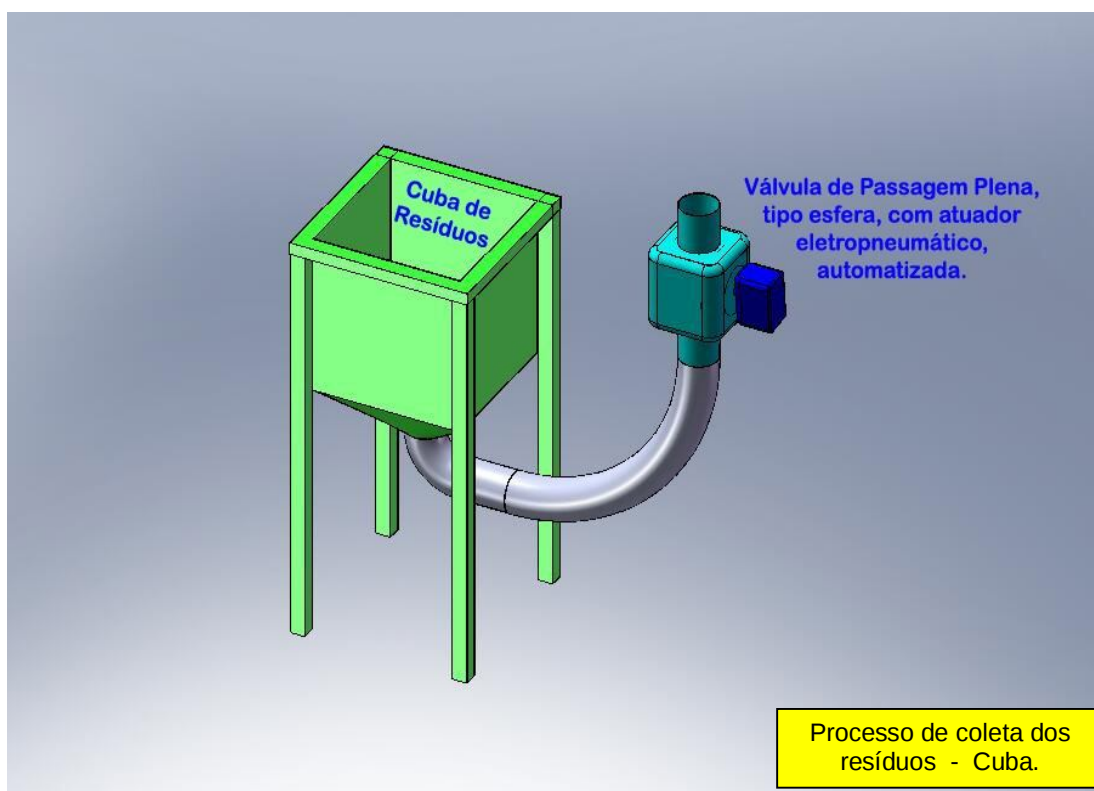


Figura 18: Processo de coleta dos resíduos – Cuba.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 19, observa-se 3 (três) cubas de coleta, a válvula de abertura automatizada e as tubulações por onde os resíduos são transportados. As tubulações possuem raio longo nas curvas e nas junções com a rede geral para evitar a perda de velocidade do resíduo na tubulação, visto que o resíduo atinge velocidade muito alta dentro da tubulação, até 300 km/hora.

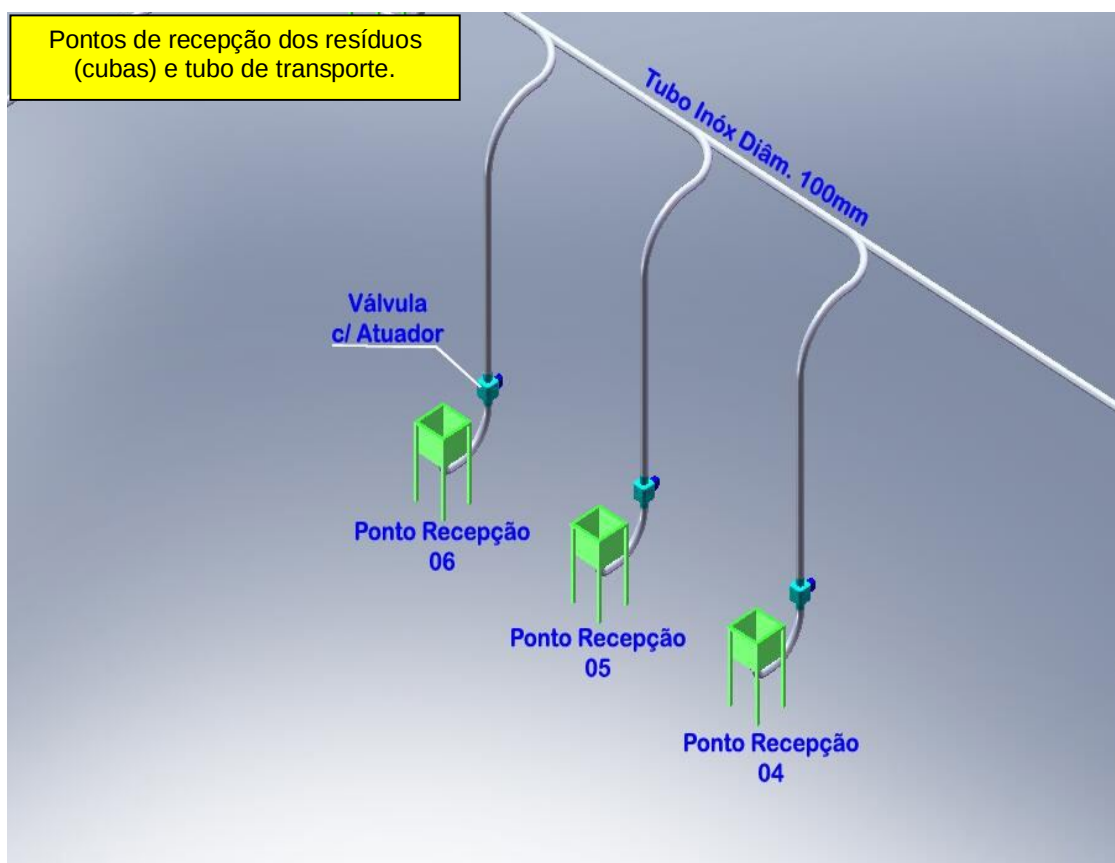


Figura 19: Pontos de recepção dos resíduos (cubas) e tubo de transporte.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 20, pode-se ver a válvula tipo esfera, com atuador pneumático que faz a abertura e o fechamento da mesma. Quando a válvula abre fica passagem plena, o que facilita a passagem dos resíduos. A válvula trabalha fechada ou aberta totalmente, on/off.

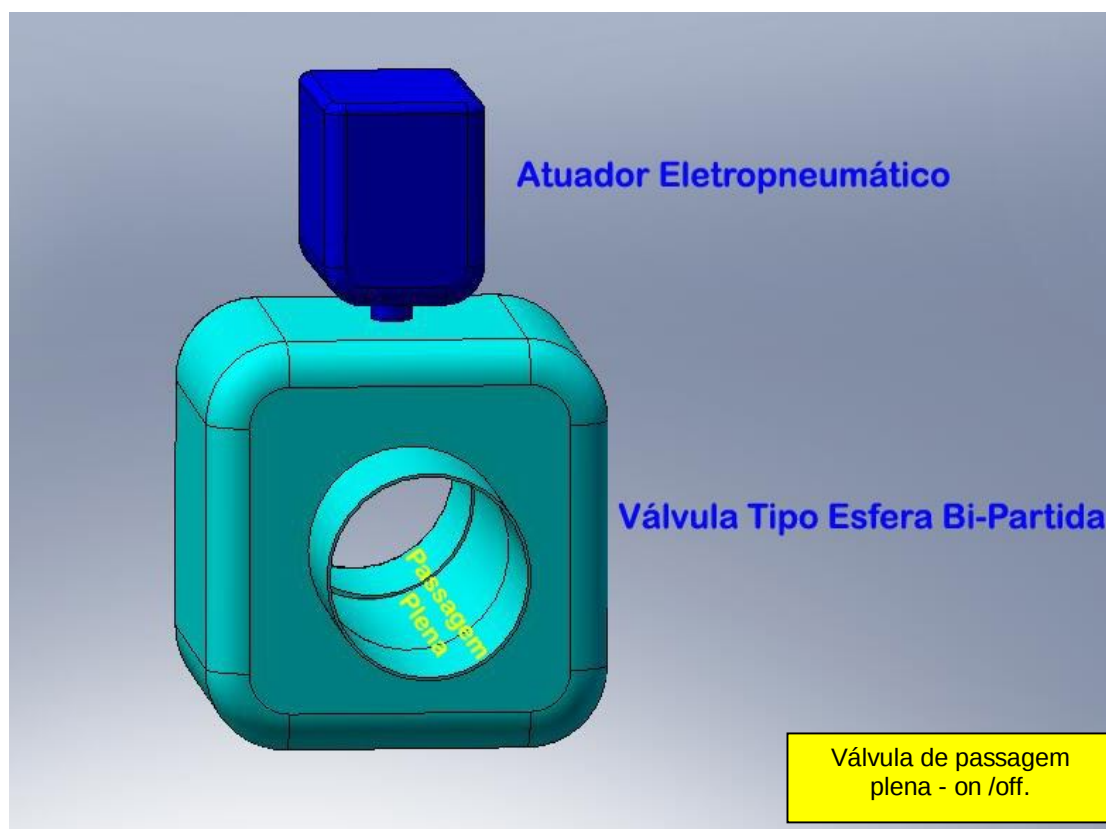


Figura 20: Válvula de passagem plena - on/off.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Com a figura 21, visualizamos o fluxo dos resíduos pela tubulação, chegando ao Ciclone “A”. O Ciclone “A” é um tanque metálico com uma válvula superior por onde é aberto e fechado o vácuo de sucção e com uma válvula tipo guilhotina na parte de baixo para descarregar os resíduos a cada número programado de chutes de transportes. O tubo por onde são transportados os resíduos é soldado tangencialmente no tanque do ciclone, fazendo com que os resíduos na chegada girem internamente perdendo velocidade e se depositem no fundo do tanque pelo seu próprio peso. O Ciclone “B” é o ciclone de segurança, pois se algum resíduo não depositar no Ciclone “A” ficará depositado no Ciclone “B”, com isso evitando que algum resíduo chegue até a bomba de vácuo, danificando-a.

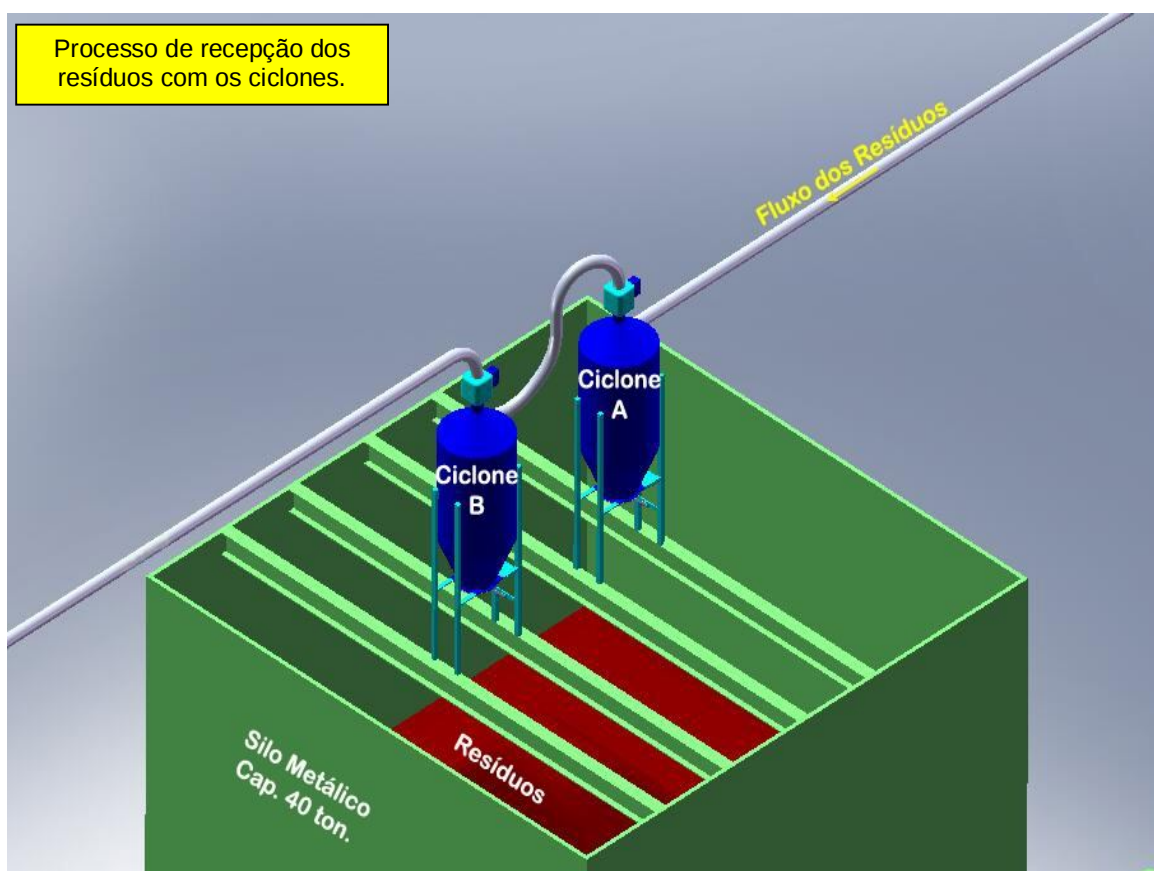


Figura 21: Processo de recepção dos resíduos no silo, com os ciclones.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 22, temos o processo de geração do vácuo na rede (tubulação), através da bomba de vácuo, inclusive nos dois ciclones, que se estende também até nos pontos de coleta na indústria.

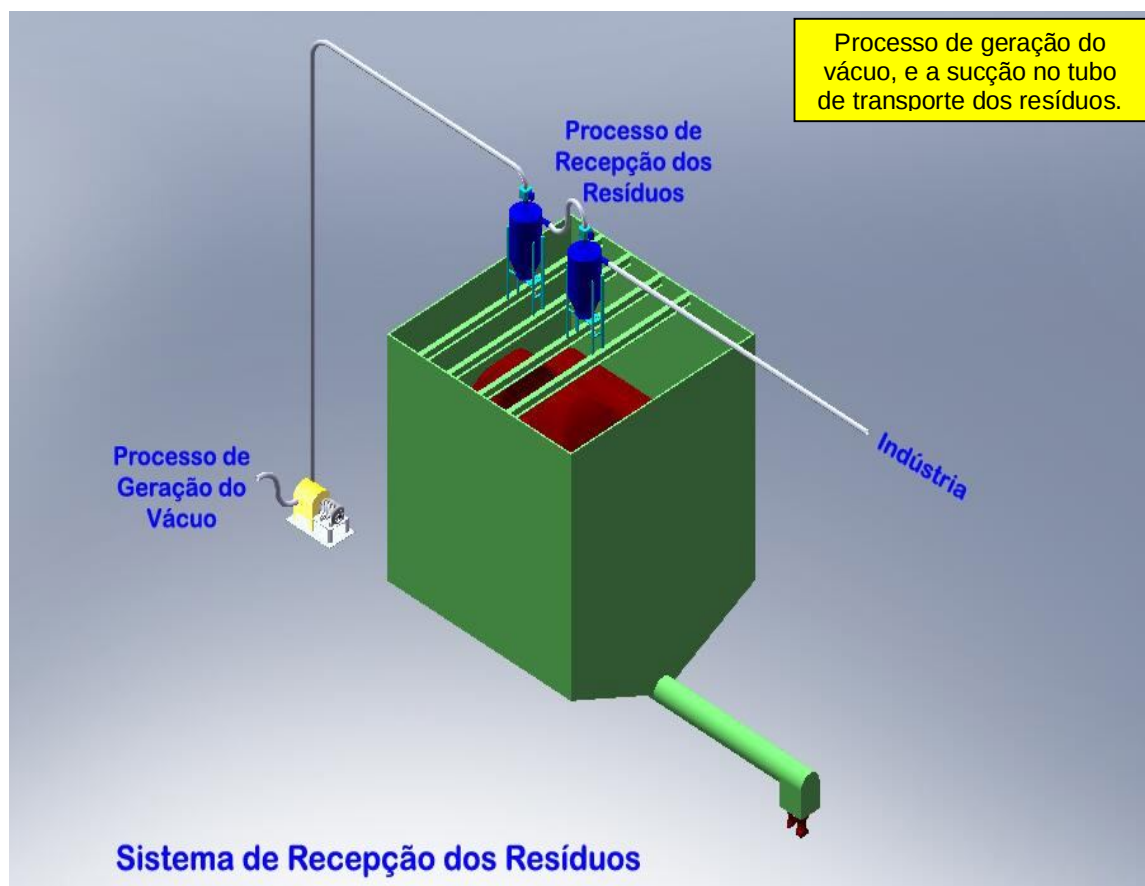


Figura 22: Processo de geração do vácuo no sistema.
Fonte: desenvolvido pelo autor

Na figura 23, observa-se mais detalhadamente: o silo de recepção dos resíduos, a sustentação do ciclone A e do ciclone B, válvulas e parte da tubulação.

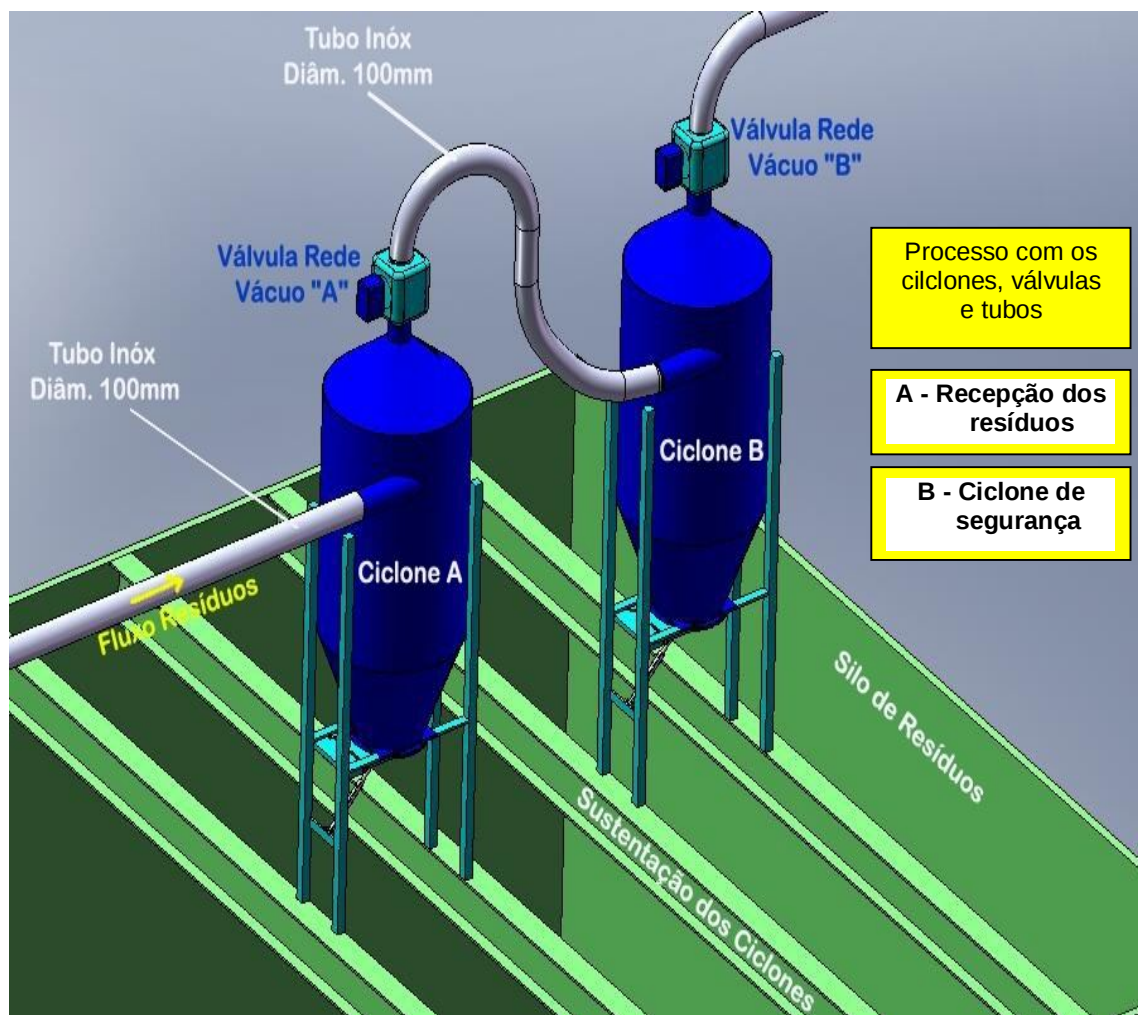


Figura 23: Processo recepção dos resíduos.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 24, tem-se detalhes dos ciclones, principalmente da válvula de descarga dos resíduos, que é acionada pneumaticamente. Detalhes da válvula aberta e fechada. As válvulas de descarga dos ciclones A e B são iguais. As descargas dos resíduos dos ciclones no silo ocorrem conforme programação no CLP, após receber um número "X" de chutes de resíduos.

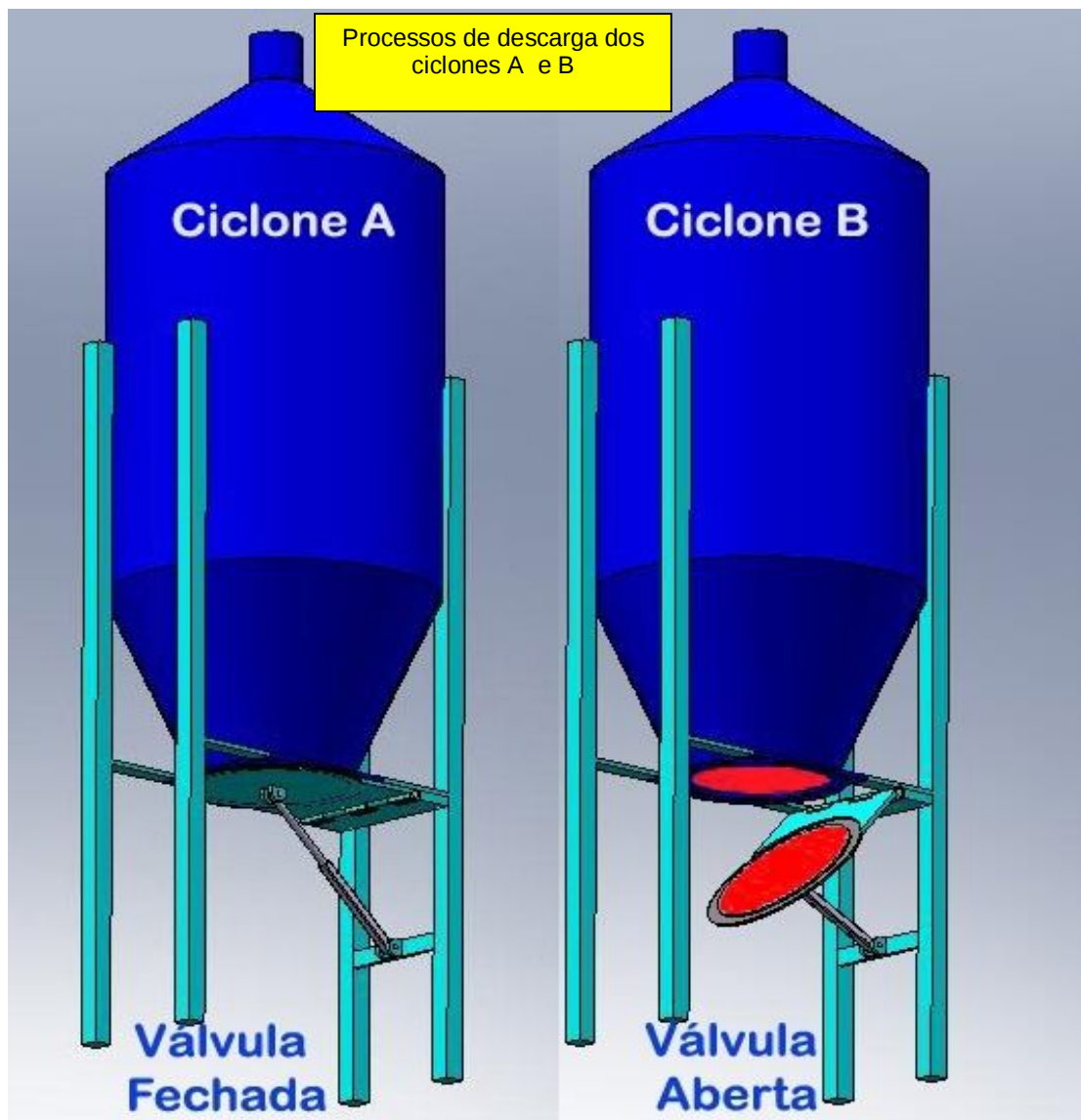


Figura 24: Processo de descarga dos ciclones A e B.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 25, verifica-se a bomba de vácuo, que faz parte do processo de geração do vácuo de todo o sistema.

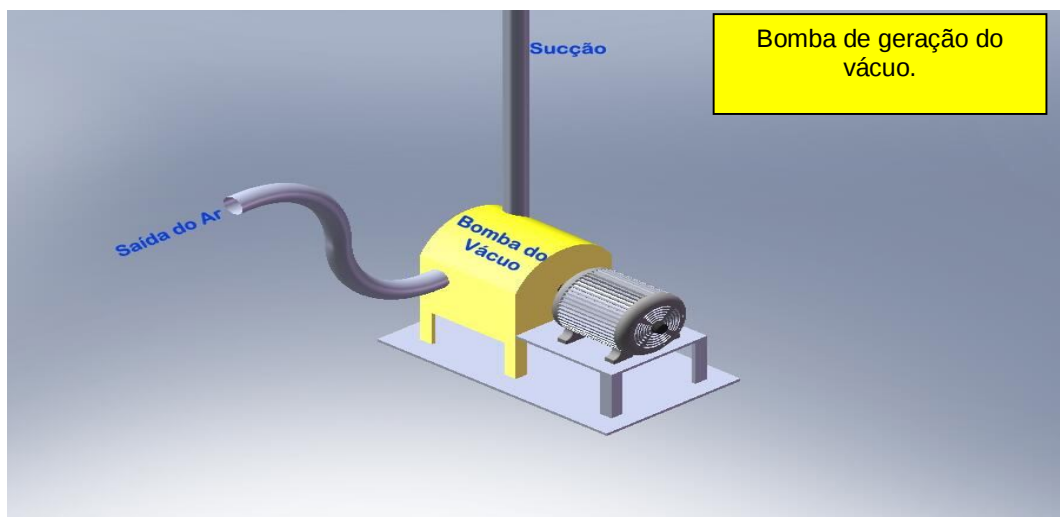


Figura 25: Bomba de geração do vácuo.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na figura 26, representada uma bomba de vácuo do fabricante NASH, onde se pode ver a sucção e a descarga do ar para fora, para o ambiente externo.



Figura 26: Bomba geração do vácuo

Fonte: NASH, (2009).

A figura 27 mostra que ao longo da tubulação do transporte dos resíduos foram instaladas válvulas. Se alguma falha no sistema da produção ocorrer e na cuba de recepção dos resíduos na indústria armazenarem-se uma grande quantidade de resíduos durante vários chutes seguidos, poderá ocorrer o entupimento da rede (tubulação).

Para desentupir, se isto ocorrer, foram instaladas várias válvulas ao longo da tubulação. Abrindo uma válvula entrará ar na rede (tubulação) e os resíduos serão deslocados, desentupindo a rede, partindo-se das válvulas mais próximas da geração do vácuo.

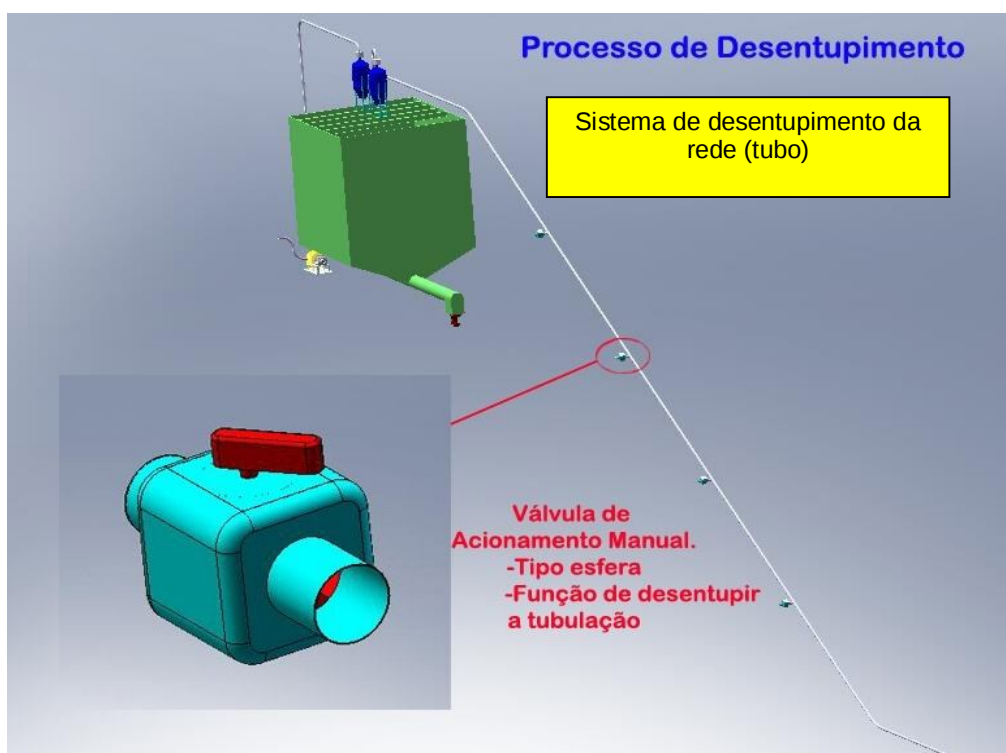


Figura 27: Procedimento de desentupimento da tubulação.
Fonte: desenvolvido pelo autor.

Na tabela 4, está representado o planejamento dos chutes dos resíduos considerando os 11 pontos de coleta dos resíduos cárneos, o sistema de carga das cubas, se será manual ou no sistema *Just in Time*; quantidades a transportar, quilogramas a transportar por chute, número de chutes e tempo entre chutes, ciclo de chute de cada ponto.

Tabela 4 - Planejamento do chute dos resíduos

PLANEJAMENTO DO CHUTE DOS RESÍDUOS								
Pontos	Resíduos a transportar	Sistema de carga da “cuba”	% Resíduos	Resíduos	Transporte	Número de	Tempo entre	Ciclo do chute
				kg/h	Kg / chute	chutes/hora	chutes (seg.)	de cada ponto
1	Vísceras	JIT	8,96	2348,24	35	67	54	5
2	Ossos do CMS	JIT	3,36	880,59	20	44	82	7
3	Ossos do CMS	JIT	3,36	943,49	20	47	76	7
4	Ossos/peles esteira 01	JIT	4,50	1179,36	30	39	92	8
5	Ossos/peles esteira 02	JIT	4,50	1179,36	30	39	92	8
6	Ossos/peles esteira 03	JIT	5,13	1344,47	30	45	80	7
7	Resíduos cortes- geral	Manual	0,39	102,21	25	4	881	80
8	Condenados da evisc.	Manual	0,57	149,39	25	6	600	55
9	Condenados recep. Aves	Manual	0,39	102,21	25	4	900	82
10	Cabeças	JIT	2,31	605,40	35	17	208	19
11	Sala de miúdos	Manual	0,39	102,21	25	4	881	80
			33,86	8936,93		317		
Abate de 150.000 aves/dia.			Considerando 16 horas/dia			Peso médio das aves vivas 2,80 kg.		
Total de chutes/dia = 5.072			Resíduos/chute (médio) = 28 kg			Volume transportado/dia = 142.212,00 kg		

Fonte: elaborado pelo autor.

Referente ao ciclo de chute de cada ponto, exemplo do ponto 1 (um), a cada 5 chutes do sistema transportando resíduos, o chute programado deverá ser novamente no ponto 1 (um), e assim para os demais pontos, pois caso contrário ocorrerá uma sobrecarga de resíduos na cuba e o sistema terá problemas.

A tabela 5 foi elaborada representando uma programação a ser executada no CLP (Controlador Lógico Programável), a partir das informações da tabela 4, que mostra o ciclo do chute de cada um dos 11 pontos coletores de resíduos na indústria.

Tabela 5 - Programação dos chutes - CLP.

PONTOS	PROGRAMAÇÃO DOS CHUTES – CLP																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	■					■					■					■					■					■					■					
2		■							■								■							■								■				
3			■							■								■							■								■			
4				■								■										■										■				
5					■								■											■								■				
6								■						■							■							■						■		
7							■																													
8																																				
9															■																					
10																			■																	■
11																												■								

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir de pesquisas desenvolvidas anteriormente sobre práticas do vácuo nas mais diversas áreas e aplicações, foi possível visualizar e definir a melhor performance do sistema e dimensionamento otimizado dos equipamentos e instalações.

Nos primeiros experimentos realizados, as tubulações utilizadas no transporte eram de PVC rígido, porém, em função da alta velocidade os resíduos desgastavam e furavam as curvas de PVC após alguns chutes. Após alguns testes, concluiu-se então que as tubulações deveriam ser de aço inox AISI 304, todas ligadas entre si através de soldagem para evitar pontos de atritos e não afetar os resíduos no transporte. Também foram testadas as cargas a serem transportadas em cada chute e concluiu-se que, a partir de 40 kg por chute, quando repetido por várias vezes, o sistema (tubulação) entupia ou trancava de resíduos. Então se padronizou no CLP para que os resíduos a serem chutados ou transportados ficassem no máximo em 35 kg/chute, resolvendo assim o problema. A partir daí também foi definida a dimensão e forma da cuba da recepção dos resíduos.

Ainda nesta fase foi desenvolvido o mecanismo para desentupir ou desobstruir a tubulação, com a instalação de pontos de entrada de ar ao longo da tubulação, desentupindo a rede em poucos minutos. A rede, tubulação somente entupirá, com resíduos se a carga for maior que 40 kg/chute.

A seguir alguns resultados observados do sistema em pleno funcionamento:

- Tempo total programado de cada ciclo de “chute de transporte”: 11 segundos.
- O tempo necessário para gerar o vácuo em todo o sistema: 7 segundos.
- O tempo do transporte dos resíduos através da tubulação: 2 a 3 segundos.
- O tempo médio descarga dos ciclones A e B, para cada chute: 0,5 segundos.
- Distância deslocamento ou transporte dos resíduos na tubulação: 185 metros.
- A altura da origem dos resíduos no ponto de coleta na indústria (ponto 1), até o destino dos resíduos no silo de armazenagem: 25 metros.
- Velocidade atingida pelos resíduos durante o transporte, dentro da tubulação:
* Tempo de transporte de 2 segundos atinge 333 km/hora = 93 m/s.

* Tempo de transporte de 2,5 segundos atinge 266 km/hora = 74 m/s.

* Tempo de transporte de 3 segundos atinge 222 km/hora = 62 m/s.

Também, constatou-se que a velocidade dos resíduos cárneos dentro da tubulação no transporte era alta, porém a velocidade variava dependendo do tipo de resíduo e da carga de resíduo do chute em quilos. Em função da alta velocidade dos resíduos nas tubulações ficou definido que todas as curvas teriam raio longo, com no mínimo 1 metro.

As paradas para manutenção do sistema durante o funcionamento foi praticamente zero. Manutenções muito baixas, apenas palhetas da bomba de vácuo (anual) e kit de reparos das válvulas nas manutenções preditivas ou preventivas (trimestrais).

A segurança das pessoas e das instalações foi de 100%, riscos de acidentes zero. O ruído do sistema nas cubas onde os resíduos são coletados na indústria e no transporte foi zero; apenas observou-se ruído junto à bomba de vácuo de 65 decibéis, porém está instalada em local isolado de pessoas e em sala exclusiva.

A energia utilizada para rodar todo o sistema foi de 30 (trinta) cv de energia elétrica para acionar 01 bomba de vácuo e 3 (três) cv num compressor de ar comprimido para atender as automações pneumáticas.

Para proceder a limpeza ou higienização do sistema, sendo: cubas, redes (tubulações) e ciclone, basta apenas colocar água nas cubas, podendo ser quente, pois o sistema também transporta a água.

Destacando que, com a aplicação da energia do vácuo e através de chutes, foi possível transportar resíduos cárneos a seco em grandes quantidades, a uma distância de 185 metros e elevando os resíduos em 25 metros do ponto de coleta na indústria até o seu destino no silo de armazenagem. Conforme já foi verificado nos experimentos de Torricelli, ele conseguiu elevar a água até altura de 10,3 metros e o mercúrio a 76 centímetros.

CONCLUSÕES

O sistema de transporte de resíduos através da energia do vácuo apresentado foi desenvolvido e implementado, atendendo os objetivos propostos, com: criação de um sistema, dos processos, desenvolvimento e dimensionamento das capacidades dos equipamentos, automação total do sistema que dispensa mão de obra operacional. Tendo como diferencial significativo o transporte dos resíduos cárneos diretamente dos pontos de origem na indústria, até um local afastado da mesma para serem processados, sem contato com água, a um baixo custo de energia, segurança plena e funcionamento com eficiência e eficácia.

O sistema funciona perfeitamente e está operando na indústria plenamente. O sistema requer preferencialmente processos de produção padronizados e funcionários treinados sobre a carga de resíduos nas cubas de recepção, isto nos pontos não automatizados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI SCIENZA E TECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.aiv.it/ita/utilita/glossario/Vakuum.asp>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

ANTUNES, J. et al. **Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

CALDAS AULETE. **Dicionário:** Aulete Digital. Rio de Janeiro: Lexikon Editora Digital: 2009. Disponível em: <<http://www.auletedigital.com.br>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

BALLESTERO-ALVAREZ, María Esmeralda (Coord.). **Administração da qualidade e da produtividade:** abordagens do processo administrativo. São Paulo: Atlas, 2001.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial.** 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BEGA, Egidio Alberto (Org.) et al. **Instrumentação Industrial.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência: IBP, 2006.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total** (no estilo japonês). Rio de Janeiro: Bloch Editora, 1992.

DANIELSON, Phil. **A Journal of Pratical and Useful Vaccum Technology:** Creating a Vacuum. Disponível em: <<http://www.vacuumlabor.com/index.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

DEGASPERI, Francisco Tadeu. **Contribuições para análise, cálculo e modelagem de sistemas de vácuo.** 2006. 364 f. Tese (Doutorado) - Unicamp, Campinas, 2006.

ERDMANN, Rolf Hermann. **Administração da Produção:** planejamento, programação e controle. Florianópolis: Papa Livro, 2000.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. Tradução de José Carlos Barbosa dos Santos. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GROOVER, Mikell P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. 3. ed. New Jersey: Upper Sadlle River, 2008.

IBGE. **No 3º trimestre de 2008, abate de bovinos cai 6,3% em relação ao 2º trimestre**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1292&id_pagina=1>. Acesso em: 15 nov. 2008.

MACEDO, A. A.; PÓVOA FILHO, F. L. **Glossário da Qualidade Total**. 2.ed. Minas Gerais: Ativa Comunicação Integrada, 1995.

MATTOS, J. R. LOUREIRO. **Gestão da Tecnologia e Inovação**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MCALLISTER TECHNICAL SERVICES. **A Short History of Vacuum**. Disponível em: <http://www.mcallister.com/vacuum.html>>. Acesso em: 20 maio 2009.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

NASCH. Bomba de Anel Líquido. Disponível em: <http://www.gdnash.com.br/funciona.html>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

REZENBERG, Izrael M. **O Sistema Internacional de Unidades**. Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo: 1998. Disponível em: <http://prof.marcof.vilabol.uol.com.br/unidades.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2009.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J.; **Administração da Produção e Operações**. Tradução de Roberto Galman. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

ROCHA, Duílio. **Fundamentos Técnicos da Produção**. São Paulo: Makron Books, 1995.

SCHMIDT, G. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; **Abate, Processamento e Embalagem de Aves Alternativa**. Circular Técnica. Concórdia, n 34, dez. 2002. Disponível em:

http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicações/cit34.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2008.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_internacional_de_unidades>. Acesso em: 21 abr. 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE VÁCUO. Disponível em: <<http://www.sbvacu.org.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2007.

STEMPNIAK, Roberto A. **A Ciência e a Tecnologia do Vácuo.** SOCIEDADE BRASILEIRA DO VÁCUO. FACAP/CDT - Faculdade de Ciências Aplicadas de São José dos Campos, SP: 2002. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/artigoRobertoStempniak.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2007.

STEVENSON, William J. **Administração das Operações de Produção.** Tradução de Roger D. Frankel. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A, 2001.

TIDD, J.; BESSANT, J; PAVITT, K. **Gestão da Inovação.** Tradução de Elizamari Rodrigues Becker. Porto Alegre: Bookmann, 2008.

TORR ENGENHARIA DE VACUO E PROCESSOS LTDA. **Vaccum.** Disponível em: <<http://www.torr-engenharia.com.br/biblioteca.html>>. Acesso em 20 abr. 2009.

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL. **Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos.** 8. ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2006.

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental: ISO 14000.** 4.ed. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2002.