



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE ARAXÁ**

DANIEL ROCHA

**PROJETO CONCEITUAL DE AUTOMAÇÃO DAS ETAPAS DE
DOSAGEM À MISTURA DE UMA FÁBRICA DE RAÇÃO**

ARAXÁ/MG

2016

DANIEL ROCHA

**PROJETO CONCEITUAL DE AUTOMAÇÃO DAS ETAPAS DE
DOSAGEM À MISTURA DE UMA FÁBRICA DE RAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Automação Industrial, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Kléber Lopes Fontoura

Coorientador: Prof. Me. Luis Paulo Fagundes

ARAXÁ/MG

2016



Serviço Público Federal
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL/ ARAXÁ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC – ATA DE DEFESA

ATA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL do aluno *Daniel Rocha*

Às 17 hs do dia 08 de julho de 2016, reuniu-se, no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG/ Unidade Araxá, a Comissão Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso para julgar, em exame final, o trabalho intitulado **Projeto Conceitual de Automação das Etapas de Dosagem à Mistura de uma Fábrica de Ração** como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Engenheiro de Automação Industrial. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Kleber Lopes Fontoura, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final.

Após a reunião da Banca Avaliadora, o candidato foi considerado: APROVADO Com nota final de: 87,66 / 100.

O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pelo Presidente da Comissão. O aluno abaixo-assinado declara que o trabalho ora identificado é da sua autoria material e intelectual, excetuando-se eventuais elementos, tais como passagens de texto, citações, figuras e datas, desde que as mesmas identifiquem claramente a fonte original, explicitando as autorizações obtidas dos respectivos autores, quando necessárias. Declara ainda, neste âmbito, não estar a violar direitos de terceiros.

Daniel Rocha *Daniel Rocha* Araxá, 08 de julho de 2016.
Nome do aluno assinatura local e data

Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou os trabalhos e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Araxá, 08 de Julho de 2016.
Kleber Lopes Fontoura
Prof. Dr. Kleber Lopes Fontoura (Orientador)

Luis Paulo Fernandes
Prof. Me. Luis Paulo Fernandes

Carlos Alberto D. Ramos
Prof. Dr. Carlos Alberto D. Ramos

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à todos que fizeram parte de minha trajetória e nunca desacreditaram
do meu sucesso!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sempre presente e essencial em minha vida. Aos meus pais, que sempre me apoiaram, não deixando com que eu desanimasse de alcançar meus objetivos, fazendo com que eu chegasse até aqui, obrigado por tudo! Agradeço ainda o meu avô Roberto, por todos os ensinamentos repassados, fazendo com que eu me tornasse uma pessoa melhor! Aos meus amigos, sempre presentes em minha vida, os quais sempre me deram forças. O meu muito obrigado à todos!

EPÍGRAFE

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

Nos dias atuais, devido a grande concorrência existente em todos os ramos empresariais, nos deparamos com um mercado cada vez mais competitivo, e no ramo de produção de ração para bovinos não é diferente. Com um crescimento exponencial da gama de produtos e da atividade industrial como um todo, tornou-se necessário um aumento na fiscalização em busca da regulamentação. Com o objetivo de atender satisfatoriamente as normas determinadas pelos órgãos regulamentadores da atividade no país, e em uma constante busca pelo melhoramento da qualidade do produto, com consequente estabilização da empresa no mercado, vários empresários têm optado pela implantação de sistemas automatizados, também chamado de automação, que visam garantir a qualidade e uniformidade de seus produtos, auxiliar na diminuição dos custos de produção e mão de obra, entre outras vantagens. Em vista desse contexto e da importância de se conhecer o desenvolvimento de um projeto, conhecimento indispensável na formação de um engenheiro, foi elaborado um projeto conceitual de automação para quatro etapas bases do processo de produção de uma fábrica de ração, iniciando na etapa dosagem, passando pela pesagem, em seguida a etapa da moagem, finalizando na mistura. O objetivo é integrar as etapas de modo que possam trazer maior agilidade, confiabilidade, produtividade e segurança ao processo como um todo. O projeto teve início com a realização de um levantamento dos instrumentos necessários que compõem o processo. Em seguida, foi definido a melhor disposição possível dos equipamentos com o objetivo de se obter máxima eficiência dos mesmos, assim como, foi definida a melhor localização para os instrumentos auxiliares à automação, para que estes possam fornecer informações precisas, diminuindo a probabilidade de erros. Com a finalização do trabalho pode-se obter o memorial dos equipamentos sugeridos, necessários para realizar a automação nas etapas em questão, assim como a melhor disposição de tais equipamentos e o memorial descritivo do funcionamento detalhado do processo.

Palavras-chave: Automação. Ração. Projeto.

ABSTRACT

Nowadays, due to great competition in all business branches, we face an increasingly competitive market. The cattle feed production industry is no different. With exponential growth of the range of products and industrial activity as a whole, it has become necessary to increase the monitoring of this industry. In order to comply with all applicable rules and in a constant search for improving product quality, many entrepreneurs have opted for the implementation of new automated systems, also called automation, designed to ensure the quality and uniformity of their products, help to reduce production costs, and reduce manpower among other advantages. Given this context, a conceptual automation design for four steps of a feed mill production process will be prepared. The design will start at the dosage stage, proceed through the weighing and then milling stages, and end in the mixing stage. The goal is to integrate the steps so that they can bring greater agility, reliability, productivity and safety to the process as a whole. The project began with a survey of the tools necessary to make the integration of different types of equipment that make up this process. Then the best possible arrangement of this equipment was defined, in order to obtain the maximum efficiency. Additionally, the best location for the auxiliary automation instruments had been identified, so that they can provide accurate information, thereby decreasing the chances of errors. With the completion of this project we will have a list of equipment necessary to carry out the automation of the four steps, as well as the best layout of the equipment and the descriptive manual of the detailed operation of the process.

Keywords: Automation. Cattle feed. Project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de uma fábrica de ração.....	19
Figura 2 - Layout de produção de uma fábrica de ração localizada em Bambuí.....	20
Figura 3 - Silo com fundo plano.....	22
Figura 4 - Silo em formato redondo com fundo elevado.	23
Figura 5 - Silo em formato quadrado.....	23
Figura 6 - Silo 156.....	24
Figura 7 - Silo com fundo elevado e formato redondo.....	25
Figura 8 - Rosca transportadora acoplada com um motor.....	26
Figura 9 - Rosca transportadora helicoidal.....	27
Figura 10 - Caçamba de pesagem.....	28
Figura 11 - Estrutura interna de um elevador de canecas.....	29
Figura 12 – Elevação de material.....	30
Figura 13 - Moinho de martelos.....	31
Figura 14 - Misturador horizontal.....	32
Figura 15 - Misturador vertical.....	33
Figura 16 - Misturador vertical com um helicóide.....	34
Figura 17 - Misturador vertical com dois helicóides.....	34
Figura 18 - Estrutura básica para obtenção do controle de um processo.....	36
Figura 19 - Arquitetura de um PLC.....	37

Figura 20 - CPU de um PLC.	38
Figura 21 - Alocação da CPU em um PLC.	39
Figura 22 - Disposição estrutural dos módulos de entrada / saídas em um PLC.	40
Figura 23 - Fonte de Alimentação de um PLC.	41
Figura 24 - PLC nos dias atuais.	42
Figura 25 - Exemplo de linguagem do tipo Lista de Instruções.	44
Figura 26 - Exemplo de linguagem do tipo Texto Estruturado.	44
Figura 27 - Exemplo de linguagem do tipo Diagrama de Blocos Funcionais.	45
Figura 28 - Exemplo de linguagem do tipo Ladder.	45
Figura 29 - Exemplo de aplicação desenvolvida no software Intouch.	47
Figura 30 - Sensores indutivos.	49
Figura 31 - Sensores capacitivos.	50
Figura 32 – Sequência das etapas do processo de produção.	51
Figura 33 - Fluxograma do processo estudado.	52
Figura 34 - Layout do processo.	53
Figura 35 - Estrutura da etapa de dosagem.	54
Figura 36 - Fluxo de produção.	56
Figura 37 - Localização do misturador.	57
Figura 38 - Etapa de dosagem.	60
Figura 39 - Material transportado.	61
Figura 40 – Fluxo de material.	63

Figura 41 - Não acionamento do elevador de canecas.....	64
Figura 42 - Não acionamento do moinho.....	65
Figura 43 - Etapa de mistura.....	66
Figura 44 - Ensacamento.	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPU - Unidade de Processamento Central.

FBD - Diagrama de Blocos Funcionais.

IHM - Interface Homem-Máquina.

IL - Lista de Instruções.

ISA - *Instrument Society of America* .

LD - Diagrama *Ladder*.

NEMA - *National Electrical Manufactures Association*.

NR - Normal Regulamentadora.

OPC - *OLE for Process Control*.

P&ID - *Piping and Instrumentation or Process and Instrumentations Diagrams*.

PLC - *Programmable Logic Controller*.

SFC - Sequencial Função Chart.

SCADA - Sistema de Controle de Aquisição de Dados.

ST - Texto Estruturado.

WDT - *WatchDog Timer*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	FÁBRICA DE RAÇÃO	17
2.1.1	LAYOUT E FLUXOGRAMA	18
2.1.2	EQUIPAMENTOS	21
2.2	CONTROLE DE PROCESSOS	35
2.2.1	PLC	36
2.3	SISTEMA SUPERVISÓRIO	46
2.4	SENSORES	48
3	METODOLOGIA	51
3.1	PROCESSO DE PRODUÇÃO	51
3.2	FLUXOGRAMA E LAYOUT DO PROCESSO	52
3.3	MEMORIAL DESCRITIVO DAS ETAPAS DO PROCESSO	53
3.3.1	DOSAGEM	53
3.3.2	PESAGEM	54
3.3.3	MOAGEM	55
3.3.4	MISTURA	56
3.4	MEMORIAL DESCRITIVO DE FUNCIONAMENTO AUTOMÁTICO	59
4	RESULTADOS	68
5	CONCLUSÃO	69
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1 INTRODUÇÃO

Na constante busca pelo espaço em um mercado que se apresenta cada dia mais competitivo, as empresas têm empregado grandes esforços em uma área antes não muito explorada, mas que tem se tornado cada vez mais acessível, rentável e imprescindível para quem deseja se manter competitivo e ativo no mercado atual, a automação.

Automação é todo o processo que realiza tarefas e atividades de forma autônoma ou que auxilia o homem em suas tarefas do dia a dia. As antigas rodas d'água, os pilões e os moinhos são considerados sistemas automatizados. Com o advento das máquinas, principalmente após a chegada das máquinas a vapor, a automação estabeleceu-se dentro das indústrias e, como consequência imediata, a elevação da produtividade e da qualidade dos produtos e dos serviços. Ainda assim, a automação era muito dependente do homem, pois havia máquinas automáticas espalhadas pelas fábricas, mas sem integração entre elas.(ROSÁRIO, 2009).

A automação consiste na realização de um conjunto de ações pré-definidas, exigindo um estudo antecipado, além de um planejamento minucioso antes de se realizar qualquer ação, haja visto que ações sem planejamento podem acarretar danos irreparáveis, assim como graves consequências à continuidade do processo. Em vista do risco exposto, antes de qualquer modificação em um processo ou etapa, é necessário traçar os objetivos a serem alcançados, estudar o ambiente, dimensionar equipamentos, prever e antecipar possíveis problemas que possam vir a ocorrer. O conjunto de todas as análises e decisões compõem o projeto.

Um projeto pode ser dividido em fases bem definidas, as quais são:

- Projeto conceitual;
- Projeto básico e
- Projeto detalhado.

A primeira fase para a obtenção de um projeto completo é a realização do projeto conceitual.

O objetivo principal desta fase é gerar soluções capazes de satisfazer as necessidades dos clientes e proporcionar base para o projeto detalhado do produto por meio das respostas às questões por que?, onde?, quando? e como? atingir estas necessidades (PUGH, 1991; OTTOSSON, 2004).

Segundo o Dicionário Aurélio, conceito “é a representação dum objeto pelo pensamento, por meio de suas características gerais.” O conceito é uma abstração que está na base da inteligência humana (MATURANA E VARELA, 1995).

Na maioria dos casos, as empresas possuem um processo de produção específico, sendo necessário um estudo individualizado para a realização de qualquer modificação no mesmo.

O processo no qual o desenvolvimento do projeto conceitual de automação será pautado consiste nas seguintes etapas de produção :

- I) Dosagem;
- II) Pesagem;
- III) Moagem;
- IV) Mistura.

Como em qualquer área de conhecimento, a automação é regida por regras que visam a padronização de instrumentos, definindo símbolos, blocos de função, entre outros fatores, tornando mais simples o desenvolvimento e a implementação de projetos. Em vista dessa ressalva, no desenvolvimento do trabalho foi seguida uma norma criada pela ISA (*Instrument Society of America*), a ISA-S88, que regulamenta as normas construtivas para processos que trabalham em forma de batelada, isto é, que visam a produção de uma quantidade definida de determinado produto.

Diante disto, o projeto conceitual de automação reúne as informações vitais para, no caso de uma futura automação, essa possa ser desenvolvida e implementada da melhor maneira possível, diminuindo a chance de ocorrerem erros, aumentando o rendimento do processo e obtendo um elevado nível de segurança, assim como um alto padrão de qualidade do produto final.

Dado exposto, o presente trabalho foi dividido em 6 capítulos, sendo este capítulo 1 correspondente à introdução. O capítulo 2 versará sobre a revisão bibliográfica necessária para desenvolvimento do trabalho. No capítulo 3 será

abordado a metodologia de desenvolvimento. Já nos capítulos 4 e 5 estarão expostos os resultados e as conclusões, respectivamente, finalizando o presente trabalho no capítulo 6, onde estarão descritas as referências bibliográficas utilizadas no desenvolvimento do mesmo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FÁBRICA DE RAÇÃO

O desejo cada vez maior de ser dono do próprio negócio vem atraindo muitas pessoas para os mais diversos setores industriais, e com o ramo de produção de ração para bovinos não tem sido diferente, vários empresários tem escolhido o mesmo devido a alta procura dos produtos.

O constante crescimento da atividade agropecuária no país está diretamente atrelado ao aumento do consumo de diferentes tipos de produtos, tais como carne, leite e seus derivados, entre outros, e traz consigo um conseqüente aumento na demanda para atender o mercado. Para suprir o aumento de tal demanda, faz se necessário obter uma maior produção, refletindo em uma maior quantidade de matéria prima consumida.

Segundo a agência Reuters(2015), “o setor de alimentação animal do Brasil deverá elevar a produção de rações em 3,2 por cento em 2015 na comparação com 2014, para 67,1 milhões de toneladas”.

Por ser um produto a ser consumido por animais, não caracterizando assim, um produto final ao ser humano, a produção de ração é responsável por atender os mais diversos tipos de produtores, com atuação em diferentes ramos, na produção de diversos produtos finais. A ração é utilizada como fonte de alimentação principal para bovinos, oferecendo sustentação, por exemplo, para a produção de leite e seus derivados, assim como é essencial para um produtor que trabalhe com a venda de bovinos para abatedouros, sendo imprescindível para que o animal atinja o peso necessário. Com isso, fica evidenciado a extrema importância do setor de produção de ração para que outros setores se mantenham em plena produção.

As fábricas de rações podem conter diferentes equipamentos e assumirem diferentes tipos de arranjos, os chamados *layouts*. A classificação das fábricas é baseada na capacidade de produção de cada uma, podendo ir desde uma mini fábrica, com produção de 1 tonelada por hora, até uma grande fábrica, com produção de 60 toneladas por hora.

O presente projeto conceitual desenvolvido tem como base uma fábrica de porte pequeno, que possa produzir até 4 toneladas por hora, trabalhando de modo seguro e eficaz, conforme capacidade de processamento dos equipamentos aqui sugeridos.

2.1.1 LAYOUT E FLUXOGRAMA

O constante avanço da tecnologia está trazendo consigo um importante aumento na oferta dos equipamentos que compõem os diversos tipos de ambientes fabris, com inovações à todo instante. Devido ao aumento dessa oferta surgiram novas possibilidades e diferentes maneiras de se organizar um ambiente fabril, também chamado de *layout*.

O arranjo físico, ou ainda layout, de uma empresa ou de apenas um departamento, nada mais é do que a distribuição física de máquinas e equipamentos dentro da organização onde, através de cálculos e definições estabelecidas de acordo com o produto a ser fabricado, se organiza os mesmos para que o trabalho possa ser desenvolvido da melhor forma possível e com o menor desperdício de tempo (CHIAVENATO, 2005, p. 86).

O investimento na busca pelo aprimoramento na disposição dos equipamentos em um ambiente fabril é cada vez maior, e tem como objetivo obter uma melhor eficiência de produção e conseqüente aumento no lucro da empresa. Porém, antes de qualquer modificação na disposição dos equipamentos de uma fábrica, é necessário consultar um importante documento que define a seqüência de produção em um processo: o fluxograma.

Para melhor entendimento, conforme figura 1, foi ilustrado como exemplo o fluxograma do processo produtivo de uma fábrica de ração. A imagem evidencia o processo produtivo de maneira geral, onde o processo tem início no local identificado como dosagem, em seguida encaminhado para etapas posteriores, passando pela balança, pelo depósito inferior da balança, pré-mistura, peneira vibratória, moagem e por último o misturador, dando seqüência ao processo.

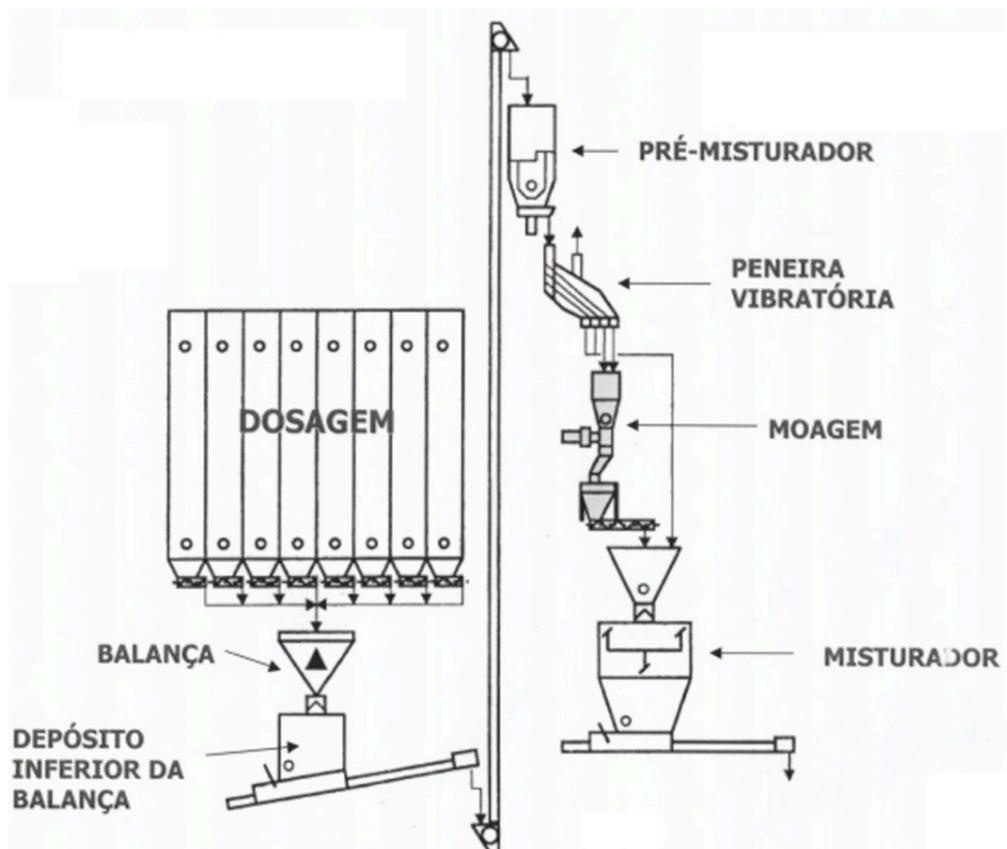


Figura 1 - Fluxograma de uma fábrica de ração.

Fonte: <http://www.maquiserv.ind.br/fabrica-de-racao/>

Em seguida, na figura 2, pode-se verificar o layout de produção de uma outra fábrica de ração, desta vez uma fábrica localizada na cidade de Bambuí, no estado de Minas Gerais. A figura deixa claro a organização interna dos equipamentos, de modo que o processo de produção possa ser conduzido de maneira simples e objetiva, não apresentando obstáculos entre equipamentos ou necessidade de reorganização dos equipamentos durante a produção.

Para Almeida (2008, p.9), *layout*, inclui espaço necessário para o material se locomover, armazenamento, mão-de-obra indireta, atividades e serviços dependentes, equipamentos da operação e o pessoal que opera a planta.

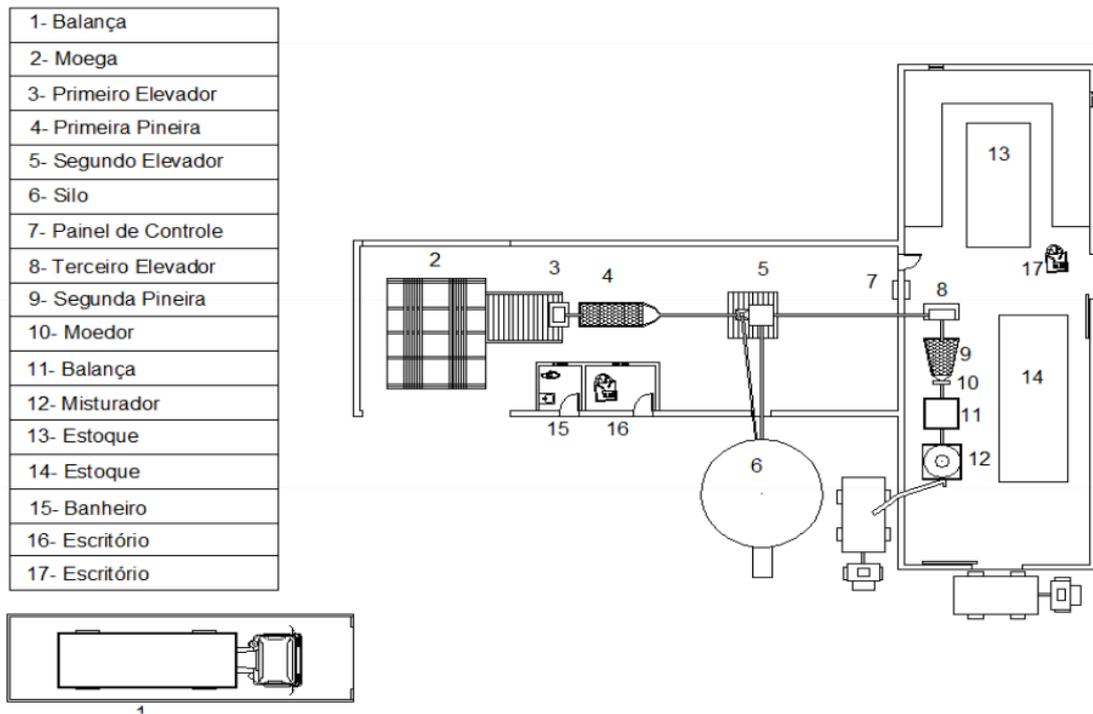


Figura 2 - Layout de produção de uma fábrica de ração localizada em Bambuí.

Fonte: <http://www.cefetbambui.edu.br/portal/files/en6.pdf>

A definição do layout sugerido neste projeto conceitual foi pautada de modo que, quando em operação, não haja interferência entre os equipamentos, podendo acarretar possíveis atrasos.

O tópico seguinte aborda os equipamentos que compõem o processo de produção da maioria das fábricas de ração.

2.1.2 EQUIPAMENTOS

Com avanço constante das indústrias como um todo, cada vez mais equipamentos estão disponíveis no mercado, e com isso, um grande número de empresas têm dado uma atenção especial aos equipamentos mecânicos constituintes de ambientes fabris. Devido ao aumento no número de fabricantes, podemos encontrar um mesmo equipamento, com as mesmas configurações e características requeridas, em fabricantes distintos.

Conforme exposto, devido às diversas opções de fabricantes para um equipamento que exerça a mesma função, fica a cargo da equipe de desenvolvimento escolher o fabricante que mais se adequa às suas necessidades de produção, aliando a escolha ao orçamento disponível.

A escolha dos equipamentos no desenvolvimento do projeto conceitual não implica na utilização obrigatória dos mesmos, com isso, os equipamentos aqui citados são somente algumas alternativas dentre várias outras que podem ser seguidas.

2.1.2.1 SILO

Os silos são equipamentos voltados para uso em ambientes industriais com a finalidade principal de armazenagem de material.

De acordo com Weber (2005), dentro do processo de armazenagem o silo é um componente indispensável para a indústria, sendo ele o responsável por guardar, e garantir a qualidade dos grãos, possibilitando assim a comercialização em qualquer época do ano.

São comumente fabricados com ângulo de inclinação de 45 graus quando forem utilizados na armazenagem de grãos, e inclinação de 60 graus para utilização na armazenagem de ração. Várias outras características realizam a distinção entre as dezenas de modelos existentes no mercado atual, sendo as mais importantes:

- Silos com fundo planos ou elevados;
- Forma construtiva;
- Capacidade de armazenagem;
- Uso em ambiente interno ou externo, entre outros.

Os silos com fundo plano, ilustrados na figura 3, tem como principal característica a armazenagem de material por longos períodos, atribuindo assim um baixo custo de armazenagem total.



Figura 3 - Silo com fundo plano.

Fonte: http://www.kepler.com.br/armazenagem/trading/silos_planos

Por sua vez, os silos com fundo elevado, conforme figura 4, se caracterizam pelo fator de armazenagem baixo ou médio prazo. Também podemos destacar duas formas construtivas principais, o silo em formato redondo, evidenciado na figura 4, e o silo em formato quadrado, conforme figura 5.



Figura 4 - Silo em formato redondo com fundo elevado.

Fonte: <http://www.nutrimec.ind.br/silos-para-racao>



Figura 5 - Silo em formato quadrado.

Fonte: <http://www.artabas.com.br/index.php?op=conteudo&id=101>

A capacidade de armazenagem de um silo está diretamente relacionada com a necessidade do cliente, podendo variar desde 1 tonelada até 35 mil toneladas.

Adquirido em 2013 pela empresa Uniagro, o silo de formato plano da fabricante Kepler Weber, também chamado de “Silo 156” , conforme figura 6, é considerado o maior silo do mundo, com 30 metros de altura e capacidade de estocagem de 35 mil toneladas.



Figura 6 - Silo 156.

Fonte: <http://www.kepler.com.br/blog/index.php/o-maior-silo-do-mundo-com-capacidade-para-35-mil-toneladas/>

Diante dos modelos existentes, foi sugerido o uso de um silo com fundo elevado e formato redondo, conforme figura 7.



Figura 7 - Silo com fundo elevado e formato redondo.

Fonte: <http://renascenca-pn.all.biz/silo-metalico-para-racao-g104433#.V2lyU-YrLow>

A escolha deste modelo deu-se devido, principalmente, ao fato do tempo de armazenagem do material ser curto – médio prazo, com isso, o fato do equipamento ser elevado facilita tal transporte para dentro da unidade fabril, uma que vez que as roscas transportadoras podem ser acopladas às saídas com maior facilidade, acarretando em ganhos para o processo.

A capacidade de armazenagem dos silos é uma característica bastante diversificada entre os fabricantes, visto que a necessidade é atender cada vez mais os diferentes perfis dos clientes, de modo a se adequarem às atividades desenvolvidas. Devido a esta diversificação, foi sugerido o uso do silo com capacidade de armazenamento de 45 toneladas, capacidade essa capaz se efetuar a produção, mantendo ainda um estoque de segurança satisfatório.

2.1.2.2 ROSCA TRANSPORTADORA HELICOIDAL

As roscas transportadoras são equipamentos essenciais em um ambiente onde exista a necessidade de transporte de matéria-prima e/ou produtos acabados. O equipamento é composto por um conjunto de um motor acoplado à uma rosca sem fim, a qual é a responsável por adquirir movimento, efetuando assim o transporte do produto em questão, conforme figura 8.

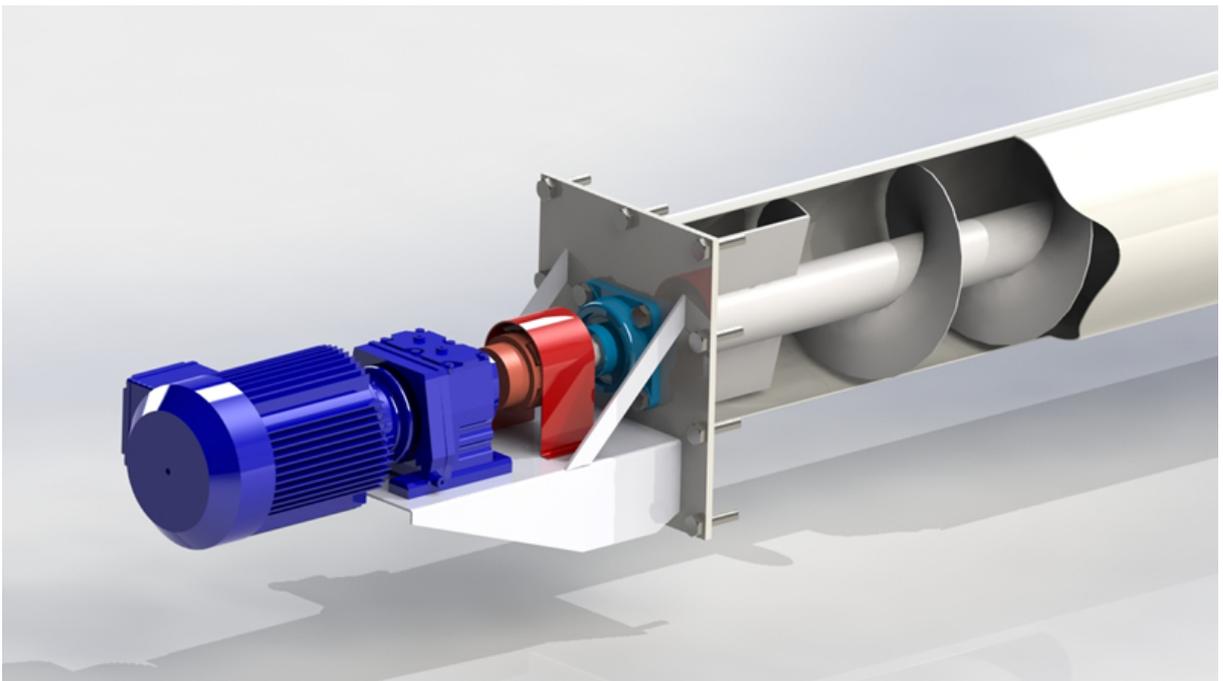


Figura 8 - Rosca transportadora acoplada com um motor.

Fonte: <http://www.nutrimec.ind.br/rosca-transportadora-tubular>

Diante das variadas demandas de transporte em diferentes ambientes, a rosca transportadora é fabricada sob pedido prévio devido às diversas opções de escolha das características primordiais do equipamento, tais como diâmetro da rosca e potência do motor, características essas que afetam diretamente a capacidade de transporte da mesma.

A rosca transportadora é usualmente fabricada no formato redondo, também chamada de rosca helicoidal, de forma que não permita o acúmulo de material transportado nas extremidades, fato este que poderia ocorrer se a estrutura fosse quadrada.

Foi sugerido a utilização de uma rosca transportadora de formato helicoidal, conforme figura 9, devido à capacidade do equipamento de trabalhar em ângulos, facilitando o transporte no interior do ambiente fabril. O diâmetro sugerido foi de 200mm, acoplada à um motor com potência de 3,0kW, o que confere ao equipamento uma capacidade de transporte de até 15 toneladas por hora, conforme dados do fabricante Nutrimec.

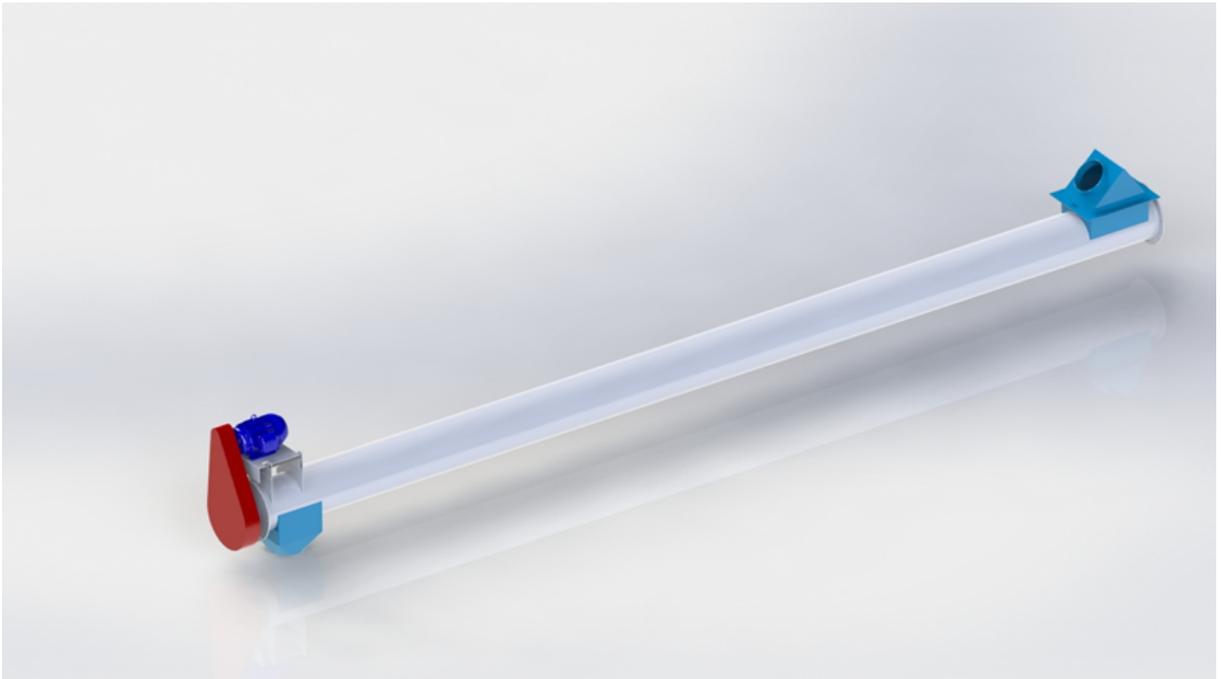


Figura 9 - Rosca transportadora helicoidal.

Fonte: <http://www.nutrimec.ind.br/rosca-transportadora-tubular>

Além das características citadas, o baixo custo de transporte, aliados à facilidade de montagem e manutenção, também foram fatores essenciais para tal sugestão.

2.1.2.3 CAÇAMBA DE PESAGEM

A caçamba de pesagem é um equipamento essencial, juntamente com os demais constituintes do processo produtivo. É o local onde realiza-se a aferição do peso dosado, de acordo com uma formulação pré-estabelecida.

A caçamba de pesagem, conforme figura 10, são alimentadas por roscas transportadoras helicoidais acopladas aos silos.



Figura 10 - Caçamba de pesagem.

Fonte: <http://l5hd.com.br/equipamentos/equipamento/27#.V2haw-YrJPM>

Foi sugerido o uso de uma caçamba de pesagem com capacidade de 5 toneladas, conforme modelo CPRD-05 do fabricante L5HD, visto que atende a expectativa de produção do projeto, oferecendo ainda a possibilidade de melhorias.

2.1.2.4 ELEVADOR DE CANECAS

Elevador de canecas, também chamado em algumas regiões do país de elevador de caçamba ou elevador de grãos. É um equipamento robusto, desenvolvido para exercer a função de transporte vertical de material com grande capacidade de carga e em regime contínuo, evitando assim, esforços desnecessários dos trabalhadores, além de economizar espaço físico e mão de obra.

Nos dias atuais, existem diversos modelos do equipamento no mercado, oferecendo diferentes capacidades de transportes. Tal capacidade está diretamente relacionada com algumas características, tais como a potência do motor localizado acoplado ao equipamento, a altura necessária que deve elevar o material, o número de canecas por metro, entre outros fatores. A seguir, a figura 11 ilustra a estrutura interna de um elevador de canecas.

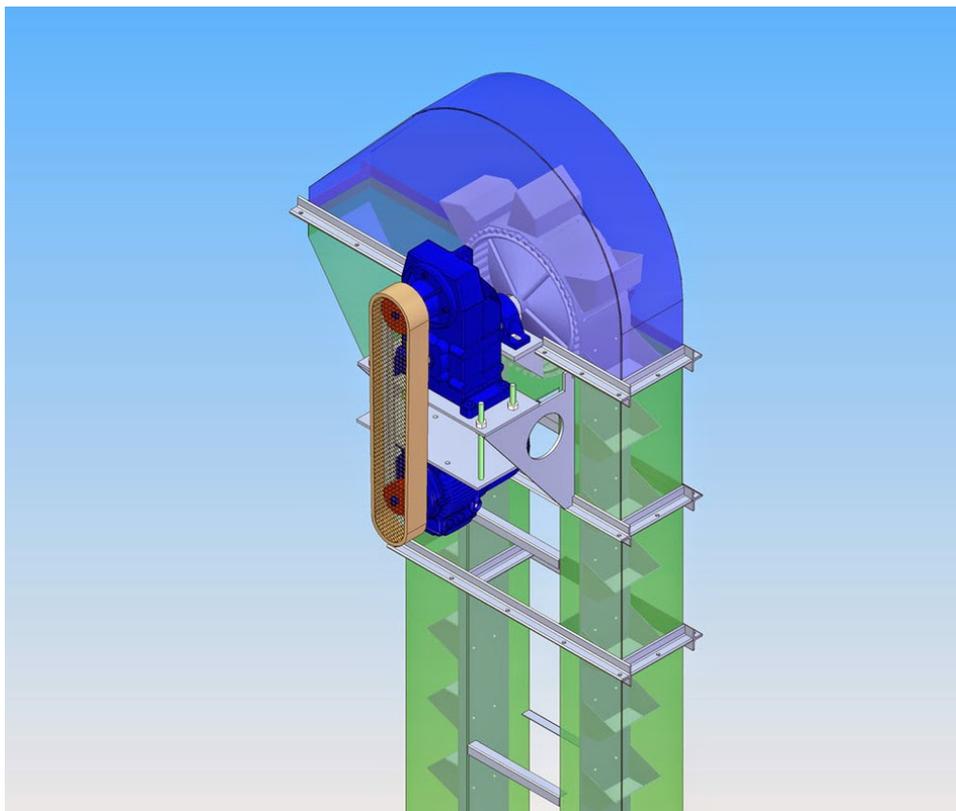


Figura 11 - Estrutura interna de um elevador de canecas.

Fonte: <http://mariosilvatecnicoindustrial.blogspot.com.br/2014/06/problemas-mecanicos-nas-empacotadoras.html>

A escolha de um equipamento com tamanha importância em um ambiente fabril depende diretamente do volume de material que deseja ser transportado por hora, pois este equipamento é fabricado de acordo com a necessidade do cliente, não possuindo modelo fixo, uma vez que se torna inviável para uma empresa possuir um equipamento já fabricado que não atenda a necessidade de seu cliente.

Conforme dito anteriormente, o presente projeto objetiva sugerir equipamentos que possam suportar a produção de até 4 toneladas por hora, com isso foi adotado um elevador de canecas que seja capaz de transportar até 5 toneladas de material por hora.

Após realizar a elevação do material, conforme evidenciado na figura 12, o elevador de canecas é interligado à outros componentes, momento este que ocorre o prosseguimento nas etapas do processo.



Figura 12 – Elevação de material.

Fonte: <http://www.artabas.com.br/index.php?op=conteudo&id=93>

2.1.2.5 MOINHO DE MARTELOS

O moinho de martelos, conforme ilustrado na figura 13, é um equipamento extremamente robusto, porém, sempre projetado com objetivo de emitir o mínimo possível de ruído e vibração, visto a segurança e saúde de funcionários envolvidos em qualquer ambiente fabril.



Figura 13 - Moinho de martelos.

Fonte: http://15hd.com.br/sitedata/imgsdt/equipamentoLe/14moinho_0469710.jpg

Largamente utilizado em diversos setores fabris, o equipamento é indispensável em qualquer processo produtivo em que exista a necessidade de se triturar materiais, necessidade essa que ocorre no processo de produção estudado, fazendo-se deste modo, um equipamento indispensável. Sua capacidade de processamento é diretamente ligada a diversas variações no equipamento, tais como número de martelos, área da peneira e potência instalada. O equipamento

sugerido para prosseguimento do projeto foi um moinho de martelos com capacidade de processamento de 5 toneladas por hora, visto sua importância para o processo.

2.1.2.6 MISTURADOR

Os misturadores são equipamentos desenvolvidos para auxiliarem em processos produtivos realizando a mistura do material. No mercado, comumente são comercializados dois formatos, o primeiro é o que realiza a mistura na posição horizontal, o misturador horizontal, ilustrado na figura 14.

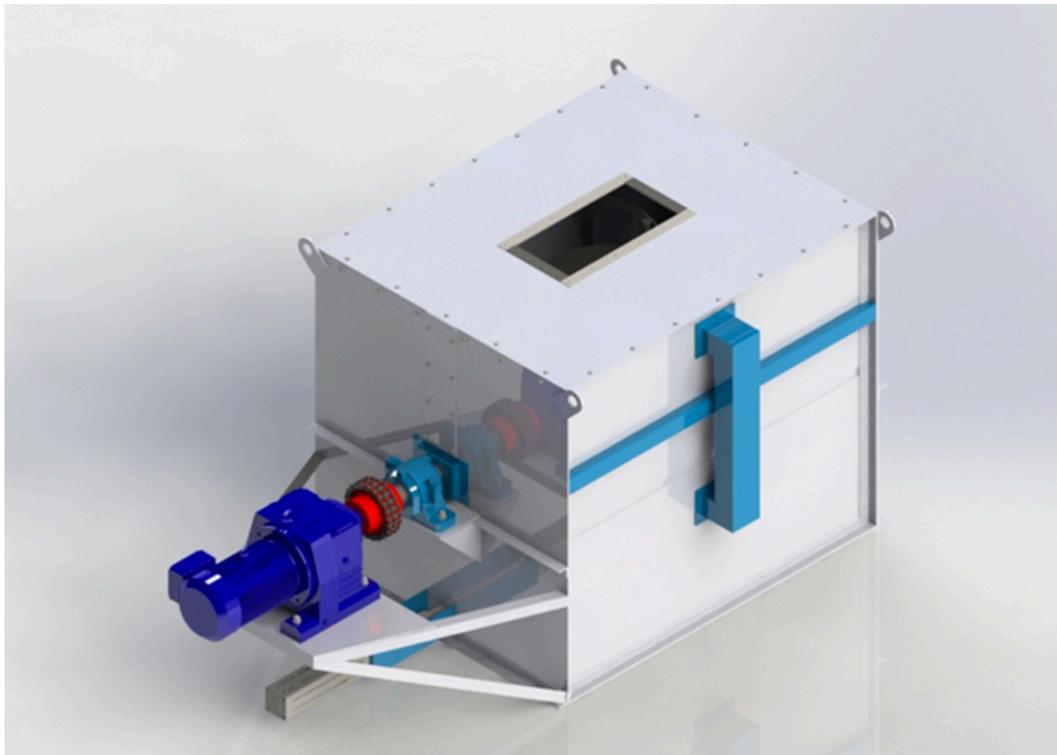


Figura 14 - Misturador horizontal.

Fonte: <http://www.nutrimec.ind.br/misturador-de-racao>

Já o segundo formato é aquele em que o equipamento realiza a mistura na posição vertical, conhecido também como misturador vertical, conforme figura 15.



Figura 15 - Misturador vertical.

Fonte: <http://www.nutrimec.ind.br/misturador-de-racao>

O misturador vertical foi apresentado como sugestão para prosseguimento do projeto, visto que, com a utilização deste formato o material misturado é transportado para a boca de saída do equipamento pelo próprio peso, não sendo necessário a implantação de roscas transportadoras para realizar tal transporte. A capacidade de armazenagem de 1000kg foi sugerida para prosseguimento do projeto, sendo que, este equipamento realiza a mistura da capacidade citada em 12 minutos, quanto dotado de um motor de 5cv e diâmetro da rosca do misturador de 1375mm.

O misturador vertical é composto por um ou dois helicoides, conforme figuras 16 e 17, respectivamente, de acordo com a necessidade de produção de cada empresa. O misturador com dois helicoides tem a capacidade de realizar a sua função em metade do tempo que o misturador com um helicoides realiza a mesma tarefa, e juntamente com outros fatores como potência do motor, comprimento, altura e largura do compartimento do misturador, é a parte fundamental no conjunto para se determinar a velocidade de processamento de cada equipamento.

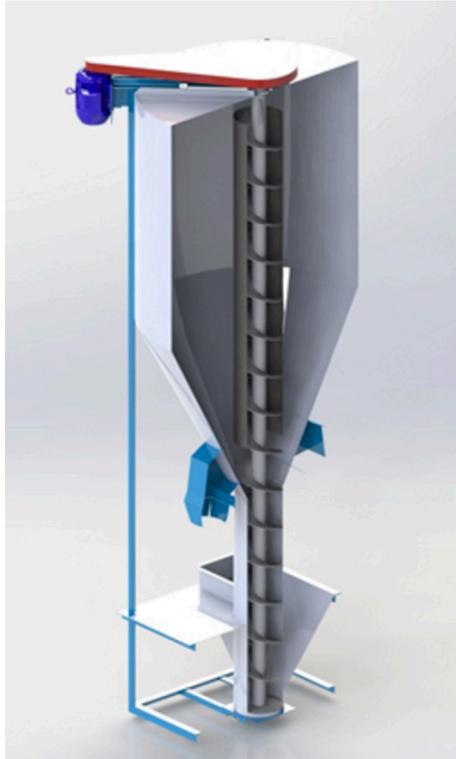


Figura 16 - Misturador vertical com um helicóide.

Fonte: <http://www.nutrimec.ind.br/>



Figura 17 - Misturador vertical com dois helicóides.

Fonte: <http://www.nutrimec.ind.br/>

2.2 CONTROLE DE PROCESSOS

Conforme Bega (2006, p. 23):

Controlar um processo industrial significa, basicamente, manter os valores das variáveis de processo dentro de uma faixa aceitável para sua operação conveniente; mais ainda, buscar dentro de cada faixa, o valor ótimo para cada variável denominado valor desejado, ou set-point.

O controle de processos é realizado com o objetivo de torná-lo cada vez mais eficiente, fazendo uso de diferentes métodos, equipamentos e *softwares*. A combinação de diferentes tipos de ferramentas será capaz de capturar uma informação, transmiti-la entre os equipamentos do sistema de modo seguro, receber, analisar, e com base no resultado obtido, tomar uma decisão que trará uma melhora no desempenho. Logo, tal controle depende diretamente da complexidade e das particularidades existentes em cada processo, podendo ser alcançado com um controle simples, mediante estudo de variáveis independentes, ou até mesmo com um controle complexo, devido à existência de variáveis interdependentes, por exemplo.

Além de trazer benefícios evidentes no que tange a eficiência de um processo, que é o principal objetivo a ser atingido ao se propor realizar um controle, é possível notar que a controlabilidade adquirida também trará benefícios na área de segurança, uma vez que o acionamento e/ou desacionamento de determinado equipamento poderá ser feito de modo remoto, ou seja, não será necessário um eventual deslocamento do funcionário até determinado equipamento para efetuar a realização de tal comando, o qual poderá ser executado remotamente.

Em vista desses benefícios, nos dias atuais, o controle de determinado processo é atingido obtendo-se a máxima integração das etapas que o compõem. Para ser alcançada, a integração depende dos mais variados tipos de equipamentos, com diferentes funções, que vão desde equipamentos responsáveis pela captura e aquisição de sinais, a instrumentação do processo, percorrendo a etapa de envio/recebimento das informações, até robustos sistemas de controle centrais capazes de processar uma grande quantidade de dados em um curto espaço de tempo, também chamados de PLC (*Programmable Logic Controller*), os

quais são responsáveis por processar e disponibilizar a informação final de forma segura e confiável.

A estrutura necessária para se alcançar a integração está exemplificada na figura 18, na qual o PLC será responsável por enviar e receber as informações, além de estabelecer a devida comunicação com os equipamentos e disponibilizar a informação de forma segura através da execução de *softwares* de supervisão.

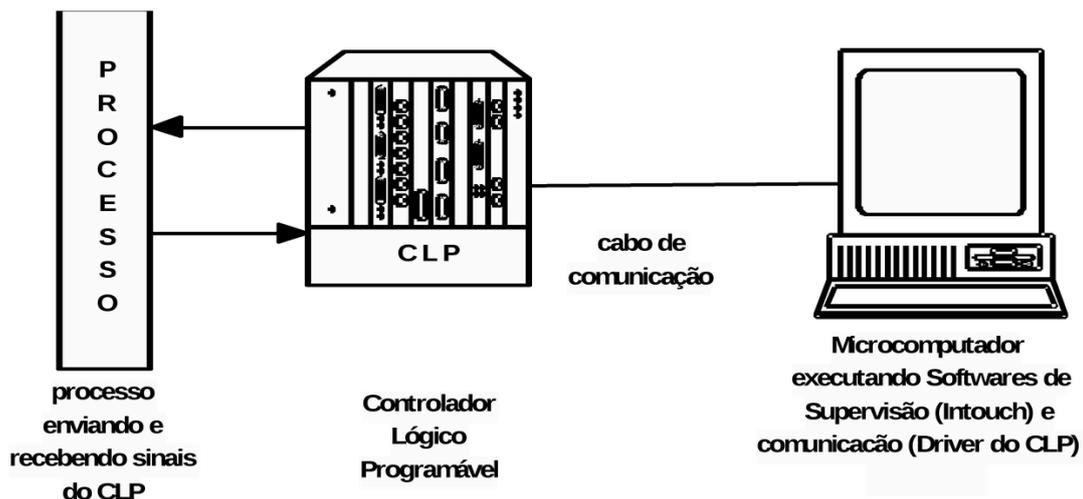


Figura 18 - Estrutura básica para obtenção do controle de um processo.

Fonte: Vianna (1998).

2.2.1 PLC

De acordo com a NEMA (*National Electrical Manufactures Association*), entende-se por PLC um:

Aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

A sigla PLC vem do inglês *Programmable Logic Controller*, também conhecido como CLP, em uma tradução literal, Controlador Lógico Programável. A criação do PLC deu-se devido à busca por um maior grau de confiabilidade, uma vez que os

painéis de acionamentos por relés anteriormente usados apresentavam grande número de falhas, além da busca por um maior grau de facilidade na programação e na manutenção, aliando todas essas vantagens a um menor custo.

Com a criação do PLC, não mais era necessário substituir fisicamente todos os componentes para se obter uma nova combinação lógica, com consequente diminuição do espaço físico utilizado pelo equipamento quando comparado ao painel de acionamentos por relé.

A comercialização do PLC iniciou-se em 1973, e desde então, com o constate avanço tecnológico, cada vez mais nota-se a melhora no desenvolvimento de sua função, passando a oferecer diferentes dimensionamentos para as mais diversificadas aplicações, tornando-se, assim, um equipamento imprescindível em qualquer ambiente fabril.

Independentemente de existirem vários fabricantes, um PLC possui alguns componentes básicos, comuns na sua estrutura interna, denominada de Arquitetura, conforme figura 19.

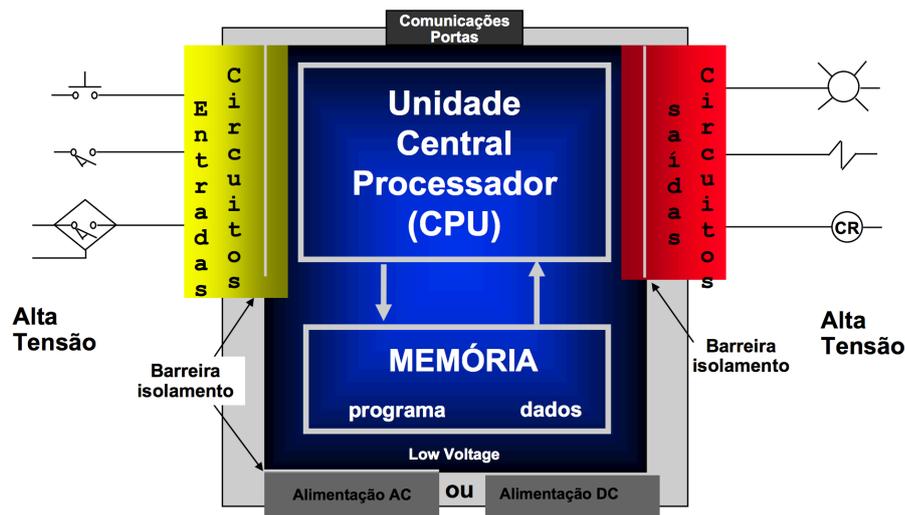


Figura 19 - Arquitetura de um PLC.

Fonte: Shneider Electric (2008).

Como sugestão para possível implementação, sugere-se um PLC da marca *Rockwell Automation*, da família *ControlLogix*, devido a segurança proporcionada, além do grande desempenho oferecido, sendo capaz de suprir a demanda no ambiente de produção.

Na Arquitetura de um PLC, é possível destacar os seguintes componentes:

- ✓ CPU;

- ✓ Módulo de Entrada;
- ✓ Módulo de Saída;
- ✓ Fonte de Alimentação e
- ✓ Memória.

2.2.2 ARQUITETURA

2.2.2.1 CPU

Do inglês *Central Processing Unit*, em uma tradução literal, Unidade de Processamento Central, é a unidade responsável pelo processamento de todos os dados inerentes ao funcionamento do equipamento, ou seja, sua “inteligência”, controlando o fluxo de dados com a memória e executando o programa inserido no PLC. É o local onde serão processados todos os dados de entradas, executadas as decisões lógicas de acordo com sua programação e atuação nas saídas.

A figura 20 ilustra a CPU de um PLC:

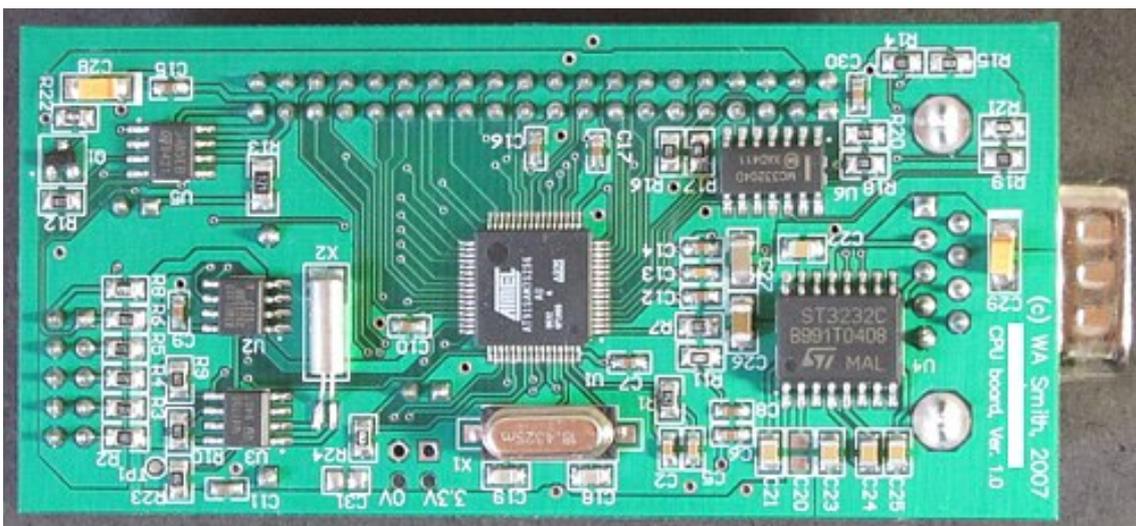


Figura 20 - CPU de um PLC.

Fonte: Starting Electronic (2015).

A placa apresentada na figura 20 fica posicionada dentro de um compartimento semelhante a um cartão, que será inserido no PLC, conforme ilustrado na figura 21:

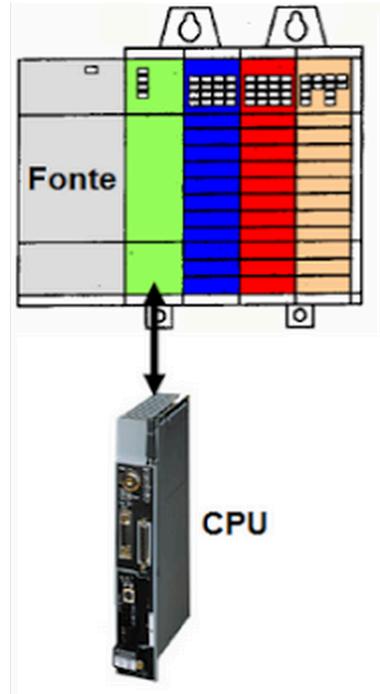


Figura 21 - Alocação da CPU em um PLC.

Fonte: Plcmax (2015).

2.2.2.2 MÓDULOS DE ENTRADA

São módulos responsáveis por realizar a interface entre o PLC e o processo a ser controlado, convertendo os sinais de diferentes tipos de equipamentos em um formato que possa ser reconhecido e processado pela CPU, dando continuidade ao processo. O módulo de entrada de um PLC é expansível, porém depende diretamente da capacidade de processamento da CPU e da memória disponível no equipamento, permanecendo alocados ao lado da CPU, conforme ilustrado na figura 22.

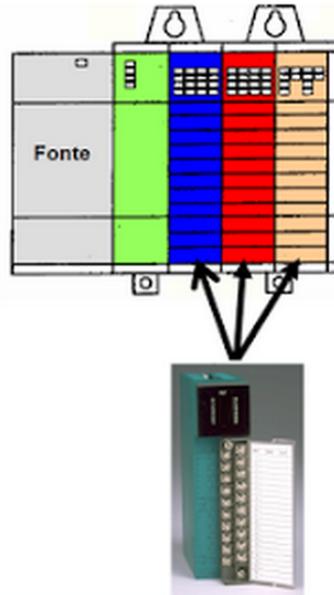


Figura 22 - Disposição estrutural dos módulos de entrada / saídas em um PLC.

Fonte: Plcmax (2015).

2.2.2.3 MÓDULOS DE SAÍDA

Os módulos de saídas funcionam de maneira oposta aos módulos de entradas, dado que são responsáveis por receberem os sinais que foram processados pela CPU e realizarem a interface entre o PLC e o equipamento que será controlado, convertendo os sinais em formatos que possam ser reconhecidos pelo equipamento, a fim de executar ações no controle de processo. Os módulos de saídas também são expansíveis, sendo restringidos pelas mesmas razões dos módulos de entradas.

2.2.2.4 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

A fonte de alimentação de um PLC, conforme demonstrado na figura 23, é o elemento responsável por fornecer, de maneira segura e confiável, as tensões necessárias ao funcionamento da CPU, dos módulos de entradas e dos módulos de saídas, de acordo com os níveis exigidos internamente pelo equipamento.



Figura 23 - Fonte de Alimentação de um PLC.

Fonte: Plcmax (2015).

2.2.2.5 MEMÓRIA

A memória é o local onde ficam armazenadas as lógicas de programação desenvolvidas, sendo facilmente acessada para leitura ou edição. O componente apresenta um alto nível de confiabilidade, com conseqüente nível de estabilidade elevada durante o funcionamento, pois, uma vez apresentada falha na leitura, acarreta um comportamento não esperado, causando acidentes. A capacidade da memória de um PLC impacta diretamente na velocidade de operação de um PLC. Ressalta-se, ainda, que, nos dias atuais, PLC's são fabricados para as mais variadas funções, cumprindo o proposto, com alto desempenho, robustez, velocidade, confiabilidade e dimensões reduzidas. Na figura 24 ilustra-se um PLC nos dias atuais:



Figura 24 - PLC nos dias atuais.

Fonte: Automation Drive (2015).

2.2.2.5 FUNCIONAMENTO E SEGURANÇA

Além dos componentes presentes na arquitetura de um PLC, salienta-se que o funcionamento de um PLC é composto por quatro etapas básicas, a saber:

- ✓ Leitura das entradas – momento em que são realizadas as leituras dos sinais de entradas, convertendo-os para sinais que a CPU do PLC possa entender e processar;
- ✓ Execução do programa – nesse momento, o PLC executa o programa inserido pelo usuário, fazendo todos os cálculos e as lógicas de programação que estão presentes nele e transferindo os dados para a memória do PLC;
- ✓ Atualização das saídas – é o momento em que, de acordo com os novos valores obtidos após a execução do programa e os quais estão armazenados na memória, ocorre a atualização das saídas para os seus novos estados;
- ✓ Controle interno – é a última etapa do ciclo, composta somente por atualizações internas do sistema para o início de uma nova etapa, com uma nova leitura de entradas.

O método de execução das quatro etapas anteriormente delineadas é denominado ciclo de varredura, também chamado de *scanning*, e consiste na execução contínua do processo de acordo com intervalos de tempos previamente

determinados. Ressalta-se que, caso venha a ocorrer alguma falha durante um ciclo de varredura, o PLC contém uma segurança interna chamada *WatchDog Timer* (WDT), que realiza a reinicialização do microprocessador localizado na CPU, voltando o PLC para pleno funcionamento. Caso o PLC não retorne ao seu funcionamento normal, o WDT atua sinalizando para o operador a ocorrência da falha no equipamento.

Existem, ainda, outros dois tipos de segurança interna no PLC:

- ✓ *Power On Reset* – Ao energizar o PLC, desconhece-se o estado de seu circuito interno. O objetivo desse é desabilitar os módulos de saídas quando um equipamento é ligado, evitando que assumam valores indesejados. Assim que a CPU assume o controle do equipamento, o circuito é desabilitado.
- ✓ *Power Down* – Este circuito é responsável por monitorar a taxa de alimentação do equipamento, e caso essa caia abaixo de um nível pré-determinado, o circuito interrompe o processamento e armazena o conteúdo das memórias, a fim de evitar a perda de dados caso ocorra a queda de alimentação de maneira súbita.

2.2.2.7 PROGRAMAÇÃO

Em uma das etapas da varredura anteriormente descritas, ocorre a execução do programa previamente inserido no PLC. Para que ocorra o correto processamento do programa, é necessário que o mesmo seja desenvolvido em uma linguagem específica, linguagem essa que deve estar de acordo com as configurações definidas e *softwares* instalados na CPU do PLC. Acerca do assunto, a norma IEC-61131-3 define os cinco principais tipos de linguagens utilizados na programação de um PLC, conforme segue:

- ✓ Diagrama de Blocos Funcionais (FBD);
- ✓ Texto Estruturado (ST);
- ✓ Lista de Instruções (IL);
- ✓ Sequencial Função *Chart* (SFC) e
- ✓ Diagrama *Ladder* (LD);

A linguagem do tipo Texto Estruturado (ST) e Lista de Instruções (IL) são também chamadas de linguagens textuais, por conterem instruções na forma de texto. As linguagens denominadas Diagrama *Ladder* e Diagrama de Blocos Funcionais (FBD) são chamadas de linguagens gráficas, por representarem as informações em forma de símbolos. Por último, a linguagem do tipo Sequencial Função Chart (SFC) é designada linguagem gráfica, permitindo também a programação em forma de textos.

Conforme ponderado, uma aplicação a ser desenvolvida poderá apresentar diferentes estruturas, de acordo com o tipo de linguagem escolhida para o desenvolvimento. Na figura 25, evidencia-se um exemplo de programação desenvolvida na linguagem Lista de Instruções (IL). Já na figura 26, o tipo de linguagem escolhida para o desenvolvimento da programação foi a de Texto Estruturado. A figura 27, por sua vez, ilustra o desenvolvimento a partir do uso de linguagem de Diagrama de Blocos Funcionais e, por último, a figura 28 demonstra o desenvolvimento de programação a partir do uso de linguagem *Ladder*.

```
LD    A
ANDN  B
ST    C
```

Figura 25 - Exemplo de linguagem do tipo Lista de Instruções.

```
C=A AND NOT B
```

Figura 26 - Exemplo de linguagem do tipo Texto Estruturado.

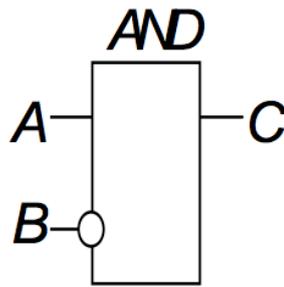


Figura 27 - Exemplo de linguagem do tipo Diagrama de Blocos Funcionais.

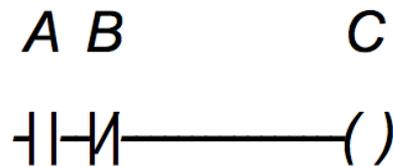


Figura 28 - Exemplo de linguagem do tipo Ladder.

As quatro figuras anteriores evidenciam diferentes formas de desenvolvimento de uma programação, porém, refletem a mesma lógica, ou seja, apesar das nítidas diferenças entre as estruturas, estão representando uma mesma sequência.

Sendo assim, dentre os tipos de linguagens disponíveis para efetuar o desenvolvimento de uma lógica de programação, deve-se levar em consideração alguns fatores na escolha, tais como: a estrutura do sistema a ser controlado, uma possível alteração por outras pessoas, a familiaridade do desenvolvedor com os tipos de linguagem disponíveis, entre outros.

Levando em conta os fatores previamente citados, a linguagem *Ladder* e a linguagem SFC se destacam, ganhando maior visibilidade perante as demais existentes, devido a fácil manipulação, visualização e entendimento, além de auxiliar no desenvolvimento, visto que o processo é composto de 4 fases distintas. Fica então sugerido o desenvolvimento em *Ladder*, juntamente com um SFC que percorra todas as etapas.

2.3 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O primeiro SCADA, do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*, em uma tradução literal, Sistema de Controle de Aquisição de Dados, surgiu em meados das décadas de 70 e 80, com função básica de informar e monitorar os estados de dispositivos através de um painel de lâmpadas, sem qualquer interferência de operador.

Com o avanço tecnológico, evidenciou-se de maneira proporcional, o desenvolvimento de melhorias e ferramentas de aperfeiçoamento para os sistemas SCADA, também conhecidos como IHM (Interface Homem-Máquina), ou simplesmente supervisório.

Segundo Ranieri, entende-se por Sistema Supervisório:

Um sistema supervisório pode ser definido como um sistema que monitora processos executados em uma planta industrial, a partir da visualização das variáveis de processo, bem como da ações tomadas pelo sistema de automação. (RANIERI, 2007)

O supervisório tem como função principal apresentar para o usuário informações provenientes de um processo industrial, através de interfaces gráficas desenvolvidas que representem o processo da melhor maneira possível. Devido ao fato do supervisório apresentar interfaces previamente desenvolvidas por uma equipe, na maioria dos casos ocorre uma tentativa de reprodução total ou parcial do sistema nas interfaces, facilitando o entendimento do usuário em casos de possíveis intervenções.

Nos dias atuais, existem várias empresas especializadas no desenvolvimento de *softwares* supervisórios, dentre eles podemos destacar algumas:

- ✓ iFix (Fabricante: *General Electric*);
- ✓ *FactoryTalk View* (Fabricante: *Rockwell Automation*);
- ✓ *SIMATIC Wincc* (Fabricante: *Siemens*);
- ✓ *ProcessView* (Fabricante: *SMAR*);
- ✓ *Wonderware Intouch* (Fabricante: *Invensys*), entre outros.

O *Intouch* oferece ao usuário uma interface intuitiva para a criação de aplicações, onde é possível fazer uso de dois ambientes em um mesmo *software*. O

- ✓ Relatórios, entre outros.

Além das funcionalidades internas citadas, ainda é possível estabelecer comunicação com ferramentas externas, tais como a ferramenta *Microsoft Office Excel*, onde é possível gerar relatórios de dados internos em formas de planilhas, ou ainda envio automático de e-mails previamente cadastrados mediante acontecimento de algum evento específico..

A comunicação entre o PLC e o supervisório ocorre com auxílio de servidores OPC (*OLE for Process Control*). Servidores OPC podem ser definidos como um padrão criado para facilitar a comunicação entre em um ambiente fabril, uma vez que os equipamentos de diferentes fabricantes possuíam diferentes *drivers* de comunicação, acarretando em problemas para o estabelecimento de comunicação. Devido essa dificuldade foram criados os servidores OPC, visando facilitar tal comunicação, o que é sugerido para continuidade do projeto.

2.4 SENSORES

Sempre presentes em ambientes de produção e até mesmo em nosso dia a dia, em alguns casos dentro de nossas próprias casas, os sensores estão sendo cada vez mais utilizados devido à função que desempenham, o monitoramento.

Os sensores se tornaram equipamentos primordiais quando estamos lidando com a automação, seja ela industrial, residencial, ou qualquer outra vertente, pois, sempre que exista a necessidade de acompanhar algum evento ou a ocorrência deste, no qual qualquer alteração no valor de uma variável observada seja importante, os sensores são utilizados. De forma geral podemos dizer que os sensores atuam fazendo algumas transformações em uma grandeza física normalmente em um sinal elétrico, que por sua vez pode ser interpretado por certos equipamentos eletrônicos (BORGES & DORES, 2010).

Com a constante evolução da tecnologia, podemos encontrar nos dias atuais, sensores com diferentes características construtivas, desempenhando as mais diversas funções, podendo ser agrupados em dois grandes grupos:

- Sensores indutivos;

- Sensores capacitivos;

Os sensores indutivos, conforme exemplos da figura 30, possuem o princípio de funcionamento baseado na mudança de estado lógico. Essa mudança é realizada somente quando seu campo magnético é interrompido por algum objeto.

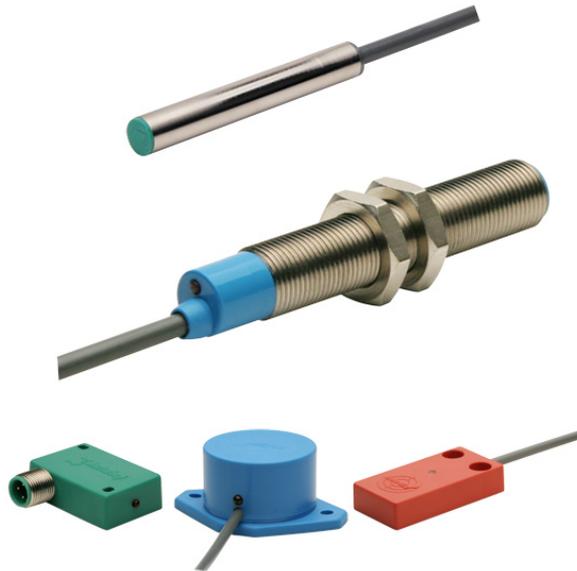


Figura 30 - Sensores indutivos.

Fonte: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Sensores-Industriais/Sensores-Indutivos>

Os sensores indutivos possuem importantes características, tais como alta durabilidade, baixa manutenção, funcionamento em condições extremas, entre outras, que o tornam cada vez mais interessante para o uso industrial.

Já os sensores capacitivos, conforme figura 31, apesar de também ser acionado quando sua área de sensoriamento é ultrapassada por algum objeto, possuem modo de funcionamento diferente, pois a mudança da capacitância da placa é o fator determinante para seu acionamento.



Figura 31 - Sensores capacitivos.

Fonte: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Sensores-Industriais/Sensores-Indutivos>

Os sensores capacitivos são altamente usados em controles de níveis máximos e mínimos, devido à possibilidade de trabalharem submersos.

Além da possibilidade de diferenciar os sensores de acordo com suas características construtivas, tais equipamentos podem ser classificados de acordo com suas aplicações diretas, conforme exemplos:

- Sensor de temperatura;
- Sensor de nível ;
- Sensor de segurança;
- Sensor de pressão;
- Sensor de fluxo, entre outros.

Foi sugerido o uso de sensores de níveis nos silos, com objetivo de monitorar o nível de material que se possui, além do uso de sensores de fluxo nas estruturas por onde é necessário fluxo de material. Os sensores de fluxo devem ser configurados para que, quando ocorra o entupimento de alguma estrutura, os equipamentos que fazem parte da etapa sejam desligados, com objetivo de não danificá-los.

3 METODOLOGIA

3.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO

O processo de produção foi definido baseado em 4 etapas essenciais para se alcançar a produção, as quais são:

- Dosagem;
- Pesagem;
- Moagem e
- Mistura.

A figura 32 ilustra a sequência obrigatória das etapas a serem seguidas.

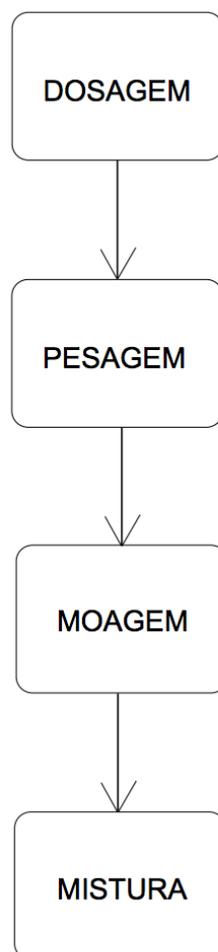


Figura 32 – Sequência das etapas do processo de produção.

3.2 FLUXOGRAMA E LAYOUT DO PROCESSO

O fluxograma foi desenvolvido com base nas etapas necessárias ao processo de produção, conforme descrito anteriormente.

Para um melhor entendimento, a figura 33 representa o fluxograma do processo estudado. A sequência de produção inicia-se nos silos, representados pelo numeral 1, conforme legenda, seguindo pelos demais equipamentos do processo, as roscas transportadoras, a caçamba dosadora, o elevador de canecas, o moinho, o misturador e a expedição, sucessivamente.

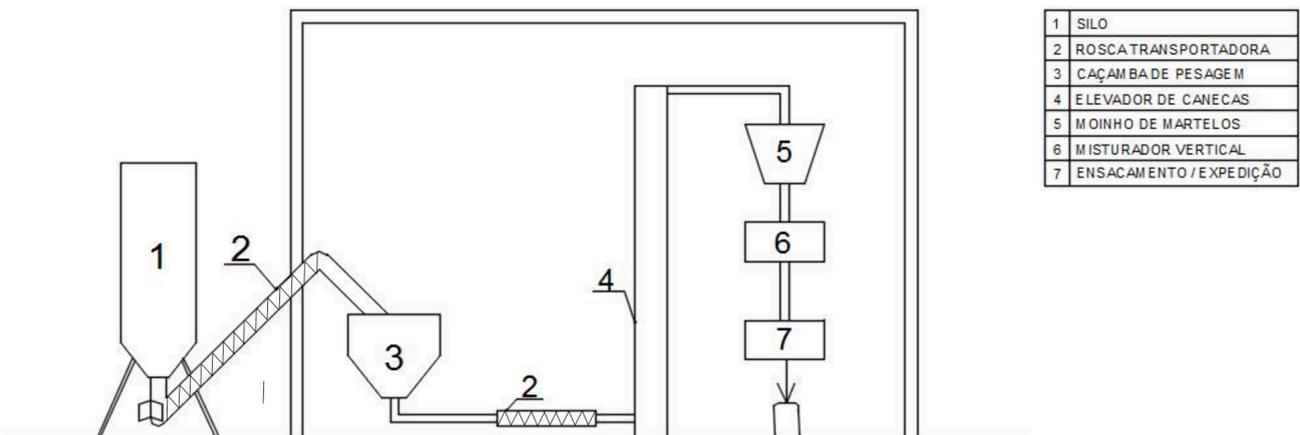


Figura 33 - Fluxograma do processo estudado.

A figura 34, por sua vez, ilustra o *layout* definido. Os equipamentos 1, 2 e 3 localizam-se instalados no nível do solo. Já os equipamentos 4, 5 e 6 estão localizados em uma estrutura elevada em relação ao nível piso.

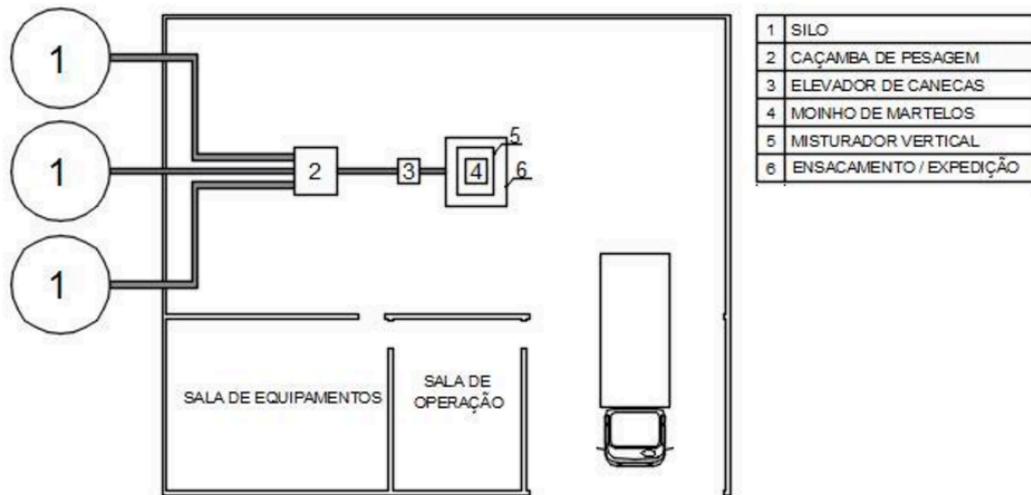


Figura 34 - Layout do processo.

O uso de uma estrutura elevada foi adotado com o objetivo de eliminar a necessidade de roscas transportadores entre determinados equipamentos, pois deste modo, o transporte do material do moinho para o misturador, e do misturador para o ensacamento, é realizado com a força da gravidade.

3.3 MEMORIAL DESCRITIVO DAS ETAPAS DO PROCESSO

3.3.1 DOSAGEM

A etapa de dosagem é o início do processo de produção. Nessa etapa ocorre a dosagem da quantidade requerida de matéria-prima de acordo com a formulação do produto a ser produzido.

Na boca de saída de cada silo está localizada uma rosca helicoidal capaz de elevar o material para que o transporte da matéria-prima que encontra-se no interior do silo seja realizado até a caçamba de pesagem, conforme ilustrado na figura 35.

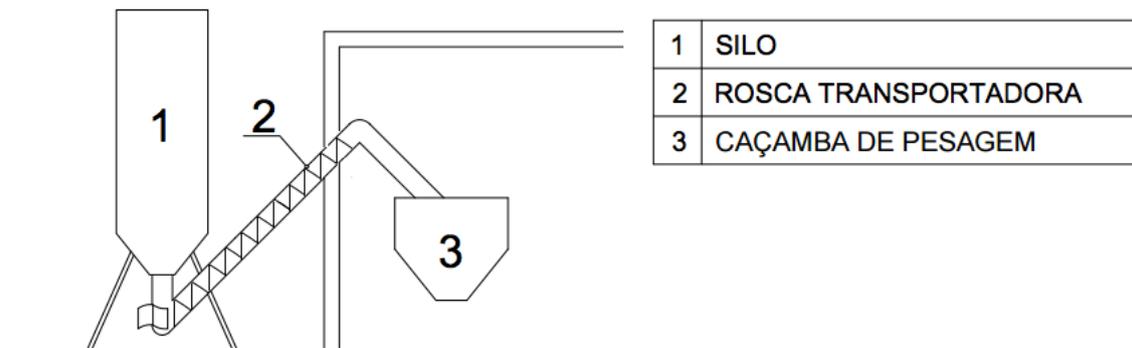


Figura 35 - Estrutura da etapa de dosagem.

O motor, quando acionado, é o equipamento responsável por prover movimento à respectiva rosca helicoidal acoplada ao mesmo. Uma vez em movimento, a rosca helicoidal efetua o transporte da matéria-prima localizada no silo, fazendo com que esta seja deslocada através de toda sua extensão até a caçamba de pesagem, para que seja realizada a aferição do peso do material transportado, dando continuidade ao processo.

O uso da rosca transportadora em ângulo foi sugerido pois ao elevar o material, este adquire por si só a capacidade de atingir o nível necessário para entrada na balança de pesagem, uma vez que irá escoar descendo a estrutura que está interligada na caçamba de pesagem.

3.3.2 PESAGEM

A pesagem é uma etapa de extrema importância para o processo, e ocorre de maneira distinta para cada um dos silos presentes no processo de produção.

Concomitantemente com o acionamento da rosca helicoidal do silo, inicia-se o transporte da matéria-prima, conforme descrito na etapa anterior, com isso, durante o tempo em que o moto redutor permanecer acionado ocorre o transporte para dentro da caçamba de pesagem. A velocidade da rosca helicoidal que transporta o material até a caçamba de pesagem é controlada por um inversor de frequência, equipamento este que permite controlar a velocidade de transporte de modo a afetar diretamente no volume de material transportado.

O desligamento do motor acarreta na finalização do transporte de material, momento este que ocorre a aferição do peso da matéria-prima que encontra-se no interior da caçamba de pesagem com o valor desejado. A aferição é uma etapa de extrema importância para a continuidade do processo, pois o produto final é baseado nas porcentagens presentes de cada material. Ao efetuar a conferência do peso, o processo de dosagem e pesagem do respectivo silo é dado como finalizado, possibilitando o início do processo para o próximo silo de maneira idêntica ao exposto, porém, somando-se ao peso do material já processado.

Ao final da pesagem de todos os tipos de matéria-prima necessárias para produzir determinado tipo de ração, o material está pronto para ser encaminhado para o elevador de canecas através de uma rosca helicoidal acoplada a balança de pesagem, dando prosseguimento ao processo.

3.3.3 MOAGEM

A etapa da moagem, como o próprio nome nos evidencia, consiste em realizar a moagem do material, com conseqüente particionamento do mesmo.

O elevador de canecas para o qual o material é transportado, conforme descrito na etapa anterior, é responsável por realizar a elevação do material para o piso superior, para continuidade do processo de produção, conforme figura 36, para que este seja processado pelo moinho de martelos.

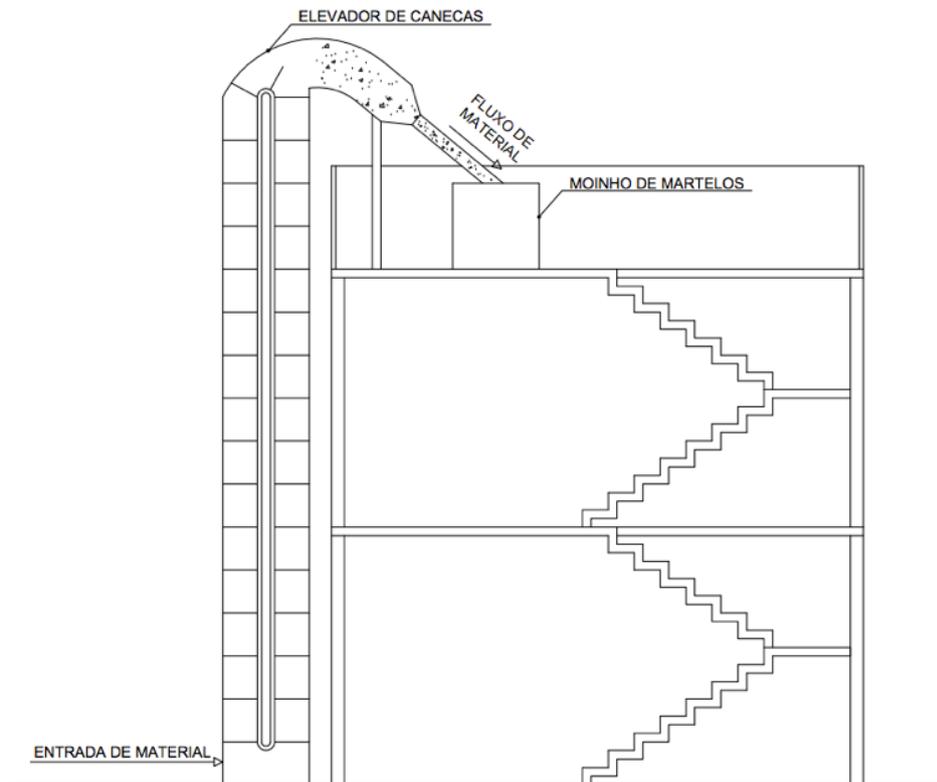


Figura 36 - Fluxo de produção.

3.3.4 MISTURA

A etapa da Mistura tem por objetivo fornecer homogeneidade, efetuando uma mistura mais consistente no material, por um tempo determinado previamente.

Após o material ser processado pelo moinho, este é encaminhado para o misturador vertical, equipamento localizado no piso inferior, conforme figura 37.

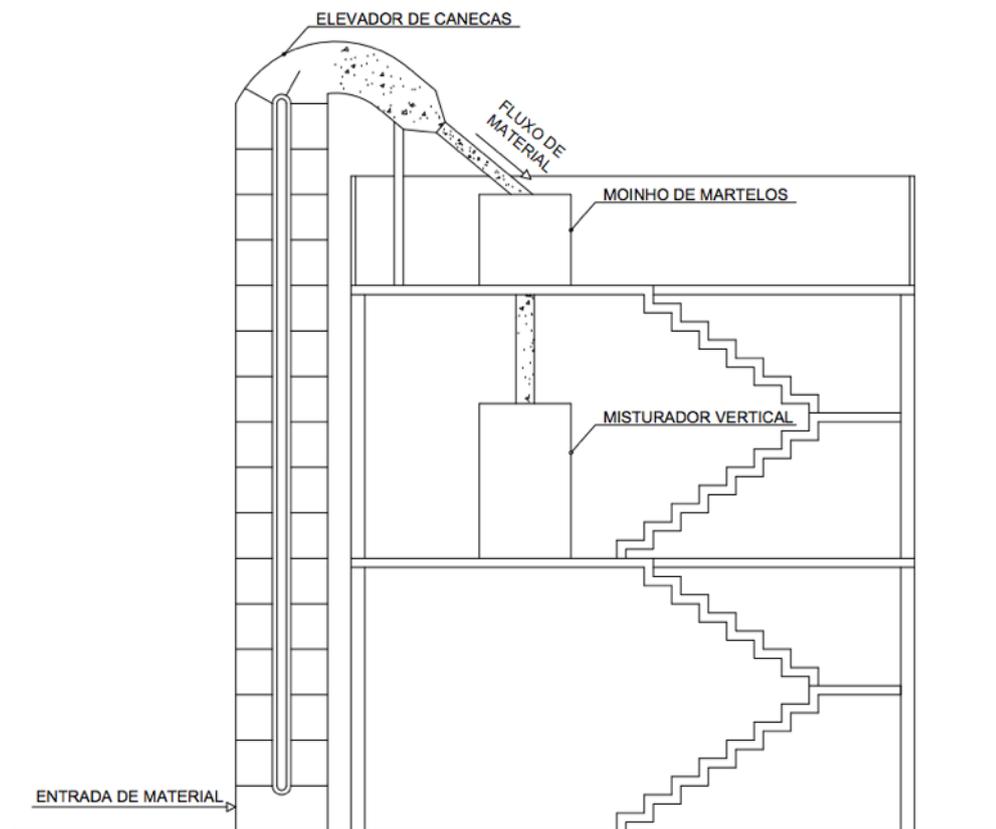


Figura 37 - Localização do misturador.

Para finalizar, o material já misturado é encaminhado para a caixa de expedição, onde posteriormente é realizado o devido ensacamento, conforme figura 38.

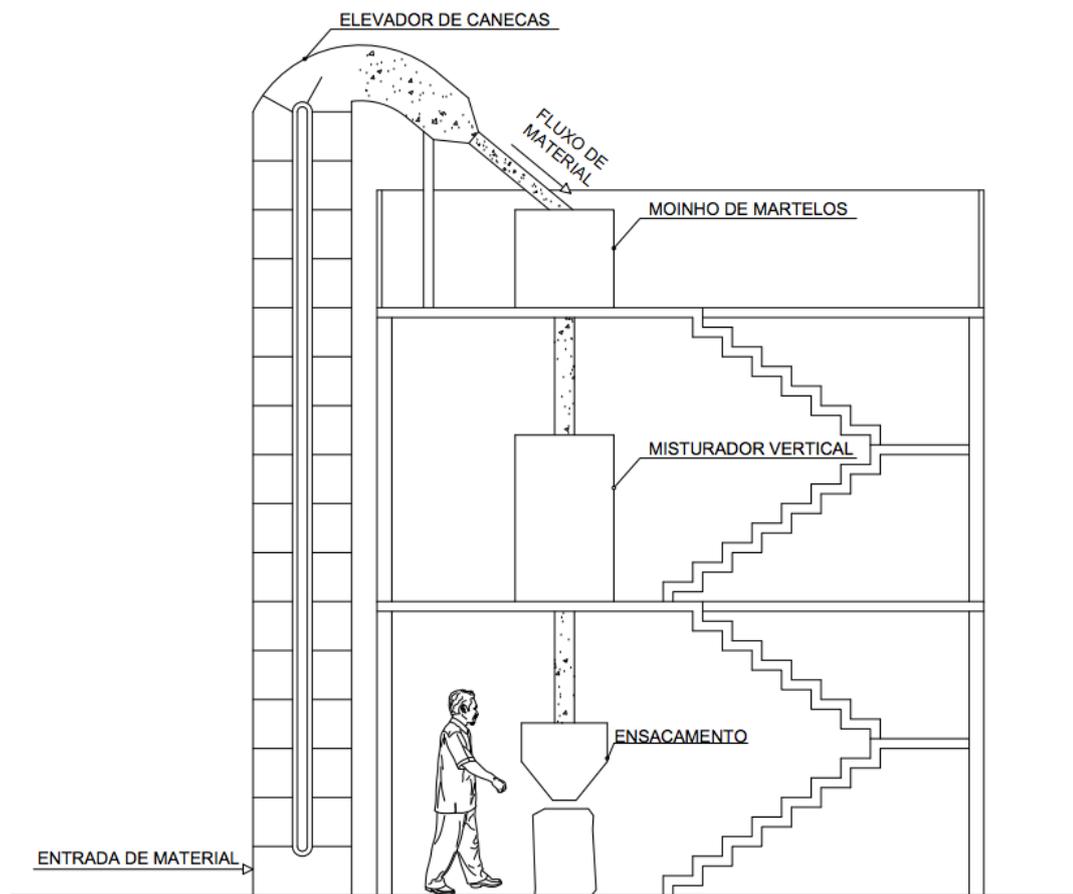


Figura 38 –Finalização do processo.

3.4 MEMORIAL DESCRITIVO DE FUNCIONAMENTO AUTOMÁTICO

O memorial descritivo de funcionamento automático foi pautado no suposto desenvolvimento de um supervisório, desenvolvimento este sugerido através do software *InTouch*, assim como a comunicação com um PLC, equipamento responsável por processar toda a programação e lógica do processo, e uma lógica de programação sugerida para ser desenvolvida em linguagem *Ladder* juntamente com SFC, para ser oportunamente inserida no PLC, respeitando a sequência de operações aqui descritas.

O processo é iniciado com a conclusão das seguintes etapas, na ordem descrita:

- Definição do tipo de produto a ser produzido;
- Devido à definição do tipo de produto a ser produzido, tem-se as quantidades necessárias de cada matéria-prima para prosseguimento da produção.
- Inserção na tela de receitas do supervisório das informações referentes às quantidades de cada matéria prima;
- Processamento e análise das informações, fazendo com o sistema entenda as quantidades de matéria-prima e os respectivos silos a serem dosados;
- Verificação do sensor de nível instalado no silo. Caso o sensor referente ao nível baixo, cuja sugestão de acionamento é para quando o silo possuir menos de 1 tonelada, é mostrada uma mensagem de erro, sendo necessário uma nova inserção de valores ou carregamento do silo. Caso o valor requerido seja menor que o valor dentro do silo, acarretando no não acionamento do sensor, ocorre a continuidade do processo, iniciando assim a etapa da dosagem.

A etapa da dosagem, conforme figura 39, tem início somente quando o registro pneumático, indicado pelo numeral 1, localizado entre a boca do silo e a rosca transportadora estiver aberto, indicados, respectivamente pelos numerais 2 e 3. Caso o registro pneumático esteja fechado, a abertura deve ser realizada através de comando direto no supervisório.

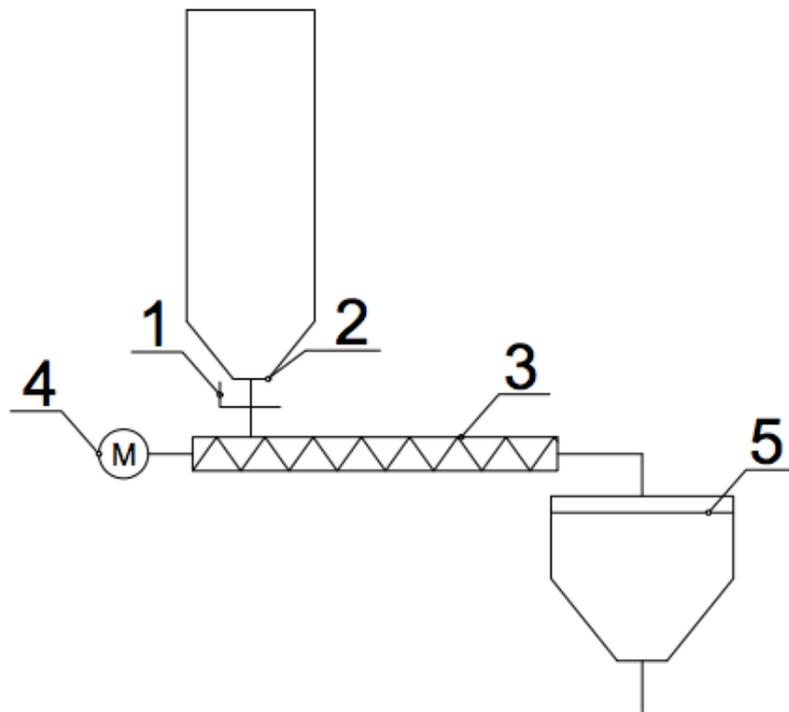


Figura 39 - Etapa de dosagem.

Com o registro pneumático aberto, possibilitando a passagem de material, ocorre o acionamento do motor, indicado na figura anterior pelo numeral 4, localizado na base do silo dando início ao transporte de material. Concomitantemente com o acionamento do motor deve ocorrer a mudança de estado na boca de entrada da caçamba de pesagem, indicada pelo numeral 5, conforme figura 39 anteriormente exemplificada, para o estado aberto, possibilitando assim a entrada de material no equipamento. A velocidade da rosca transportadora é controlada por um inversor de frequência.

Neste momento, após todos os equipamentos já estarem acionados, tem-se o início do transporte da matéria prima através da rosca transportadora ao longo de toda sua extensão, chegando dentro da caçamba de pesagem, conforme figura 40.

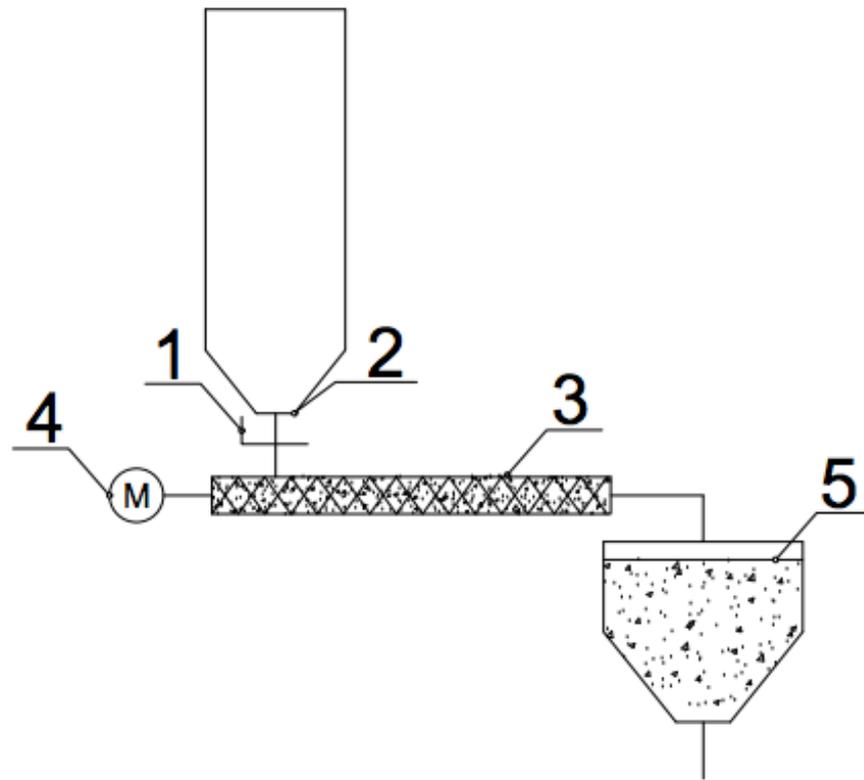


Figura 40 - Material transportado.

Na medida que o material é depositado no interior da caçamba ocorre de maneira instantânea a pesagem com o auxílio de células de carga instaladas na caçamba. O processo tem continuidade até que se alcance a quantidade de matéria prima previamente inserida via supervisor.

No momento em que ocorre a totalização de material, atingindo o valor desejado, o motor é desligado, cessando assim o transporte de material. Sugere-se que, concomitantemente com o desligamento do motor ocorra o fechamento do registro pneumático e o fechamento da boca de entrada da caçamba de pesagem. O fechamento do registro pneumático deve ser realizado para que acarrete no bloqueio da passagem de material do silo para a rosca transportadora. Já o fechamento da boca de entrada da caçamba de pesagem deve ser realizada com objetivo de interromper a entrada de material. A pesagem para o primeiro silo está completa e é realizada a aferição do valor desejado com o valor atingido.

No supervisório torna-se necessário uma representação que reflita fielmente o valor pesado pela balança de pesagem, com o objetivo do operador visualizar em tempo real, através da sala de operações, a quantidade de material pesado.

A etapa de dosagem repete-se de maneira idêntica para todos os silos até que seja pesado todo o material necessário para a produção. No decorrer do processo, a caçamba de pesagem realiza a totalização do valor, ou seja, o valor visualizado via supervisório referente a quantidade de material do silo 2, é o valor pesado no silo 1 adicionado do valor pesado do silo 2, e assim sucessivamente. Ao fim da dosagem e da pesagem, a matéria prima está pronta para ser encaminhada a próxima etapa do processo.

Conforme mencionado, finalizando a etapa de dosagem e da pesagem, com consequente aferição do valor solicitado, a matéria prima está pronta para ser encaminhada para a próxima etapa do processo, a moagem. Um conjunto de um motor acoplado à uma rosca transportadora, identificado pelo numeral 6, são os equipamentos responsáveis por estabelecer o fluxo da matéria prima já pesada na caçamba de pesagem até o elevador de canecas, representados pelos numeral 7, conforme figura 41.

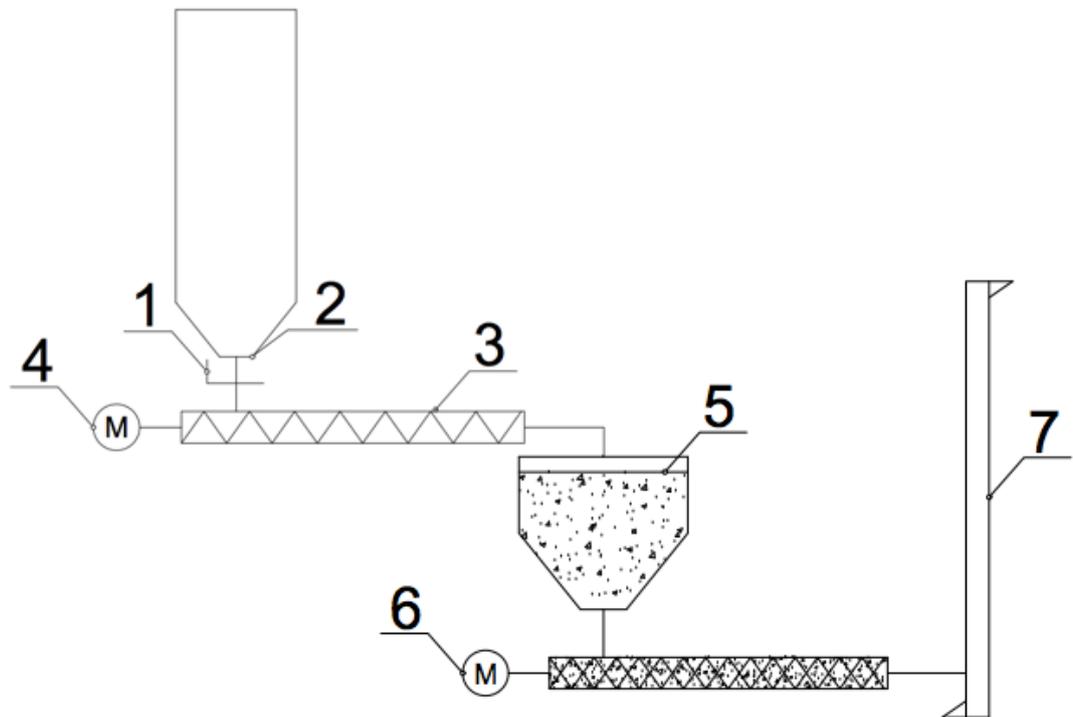


Figura 41 – Fluxo de material.

Assim que o acionamento do motor for realizado, com conseqüente início do transporte, deve ocorrer no mesmo instante o acionamento do elevador de canecas do moinho, e do misturador, representados na figura anterior pelos numerais 7, 8 e 9, respectivamente. O acionamento do elevador de canecas e do moinho deve acontecer, obrigatoriamente, no mesmo instante que a rosca transportadora for acionada, uma vez que, caso seja acionado somente um ou dois equipamentos, ocorre o entupimento da estrutura, podendo trazer sérias conseqüências para o prosseguimento do processo.

A elevação do material é realizada pelo elevador de canecas, e automaticamente o material é encaminhado para o moinho para que ocorra a moagem por um tempo pré determinado, de acordo com o tipo de produto a ser fabricado.

Na figura 42 tem-se o exemplo da situação onde, hipoteticamente, ocorra somente o acionamento da rosca transportadora e do moinho. Neste caso, o não

acionamento do elevador de canecas resulta no entupimento da estrutura, pois o material não terá saída.

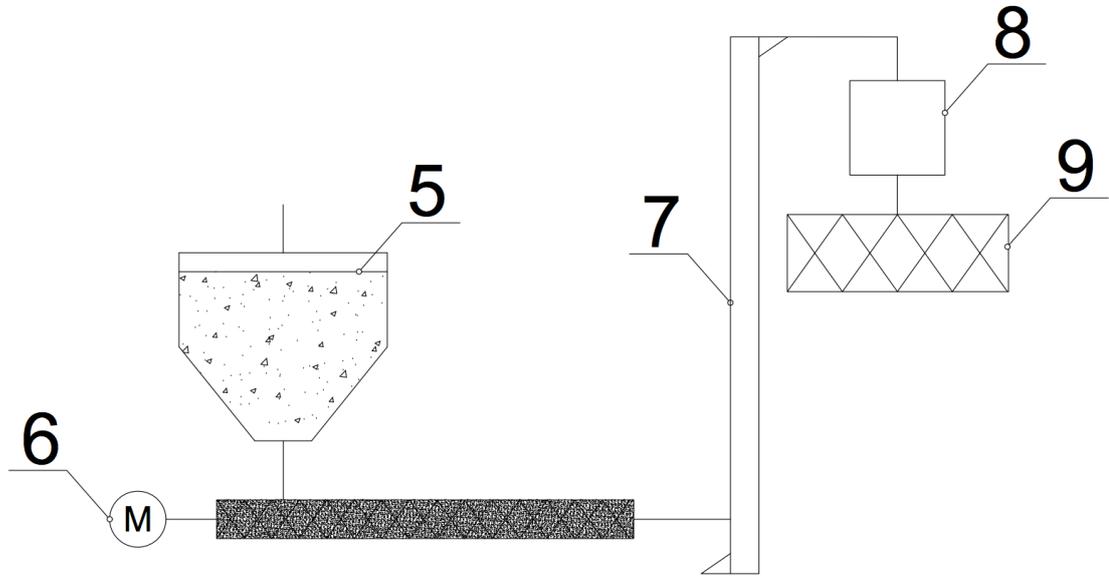


Figura 42 - Não acionamento do elevador de canecas.

Já na figura 43, está exemplificada a situação hipotética onde ocorra o acionamento da rosca transportadora e do elevador de canecas, e o não acionamento do moinho. Desta maneira, nota-se o entupimento da estrutura entre o elevador e o moinho, acarretando em prejuízos para o processo.

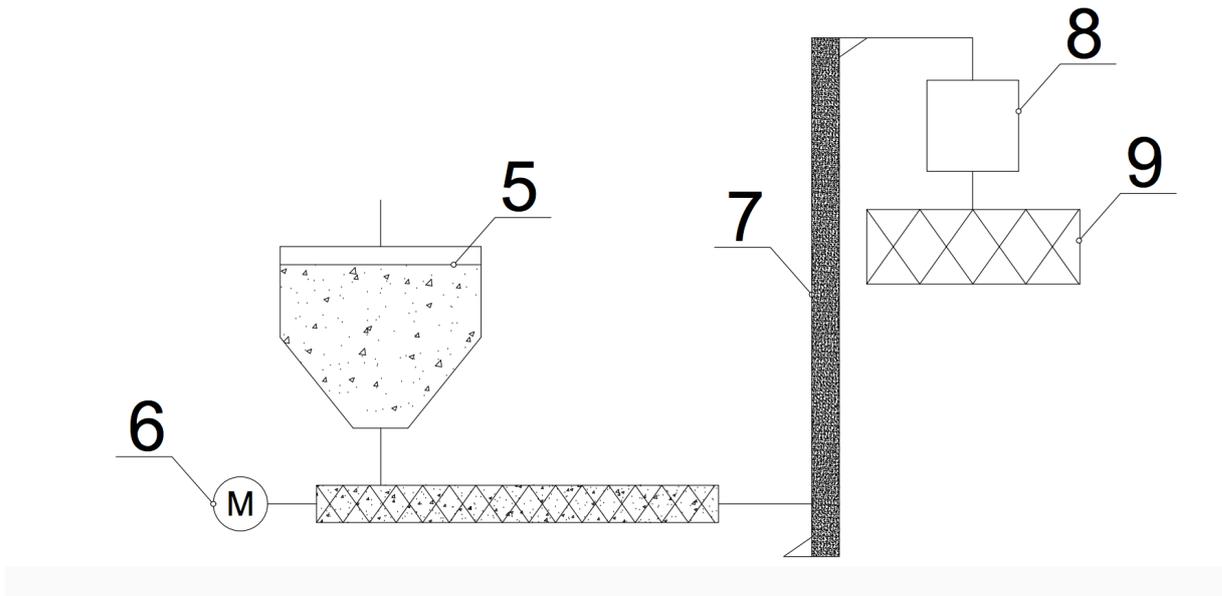


Figura 43 - Não acionamento do moinho.

Para evitar transtornos referentes à entupimentos da estrutura, sugere-se o uso de sensores ao longo da estrutura, sensores estes capazes de identificar a ocorrência do entupimento. O acionamento de tal sensor deve acarretar no imediato desligamento do motor, do elevador de canecas e do moinho.

A conseqüente elevação do material pelo elevador de canecas faz com que este seja encaminhado para dentro do moinho, momento este que ocorre a trituração do material. Após o material ser triturado, este é automaticamente encaminhado para o misturador, equipamento este que deve estar com a boca de entrada aberta e a boca de saída fechada, localizado no piso inferior conforme figura 44.

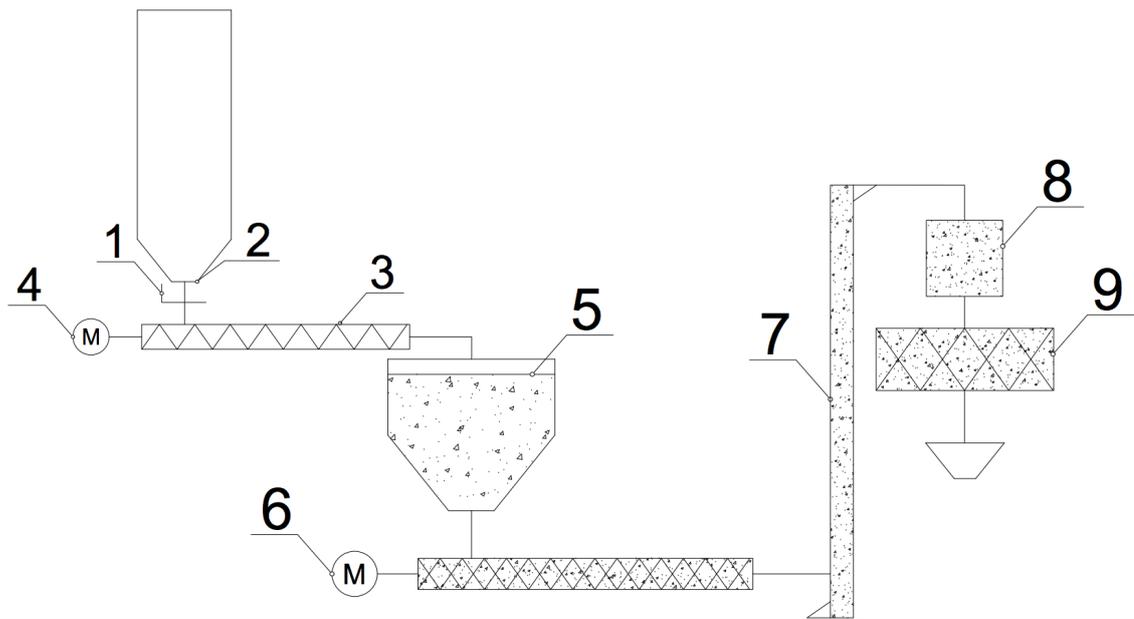


Figura 44 - Etapa de mistura.

Ao fim transporte do material que encontra-se no interior da caçamba de pesagem, com conseqüente passagem através do elevador de canecas, pelo moinho e sendo depositado no misturador, ocorre o desligamento do motor, do elevador de canecas e do moinho, nesta ordem. Com a permanência do misturador acionado, a boca de entrada do mesmo é alterada para o estado fechado, misturando o material por um tempo previamente determinado de acordo com o tipo de produto produzido. Ao término do tempo da mistura, a boca de saída do equipamento é aberta, fazendo com que o material seja encaminhado para o ensacamento, identificado pelo numeral 10, momento em que o processo é finalizado, conforme figura 45.

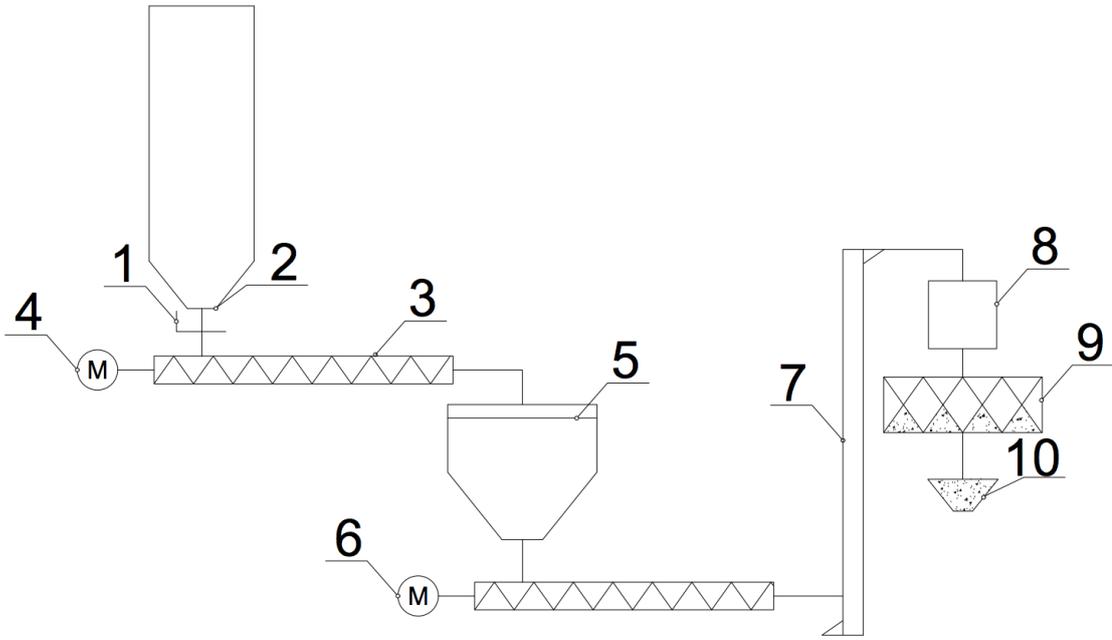


Figura 45 - Ensamblado.

4 RESULTADOS

Tem-se ao final do desenvolvimento desse projeto conceitual de automação vários benefícios, benefícios esses notórios e cada vez mais importantes para a estabilização de uma empresa no mercado. Possui-se um maior nível de controle e monitoramento dos processos, uma vez que estes podem ser supervisionados através do supervisor, ferramenta essa que oferece a situação real e atualizada do equipamento, com isso, não sendo necessário deslocar-se até o equipamento para verificar sua situação.

Espera-se ainda, com o desenvolvimento das fases subsequentes constituintes de um projeto e uma futura aplicação, um aumento no volume de produção devido ao fato de eliminar o tempo de transição de matéria prima quando efetuado por mão de obra, além de depender de um pequeno número de pessoas, acarretando assim na diminuição da possibilidade de ocorrência de erros humanos, os quais todos estamos passíveis. A necessidade de um pequeno número de pessoas como mão de obra impacta diretamente na diminuição dos custos, acarretando em um custo total de produção menor, conseqüentemente, um lucro maior, objetivo de todo e qualquer empresário.

A diminuição da possibilidade de acidentes com conseqüente aumento no nível de segurança oferecido dentro do ambiente também é um fator a ser destacado, uma vez que a segurança de quaisquer trabalhadores dentro de uma fábrica é imprescindível.

Possui-se por fim, um projeto conceitual capaz de oferecer base ao desenvolvimento de um projeto detalhado, com maior nível de detalhes e mais estudos, encaminhando o projeto a seu estado final.

5 CONCLUSÃO

Com o término deste trabalho, conclui-se que o desenvolvimento de um projeto é fator primordial para qualquer empresa que deseje o sucesso em sua atuação. A simples palavra “projeto” traz consigo várias etapas a serem seguidas, muitas vezes não realizadas, sendo desenvolvida somente a primeira delas no decorrer deste trabalho, a etapa do projeto conceitual.

A finalização do projeto conceitual é essencial para que seja realizado o desenvolvimento de outras etapas constituintes de um projeto, tal como o projeto detalhado, onde deve-se abordar os equipamentos e o processo com maior nível de detalhes.

Considera-se que a proposta inicial foi atingida com êxito, uma vez que os objetivos iniciais, tais como pesquisa, sugestão dos equipamentos, e estudo do processo foram cumpridos, sendo realizada a pesquisa dos equipamentos necessários, verificando suas características e sugerindo tais equipamentos que cumpram as funções designadas de maneira satisfatória.

Conclui-se ainda que, a elaboração de um projeto é característica inerente a qualquer engenheiro, com isso, o engenheiro obrigatoriamente deve-se fazer conhecedor das etapas de elaboração de um projeto, tais como projeto conceitual, básico e detalhado, assim como saber desenvolvê-los, visto a exigência cada vez maior no mercado de trabalho, sendo base essencial na realização de trabalhos futuros.

Tal característica essencial à todos os engenheiros não foi lecionada na instituição, ocorrendo um importante déficit no conhecimento de todos. Devido este fato, fica neste trabalho o registro, assim como a sugestão para que seja concedido um maior enfoque ao assunto, ofertando matérias voltadas à elaboração de projetos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. S. de. **Otimização de layout de plantas químicas utilizando o problema de esignação quadrática.** 2008. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=000436083>> Acesso em: 16 fev. 2016.

BORGES, L. P.; DORES, R. C., **Automação predial sem fio utilizando bacnet/zigbee com foco em economia de energia.** 2010, 76f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação – UNB, Brasília, 2010.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas:** segunda edição. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

MATURANA R., Humberto; VARELA G., Francisco; **A árvore do conhecimento.** Campinas : PSY II, 1995.

OTTOSSON, S. Dynamic product development – DPD. **Technovation**, v. 24, p. 207-217, 2004.

PUGH, S. **Total design:** integrated methods for sucessful product engineering. Harlow: Addison-Wesley Publishing, 1991.

Projseg. Disponível em: <http://blog.projseg.com.br/wp-content/uploads/2013/11/rele12v_completo.jpg>. Acesso em: 21 out. 2015.

ROSÁRIO, J.M. **Automação Industrial.** São Paulo: Baraúna, 2009. 23 p.

Schneiderelectric. Disponível em: <http://www.schneiderelectric.pt/documents/product-services/training/plc_cfp2008.pdf>. Acesso em: 21 out. 2015.

SILVA, M. E. **Apostila Automação Industrial.** Escola de Engenharia de Piracicaba, 2007. Disponível em: <<http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKCN0RF28420150915>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

WEBER, Érico Aquino. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos.** Rio Grande do Sul: Ed. Salles, 2005.