



Fernando Schumutz Cruz

Controle da Fase Líquida do Verniz

São Paulo

2015

Fernando Schumutz Cruz

Controle da Fase Líquida do Verniz

Sistema de pesagem e controle de dosagem dos ingredientes da fase líquida do verniz a partir de um processo manual já existente.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frajuca

Coorientador: Prof. Dr. Fabio Bortoli

São Paulo

2015

ATA DE EXAME DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Nome do Programa: **Mestrado Profissional em Automação e Controle de Processos**

Nome do(a) Aluno(a): Fernando Schmutz Cruz

Nome do Orientador: Prof. Dr. Carlos Frajuca

Nome do Coorientador:

Título do Trabalho: "Controle da fase líquida do verniz"

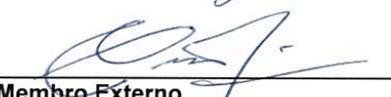
Abaixo o resultado de cada participante da Banca Examinadora

Nome completo dos Participantes Titulares da Banca	Sigla da Instituição	Aprovado / Não Aprovado
Prof. Dr. Carlos Frajuca – Orientador	IFSP – SPO	<i>Aprovado.</i>
Prof. Dr. César de Oliveira Lopes – Membro Externo	ITA	<i>Aprovado</i>
Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa – Membro Interno	IFSP – SJC	<i>Aprovado</i>
Nome completo dos Participantes Suplentes da Banca	Sigla da Instituição	Aprovado / Não Aprovado
Prof. Dr. Francisco Tadeu Degasperi – Membro Externo	FATEC - SP	_____
Prof. Dr. Eduardo Acedo Barbosa – Membro Externo	FATEC - SP	_____

Considerando-o: APROVADO
 NÃO APROVADO

Assinaturas


 Presidente da Banca


 Membro Externo


 Membro Interno

São Paulo, 23 de novembro de 2015

Observações:

Text com originalidade e superando dificuldades.

Agradecimentos

Agradeço ao Deus altíssimo que guia nossos caminhos e nos dá inspiração. Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Frajuca pelo ensino, incentivo e parceria, e também ao meu coorientador Prof. Dr. Fabio Bortoli.

Aos professores do curso de mestrado de Automação e Controle do Instituto Federal São Paulo que contribuíram, através de significativo ensino e apoio técnico, para esta conquista. Aos colegas de curso e a ajuda mútua. Aos funcionários administrativos do curso de pós-graduação. A união faz a eficiência.

Ao Instituto Federal São Paulo, em especial ao Departamento de Mecânica, onde fiz tantos amigos ao longo dos 28 anos como aluno e professor e aos demais professores e funcionários de todas as áreas educacionais e setores administrativos.

Aos meus filhos Roberto e Guilherme e à minha esposa, que por muitas vezes se viram sós, mas superaram minha ausência e me apoiaram na elaboração e apresentação deste trabalho. Aos meus pais, irmãs e demais parentes pelo carinho e confiança que dedicaram a mim. Destaco o conforto espiritual do padre Ildefonso e do padre Antônio. E aos amigos que confiaram em mim.

Aos funcionários, diretores e parceiros da Hydropress Tintas Especiais, que de maneira direta e indireta estiveram envolvidos.

Vou agradecer especialmente alguns colaboradores e amigos; Eng^o. Marcos, D. Helena, Dra. Roseli, Gustavo, Eng^o. Leonardo, Alpha Instrumentos, Ascoval, AEPH, Eng^a. Fernanda, Eng^o. Gilberto, Eng^a. Virginia, ao médico Dr. José Pedro, balanças Navarro, Eng^o. Alexis, Sr. João De Paula, Sr. Ricardo, Eng^o. Fabio, Eng^o. Acácio e ao Eng^o. Gerson.

“Os desafios são difíceis por não tentarmos superá-los. Perdemos momentos únicos da vida porque choramos em vez de sorrir. Mas eu descobri que para colher tem que plantar. É preciso lutar pelo que amamos e sempre há tempo para recomeçar.” (Padre Alessandro)

Santo Agostinho dizia: “Se você deseja de uma certa forma, você já possui! O conhecimento amplo e satisfatório sobre um processo ou fenômeno somente existirá quando for possível medi-lo e expressá-lo através de números.” (Lord Kelvin, 1883)

Resumo

O objetivo deste trabalho é desenvolver um novo sistema de pesagem e controle de dosagem dos ingredientes da fase líquida do verniz a partir de um processo manual já existente, que será descrito no decorrer do texto. Após a etapa de desenvolvimento foi feita uma análise comparativa entre o processo antigo e o novo. A dosagem é feita por uma balança de 1000 kg (+/- 0,1 kg) de capacidade, sendo o peso máximo alcançado durante o processo de 300 kg. A célula de carga é própria para pesagem de reservatórios. O grau de proteção é IP-67. Serão utilizados juntamente com a balança elastômeros sobre uma plataforma de aço carbono que absorverão as vibrações de forma satisfatória. A célula de carga transmite a um indicador de pesagem com tara manual programável. Este processo incrementará a precisão de dosagem dos ingredientes, diminuindo as perdas e melhorando a qualidade do verniz, evitando contato do operador com produtos químicos, que no processo anterior era feito manualmente. Foi feito um estudo econômico e técnico do projeto para atender a demanda de produção racional e dentro das possibilidades de uma pequena empresa. O tempo de pesagem dos produtos registrou uma melhora de 52,6% comparada ao tempo de processamento original, e o novo processo contribuiu com a redução da fadiga dos operadores na execução dos procedimentos.

Palavras-chave: Dosagem de líquidos, controladores por relés, célula de carga, válvulas solenóides.

Abstract

The objective of this work is to develop a weighing and control system of the ingredients dosing of the liquid phase of varnish from an existing manual process, which will be described throughout the text. After the development stage, an comparison was made between the old and the new process. The dosage is made by a 1000 kg (+/- 0,1 kg) capacity's weighbridge, and 300 kg being the maximum weight achieved during the process. The load cell is suitable for weighing containers. The degree of protection is IP-67. Elastomers over the steel platform's of the weighbridge will be used to absorb satisfactorily the vibrations. The load cell transmits the weight to a manual programmable tare weighing indicator. This process will increase the dosing accuracy of the ingredients, reducing losses and improving the varnish quality, avoiding operator's contact with chemicals, which in the preceding process is being done manually. An economic and technical study of the project was done to meet the demand for rational production and within the means of a small business. The time spent weighing the products resulted in an 52.6% improvement compared the former process, and the new process reduced operator's fatigue while executing the procedures.

Keywords: Liquid dosing, relay controllers, load cell, solenoid valves.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Desenho Típico de um Disco Dispensor	24
Figura 2 – Posicionamento correto do disco dispensor	24
Figura 3 – Rolos de Impressão Flexográfico com raspagem	25
Figura 4 – Sistema Flexográfico	26
Figura 5 – Descrição do Sistema de Pesagem	32
Figura 6 – Ponte de Wheatston	40
Figura 7 – Célula de carga	40
Figura 8 – Curva característica da célula de carga	41
Figura 9 – Coleta dos solventes - 22,5 kg	43
Figura 10 – Coleta do óleo mineral	44
Figura 11 – Pesagem dos produtos em balança mecânica	45
Figura 12 – Despejo dos líquidos (etanol, glicol, água e óleo mineral)	46
Figura 13 – Coleta da água - os baldes possuem marcação para o nível de água	47
Figura 14 – Processo Antigo	48
Figura 15 – Tambor e a válvula solenóide	49
Figura 16 – Tambor balança e indicador de peso e programação	50
Figura 17 – Container de estocagem de Etanol e Glicol	51
Figura 18 – Processo Novo (automatizado)	52
Figura 19 – Tanque com suporte articulado (proposta A não escolhida)	56
Figura 20 – Conforme proposta B (escolhida)	57
Figura 21 – Suporte com liberdade plena nos 3 eixos (ver anexo B)	61
Figura 22 – Dosador do tanque (não utilizado)	62
Figura 23 – Conexão para teste da válvula	64
Figura 24 – Válvula solenóide montada	65
Figura 25 – Válvula montada na célula de automação	66
Figura 26 – Fluxo de líquido das monitorado pelas válvulas solenóides	66
Figura 27 – Interligação com contadores	67
Figura 28 – Painel de comando automático e manual	68
Figura 29 – Balança eletrônica (adotada)	69
Figura 30 – Indicador de pesagem	71
Figura 31 – Ligações elétricas e comunicações de dados do controlador	72
Figura 32 – Método de trabalho com tensão e amplificação	74
Figura 33 – Descrição dos Comandos de Operação	75
Figura 34 – Descrição dos Comandos de Operação	76
Figura 35 – Contator do protótipo inicial	79
Figura 36 – Simulação de funcionamento da válvula solenóide	79

Figura 37 – Célula de carga do protótipo	80
Figura 38 – Simulação de funcionamento da válvula solenóide	80
Figura 39 – Esquema elétrico da Célula de Carga	89
Figura 40 – Esquema elétrico da Célula de Carga	90
Figura 41 – Dimensões do Suporte Articulado	91
Figura 42 – Dimensões do Dosador (cotas em <i>mm</i>)	94
Figura 43 – Orçamento Alfa Instrumentos 2265	101
Figura 44 – Curva de calibração com tara	103
Figura 45 – Calibração da balança	104
Figura 46 – Comando Interface válvula solenóide e caixa de relés	105
Figura 47 – Comando interface válvula solenóide	106
Figura 48 – Informação de níveis acionando	107
Figura 49 – Indicação do nível 1	107
Figura 50 – Indicação de peso do primeiro produto com 140 kg	108
Figura 51 – Indicação do Nível 2	108
Figura 52 – Indicação de peso do segundo produto com 162,5 kg	109
Figura 53 – Indicação do Nível 3	109
Figura 54 – Indicação de peso do terceiro produto com 185 kg	110
Figura 55 – Indicação do Nível 0 (produto 4)	110
Figura 56 – Indicação de peso do quarto produto com 191 kg	111
Figura 57 – Diagrama demonstrando os níveis de cada produto e os respectivos pesos	112
Figura 58 – Circuito de controle da válvula solenóide	113
Figura 59 – Funcionamento do painel de automação da balança	114
Figura 60 – Controle remoto	115

Lista de tabelas

Tabela 1 – Consumo de tintas	26
Tabela 2 – Formulação	32
Tabela 3 – Processo manual	48
Tabela 4 – Processo com Automação de Pesagem	53
Tabela 5 – Válvulas Solenóides Vias Normalmente Fechadas	64
Tabela 6 – Funções Alfa Instrumentos	71
Tabela 7 – Dados técnicos da Célula de Carga	89
Tabela 8 – Dimensões da Célula de Carga	90
Tabela 9 – Dados técnicos do Suporte Articulado	91
Tabela 10 – Dimensões do Suporte Articulado	92
Tabela 11 – Dados técnicos do Dosador	93

Sumário

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	História	23
1.2	O Verniz e a Revolução Industrial até o Século XX	23
1.3	Equipamento Usado na Fabricação do Verniz	23
1.3.1	Posicionamento e Velocidade do Disco Dispensor	24
1.4	Flexografia	25
1.4.1	Flexografia	25
1.4.2	Consumo de Tintas	26
1.5	Objetivo	27
1.6	Justificativa	27
1.7	Estrutura do trabalho	28
2	METODOLOGIA DE ESTUDO	31
2.1	Apresentação do Modelo Inicial de Estudo	31
2.2	Dinâmica de Processos	33
2.3	Sistema de Balanças Eletrônicas	34
2.4	Processo de Pesagem	35
2.5	Balanças Mecânicas	35
2.6	Balanças Eletrônicas	35
2.6.1	Receptor de carga (plataforma de pesagem)	37
2.6.2	Limitadores de movimento horizontal	37
2.6.3	Células de carga	37
2.6.4	Cabo Condutor	37
2.6.5	Caixas de Interligação	37
2.6.6	Monitor de Pesagem	38
2.6.7	Posto de Pesagem Automatizado e Informatizado	38
2.7	A Comunicação em Rede	38
2.8	Dosagem e Pesagem da Fase Líquida do Verniz	39
2.8.1	Extensometria	39
2.8.2	Ponte Wheatstone	39
2.8.3	Célula de Carga	40
3	ESTUDO DE CASO	43
3.1	Processo de Dosagem Manual	43
3.1.1	Fotos do Processo Atual Feito Manualmente	43
3.1.2	Tempos cronometrados	48

3.2	Fotos do Processo Novo	49
3.3	Layout do Processo Novo	52
3.3.1	Tempos Cronometrados do Processo Novo	53
3.4	Processo de Dosagem Automática	53
3.5	Análise Econômica e Funcional	54
3.5.1	Solução 2 (anexo D)	55
3.5.2	Solução 1	55
3.5.3	Plataforma de apoio com elastômeros	57
4	A IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	59
4.1	Pesquisas Efetuadas	60
4.2	Sistema de pesagem com suportes articulados	60
4.3	Suporte de Liberdade Plena	60
4.4	Dosador	61
4.5	Válvulas Solenóides	62
4.5.1	Especificação das Válvulas Solenóides	62
4.5.2	Detalhamento	63
4.5.3	Informações Gerais	63
4.5.4	Matérias em Contato Com Fluido	63
4.6	Características Elétricas	63
4.7	Interface Controlador e Válvulas Solenóides	67
4.8	Relação de Materiais usada no Painel Elétrico para acionamento da Válvula solenóide	68
4.9	Balança Eletrônica	69
4.10	INDICADOR DE PESAGEM	70
4.10.1	Funcional e comunicação de dados	72
4.10.2	Rede Serial 485	72
4.10.3	Rede serial 232	73
4.10.4	Comando Remoto	73
4.10.5	Caixa de Junção	74
4.10.6	Comandos de Operação	75
5	TESTE DO PROJETO	79
5.1	Relação de Materiais usados	80
5.2	Teste efetuado	81
5.3	Teste Suporte Articulado	81
5.4	Teste de operação	81
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	83

REFERÊNCIAS	85
ANEXO A – CÉLULA DE CARGA	89
ANEXO B – SUPORTE ARTICULADO	91
ANEXO C – DOSADOR	93
ANEXO D – PROPOSTA TACHO DE INOX	95
ANEXO E – PROPOSTA TANQUE DE FIBRA	97
ANEXO F – ORÇAMENTO ALFA INSTRUMENTOS 2265	101
ANEXO G – COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE CALIBRAÇÃO DA BALANÇA ALFA	103
ANEXO H – COMANDO INTERFACE VÁLVULA SOLENÓIDE	105
ANEXO I – PROCEDIMENTO PROGRAMADO DA PESAGEM DA FASE LÍQUIDA DO VERNIZ	107
ANEXO J – CIRCUITO DE CONTROLE DA VÁLVULA SOLE- NÓIDE	113

Lista de abreviaturas e siglas

AEPH	Sigla do fabricante
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAFATI	Associação dos fabricantes de tinta
IHM	Interface Homem Máquina
INMETRO	Instituto de Metrologia Pesos e Medidas
NBR	Norma Brasileira
PC	Computador
PLC	Programação Lógica
RPM	Rotações por Minuto

Lista de símbolos

AD 002	Aditivo Trietalonamina
AD 004	Aditivo óleo mineral
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
FSO	Fundo de Escala
IP	Grau de Proteção
NA	Rele contato normalmente aberto
NF	Rele contato normalmente fechado
NPT	Símbolo de Rosca Cônica
S 002	Solvente 2
S 003	Solvente 3
Se1	Saída 1
Se2	Saída 2

1 INTRODUÇÃO

O verniz é um dos ingredientes da tinta. Ele é usado para dar brilho e aderência ao substrato (superfície onde será aplicada a tinta) além de promover a secagem. O objetivo deste trabalho é implementar um sistema de dosagem automatizado, por meio de um controle de peso e nível. Este pode ser usado para diversos sistemas de dosagem de líquidos e para vernizes líquidos como látex, vernizes a base de solvente, como esmalte sintético etc. No caso específico deste trabalho focamos em uma solução para a produção de verniz de tinta flexográfica a base de água.

1.1 História

O trabalho é sobre a fabricação de verniz que é utilizado como componente da tinta. Segue um aspecto histórico sobre a tinta.

Conforme (FAZENDA; DINIZ, 2009), “por muitos séculos, as tintas foram empregadas pelo seu aspecto estético. Mais tarde, quando introduzidas em países do norte da América e da Europa, onde as condições climáticas eram mais severas, o aspecto proteção ganhou maior importância”.

1.2 O Verniz e a Revolução Industrial até o Século XX

As primeiras fábricas de verniz foram estabelecidas na Inglaterra em 1790; na França em 1820; na Alemanha em 1830 e na Áustria em 1843. Mas a Grã-Bretanha e a Holanda foram as primeiras a produzir vernizes com as técnicas mais apuradas. J. Wilson Neil, em 1833, foi o primeiro a fornecer detalhes para a produção de verniz. Um dos produtos por ele descrito era fabricado numa proporção de oito libras de resina para dois a três galões de óleo de linhaça.

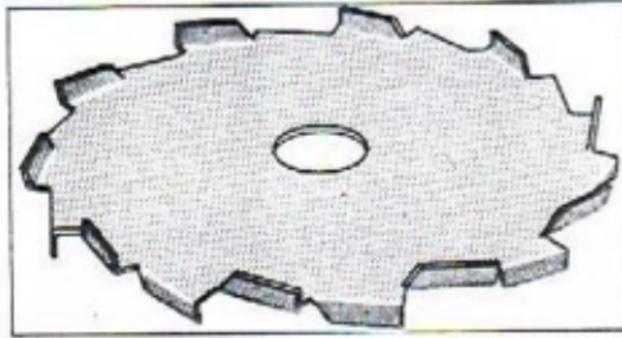
Hoje as cores são usadas para identificações de tubulações industriais, trânsito, sinais de alerta, ajudam também em aspectos de segurança do trabalho, na decoração, etc. (CRUZ, 2002).

1.3 Equipamento Usado na Fabricação do Verniz

No processo de fabricação do verniz usamos o disco dispersor para dissolver a resina, que está no estado sólido, no meio líquido.

O disco dispersor de alta velocidade (também conhecido como “*cowles*”) consiste essencialmente de um disco serrado com as bordas alternadas montado em um eixo vertical de alta rotação, que é colocado em um tanque cilíndrico. Em uma concepção simples, a lâmina impulsora é plana e o disco, de bordas chapadas, pode ser visto na figura 1 (FAZENDA; DINIZ, 2009).

Figura 1 – Desenho Típico de um Disco Dispersor



Fonte: (FAZENDA; DINIZ, 2009)

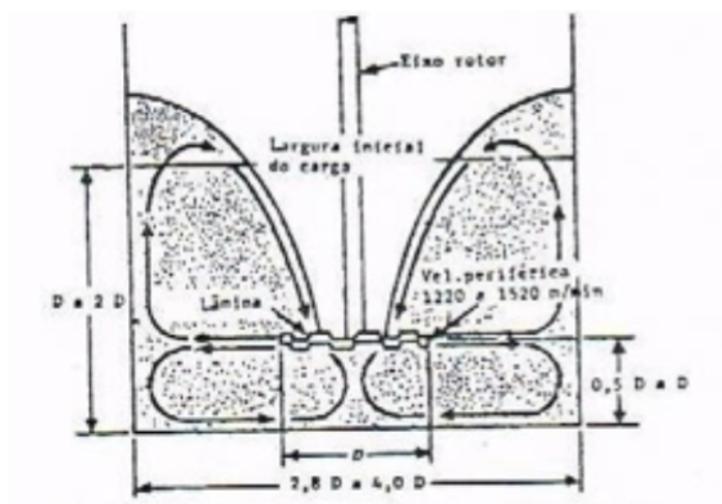
O material do disco em geral é aço inoxidável.

Um equipamento com um disco único, com várias capacidades de velocidade, usualmente fornece toda a ação de dispersão que se pode esperar desse tipo de equipamento.

1.3.1 Posicionamento e Velocidade do Disco Dispersor

A figura 2 ilustra o posicionamento correto do disco dispersor em função do diâmetro do tanque. Uma velocidade de 2 a 3 m/s fornece uma condição favorável para uma boa dispersão da resina no verniz.

Figura 2 – Posicionamento correto do disco dispersor



Fonte: (FAZENDA; DINIZ, 2009)

1.4 Flexografia

O verniz fabricado será utilizado na produção de tintas flexográficas. Seguem algumas considerações sobre o processo flexográfico.

As primeiras impressões flexográficas ocorreram por volta de 1860, quando já se tem uma patente nos Estados Unidos (COTTON, 1980).

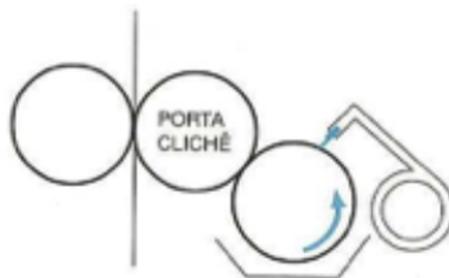
Em 1920 introduziram-se nos Estados Unidos as primeiras máquinas de impressão vindas da Alemanha. Em 22 de outubro de 1952, no fórum do instituto de embalagens, foi anunciado o nome FLEXOGRAFIA. A definição oficial foi: “Um processo de impressão tipográfico rotativo que utiliza clichês de borracha e tintas líquidas de rápida secagem”. Com o avanço crescente das tecnologias atuais a flexografia tornou-se um processo econômico e de qualidade (SIMÕES, 2000).

1.4.1 Flexografia

Conforme (REBELLATO, 1980), “na confecção de uma matriz para o processo de impressão flexográfica ou em anilina, confecciona-se um clichê de borracha vulcanizada, que é preso ao cilindro da impressora flexográfica e passa-se a produzir o material impresso”.

As figuras 3 e 4 mostram o processo flexográfico de impressão

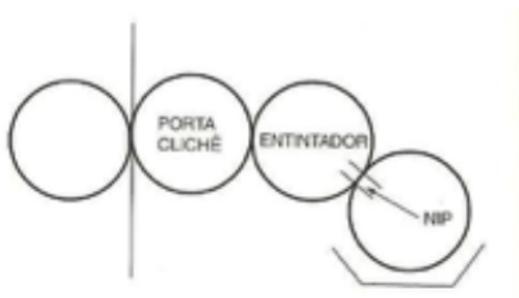
Figura 3 – Rolos de Impressão Flexográfica com raspagem



Fonte: (FERNANDES, 2003)

Para uma dosagem mais precisa, passou-se a utilizar uma “*racle*”, raspando a superfície do entintador antes da impressão, mostrado na figura 3. A figura 4 mostra o sistema tradicional de impressão (FERNANDES, 2003).

Figura 4 – Sistema Flexográfico



Fonte: (FERNANDES, 2003)

1.4.2 Consumo de Tintas

O consumo de tintas acompanha os dados relativos de consumo da classe média. Podemos, por exemplo, relacionar o consumo de tintas com a compra de veículos novos. O desafio dos fabricantes de tintas é crescer acima de 3,2% ao ano, a partir de 2014, trabalhando pela excelência, a retenção de talentos, confiabilidade, redução de custos e maior distribuição dos seus produtos (RACZ, 2014).

Tabela 1 – Consumo de tintas

Setores / Período	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Tinta Imobiliária	975	982	1083	1119	1119	1141
Tinta para Repintura	49	47	51	52	55	58
Subtotal Revenda	1024	1029	1134	1171	1174	1199
Período Setor Industrial	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Tinta Automotiva	48	46	50	51	49	51
Tinta para Indústria	171	157	174	176	176	176
Tinta para Impressão	101	94	100	97	97	96
Subtotal Industrial	320	297	324	324	322	323
Total Geral	1344	1326	1458	1495	1496	1522

Faturamento em US\$	N° de Empregos
2009 = 3,55 BILHÕES	2009 = 17699
2010 = 4,51 BILHÕES	2010 = 18699
2011 = 5,12 BILHÕES	2011 = 19202
2012 = 4,83 BILHÕES	2012 = 19185
2013 = 4,72 BILHÕES	2013 = 19490

Fonte: (SITIVESP, 2014)

A tabela 1 mostra o consumo de tintas e vernizes e representa o volume produzido no país em milhões de litros. O levantamento foi feito pelo SITIVESP, Sindicato da Indústria de Tintas e Vernizes do Estado de São Paulo. Dados para verniz e tintas a base de água.

Segundo (PONZETTO; ROSSETTI; KUNNIYOSHI, 1999), a tinta à Base de Água é definida como:

“O principal mecanismo de preparação consiste em dissolver resina em solvente, depois dissolver na água. Os favoritos são, por exemplo, o butilglicol éteres-alcoóis. O solvente controla a formação do filme da tinta no processo de secagem.”

1.5 Objetivo

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de pesagem e controle de dosagem dos ingredientes da fase líquida do verniz a partir de um processo manual já existente.

O novo processo visa:

- diminuição do tempo do processo;
- diminuição da fadiga do operador;
- melhorar a reprodutibilidade;

- diminuição do desperdício da matéria-prima;
- diminuir a movimentação dos operários e da matéria-prima.

1.6 Justificativa

Segundo (FRAJUCA, 2013):

“A competitividade é fator de sobrevivência para todas as empresas. Inicialmente, a melhoria desta era conseguida com a utilização de eficientes técnicas de gestão e programas de qualidade que reduziam perdas. No entanto, estes instrumentos administrativos são de conhecimento geral, não mais caracterizando um fator de diferenciação. O crescimento produtivo da indústria tem uma relação com o uso de novas tecnologias e novos produtos.”

O processo antigo era o manual: o operador pesa em baldes usando uma balança. Mas este processo resulta em discrepâncias que podem favorecer o erro.

Em baldes são envasados as matérias-primas e levados ao tacho, onde são despejadas. Sempre teremos materiais que ficam aderidos ao balde, o que gera perda. Abastecendo diretamente o tacho com as matérias-primas eliminamos o balde e também o transporte do produto.

O processo manual gera fadiga ao funcionário e a repetição das pesagens podem gerar erro. O novo processo terá um controlador com *display* de fácil visão que possui os pesos pré-programados.

Atualmente o operador está em contato direto com materiais químicos, retirados de tambores e levados ao tacho para mistura. Com o processo automatizado, afastamos o funcionário dos materiais químicos, que ficarão em uma área isolada.

A repetição da fórmula com maior precisão gera melhor qualidade e evita a necessidade de correções posteriores quando detectadas discrepâncias pelo controle de qualidade. Teremos um controlador com a receita da mistura armazenada e não será necessário registrar os pesos novamente.

O novo processo irá favorecer a segurança, já que o operador não terá contato com materiais químicos.

Segundo (FRANCHI, 2013):

“uma técnica que pode minimizar o ruído é a utilização de um sensor de peso, conforme figura 5. Nessa aplicação uma célula de carga é colocada no tanque a fim de medir a massa do tanque. O sinal é enviado ao transmissor. Esse método é efetivo, pois a turbulência e o borbulhamento não interferem na massa final do tanque”.

Segundo (FIALHO, 2002) seriam as “Características gerais dos Transdutores de

Força:

1. Variado campo de medidas;
2. Possuem rigidez mecânica;
3. Ótima linearidade;
4. Baixa histerese com boa capacidade de repetição;
5. Alta sensibilidade com boa resolução.

1.7 Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho é formada pelos seguintes capítulos:

1. No capítulo primeiro são destacados os aspectos históricos as origens da tinta, e é importante saber que o Brasil tem um alto consumo de tintas a nível mundial. É explicado o disco “*cowles*”, que é usado no processo de fabricação do verniz. No caso estudado este verniz será usado para tintas flexográficas. O projeto de automação proposto irá evitar perda de material, diminuir a fadiga do funcionário e melhorar a qualidade do produto final. O equipamento escolhido foi o da Alfa Instrumentos.
2. No capítulo segundo apresentaremos a descrição do processo de fabricação com os diversos componentes e a receita do processo.
3. No capítulo terceiro serão comparados o processo manual e o novo, que é automatizado e apresenta um novo *layout*, detalhando as operações e as cronometragens dos dois processos.
4. No capítulo quarto descreveremos a implementação do novo projeto. Serão apresentadas as pesquisas iniciais para realizar o controle volumétrico por meio da medição de pressão, até a adoção posterior da medição por peso.
Foi feito o detalhamento do processo de pesagem com suporte articulado, utilizado para não transmitir deslocamentos e rotação para as células de carga.
5. No capítulo quinto apresentaremos os testes iniciais do sistema de pesagem com a célula de carga, indicador de pesagem, saída para um contator e simulando a válvula solenóide através de uma lâmpada.
6. No capítulo sexto faremos a descrição da conclusão com as diversas etapas do trabalho e, tendo atingido os objetivos, destacamos a redução do tempo de operação entre o processo manual para o automático com o qual se obteve um ganho de 52,6%. O projeto foi colocado em operação em uma empresa de pequeno porte.

2 METODOLOGIA DE ESTUDO

Optamos neste trabalho em usar uma análise por estudo de caso. Inicialmente veremos como era o processo de produção e depois descreveremos como ele foi alterado almejando uma automação do processo com melhoria no tempo de produção.

2.1 Apresentação do Modelo Inicial de Estudo

“O método da pesquisa consiste na forma de pensar para se chegar à natureza de um determinado problema, quer seja para estudá-lo ou explicá-lo” (YIN, 2001).

A idéia inicial era medir o volume através de um transdutor de pressão, pois é um processo barato. Poderíamos usar o pressostato Festo PEV com ajuste mecânico. Este sistema deveria ter uma ponta em contato com o líquido e o sólido. O material sólido é breu, o qual danificaria a ponta do transdutor já que a rotação de trabalho atinge 1750 rpm. O breu agiria como uma pedra que, no impacto, danificaria o transdutor. Então foi abandonada essa idéia.

A segunda idéia seria começarmos a estudar a dosagem por medição volumétrica e vazão pela gravidade. Este sistema baseia-se em contar o giro do rotor e parecia ser simples. Somente para água funcionaria bem, mas para produtos como glicol e etanol teria que ser utilizado um rotor metálico, pois o plástico não suportaria a agressividade dos produtos. O rotor metálico necessitaria de acionamento pela pressão de uma bomba, devido à massa do rotor. A bomba aumentaria o custo do projeto e também não teríamos a precisão necessária. Outro fator é que a formulação é feita pela unidade de quilos; portanto, teríamos que converter litros para quilos.

O modelo escolhido é um sistema de pesagem e dosagem de líquidos armazenados em tambores que iriam, por tubulação, até as válvulas solenóides para ter a dosagem correta. Os líquidos são: água, glicol, etanol e óleo mineral.

Eles são pesados em sequência e em quantidades estabelecidas por fórmula.

A pesagem é feita através de uma célula de carga que transmite para o controle. Este enviará um sinal a um contator ou relé, que, energizado a 220 V, enviará um comando à válvula solenóide para abrir ou fechar (o retorno é por mola).

Conforme (FELÍCIO, 2007): “(...) é dentro do contexto de soluções aproximadas que encontramos o significado de Modelagem, pois Engenharia é um conjunto de modelos” (...) “O julgamento prático será sempre considerado na decisão de quão preciso um resultado se faz necessário se a demanda de tempo é possível e se o custo da metodologia pode ser

economicamente justificado”.

Seguem os produtos:

Tabela 2 – Formulação

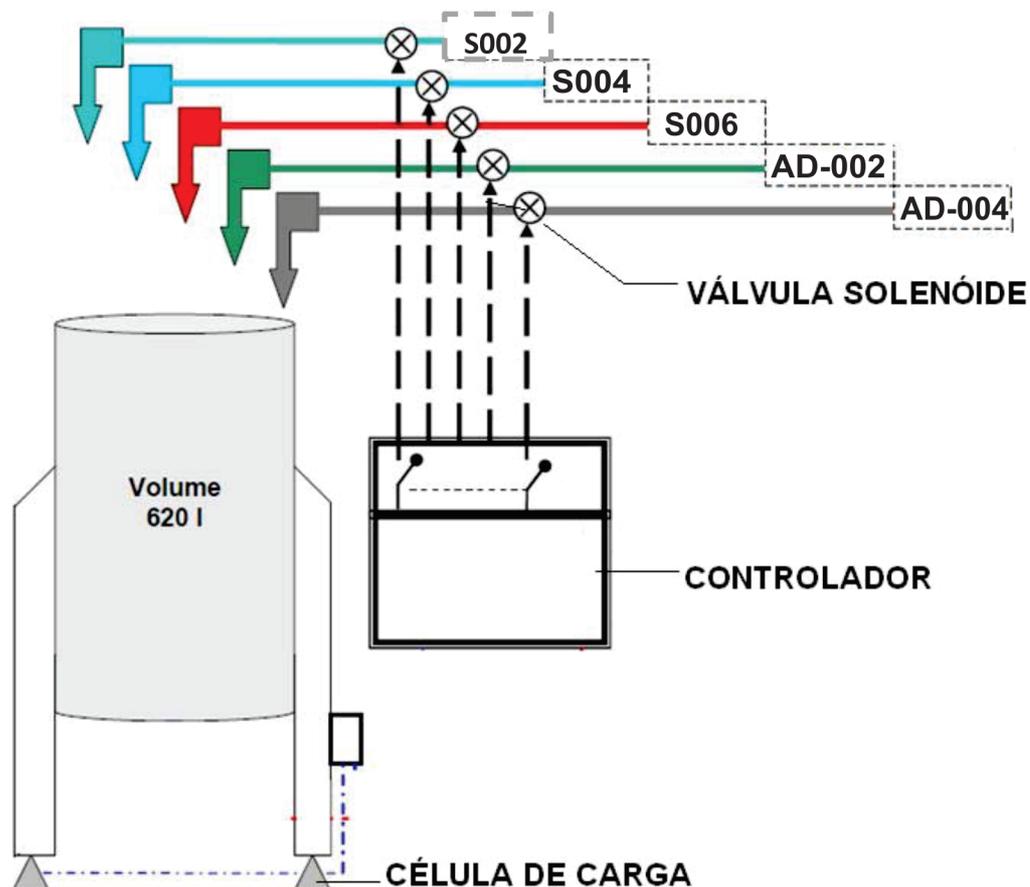
VERNIZ ÁGUA FASE LÍQUIDA				
Código	Quantidade Kg ($\pm 0,1$)		Substância	
AD-004	6	1	Óleo mineral, antiespumante	
S-004	22,5	2	Glicol,	
S-006	22,5	3	Etanol	
AD-002	8,1	4	Trietalonamina	
S-002	140	5	Água	

Fonte: Arquivo Pessoal

Os produtos são adicionados em sequência, sendo todos líquidos. A trietalonamina é o mais viscoso.

Posteriormente, será adicionada a resina que se dissolve no meio líquido. A resina é adicionada manualmente. Na fase de estudo do projeto e teste não foi feita a dosagem da trietalonamina devido à sua alta viscosidade.

Figura 5 – Descrição do Sistema de Pesagem



Os produtos estão armazenados em tambores. Com a abertura das válvulas se dará o escoamento dos materiais e produtos. O controlador comandará a abertura das válvulas e dosará a quantidade em peso corretamente com base na programação. A célula de carga dará o sinal elétrico captado pelo controlador. O comando também pode ser automático com a receita armazenada. O controlador 3100C da Alfa Instrumentos tem possibilidade de controle à distância.

O tacho de 620 litros recebe os materiais e fica apoiado em cima da balança. A parte em contato com o tacho é uma estrutura metálica em aço inox, chamada prato, que transmite o peso às células de carga.

O processo do modelo em estudo, apresentado na figura 5, foi aprovado em de testes de operação e funcionou de maneira satisfatória.

2.2 Dinâmica de Processos

A Dinâmica de Processos procura estudar o comportamento durante as variações na alimentação de materiais ou na carga. O processo sairá de um regime estacionário para um linear (ALVES, 2005).

O processo real tem que ser estável.

O processo não linear é válido rigidamente para apenas um determinado ponto, caso o erro seja nulo (ALVES, 2005).

Segundo Astrom, 90 a 95% dos problemas de controle são solucionados empregando-se controle proporcional integrativo (ASTRÖM; HÄGGLUND, 1996).

O tempo morto aparece devido ao deslocamento de massa em um processo (ALVES, 2005). Abrindo-se a válvula durante o processo, demorará um certo tempo até que o líquido se desloque até o tanque. Este tempo morto será compensado com ajustes e regulagens.

O processo proposto consiste em dosar os componentes dentro de uma ordem programada onde as válvulas solenóides se abrem em sequência. A indicação do peso do primeiro material abre a válvula solenóide do reservatório correspondente que irá fechar após atingir o peso estabelecido. Digita-se o peso do material 2, abre-se a válvula 2 e assim por diante para os demais materiais. Em nosso caso são 4 (quatro) materiais. O fechamento da válvula é por mola (normalmente fechada) quando não há corrente na bobina. Temos também controladores que já armazenam uma receita pré-estabelecida, que foi a opção escolhida para este trabalho.

O controlador onde digitamos o peso funciona através de relés, que irão dar um sinal elétrico. A tensão deste sinal pode variar de 1 a 3 mV. Isso acionará uma bobina de um contator ou relé, dando a tensão necessária para a válvula solenóide que é de 220 Volts. O contator ou relé após os relés do controlador darão uma interface mais robusta ao

sistema, proporcionando uma durabilidade maior aos relés do controlador. O controlador escolhido foi o da Alfa Instrumentos. Ele soma a quantidade dos produtos: se por exemplo a primeira pesagem é de 10 kg ($\pm 0,1$) e a próxima de 20 kg ($\pm 0,1$) então teremos que digitar 30 kg ($\pm 0,1$) para o segundo produto.

O controlador admite um certo número de células de carga. O projeto tem 4 (quatro) dutos a controlar e o display de marca Alfa Instrumentos admite até 4 materiais e apresentou uma relação custo benefício melhor. As células de carga funcionaram satisfatoriamente com a vibração do eixo do batedor girando a 1750 rpm.

O elemento que transforma a força perpendicular ao plano de fixação em sinal elétrico é a célula de carga vedada com resina.

Em nosso caso, a variação de temperatura de trabalho é de $5^{\circ}C$ a $40^{\circ}C$, o que deve ser atendido na especificação da célula de carga.

A idéia inicial era de um sistema com 3 apoios que sustentariam o peso. Em cada perna haveria um suporte de liberdade plena que daria o alinhamento correto no eixo de leitura da célula e não transferiria forças e momentos. Equivale a uma rótula perfeita e que fornece plena liberdade de movimentos nos 3 eixos de coordenadas (X, Y, Z). Abandonamos esse projeto, pois não seria funcional dentro do setor de fabricação de vernizes. O fato é que a fabricação de verniz tem um volume de produção para 4 (quatro) horas por dia e ficaria ocioso no período da tarde. O tacho do verniz ficaria preso ao suporte articulado, o que atrapalharia o funcionamento da seção.

Abandonamos a idéia do suporte articulado, uma vez que não era funcional dentro do espaço físico. Isso será explicado no estudo de caso (item 3.5). Para absorver as vibrações, foram aplicados elastômeros que tiveram desempenho satisfatório em operação.

2.3 Sistema de Balanças Eletrônicas

As balanças parcial e totalmente eletrônicas, além de serem o dispositivo responsável por mostrar o peso da balança em seu painel numérico luminoso, também o informam (o peso) a outros dispositivos ligados a ela através de interfaces de comunicação serial. Essas interfaces são normalmente utilizadas para informar o peso para uma impressora, que por sua vez, em uma configuração mínima, imprime os valores, acompanhados eventualmente de data e hora, nos bilhetes de pesagem (ALFA, 2014).

O conjunto de células da carga registra o peso na balança ou exporta os dados para um microcomputador (ECHELON, 1995).

Os dados do sensor são fornecidos somente a quem necessita deles (ECHELON, 1995).

2.4 Processo de Pesagem

Uma balança, de forma genérica, trata-se de um instrumento destinado à medição da massa dos corpos, ou seja, a quantidade de matéria que os compõem, possibilitando assim a medição do peso das massas ou cargas que necessitam ser controladas nas transações comerciais. Levando-se em conta as referidas variações, conclui-se que num processo de medição o valor do peso obtido corresponde à melhor estimativa para a medida. Para que essa estimativa seja aproveitável, deve ser acompanhada pela incerteza associada ao parâmetro de desempenho da medição.

A precisão da medida efetuada dependerá do tipo da balança, sendo determinada de acordo com o tipo e a função da mesma, obtendo-se medidas por diferenças ou comparações de massas, que na prática, sempre apresentarão algum erro. As balanças deverão apresentar a melhor exatidão possível, ou seja, a leitura da medição do peso deverá ser o mais próximo possível do valor real da carga (PONTIUS; CAMERON, 1982).

Os modelos totalmente mecânicos são os mais antigos.

O modelo totalmente mecânico apresenta como receptor da carga uma plataforma apoiada e suspensa por um sistema de alavancas mecânicas, que reduz o esforço da carga sobre a plataforma de passagem, e um tirante (haste) onde é feita a leitura do peso.

No modelo eletrônico a célula de carga sustenta diretamente a plataforma, a qual converte a força a ser medida em um sinal transmitido através de um cabo especial para o dispositivo que mostra o peso: Monitor Indicador Digital de Peso (MIDP) ou simplesmente Monitor de Pesagem (MP), que indica suas leituras em um mostrador digital luminoso. O MIDP, ao mesmo tempo que lança as leituras no mostrador digital, transmite, através de interface serial, esse mesmo valor para o equipamento associado, podendo estar registrado em um computador ou a uma impressora.

2.5 Balanças Mecânicas

As balanças mecânicas utilizam o princípio de alavancas e contrapesos; necessitam de peso para instalação e apresentam como unidade sensória um braço mecânico, que é acoplado a um dial indicador de peso. Nesse tipo de balança, a força exercida pela carga posicionada sobre a plataforma é dividida por um sistema de alavancas até um valor reduzido, para, então, ser transmitida ao indicador mecânico de peso (MARTE, 2013) e (TOLEDO, 2014).

2.6 Balanças Eletrônicas

As balanças eletrônicas apresentam o receptor de carga apoiado ou suspenso diretamente por células de carga que, nesse composto, substituem completamente o sistema mecânico de alavancas. Esse sistema apresenta como principal vantagem o fato de os ajustes necessários serem todos eletrônicos, diretamente feitos nas células de cargas ou nas caixas de passagens.

Esse tipo de sistema de pesagem pode utilizar de 3 (três) a 8 (oito) células de carga.

Por outro lado, na pesagem mecânica, o peso é depositado no receptor de carga e transmitido a um mecanismo indicador de peso através de um sistema de alavancas. Nas pesagens eletrônicas, este peso é transferido às células de carga por compressão.

Sobre tais células se apoia diretamente a plataforma da balança, sem nenhuma redução de peso, e interligada através de cabo condutor especial, de maneira que os sinais eletrônicos são enviados a um equipamento eletrônico denominado Monitor Indicador Digital de Peso. Este monitor interpreta os sinais eletrônicos e mostra a leitura corresponde ao peso total aplicado sobre a plataforma. O processamento do sinal eletrônico, emitido pelos transdutores de peso (células de carga), é realizado pelo monitor de pesagem que, além desta função, também faz a indicação da pesagem através do mostrador digital luminoso. Este sistema provido de teclado com funções específicas para realizar a pesagem da tara e o zeramento da balança, em uma configuração simples, apresenta-se acoplado a uma impressora. Nesta realiza-se o registro do peso, seja ele tara, bruto ou líquido, em bilhete de pesagem, caso se faça necessário.

O Monitor de Pesagem, por ser um equipamento eletrônico, permite, dentre outras, as seguintes funções:

1. Transmitir eletricamente os dados da pesagem à distância;
2. Interligar diversas balanças.

Na construção de balanças eletrônicas, torna-se necessário observar a compatibilidade entre a(s) células(s) de carga, o receptor de carga e o módulo indicador digital de peso.

Partindo-se da premissa de que uma carga, colocada em qualquer ponto do receptor de carga, deve apresentar a mesma indicação de peso no módulo, verifica-se que, para se obter uma uniformidade na pesagem, deverão surgir necessidades de calibração na balança.

A calibração é efetuada através de ajuste eletrônico dos sinais de saída das células de carga. A calibração vai reduzir o sinal de saída das células, que geram uma indicação maior, para que os mesmos se igualem aos das células com menor sinal de saída.

O ajuste, quando necessário, é feito utilizando-se potenciômetros lineares de alto valor, acoplados na saída das células que necessitam de ajuste.

As balanças eletrônicas apresentam as seguintes partes principais:

2.6.1 Receptor de carga (plataforma de pesagem)

Uma base de sustentação da carga; abaixo deste estão adaptadas as células de carga. Poderemos ter outros dispositivos tais como amortecedores de vibração.

2.6.2 Limitadores de movimento horizontal

Estrutura de aço (perfis) instalados de maneira a assegurar estabilidade ao receptor de carga, de tal forma a não permitir cargas laterais sobre as células de carga.

2.6.3 Células de carga

É um dispositivo que recebe a força peso no receptor de carga e realiza uma conversão para um sinal eletrônico analógico, proporcional a essa força.

2.6.4 Cabo Condutor

São cabos especiais que tem por função transmitir o sinal de peso, fornecido pela(s) célula(s) de carga, ao Monitor de Pesagem. Tais cabos deverão ter características especiais, uma vez que o referido sinal associado ao peso apresenta um valor de tensão baixo, da ordem de milivolts (mV), implicando numa série de cuidados especiais, de modo a evitar que ruídos, interferências e resistências interfiram no valor desse sinal. Dentre os referidos cuidados especiais destaca-se a utilização obrigatória de blindagem.

Evitar emendas nos cabos. Caso as emendas sejam necessárias, deverão ser realizadas com solda e isoladas em seguida com terminal termo retrátil.

O comprimento dos cabos deve ser especificado, em função da resistência elétrica em ohms. No caso do projeto foram usados 10 m de cabo.

O cabo junto à célula de carga não deve ser cortado, uma vez que a resistência elétrica deste foi considerada na calibração da própria célula.

2.6.5 Caixas de Interligação

A caixa de interligação, como o próprio nome indica, tem a função de interligar diversas células de carga e fazer algumas compensações do sinal até chegar ao monitor de pesagem, muitas vezes, incluindo proteções contra descargas elétricas (FARQUI, 1997).

Existem dois tipos de caixas de interligação:

Caixas de pesagem

Utilizadas para realização de emendas nos cabos das células de cargas.

Caixa de junção

Na maioria dos casos, em função da estabilidade requerida na construção mecânica da balança, poderão ser utilizadas mais de uma célula de carga (máximo de 8 células) para suportar a plataforma de pesagem (FARQUI, 1997). Neste caso, cada célula suporta uma fração de carga total, sendo, então, a soma dessas frações igual à carga total. Portanto, a finalidade da caixa de junções é de interligar diversas células de cargas, que estão sob um único receptor de carga (plataforma de pesagem). Nesse processo de interligação, deve-se observar as resistências instaladas em série com os terminais de carga, que serve para juntar o sinal de saída de acordo com um valor padrão.

2.6.6 Monitor de Pesagem

Converte o sinal analógico, fornecido pelas células de cargas, em uma indicação digital do valor do peso.

2.6.7 Posto de Pesagem Automatizado e Informatizado

Um posto de pesagem automatizado em relação ao não automatizado apresenta as vantagens descritas a seguir:

Ausência de fraude no processo de pesagem

Pode-se obter futuramente relatórios gerados pelo próprio sistema.

Pessoa autorizada opera o posto de pesagem através de senha

Esse Posto de Pesagem Informatizado constituirá idéia para aperfeiçoamentos futuros no projeto (ROLIM, 1997).

2.7 A Comunicação em Rede

Na comunicação em rede podemos ter as seguintes opções:

- Rede por cabo no padrão RS-485
Esse cabo é similar ao usado para comunicação entre o monitor e a CPU no PC. Ele utiliza um par de fios e pode interligar 30 balanças à distância de até 1220 m.
- Rede por cabo no padrão Ethernet
Similar ao usado nos cabos de telefonia, tem bom custo benefício, é versátil na

instalação, possui facilidade para resolver problemas de rede por utilizar as próprias ferramentas do sistema operacional em uso. Ou seja, por exemplo, um técnico em telefonia poderia resolver um problema de rede.

- Rede Wireless Padrão Ethernet

Maior mobilidade das balanças. Facilidade de instalação em virtude de evitar cabos e conduítes (TOLEDO, 2014).

2.8 Dosagem e Pesagem da Fase Líquida do Verniz

2.8.1 Extensometria

Segundo (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2011), “O princípio da extensometria vem da lei Hooke que relaciona tensão e deformações em corpos submetidos a deformações mecânicas.”

(KELVIN, 1898) observou que fios de ferro mudavam a resistência elétrica quando sofriam deformação na região elástica:

$$K = \frac{\Delta R/R_0}{\Delta l/l_0} \quad (2.1)$$

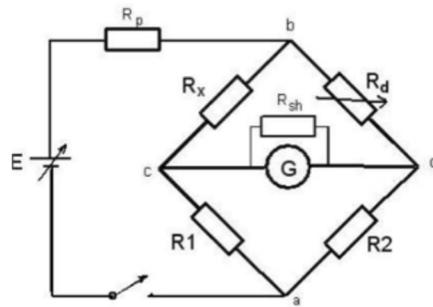
Onde K = constante, R_0 = resistência inicial do fio metálico, l_0 = comprimento inicial, ΔR e Δl são as variações de resistência e de comprimentos, respectivamente.

2.8.2 Ponte Wheatstone

Ponte de Wheatstone é um circuito utilizado como medidor por comparação, medindo-se as resistências do circuito. Analisando-se a figura 6, os valores das resistências R_1 e R_2 , se estiverem posicionados de forma que os potenciais c e d estejam iguais, nenhuma corrente será indicada no Galvanômetro.

Com a ponte em equilíbrio, se uma das resistências for desconhecida, consegue-se determinar esta incógnita. Para conseguir o equilíbrio da ponte utiliza-se uma resistência de valor ajustável. Uma característica importante da Ponte de Wheatstone é que sua sensibilidade é máxima quando são utilizadas 4 resistências de igual valor (ou bem próximas). Se o valor de uma delas mudar um pouco, a variação de corrente indicada no Galvanômetro é grande (UNICAMP, 2014).

Figura 6 – Ponte de Wheatston



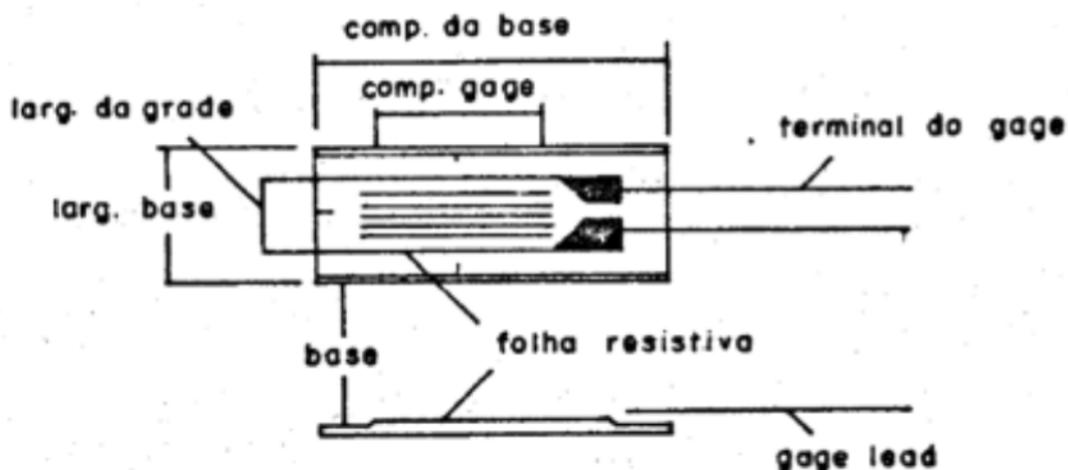
Fonte: (UNICAMP, 2014)

2.8.3 Célula de Carga

A Célula de carga é um transdutor que converte energia mecânica em energia elétrica, ou seja, é um dispositivo que produz um sinal elétrico de saída proporcional ao peso aplicado na sua superfície de carga (isto é, a variação da resistência elétrica em ohms) do extensômetro (*Strain Gage* figura 7) quando submetido a uma deformação). A maioria dos tipos de células de carga usam 4 (quatro) extensômetros em forma de Ponte de Wheatstone (figura 6) e o desbalanceamento da mesma em virtude da deformação dos extensômetros é proporcional à força que a provoca. É através deste desbalanceamento que se obtém o valor da força aplicada (FRAJUCA, 2013).

Vide anexo A

Figura 7 – Célula de carga



Fonte: (RUBIO, 2000)

A sensibilidade C de uma célula de carga é definida pela figura 8 conforme a

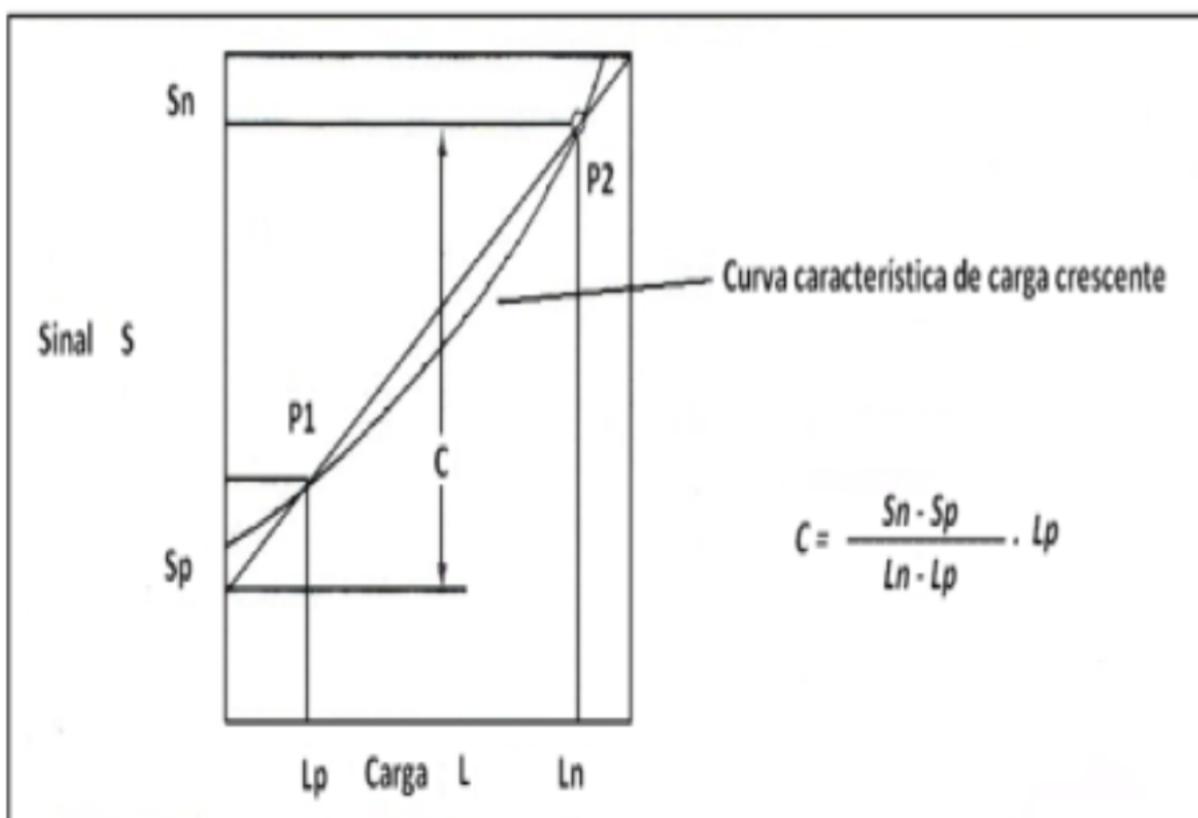
equação da imagem: como o produto da carga nominal L_n (ou seja, capacidade máxima) e o declive da reta através dos pontos P_1 e P_2 .

Sempre que o L_p for um peso morto e o S_p é o sinal correspondente para aquele peso morto. S_n é o sinal de saída para sua máxima capacidade.

A sensibilidade de uma célula de carga é a sua máxima capacidade.

O comportamento da célula de carga é linear.

Figura 8 – Curva característica da célula de carga



Fonte: (GOMMOLA, 2000)

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Processo de Dosagem Manual

3.1.1 Fotos do Processo Atual Feito Manualmente

Figura 9 – Coleta dos solventes - 22,5 kg



Fonte: Arquivo pessoal

O glicol e o etanol estão armazenados em containers de 1000 litros. Abre-se a válvula e despeja-se no balde. Posteriormente, o funcionário desloca-se até a balança, percorrendo a distância de 15 metros.

Figura 10 – Coleta do óleo mineral



Fonte: Arquivo pessoal

A trietanolamia e o óleo mineral são coletados de um tambor com o uso de um balde de 20 litros. Eles serão, posteriormente, levados à balança. A distância percorrida pelo funcionário é de 6 metros.

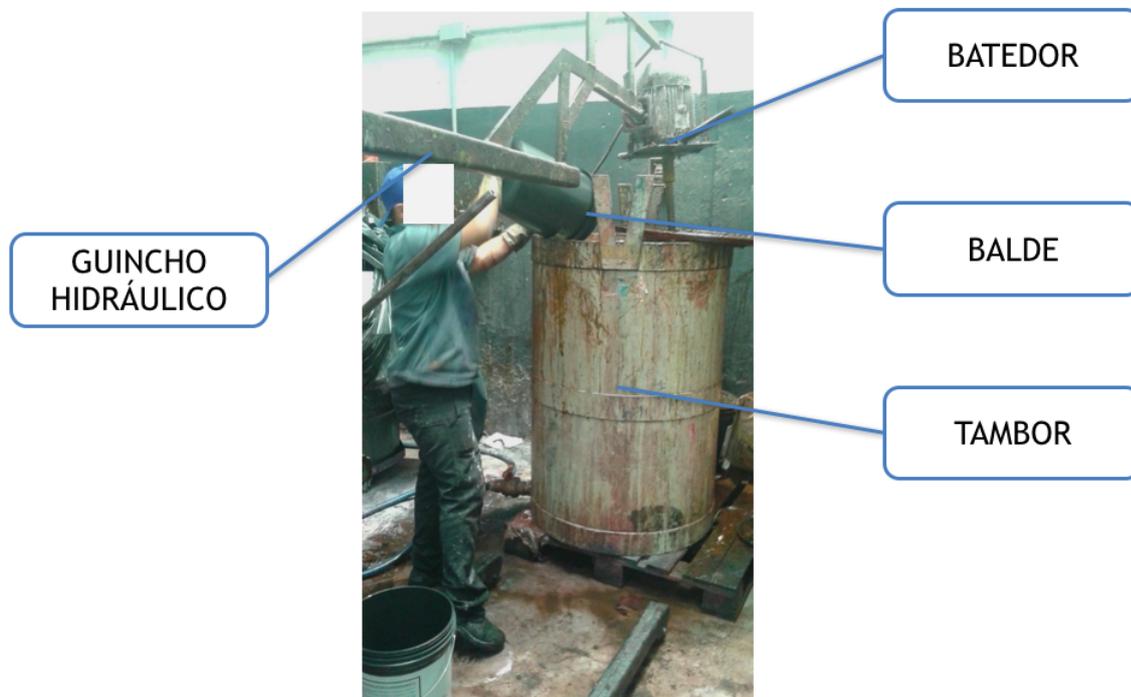
Figura 11 – Pesagem dos produtos em balança mecânica



Fonte: Arquivo pessoal

Após a coleta dos líquidos no balde preto (solventes e antiespumante), eles são levados para a balança e é feita a medição da quantidade correta conforme a fórmula. No caso da água, são pesados 11 kg. Se há um pouco a mais do produto, retira-se e, se menos, acrescenta-se.

Figura 12 – Despejo dos líquidos (etanol, glicol, água e óleo mineral)



Fonte: Arquivo pessoal

Depois de pesada a quantidade correta, o funcionário vai até o tanque e despeja o produto. A distância percorrida da balança até o tanque é de 3 metros.

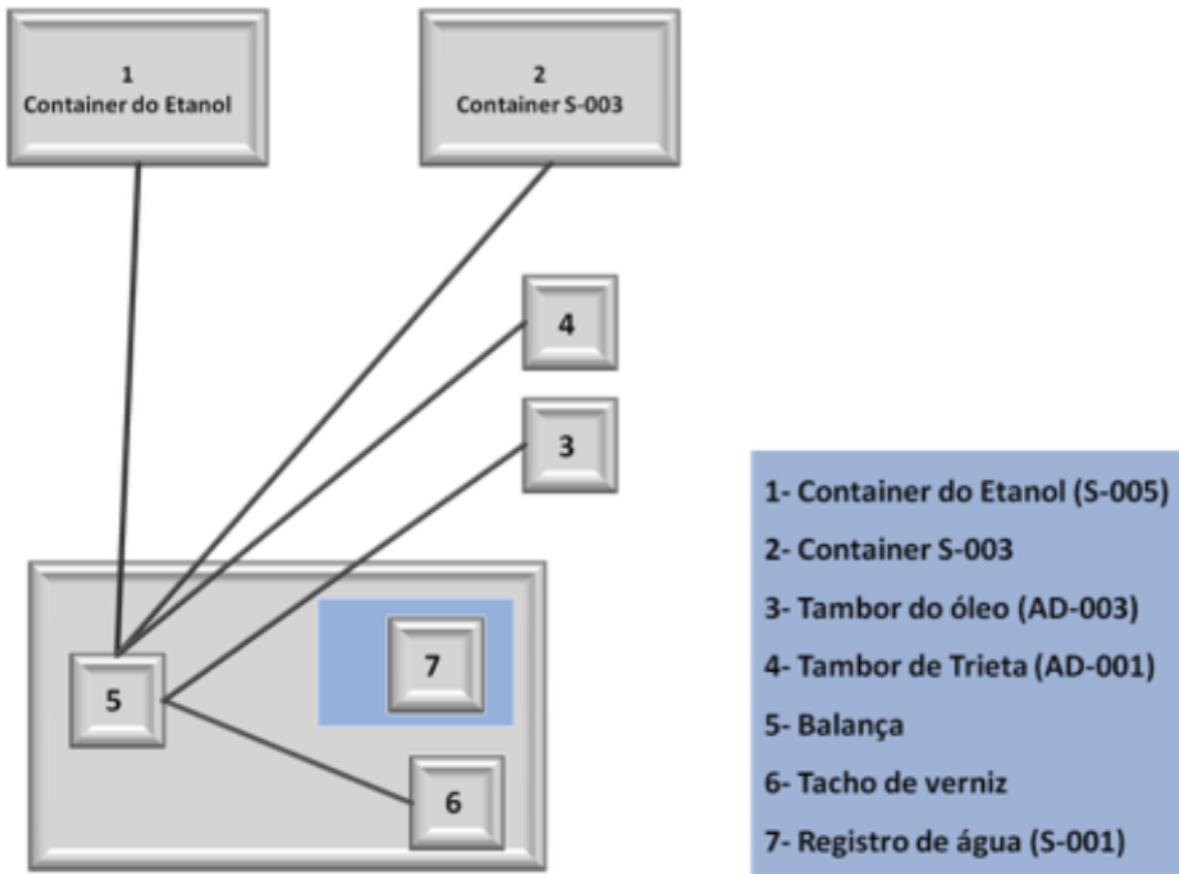
Figura 13 – Coleta da água - os baldes possuem marcação para o nível de água



Fonte: Arquivo pessoal

A água é coletada manualmente através de duas torneiras abertas simultaneamente. Enchem-se 8 (oito) baldes até uma marca estabelecida e, depois, despeja-se conforme a figura 4. Para a obtenção da quantidade correta, pesam-se mais 11 kg ($\pm 0,1$) de água, despejando-a no tanque. O controle de enchimento dos baldes é visual (volumétrico); portanto, não se tem boa precisão. É o processo que demora mais tempo, 12,8 minutos ($\pm 0,02$). É também o produto usado em maior quantidade.

Figura 14 – Processo Antigo



Fonte: Arquivo pessoal

Os materiais eram coletados em baldes nos recipientes 1, 2, 3 e 4 e depois passados para a balança para fazer a pesagem. Posteriormente, envasava-se no tacho. Dessa forma, o funcionário fazia diversos percursos ou caminhava várias vezes.

3.1.2 Tempos cronometrados

Foi cronometrado o processo manual, considerando-se a coleta dos produtos líquidos e o transporte até o tambor de agitação das matérias-primas do verniz conforme formulação:

Tabela 3 – Processo manual

Processo	Tempo em minutos ($\pm 0,02$)
1 - Coletar Butil glicol e pesar	3
2 - Coletar etanol e pesar	3
3 - Coletar óleo mineral e pesar	3
4 - Envasar 15 kg de água por 9 vezes mais 11 kg	12,8
5 - Coletar e pesar trietanolamia	1,2
Total	23,0

Fonte: Arquivo Pessoal

3.2 Fotos do Processo Novo

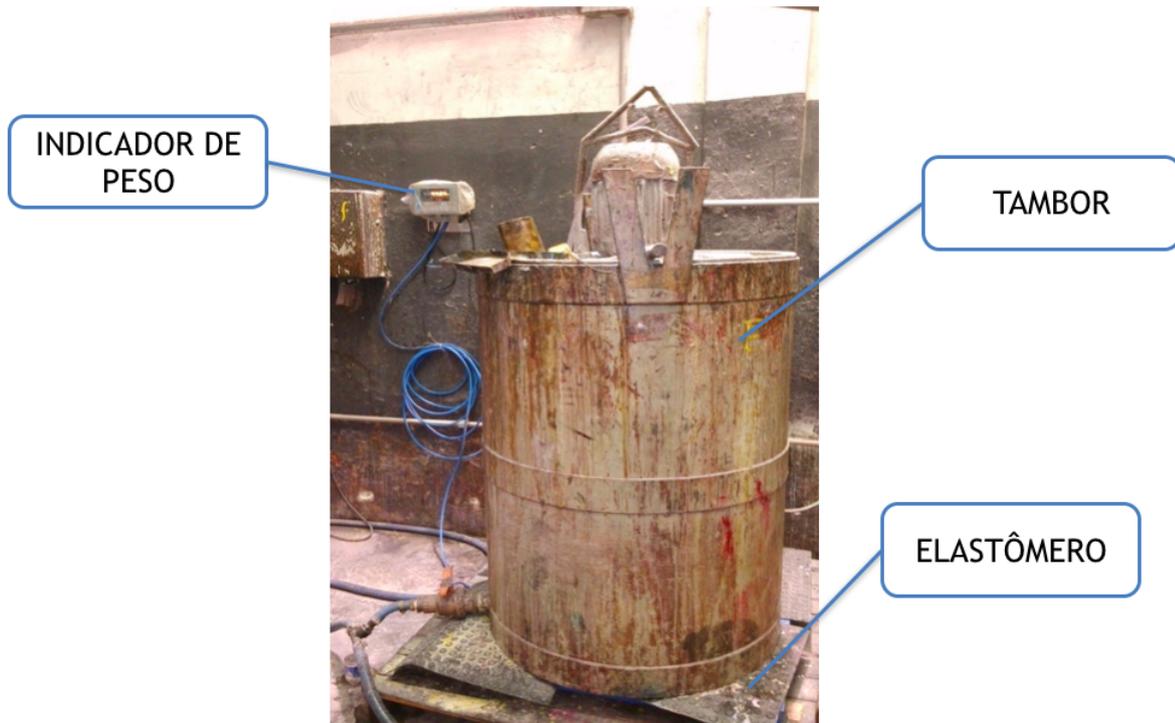
Figura 15 – Tambor e a válvula solenóide



Fonte: Arquivo pessoal

A figura 15 mostra o tambor e a válvula solenóide de $\frac{3}{4}$ de polegada de diâmetro com a mangueira para transferência do líquido. Antes da válvula solenóide, tem-se uma válvula de esfera no mesmo diâmetro, que ajuda na manutenção e, por segurança, adiciona um controle em série.

Figura 16 – Tambor balança e indicador de peso e programação



Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 16, temos o indicador com teclas para programação com fio de 10 metros entre o indicador a base com opção de deslocamento do indicador. O mesmo é usado com a programação de pesagem e com a pesagem manual usando a função tara. A plataforma da balança está coberta com elastômeros para amortecimento da vibração. O funcionamento em operação foi satisfatório.

Figura 17 – Container de estocagem de Etanol e Glicol

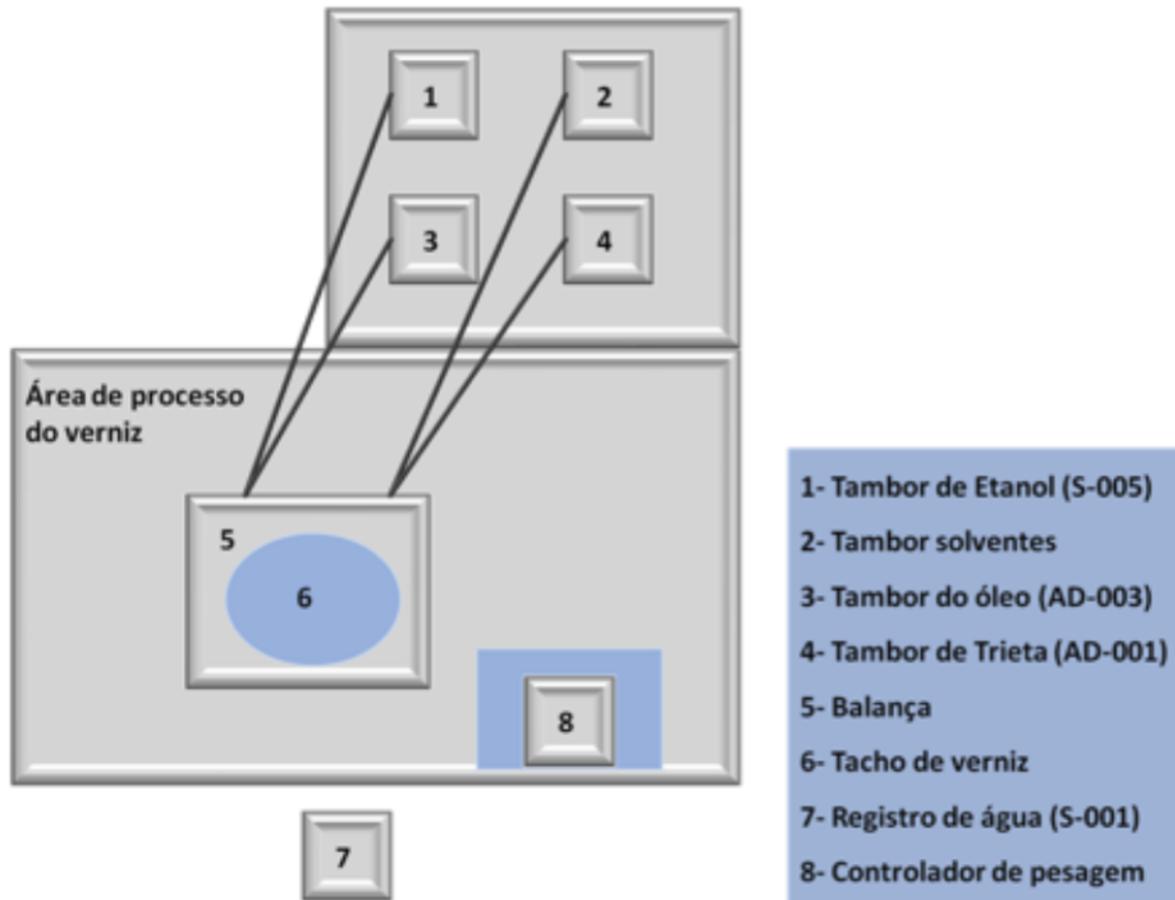


Fonte: Arquivo pessoal

Foram colocados os containers de etanol e de butilglicol sobre uma estrutura de porta paletes a 3,5 m ($\pm 0,01$) de altura, o que possibilita a vazão dos produtos por gravidade. Tem-se a possibilidade de armazenar outros produtos sobre os containers. Dentro do espaço físico, essa foi a melhor solução. Estes produtos não poderiam ficar na área de processo do verniz, pois são inflamáveis.

3.3 Layout do Processo Novo

Figura 18 – Processo Novo (automatizado)



Fonte: Arquivo pessoal

1. Os recipientes 1, 2 3 e 4 foram colocados em um porta paletes de 3,5 m de altura.
2. Os produtos 1 e 2 são inflamáveis e ficam fora da área de processo do verniz. Os produtos 3 e 4 ficam fora para não ocorrer contaminação.
3. Os produtos são vazados em tubulações até o tacho (6) e os pesos são medidos através do controlador de pesagem (8).
4. O controlador de pesagem é programado pelo operador.

3.3.1 Tempos Cronometrados do Processo Novo

Tabela 4 – Processo com Automação de Pesagem

Processo	Tempo em minutos ($\pm 0,02$)
1 - Vazar o Glicol e pesar 22,5 kg	1,09
2 - Vazar o etanol e pesar 22,5 kg	1,60
3 - Derramar óleo mineral e pesar 10 kg	0,46
4 - Alimentar com 140 kg de Água	6,53
5 - Coletar e pesar trietanolamia 8,1 kg	1,20
Total	10,88

Fonte: Arquivo Pessoal

Foi cronometrada a vazão dos produtos, abrindo-se a válvula e alimentando-se o tacho do verniz com o peso estipulado na formulação. A trietalonamina, devido à sua alta viscosidade, não teve fluidez suficientes nos testes; portanto, não incluída no processo automatizado e o seu despejo continuou a ser manual.

Considerando que para o processo manual mediu-se um tempo de 23 minutos ($\pm 0,02$) e com a automação de pesagem mediu-se um o tempo de 10,88 minutos ($\pm 0,02$), obtivemos um ganho de 52,6% no tempo do processo.

Levando em conta o custo da balança de R\$ 5.951,44, a economia de tempo na pesagem de 10,88 minutos ($\pm 0,02$) e que, em média, se fazem 6 pesagens por dia, o retorno do capital investido se dará em 1 ano e 7 meses aproximadamente.

O peso, feito em balde de 20 kg ($\pm 0,1$), carregado pelo funcionário, diminuiu de 191 kg ($\pm 0,1$) para 8,1 kg ($\pm 0,1$). A distância percorrida pelo funcionário mudará de 31 m ($\pm 0,1$) para 5 m ($\pm 0,1$).

Elimina-se a perda de material que ficava aderida aos baldes, pois tem-se uma mangueira diretamente acoplada ao tambor. A implantação da automação foi feita com a água.

3.4 Processo de Dosagem Automática

Conforme (ARAÚJO; ZILBER, 2013), “as pequenas empresas constituem um segmento relevante da economia brasileira, pois representam 98% das empresas e empregam 67% da mão de obra economicamente ativa, sendo responsável por somente 20% do PIB do país”.

A solução para a automação de pesagem para uma empresa pequena tem que ser adequada, funcional e dentro da disponibilidade financeira.

O sistema de automação de pesagem possui o controlador, as válvulas solenóides e a interface (painel elétrico) que transforma o sinal para acionar o contator ou o relé. Este

dará a tensão (220 V) e a corrente necessários para acionar a válvula solenóide.

Foram feitos inicialmente os seguintes testes com o painel elétrico, a balança LS-100 marca Marte e a válvula solenóide:

A balança LS-100 tem um controlador com saída RS-232. Com o produto pesado na dosagem programada a balança irá emitir um sinal elétrico através do relé. O painel elétrico acoplado à saída RS-232 recebe o sinal, aciona o contator que energiza com 220 V e, através da fiação elétrica, o transmite para a válvula solenóide.

No painel elétrico têm-se os bornes que, embora sendo os elementos mais baratos, têm que ser dimensionados para suportar altas correntes. Há a botoeira de comando do painel com 3 (três) posições de acionamento, manual, acionamento automático (comandada pelo controlador) e o desligamento.

Feita a especificação de cada componente, observou-se que o contator trabalha com corrente alternada. Inicialmente, compramos um contator para correntes contínuas e tivemos que trocar.

As válvulas solenóides foram especificadas pela Ascoval e compradas na revendedora do fabricante em Guarulhos.

- O controlador da balança Marte apresentou problemas com os botões de membrana e foi finalizado o teste usando-se o controle manual do painel de controle.
- O teste foi feito com as válvulas solenóide que apresentaram vazão dez vezes menor no tempo normal do processo. Solucionamos o problema, posteriormente, usando a pressão de aproximadamente 4,5 mca.

3.5 Análise Econômica e Funcional

Conforme o orçamento da Alfa Instrumentos, anexo F, temos o item 2 que será chamado de solução 2, conforme a figura 18. A opção com balança eletrônica e o item 1, sistema de pesagem de tanques, com suporte articulado será descrita como solução 1, conforme a figura 19.

Na solução 2 (item 2) há suportes articulados, conforme mostra a figura 18. A solução 1 (item 1) tem a balança eletrônica conforme mostra a figura 19.

Foi analisado o funcionamento do setor de pesagem dentro do volume de produção da empresa. Verificou-se que a fabricação do verniz é suficiente em meio período de trabalho. Dessa forma, o período da manhã é suficiente para atender à produção de um dia. A solução 2 é fixa e não pode ser usada para pesar outros produtos. Usando um sistema de pesagem sem os suportes articulados, a solução 1 seria a opção para pesar outros produtos.

3.5.1 Solução 2 (anexo D)

No início, optou-se em fazer o tanque com suportes articulados e as células de cargas adaptadas aos suportes. Teria que se colocar apoios no tanque para parafusá-lo nos suportes articulados.

A solução seria usar um tanque de aço inox, pois não enferruja e não contamina o verniz. Seguem os custos e as dimensões conforme o anexo D:

1. Tacho de Inox diâmetro 800 mm e altura 1220 mm, orçado pela Usa Máquinas no valor de R\$ 12.000 (anexo D).
2. Proposta Alfa Instrumentos 2265, item 2, no valor de R\$ 8.956,86 (anexo F).

Orçamento dos suportes articulados, células de carga, controlador etc. pela Alfa Instrumentos conforme anexo F.

Solução 2. Custo total (1 + 2) = R\$ 20.956,86.

3.5.2 Solução 1

1. Usa-se uma balança com absorção da vibração descrita. Proposta da Alfa Instrumentos proposta 2265 item 3, conforme anexo F, modelo BALAZ 909001 no valor de R\$ 5.951,44
2. Nesse caso, podemos usar um tanque de polipropileno. Proposta orçada pela Hidropipe conforme anexo E no valor de R\$ 2.300,00

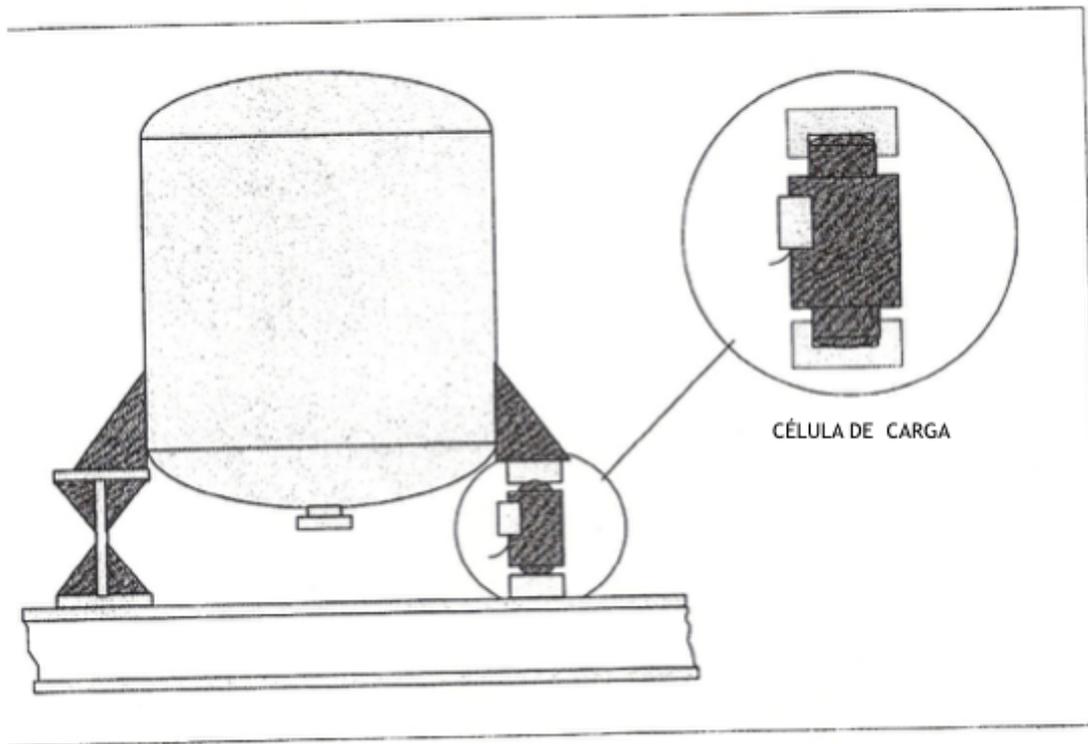
Solução 1 custo total (1 + 2) = R\$ 8.231,00

Considerações favoráveis à proposta 1:

- É mais barata.
- O tanque não enferruja; é mais leve e de fácil manuseio.
- Os tanques de polipropileno estão em uso e aprovados por mais de dez anos na empresa Hydropress Tintas Especiais.
- Usando-se a balança conforme a solução 1, o espaço pode ser reutilizado para pesagem de outros materiais.

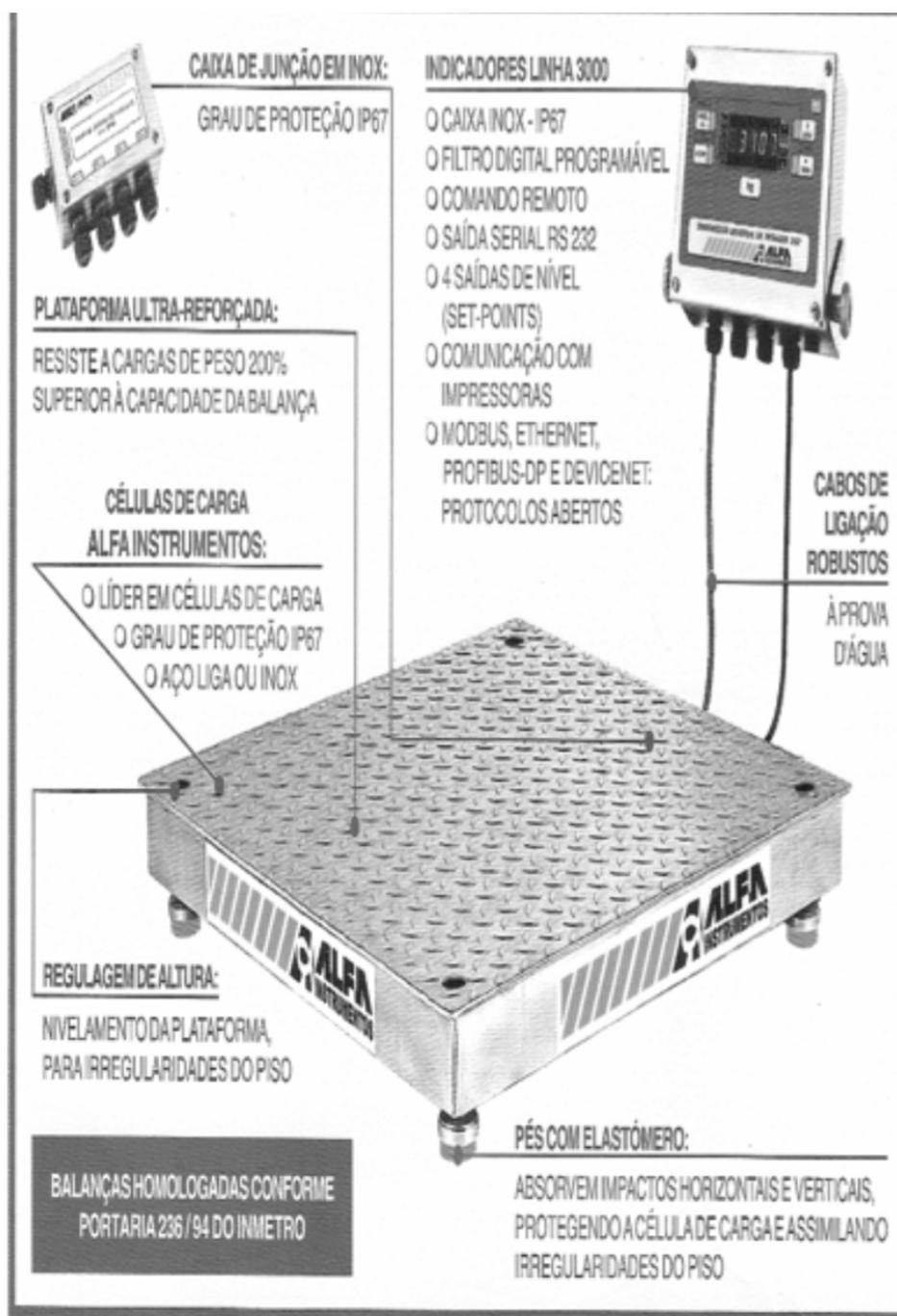
Portanto, optou-se pela proposta 1.

Figura 19 – Tanque com suporte articulado (proposta A não escolhida)



Fonte: (GOMMOLA, 2000)

Figura 20 – Conforme proposta B (escolhida)



Fonte: Loja Alfa Instrumentos

3.5.3 Plataforma de apoio com elastômeros

Para absorver as vibrações e deslocamentos serão usados elastômeros sobre a chapa de aço. Isso permite que a placa superior se afaste, caso ocorra uma força lateral sem passar uma força adicional para a placa inferior da célula de carga. Pode-se ter deslocamentos horizontais de até 15 mm entre o tacho do verniz e a célula de carga.

A plataforma de elastômero equilibra o recipiente em até 1,7 grau descentralizado.

Para o tacho de verniz, que tem um motor girando a 1750 rpm, o efeito de amortecimento da plataforma de elastômero é vantajoso. Além disso, temos um bom isolante de calor, uma vez que as camadas reduzem a condução de calor indesejável entre o recipiente e a célula de carga (GOMMOLA, 2000).

Na aplicação do projeto entre o tacho e a balança, serão usadas placas de elastômeros.

4 A IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

A pesquisa se refere à dosagem de líquidos na fabricação de verniz, contudo para chegar-se ao resultado final esperado passou-se por etapas e dificuldades que foram superadas. As dificuldades na aquisição de materiais e obtenção do desempenho satisfatório serão analisadas a partir dos resultados obtidos, ressaltando no escopo prazos e gastos.

A válvula solenóide foi definida: o padrão de diâmetro das válvulas é de $\frac{3}{4}$, portanto foi adotado este diâmetro. Foi escolhida a marca Ascoval, e a compra foi feita via Internet na Autoval em Guarulhos.

Foi comprada uma balança modelo LS-100, para 100 kg marca Marte, com controlador programável e caixa de relés. A viabilidade técnica foi feita com o departamento técnico da Marte Balanças e o departamento de vendas verificou preço competitivo em relação aos concorrentes Invicto Balanças e Toledo. Esta balança e o controlador foram testados com a válvula solenóide.

Para acionar as válvulas solenóides foi feito um painel elétrico com contator. O relé aciona a bobina do contator que energiza a válvula solenóide em sequência, tendo-se a opção de fazer o acionamento manual.

A idéia inicial foi utilizarmos suportes articulados com as células de carga. Posteriormente mudamos o projeto para balança com plataforma e em função das melhores condições técnicas foi escolhido o equipamento da Alfa instrumentos que pode funcionar com as células de carga energizadas e o batedor girando a 1750 rpm. O preço da balança de plataforma é o mais barato. Foi definido o seguinte detalhamento técnico: a alimentação do tacho com os solventes se realiza por gravidade e para isso é preciso colocar os produtos químicos em um lugar mais alto, com esse objetivo foi adquirido um porta paletes da ISMA com altura de 3,5 m ($\pm 0,1$). A elevação do container e tambores é feito por empilhadeira e depois ajustado manualmente, pois não há espaço suficiente para movimentação. Posteriormente o solvente será transferido por bomba.

Houve um atraso no projeto devido a necessidade de aumentar a reserva de água (a crise hídrica). Inicialmente esta posição de porta paletes foi usada para armazenar containers com água. Posteriormente foi aumentada a reserva de água com mais caixas de água e liberado o espaço para os tambores de solventes e óleo mineral.

Ocorreu um atraso de 2 (dois) meses para reforma de um moinho de areia que não funcionava a contento. Foram feitas exaustivas mudanças de projeto junto ao fornecedor para conseguirmos colocar o equipamento em operação.

Analisou-se o funcionamento do setor de pesagem dentro do volume de produção

da empresa. Verificou-se que a fabricação do verniz ocorre na prática durante apenas meio período de expediente, portanto, o período da manhã é o suficiente para atender a demanda. Considerando o tempo de trabalho usando suportes articulados haveria espaço físico só para a fabricação de verniz e não seria possível seu uso para outra atividade. Nesse sentido optou-se por uma balança de plataforma de marca Alfa instrumentos de 1000 kg, o que seria mais versátil e funcional para o setor.

4.1 Pesquisas Efetuadas

AEPH fabricante de sistemas de pesagem. Marte Balanças, Balanças Navarro, Alfa instrumentos, Instituto Federal São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, IPEN, UNESP, Balanças Filizola, Balanças Toledo, FiEE, 2014 e 2015 (Feira da Indústria Eletroeletrônica) Revista IPESI (Eletrônica e Informática), MulticoilInd. E Com. Eletromecânica, Eng^o. Sérgio Camarosani, Catálogos Steck Sassi, Jng Materiais Elétricos, Metaltex eletrônica, Condumax Fios e Cabos, Peçasroauto, Fispal 2015, Balanças Elgin, Balanças Ramuza e Balanças Toledo.

4.2 Sistema de pesagem com suportes articulados

A proposta inicial do projeto era de se trabalhar com suportes articulados. É uma solução robusta e de longa durabilidade. Tal proposta é detalhada a seguir, o que irá ajudar a compreender melhor o projeto.

Conforme (AEPH, 2012), o suporte articulado é fabricado em aço-liga 4340 com tratamento Níquel-Químico, projetada para leitura de força perpendicular ao seu plano de fixação, circuito interno totalmente vedado com resina a base de silicone e tampa em aço inoxidável garantido proteção IP-67, conforme Norma Internacional para invólucros de equipamentos elétricos sob nº NBR IEC 60529. Possui em sua extremidade o exclusivo ponto de carga cilíndrico, permite sua aplicação em conjunto com Suporte Articulado e compatibilidade mecânica e elétrica com células de fabricação nacional ou internacional (AEPH, 2012).

O funcionamento baseia-se na variação da resistência de um material metálico depositado sobre um polímero. Quando desarmado o valor da resistência varia de forma conhecida, indicando assim a deformação da superfície (anexo A).

4.3 Suporte de Liberdade Plena

Conforme a (AEPH, 2012), Suporte de Liberdade Plena, Mod. SLP, fabricado em aço-liga com tratamento em Zinco. Utilizam elos como elemento transferidor de carga

que em conjunto com a célula de carga promove o alinhamento correto da força no eixo de leitura da célula, não transferindo para a célula forças de momento, torções e forças paralelas ao plano de fixação do conjunto, equivalendo a uma rótula perfeita que fornece plena liberdade de movimento nos 3 (três) eixos coordenados (X, Y e Z). O acoplamento entre o elo e a cabeça cilíndrica da célula de carga gera um processo natural de eliminação de partículas indesejáveis e possíveis acúmulos de pós que podem gerar “calos” descentralizando a força aplicada no eixo de leitura da célula com consequentes erros de peso no decorrer do uso. Possui base inferior rígida e nivelada para o ancoramento do sistema anti escorregamento que proporciona maior segurança contra excessos de movimentos horizontais e/ou desacoplamento da base superior com a célula de carga (anexo B).

Figura 21 – Suporte com liberdade plena nos 3 eixos (ver anexo B)



Fonte: (AEPH, 2012)

4.4 Dosador

Conforme a AEPH, atende sistemas de pesagem que necessitem executar dosagens sem a necessidade de uso de PLCs. Possui internamente módulo de interface configurável para atender até 8 (oito) tipos de acionamentos distribuídos entre entradas e saídas. Possui 8 entradas isoladas e 8 saídas por relés de potência, possibilitando a comutação de válvulas dosadoras. O indicador de Pesagem Matrix Versão Dosador, agrega o software AEPH de dosagem, que permite o armazenamento de até 30 receitas (fórmulas) com 8 acionamentos cada, podendo ser entendido como 30 receitas e 8 produtos cada. Permite os recursos de

executar uma receita continuamente, gerar tempo programável entre o término de um produto e início de outro, pausar e cancelar a receita e execução. Permite o armazenamento dos dados processados (anexo C).

Figura 22 – Dosador do tanque (não utilizado)



Fonte: (AEPH, 2012)

4.5 Válvulas Solenóides

A válvula de controle tem que manter as variáveis do processo como vazão, nível para termos qualidade do produto final.

O elemento final de controle é a válvula de controle que manipula determinado fluido que em nosso caso é água, óleo mineral e glicol.

As válvulas solenóides são controladas por bobinas eletromagnéticas que quando energizadas, geram um campo magnético capaz de atrair elementos com características ferrosas, comportando-se como ímã permanente. As válvulas normalmente fechadas têm uma mola que mantém o êmbolo apoiado no assento inferior, logo o fluxo de líquido permanece fechado pela junta de vedação montada na base do êmbolo. Explicando de outra maneira o êmbolo pressionado pela mola aperta a vedação que impede o fluxo do líquido.

4.5.1 Especificação das Válvulas Solenóides

Conforme Ascoval, 2011:

(A) pressão: até 7 Kgf/cm²

Conexão ³/₄ NPT

Fluidos: água, óleo de baixa viscosidade, butilglicol, álcool

Válvula SC8210D095 220/60 (corpo de latão – vedação em NBR - borracha nitrílica)

(B) pressão; até 7 kgf/cm²

Conexão ³/₄ NPT

Fluidos: Isopropanol

Válvula SC8210D095 220/60 (corpo de latão – vedação em FPM – viton)

4.5.2 Detalhamento

- Normalmente Fachada (NF): aberta quando energizada;

4.5.3 Informações Gerais

Viscosidade máxima admissível 65 cSt (mm²/s)

Tempo de resposta 5 a 120 ms

4.5.4 Matérias em Contato Com Fluido

Corpo Latão

Base-Solenóide Aço Inox 305

Núcleo móvel/fixo Aço Inox 430F

Mola Aço Inox 302

Assento Latão

Vedação externa NBR

Disco de vedação NBR ou UR

Suporte do disco (função NA) PA

Anel de defasagem Cobre

4.6 Características Elétricas

Tensão padrão: C.C. (=): 12 V - 24 V

C.A. (~): 24 V / 60 Hz – 120 V / 60 Hz – 240 V / 60 Hz

Tabela 5 – Válvulas Solenóides Vias Normalmente Fechadas

Conexão NPT	Orifício (mm)	KV	Pressão Dif. (Kgf/cm ²)		Máxima Temperatura do Fluido	Número Básico de Catálogo	Potência da Bobina (Watts)
			Máxima				
			Água (#) C.A.	Óleo (#) C.A.	C.A.	Corpo em Latão	C.A.
3/4	19	4,3	8		82	8210D095	10,5

Fonte: Adaptado de (ASCOVAL, 2011)

Conforme (BEGA, 2002): “Uma válvula totalmente aberta introduz uma perda de pressão de 10% das outras perdas dinâmicas. As válvulas são dimensionadas para operarem a 70% a 80% de consumo de abertura do ponto de operação, isto aumenta o consumo de energia”.

No caso do nosso processo é indicado para controle da vazão com válvulas solenóides, a vazão menor ajuda a precisão da dosagem.

Devido a dúvidas sobre se a válvula não teria boa abertura para a passagem dos líquidos, ela foi levada ao fornecedor, Autoval e testada. Seguem as fotos que visualizam o teste.

Figura 23 – Conexão para teste da válvula



Fonte: Arquivo Pessoal

A conexão 3/4” em latão, própria para conectar a válvula solenóide recebe ar de um compressor

Figura 24 – Válvula solenóide montada



Fonte: Arquivo Pessoal

A válvula solenóide alimentada com tensão 220 V de um painel elétrico, recebeu uma descarga de ar, observando-se uma alta vazão descarregando o reservatório do compressor.

Portanto constatou-se que a sua abertura é plena está aprovada.

Figura 25 – Válvula montada na célula de automação



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 26 – Fluxo de líquido das monitorado pelas válvulas solenóides



Fonte: Arquivo Pessoal

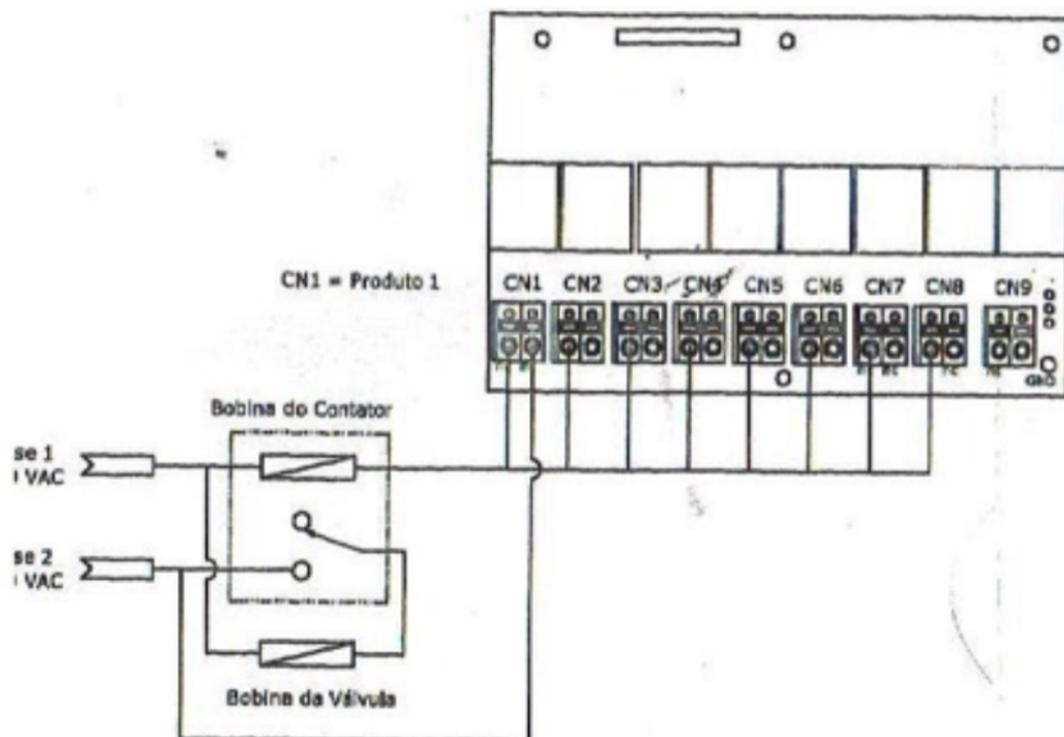
A válvula foi acionada com a pressão da caixa de água 5,5mca ($0,55\text{kg}/\text{cm}^2$), a válvula precisa de uma pressão mínima de acionamento de $0,2\text{kg}/\text{cm}^2$). A figura 26 mostra que temos uma vazão satisfatória.

4.7 Interface Controlador e Válvulas Solenóides

Como a corrente elétrica e a tensão que sai do controlador são de pequena intensidade é necessária uma interface que acionará as válvulas solenóides com 220 V e potência suficiente para acionar a bobina da solenóide.

Para isso, foram usados contadores. A corrente que sai do controlador aciona a bobina do contador e posteriormente aciona os contatos que estão com tensão 220 V com potência suficiente para acionar as válvulas solenóides.

Figura 27 – Interligação com contadores



Fonte: Arquivo Pessoal

O funcionamento de um contador é por um campo magnético. O fluxo magnético tem uma direção que gera uma força no sentido do fluxo magnético. Esta força dará o movimento que irá garantir o contato elétrico. No contador temos um núcleo de ferro que serve essencialmente para canalizar o fluxo magnético (GIECK; GIECK, 1984).

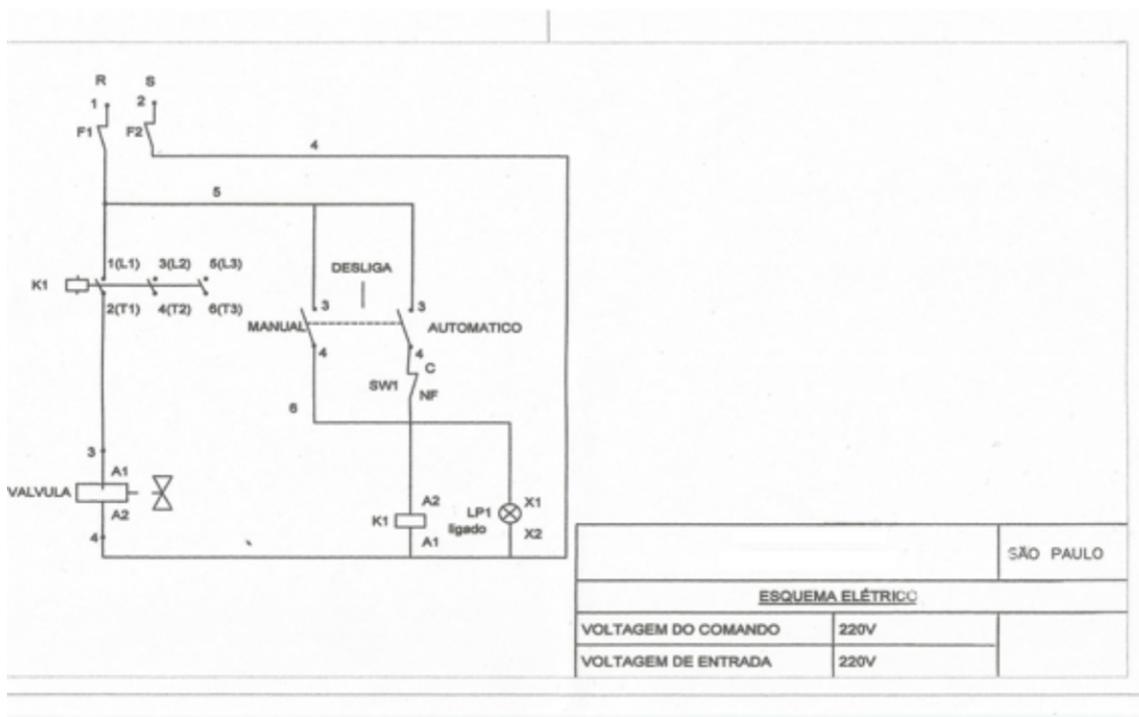
O contador é normalizado pela ABNT NBR IEC 60947 de 4/2/2011.

4.8 Relação de Materiais usada no Painel Elétrico para acionamento da Válvula solenóide

Foi projetado um quadro elétrico para acionamento das válvulas solenóides com sistema automático e manual. Segue a relação de materiais usados.

1. Caixa plástica Steck
2. Sinalizador XBS-AVM41 da marca Telemecanic, LP1
3. Conector (liga) 3P XBS- AG03 Schneider
4. Dois (2) bornes de fusíveis SAK 4 mm.
5. Dois (2) fusíveis 6A de vidro: F1 e F2
6. Contator SW 08 Weg
7. Bobina do contator: K1

Figura 28 – Painel de comando automático e manual

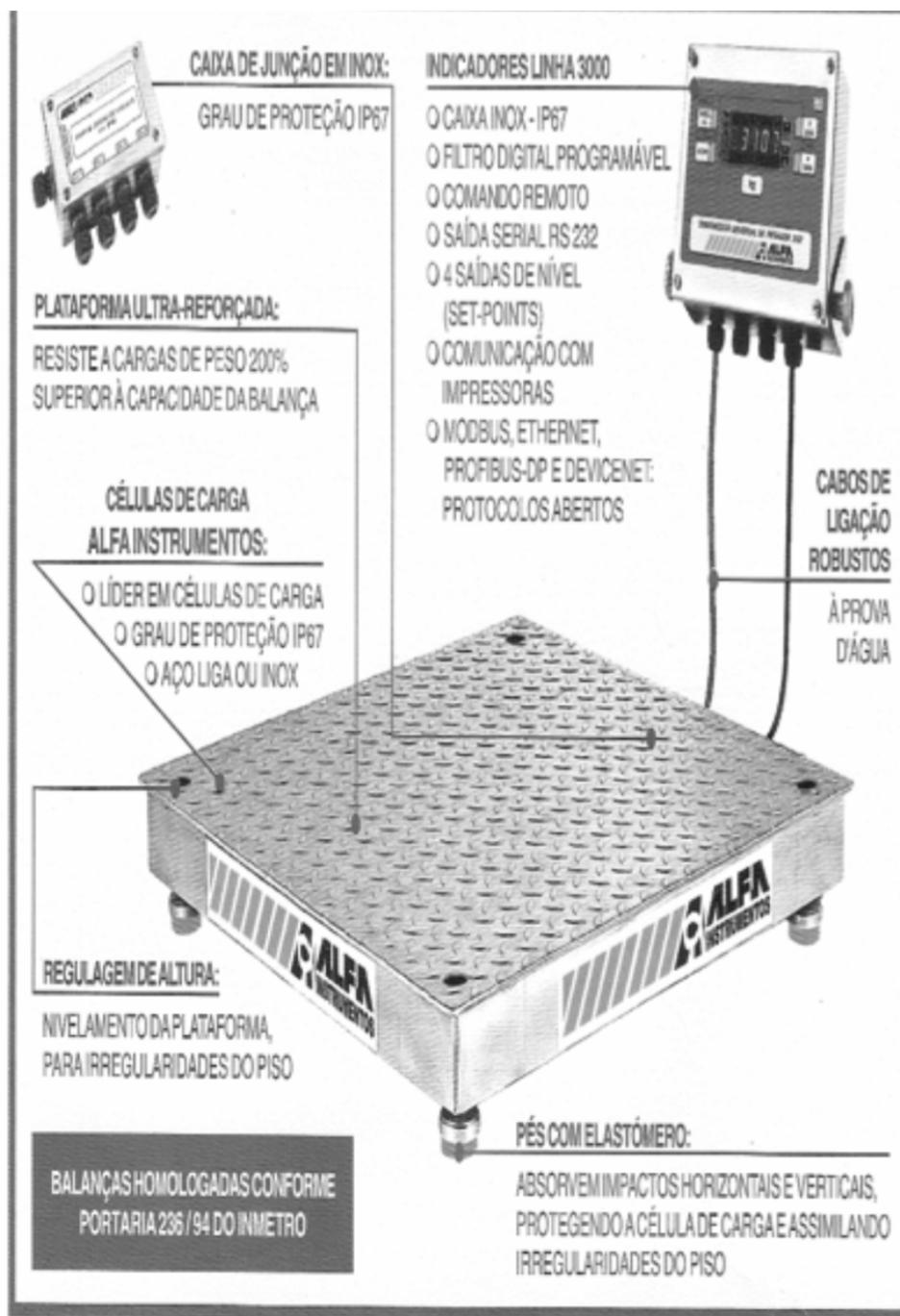


Fonte: Arquivo Pessoal

Descrição: foi montado o painel elétrico a partir da válvula solenóide contator e caixa de relés.

4.9 Balança Eletrônica

Figura 29 – Balança eletrônica (adotada)



Fonte: Loja Alfa Instrumentos

Conforme foi concluído item 3.5 (análise econômica e funcional) segue detalhamento seguindo da proposta B (conforme item 3 anexo D) que será usada no projeto.

A balança escolhida é a 5040-100 com capacidade para 1 tonelada, conforme figura 29, apropriada para ambientes industriais é construída de forma robusta com materiais que

irão suportar o ambiente industrial. A balança mantém a calibração por longos períodos e suporta a vibração e sobrecargas provenientes do processo.

A indicação de peso desse produto é feita com os indicadores de pesagem, que possuem recursos de relés de nível para dosagem, esta parte será detalhada no item seguinte; filtros e verificação de peso incluindo também uma melhor visualização do peso, pois os indicadores utilizam display de com alto brilho.

A balança permite configurações de montagem com pedestal para o indicador com várias alturas, fixação do indicador em bancada, parede e painel. No ambiente industrial temos variações de layout e é útil nas configurações de montagem do pedestal.

Display

Os indicadores de pesagem possuem display de brilho e bom contraste para ambientes com muita luz.

Prato em aço inox

O prato será de aço que dará uma boa durabilidade.

Célula de carga

A balança em aço inox utiliza células de carga em inox promovendo uma vida mais longa.

4.10 INDICADOR DE PESAGEM

Conforme item 3, anexo F da Alfa Instrumentos

A balança tem o indicador de pesagem (conforme figura 29) que recebe os dados das células de carga e caixa de junção. Tem os botões de comando das informações segue o detalhamento:

O indicador 3100CS é fabricado com espessura 15mm (28mm com conectores) em caixa de aço inox com frontal IP67.

Característica:

- Dimensões reduzidas, conectores destacáveis e presilhas de fixação com abas largas em inox facilitam a instalação, tem 8 relés de nível (6 NA + 2 NA/NF), para facilitar dosagem local.
- Teclas de membrana com calota metálica, click audível.
- Interface de configuração e calibração.
- Visualização local da informação através de display de LEDS.

- Capacidade de transmitir a informação de pesagem via comunicação serial, relés de nível ou via saída analógica isolada de 4 a 20mA.
- Tem certificado de aprovação pelo INMETRO.
- Catálogo Alfa instrumentos 2014 e Catálogo Toledo 2014

Segue as funções:

Tabela 6 – Funções Alfa Instrumentos

Função	3101C.S
Falta-sobra	✓
Indicador de balança vazia	✓
Zero automático	✓
Tara editável	✓
Saídas seriais RS-232 / 485	✓
Saida serial RS-232 para impressão	✓
Relógio calendário com bateria	✓
Entradas e saídas protegidas contra curto e sobrecarga	✓
Filtros digitais programáveis	✓
Possibilidade de ligação a display de área (opcional)	✓

Fonte: Arquivo Pessoal

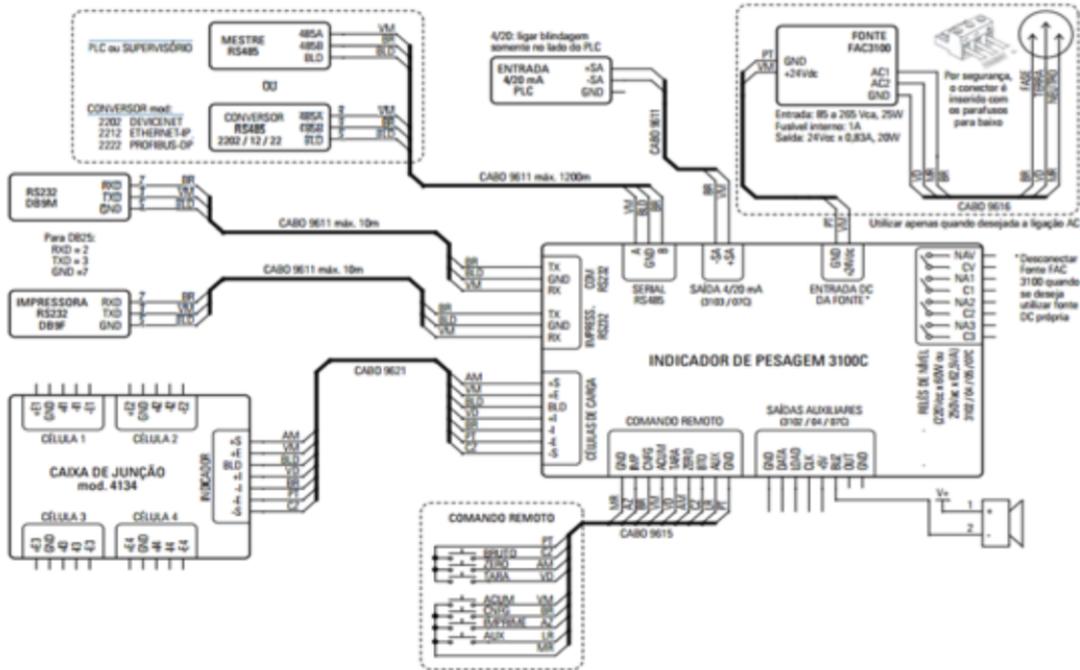
Figura 30 – Indicador de pesagem



Fonte: Loja Alfa Instrumentos

4.10.1 Funcional e comunicação de dados

Figura 31 – Ligações elétricas e comunicações de dados do controlador



Fonte: Loja Alfa Instrumentos

Foi ligado a sequência de fiação no comando remoto.

GND – fio cor preta, CNFG fio cor verde, Tara fio cor Azul e para o Zero fio cor Marrom. Esta é a necessidade inicial para o controle remoto.

4.10.2 Rede Serial 485

Conforme Alfa Instrumentos O padrão elétrico RS-485 utilizado em comunicações seriais é um sistema arquitetado para comunicação bidirecional, half-duplex (fluxo de dados em uma direção por vez), que possibilita a conexão de até 32 dispositivos, baseado em sistema diferencial de transmissão de dados, reduzindo a influência de ruídos de modo comum. Usa-se um par de fios para cada dispositivo que transmite e recebem dados. Cada dispositivo aciona o seu transmissor apenas no instante que necessita realizar a transmissão, mantendo-se desligado o resto do tempo de modo a permitir que outros dispositivos transmitam dados.

A rede serial 485 é usada para comunicação de dados por exemplo para um CLP.

O comprimento de cabo pode chegar a 1200 m.

Este circuito pode ser utilizado para enviar as informações em vários canais (fios), a um só canal (fio) (CAPUANO; IDOETA, 2000).

4.10.3 Rede serial 232

No controlador temos o serial RS-232 para transmissão dos dados e sinais que serão aproveitados na implementação do projeto dentro da área industrial de controle do processo.

É um padrão de protocolo para troca serial de dados binários. Um comunicador de dados é usado nas portas serial de PC. A velocidade é de 20000 bits por segundo. O comprimento de cabo pode chegar a 10 m (EBAH, 2015).

4.10.4 Comando Remoto

O controlador possui entrada de Comando Remoto, atuando em paralelo com as teclas <ZERO>, <TARA>, <IMP>, <CNFG>.

O controlador tem:

1. Filtros em todas as linhas (fios)
2. Limitador de tensão de entrada em todas as linhas (fios)
3. Porta Schmitt Trigger em todas as linhas (fios) (*fonte: Alfa Instrumentos*)

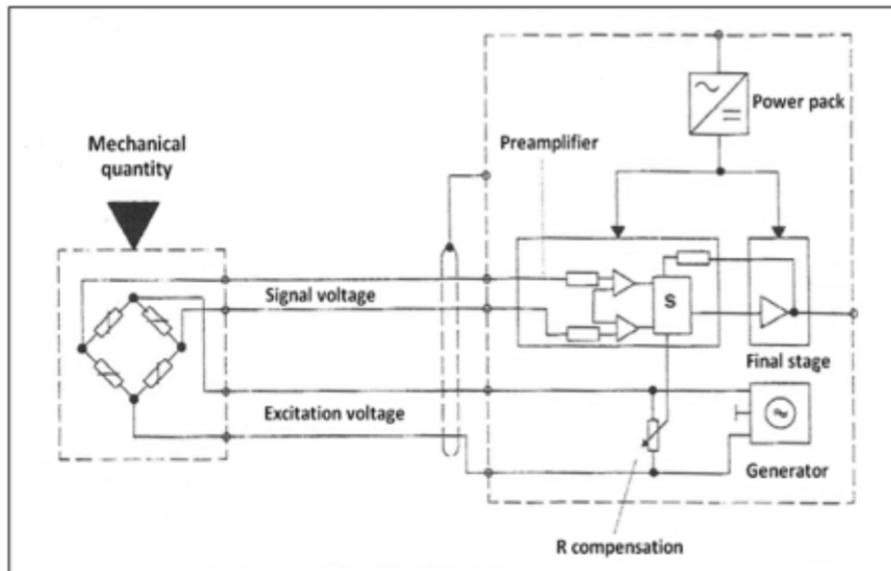
A porta Schmitt Trigger deixa a onda estável e elimina ruídos (MAZIERO, 2014).

O Controle Remoto no projeto tem a função de ter um comando em duplicidade com botões e ajuda a diminuir o uso das teclas de membrana do controlador que são mais sensíveis. Com a opção de se ter um controle a distância, pode-se tirar o operador da área mais poluída e também fazer um controle mais rápido e fácil da produção.

4.10.5 Caixa de Junção

A caixa de junção transforma a carga aplicada em um sinal digital, segue o funcionamento conforme a figura 32.

Figura 32 – Método de trabalho com tensão e amplificação



Fonte: (GOMMOLA, 2000)

O “*Preamplifier*” compensa as tensões. “*Power pack*”, transforma sinal senoidal em contínuo. “*S*” é um comparador de sinal.

“*Final stage*” amplifica o sinal de saída, “*Compensation*” regula, “*Generator*”, gerador.

Uma vez que uma célula de carga é um elemento passivo, só pode entregar um sinal de medição se alimentado com energia auxiliar conhecida como a tensão de excitação. Esta tensão que pode, por exemplo, ser de 5 volts e é produzida por uma tensão de excitação para o circuito de ponte completa na célula de carga. No estado sem carga, apenas um sinal de saída de tensão muito baixa é entregue, e isso é compensado eletronicamente no amplificador de medição (compensação de sinal zero). Quando a força mecânica que se destina a medir atua sobre a célula de carga, o circuito de ponte proporciona uma tensão de saída que não só é proporcional à quantidade mecânica, mas também muda a sua polaridade se o sinal muda de direção mecânica. Essa mudança de direção poderia ocorrer, por exemplo, se uma força de compressão que atua em uma célula de carga e fosse alterada para uma força de tração (GOMMOLA, 2000).

¹Na balança da Alfa instrumentos não temos a medição da mudança de direção.

¹ Informação dada pelo departamento técnico da Alfa Instrumentos, Eng^o. Fábio Strole

4.10.6 Comandos de Operação

O painel de controle, conforme figura 30, tem os comandos conforme figuras 33 e 34 serão controladas pelo funcionário que o opera o equipamento.

Os botões do controlador são de membrana e não suportam grande quantidade de toques em um ambiente industrial, isto é um dos motivos que será colocado o controle a distância (controle remoto).

Figura 33 – Descrição dos Comandos de Operação

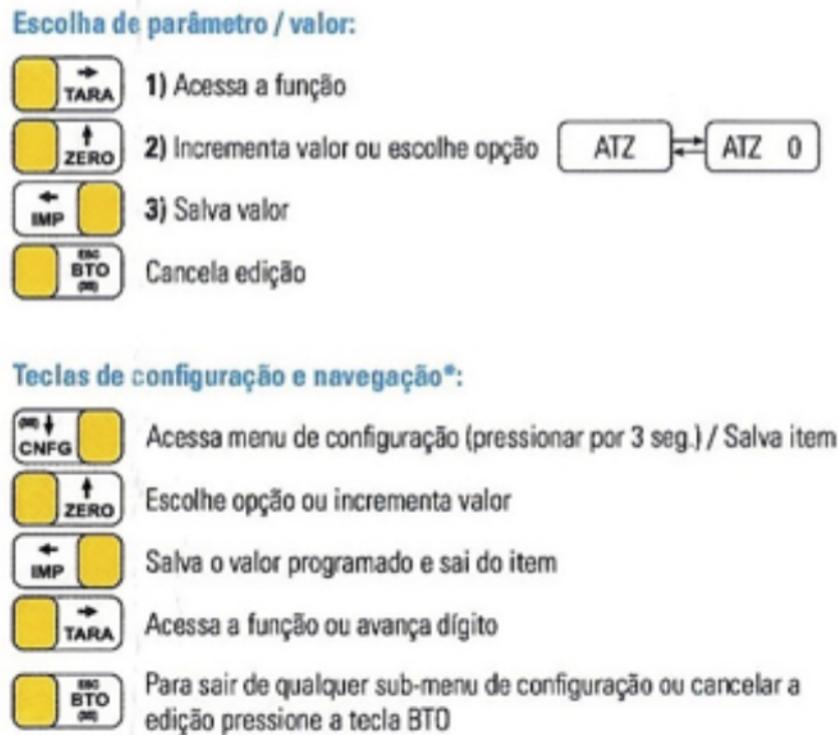
Função	Teclas	Borne do comando remoto
ACESSAR MENU	 (Pressionar por 3 seg.)	NIV
ZERO		ZER
TARA		TAR
DESTARA	 + 	ZER + TAR
DESTRAVA	 + 	ZER + NIV
IMPRESSÃO		IMP
ACUMULAR		ACU
ZERAR ACUMULADO	 + 	ZER + IMP
VERSÃO FIRMWARE	 + 	CNFG + TAR
LER PESO BRUTO		B/L
LER TOTAL ACUMULADO	 + 	NIV + IMP

Onde há o símbolo '+', pressionar as teclas na sequência

Fonte: Loja Alfa Instrumentos

A figura 33 explica os comandos usados no controlador 3107 C que em função da necessidade do processo serão usados. Especificamente no projeto de pesagem do verniz será usado o CNFG, o ZERO e eventualmente e “destara” (pressionando ZERO simultaneamente com o TARA).

Figura 34 – Descrição dos Comandos de Operação



Fonte: Loja Alfa Instrumentos

1. **Função Tara** - A função tara tem a função de descontar o peso que está sobre a balança, zera a indicação do mostrador. No sistema do projeto descontamos o peso do tambor. Além disso podemos ter a indicação TARA por controle remoto.
2. **Função ZERO** - A função ZERO atua como zerador, ou seja, o display vai indicar zero em todos os seus dígitos. É útil quando se está pesando um produto e cai algo fora do tambor e sobre a plataforma da balança. Aciona-se através do zero do display ou por comando remoto.
3. **Função IMP** - A função IMP salva o valor programado e comunica através da comunicação serial padrão elétrico RS-232 que trabalha a 9600 bps. A distância máxima permitida entre indicador e impressora é 10 m. Tem-se o comando controle remoto REMOTO IMP.
4. **Função Bruto BTO** - A função Bruto BTO é utilizada quando precisamos verificar o peso total colocado na balança sem esvaziá-la ou retirar o peso líquido. Para acionar aperta-se o botão por 3 segundos e o peso bruto aparecerá piscando por 3 segundos, posteriormente voltando ao peso líquido.

5. **Função CNFG** - A função CNFG, configuração, é o modo pelo qual os comandos são utilizados de acordo com a necessidade do usuário. Ele configura por exemplo hora, data, calibração, seleciona filtros, etc.

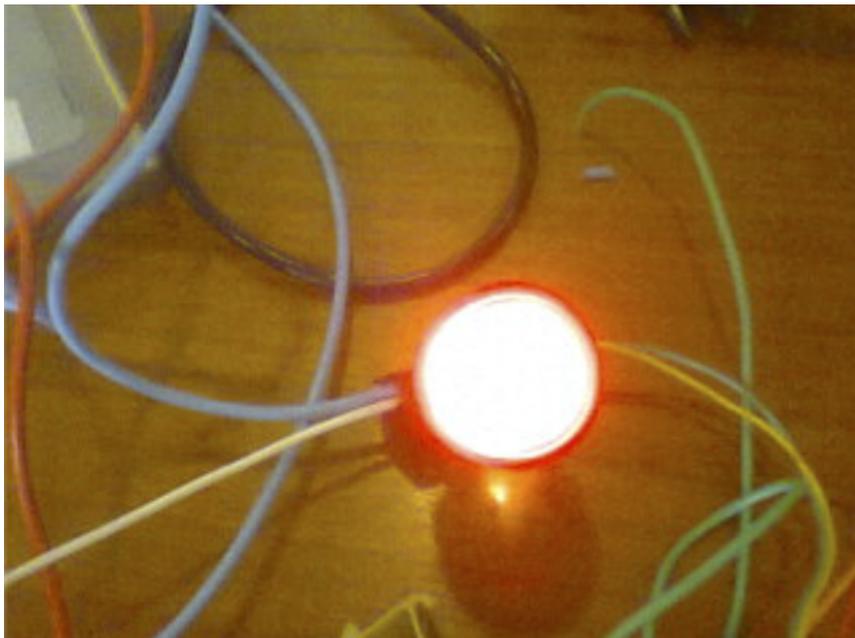
5 TESTE DO PROJETO

Figura 35 – Contator do protótipo inicial



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 36 – Simulação de funcionamento da válvula solenóide



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 37 – Célula de carga do protótipo



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 38 – Simulação de funcionamento da válvula solenóide



Fonte: Arquivo pessoal

5.1 Relação de Materiais usados

1. Figura 35 Contator Weg CW 07-10-30 V05.

2. Figura 36 Lâmpada de 24 Volts, mostrando o acionamento da válvula solenóide.
3. Figura 37 Célula de carga Alfa Instrumentos F 10 com capacidade de 10 kg.
4. Figura 38 Indicador de pesagem 3100 CS marca Alfa Instrumentos, saída 4 a 20 mA.

5.2 Teste efetuado

Selecionou-se o peso de 2,26 kg, emitiu-se o sinal através do indicador de pesagem. Acionou-se o contator e verificou-se a lâmpada acesa (indicando o acionamento da válvula solenóide).

O sistema de controle da Alfa Instrumentos tem que ser somado aos pesos de uma receita, por exemplo:

Produto	Kgs
A	2,0
B	2,0
C	3,0

Teremos que programar o produto A 2,00 kg, o produto B 4,00 kg e o produto C 7,0 kg; portando, somando-se os pesos.

5.3 Teste Suporte Articulado

Segundo (ALFA, 2014), as células de carga devem permanecer sempre perpendiculares ou alinhadas com a força peso.

Foi verificado que os suportes articulados absorvem as oscilações nos eixos X, Y e Z, e também a rotação em X, Y e Z através de uma placa fixada nos suportes.

5.4 Teste de operação

Em operação foi observado que o equipamento, quando totalmente abastecido com os produtos, oscila entre 479,2 kg ($\pm 0,1$) e 476,2 kg ($\pm 0,1$), devido à rotação do motor. Isto é, absorvido pelo equipamento e células de carga. Esse peso é de líquidos, resina, motor, eixo de agitação e do disco “cowles”. Acrescenta-se ao peso o efeito dinâmico da rotação de 1750 rpm.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os aspectos relevantes referentes ao projeto foram apresentados e, à medida que ensaios, pesquisas e resultados satisfatórios foram alcançados, os mesmos são relatados. Portanto, neste capítulo pretende-se focar as principais conclusões. São sugeridas possibilidades para melhorar e continuar com este trabalho. Uma das conclusões alcançada foi a economia de tempo no processo com a automação da pesagem da fase líquida ter alcançado 52,6% do tempo do processo manual.

O trabalho é importante e relevante, pois os trabalhos teóricos sobre produção teórica de sistemas de pesagem e de automação de pesagem são escassos. Tem-se um número considerável de catálogos e manuais de fabricantes de balanças e de células de carga com informações objetivas, mas não há orientação da melhor forma de se implantar a pesagem e a automação.

O trabalho tem uma forma construtiva, além de apresentar significado importante e prático da aplicação em uma fábrica de tintas brasileira de pequeno porte. Vide o [ESTUDO DE CASO](#).

Um aspecto a se considerar é que com a substituição de uma balança de braço mecânico por uma balança eletrônica com controle de nível e no próprio ponto de operação, o sistema de pesagem ganha em exatidão, qualidade e produtividade.

Com o novo equipamento, serão necessários a reciclagem e o treinamento dos funcionários que, ao se qualificarem, aperfeiçoarão o processo. Evita-se a má utilização da balança e mantém-se o funcionamento dentro das condições recomendadas pelo fabricante e pela legislação relacionada ao tema.

Foi feito um estudo de viabilidade econômica e encontrou-se uma solução mais simples e de menor custo.

A área de pesagem da balança no projeto é uma área isolada por paredes e a porta fechada, pois tem solventes e pós dos pigmentos processados. Nas operações, os funcionários usam máscaras para evitar a inalação dos pós e dos vapores orgânicos. A balança tem os controles à distância, portanto, o funcionário poderá ficar fora da área de risco durante a pesagem dos líquidos, controlando o *display* ou o painel elétrico a partir da área limpa e evitando o contato com os solventes. O projeto diminuiu as distâncias percorridas e o peso carregado pelo funcionário em relação à operação manual. Nesse sentido diminui a fadiga.

Testada a válvula solenóide, encontrou-se a solução de funcionamento com abertura plena com a pressão da caixa de água. Portanto, atendeu-se a produtividade necessária

para um funcionamento satisfatório.

O controlador dará melhor solução para a automação atual e também terá opções de evolução futuras. Tais possibilidades podem existir com supervisórios, serial RS-232, interligação com CLPs, RS-485 e registro em impressoras. O controle remoto possibilita comando à distância, o que permite tirar o funcionário de uma área de risco.

Para o futuro, pode-se aproveitar este sistema de pesagem para outro produto, como, por exemplo, o amoníaco, cuja pesagem, atualmente, é manual.

O percurso do operário carregado matérias-primas foi reduzido de 31 m ($\pm 0,1$) para 5 m ($\pm 0,1$). O peso transportado manualmente passou de 191 kg ($\pm 0,1$) para 8,1 kg ($\pm 0,1$).

Os funcionários elogiaram o novo processo de pesagem.

A perda de matéria-prima foi reduzida com a substituição da coleta por baldes pela alimentação do tambor de verniz por intermédio de uma mangueira - a coleta por balde leva a perdas por contaminação, evaporação e desperdício decorrente de falhas na dosagem.

Referências

- AEPH. *Célula de Carga capacidade 500 kg, Suporte Liberdade Plena*. 2012. Catálogo. Citado 10 vezes nas páginas 60, 61, 62, 89, 90, 91, 92, 93, 94 e 98.
- ALFA. *Soluções de Pesagem para Silos, Tanques, Moegas e Reatores - Controlador Modelo 3100C*. 2014. Catálogo. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 81.
- ALVES, J. L. L. *Instrumentação, controle e automação de processos*. [S.l.]: Livros Técnicos e Científicos, 2005. Citado na página 33.
- ARAÚJO, J. B.; ZILBER, S. N. *Adoção de E-Business e Mudanças no Modelo de Negócios: inovação organizacional em pequenas empresas dos setores de comércio e serviços*. [S.l.: s.n.], 2013. Citado na página 53.
- ASCOVAL. *Válvulas Solenóide: Catálogo Geral 32B*. 2011. Catálogo. Disponível em: <http://www.ascoval.com.br/literatura/FluidControl/31B/catalogo/015_8210.pdf>. Citado na página 64.
- ASTRÖM, K. J.; HÄGGLUND, T. *PID Controllers - The Control Hand Book*. [S.l.]: IEEE Press, 1996. Citado na página 33.
- BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. *Instrumentação e fundamentos de medidas*. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2011. Citado na página 39.
- BEGA, A. E. *Instrumentação Industrial*. 2ª edição. ed. [S.l.]: Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás, 2002. Citado na página 64.
- BHUYAN, M. *Instrumentação Inteligente - Princípios e Aplicações*. [S.l.]: LTC, 2013. Citado na página 103.
- CAPUANO, F. G.; IDOETA, I. V. *Elementos de eletrônica digital*. [S.l.]: Ed. Érica, 2000. Citado na página 72.
- COTTON, J. W. *Flexografia Principios Y Practicas*. [S.l.]: Flexografic Technical Association Inc and the Foundation of Flexographic Technical Association, Inc, 1980. Citado na página 25.
- CRUZ, F. S. *Fundamentos de Segurança do Trabalho, Material Didático para Disciplina de Segurança do Trabalho, Parte 2*. 2002. Citado na página 23.
- EBAH. 2015. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMYcAI/protocolos-rs232-rs485>>. Citado na página 73.
- ECHELON. *Engineering Bulletins*. 1995. Citado na página 34.
- FARQUI, E. A. *Automação e Informatização Aplicados a Controle e Supervisão de Processos de Pesagem*. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, 1997. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- FAZENDA, J. M. R.; DINIZ, F. D. *Tintas Ciência e Tecnologia*. 1ª edição. ed. [S.l.]: Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

- FELÍCIO, L. C. *Modelagem da dinâmica de sistemas e estudo da resposta*. [S.l.]: RiMa, 2007. Citado na página 31.
- FERNANDES, J. A. *Anuário Rotoflexo*. 2003. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.
- FIALHO, A. B. *Instrumentação industrial: conceitos, aplicações e análises*. [S.l.]: Editora Érica, 2002. Citado na página 28.
- FRAJUCA, C. *Notas de Aula do Curso de Mestrado de Automação Industrial*. 2013. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 40.
- FRANCHI, C. M. *Controle de Processos Industriais Princípios e Aplicações*. [S.l.]: Editora Érica, 2013. Citado na página 28.
- GIECK, K.; GIECK, R. *Technische Formelsammlung*. [S.l.]: Gieck, 1984. Citado na página 67.
- GOMMOLA, G. The application and installation of load cells. *Publisher: Spectris Messtechnik GmbH*, 2000. Citado 4 vezes nas páginas 41, 56, 58 e 74.
- KELVIN, L. V. contact electricity of metals. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, Taylor & Francis, v. 46, n. 278, p. 82–120, 1898. Citado na página 39.
- MARTE. *Catálogo Documentos*. 2013. Citado na página 35.
- MAZIERO. 2014. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Disparador_Schmitt>. Citado na página 73.
- PONTIUS, P. E.; CAMERON, J. M. *Incertezas Realísticas e o Processo de Medição de Massas*. [S.l.: s.n.], 1982. Citado na página 35.
- PONZETTO, E.; ROSSETTI, R. A.; KUNNIYOSHI, P. M. 6º congresso internacional de tintas. In: *Éteres Butílicos Derivados do Óxido de Eteno*. [S.l.: s.n.], 1999. Citado na página 26.
- RACZ, F. Mercado brasileiro de tintas: Um breve cenário de 2013, perspectiva para 2020. In: . [S.l.: s.n.], 2014. Citado na página 26.
- REBELLATO, G. *Curso de Artes Gráficas*. 3ª edição. ed. [S.l.]: Rebellato, 1980. Citado na página 25.
- ROLIM, R. L. *Análise de Confiabilidade para Gerenciamento Operacional de Sistemas Automatizados de Pesagem Rodo-Ferrovários*. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, 1997. Citado na página 38.
- RUBIO, M. Curso de introdução à instrumentação em engenharia-módulo básico—instituto de pesquisas tecnológicas-ipt. *São Paulo*, 2000. Citado na página 40.
- SIMÕES, R. Y. F. *Histórico Flexografia*. Narrow web. [S.l.], 2000. Citado na página 25.
- SITIVESP. 2014. Disponível em: <<http://sitivesp.org.br>>. Citado na página 26.
- TOLEDO. *Prix 5 Plus*. 2014. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 39.

UNICAMP. *Projeto Simulador Ponte de Wheatstone com uso de lâmpadas e Aplicação na Ponte com uso de uma extensímetro em um caso prático - Gabriel J. C. - Instituto de Física "Gleb Wataghin"*. 2014. último acesso em 2014. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/leb/f329-06/4_ponte_de_Wheatstone.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 40.

VASQUEZ, J. D. H. *Proposição e Validação de Sistema Gravimétrico para Calibração de Medidores de Vazão de Líquidos*. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2014. Citado na página 103.

YIN, R. K. *Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos*. [S.l.]: Bookman editora, 2001. Citado na página 31.

ANEXO A – Célula de Carga

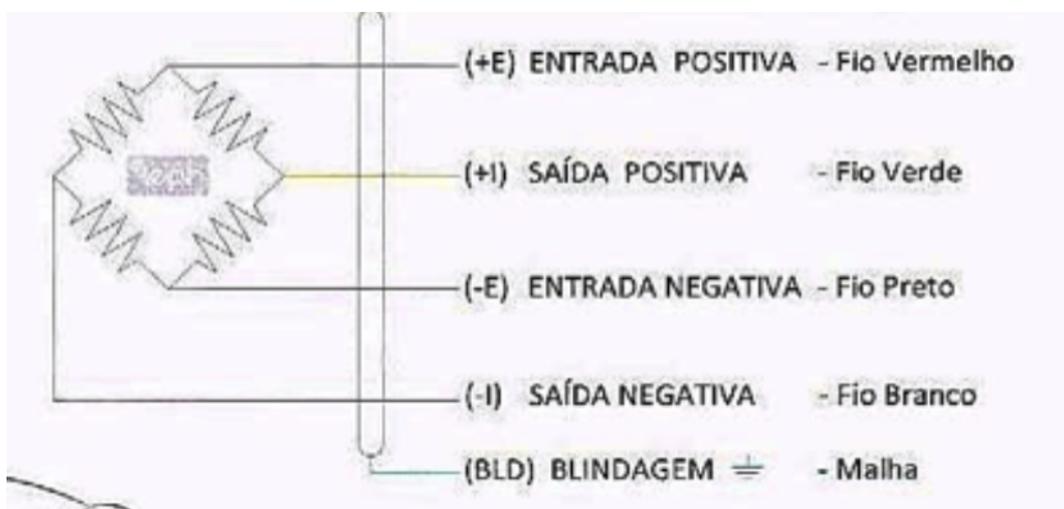
Tabela 7 – Dados técnicos da Célula de Carga

Capacidade (kg)	500 kg
Material	Aço-Liga 4340 + Níquel Químico
Sensibilidade	2,00 Mv/V +/- 0,1%
Não Linearidade	< 0,02% FSO
Histerese	< 0,02% FSO
Creep ou Fluência	30 Min: < 0,03% FSO 8 H: < 0,05% FSO
Equilíbrio do Zero	+/- 1%
Faixa de Temperatura Operacional	-10°C a +60°C
Faixa de Temperatura Nominal (Compensada)	-5°C a +50°C
Máximo Erro	0,03%
Efeito da Temperatura na Calibração	0,025% FSO
Efeito da Temperatura no Zero	0,025% FSO
Sobrecarga Segura (Sem Ruptura)	150% FSO
Sobrecarga de Ruptura	300% FSO
Tensão Recomendada	10 V
Tensão Máxima de Excitação VDC ou VCA	15 V
Resistência Elétrica Entrada	400 +/- 10 Ω
Resistência Elétrica Saída	352 Ω +/- 2 Ω
Resistência de Isolação (50 V)	> 5 G Ω
Grau de Proteção	IP-67
Cabo Blindado 4x24 AWG	5,0 m

Fonte: (AEPH, 2012)

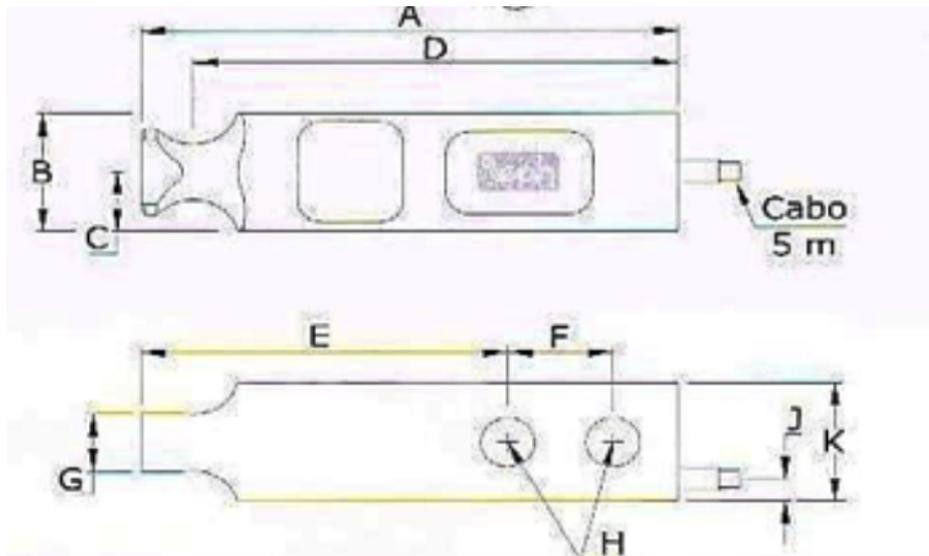
A soma dos erros de não linearidade, histerese e compensação de temperatura na calibração atendem aos requisitos da portaria INMETRO 236/94 para balanças eletrônicas.

Figura 39 – Esquema elétrico da Célula de Carga



Fonte: (AEPH, 2012)

Figura 40 – Esquema elétrico da Célula de Carga



Fonte: (AEPH, 2012)

Tabela 8 – Dimensões da Célula de Carga

Capacidade (kg)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Torque
500	130	32	16	117	89	25	16	ø13,5	6	32	114 Nm

Fonte: (AEPH, 2012)

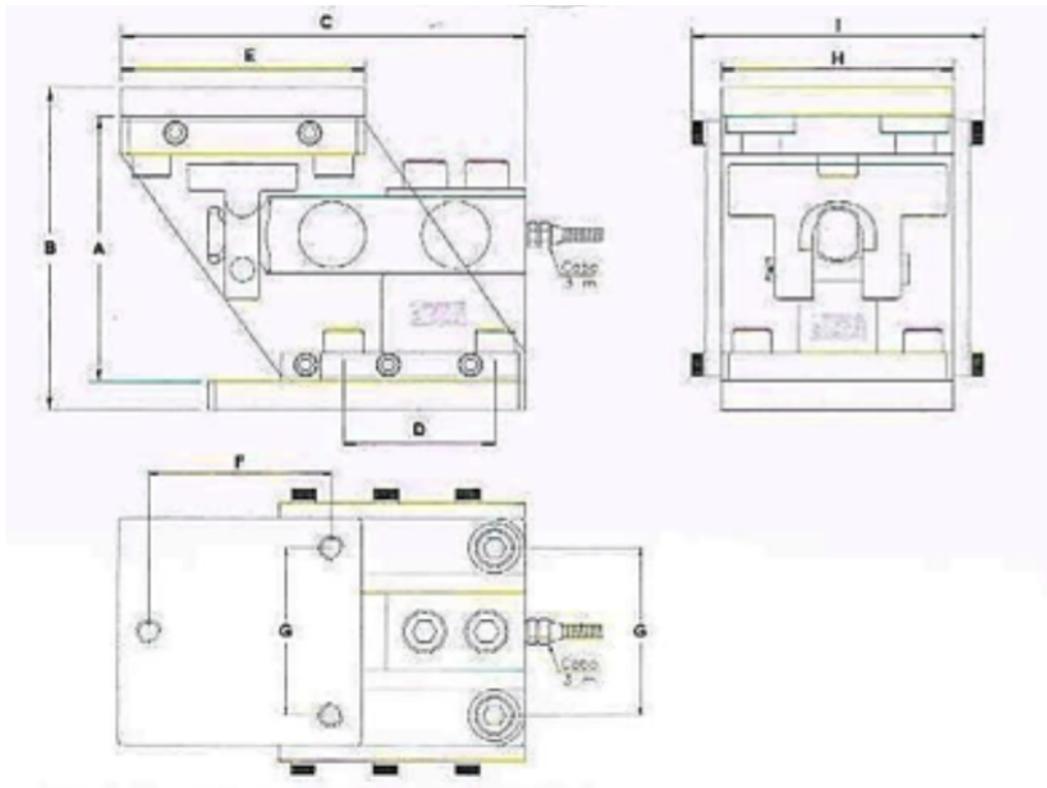
ANEXO B – Suporte Articulado

Tabela 9 – Dados técnicos do Suporte Articulado

SLP-3T 500 kg	
Material	Aço-Liga (aço inoxidável AISI 304 sob consulta)
Acabamento	Zincado com espessura de 20μ (galvanizado a fogo sob consulta)
Forma de Transferência de Força	Elo
Ancoramento	Base inferior com 4 elementos de fixação
Apoio	Base superior articulável com 3 elementos de fixação
Sistema Anti-Arrancamento	Sim, incluso na própria base superior articulável: Força Máx. = 300% FE
Sistema Anti-Escorregamento	Sim, com batentes Limitadores
Gabarito de Montagem	Dispensa uso de Gabaritos externos - incluso no próprio suporte
Sapata de Montagem	Inclusa - princípio de fixação por solda elétrica

Fonte: (AEPH, 2012)

Figura 41 – Dimensões do Suporte Articulado



Fonte: (AEPH, 2012)

Tabela 10 – Dimensões do Suporte Articulado

Capacidade (kg)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
500	111	135	166	62	100	75	70	95	6	120

Fonte: (AEPH, 2012)

ANEXO C – Dosador

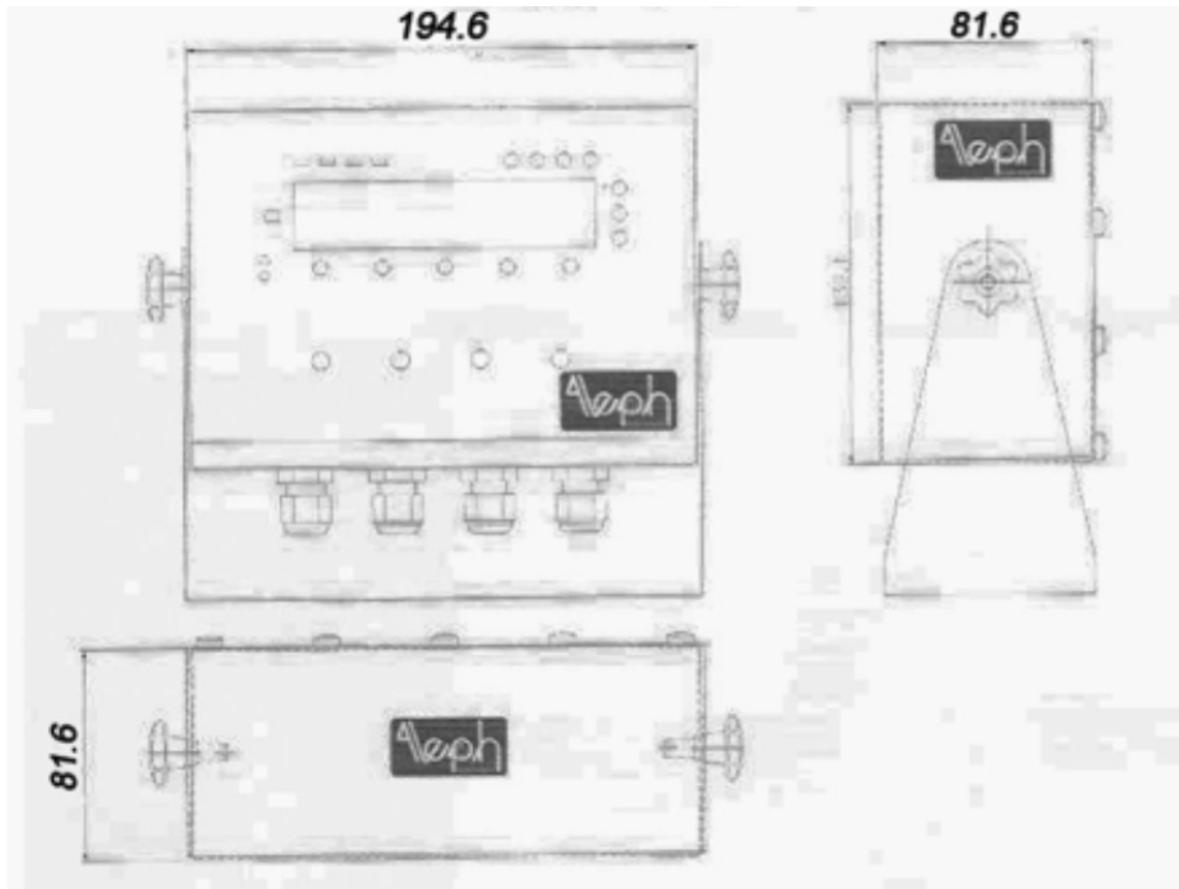
Tabela 11 – Dados técnicos do Dosador

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	DESCRIÇÃO
Alimentação Elétrica	85 $\bar{2}$ 45 VCA - 50/60Hz (Fonte chaveada full range)
Consumo	11 W
Sensibilidade de Entrada	1 mV à 3.0 mV
Qtde. de Células Admissíveis	Até 16 Células de 350 R cada ou 32 Células de 700 R cada
Nº de Divisões Internas	8.000.000
Nº de Divisões Operacionais	10.000
Velocidade de Conversão	60 ciclos / segundo
Precisão de Cálculos Internos	24 bits com ponto flutuante
Detecção de Movimento	> 0,5 divisões / segundo
Velocidade de Variação para AutoZero	> 0,5 divisões / segundo
Apresentação do Display	6 dígitos de 20mm de altura com 7 segmentos na cor Azul Ultra Bright
Teclado	4 teclas de funções (CONF, IMPR, TARA e ZERO) e segundas funções
Indicação	g (grama, kg (quilograma) e t (tonelada)
Degrau	1, 2, 5, 10, 20, 50
Grau de Proteção	IP-67
Temperatura da Operação	-5°C à +55°C
Canais de Comunicação	1 – RS-232 (Impressora – 300 à 19200 bps), 1 – RS-232 (ASCII), 1 – RS-485 (protocolo profibus – DP) - para os dois últimos 300 a 115.200 bps

Fonte: (AEPH, 2012)

Recursos

- Parametrização e calibração simples e intuitiva;
- Função de “Tara Sucessiva” e “Tara Memorizada”;
- Função de “Tara Programável” que permite digitar o valor que deseja mascarar e o equipamento decrementará este valor do peso lido;
- Função “Auto-Zero” no momento de ligar o indicador;
- Função “Seleção” com apresentação luminosa por aproximação de peso.

Figura 42 – Dimensões do Dosador (cotas em *mm*)

Fonte: (AEPH, 2012)

ANEXO D – Proposta Tacho de INOX

CUSTO R\$ 12.000,00

Bom dia, Sr. Fernando

Conforme vossa solicitação, estou lhe enviando orçamento de tanque de inox conforme segue abaixo:

- dimensões do tanque - 800 mm de diâmetro x 1229 mm de altura.
- tanque de aço inox, confeccionado com chapa de 3,00 mm AISI 304, com cinta de reforço na borda, no centro e no fundo do tanque, com um suporte em “V” na borda superior do tanque, fundo plano e saída na lateral do tanque.
- PREÇO - R\$ - 12.000,00
- PRAZO DE ENTREGA - 20 DIAS ÚTEIS
- PRAZO DE GARANTIA - 06 MESES
- PRAZO DE PAGAMENTO - 40% DE SINAL, SALDO 30/60 DDL.
- PREÇO - FOB (SP) A RETIRAR

Sem mais para o momento, fico a sua disposição, grato.

Usa Máquinas

Volnei Luiz Polo

Cel: 11-9.8259.9236

ANEXO E – Proposta Tanque de Fibra

Custo R\$2300,00

São Paulo 24 de março 2015

A

HYDROPRESS TINTAS ESPECIAIS LTDA.

A/C. Sr. FERNANDO.

E- Mail: fernando@hidropress.com.br

Fone: 11- 29095950

PROPOSTA TÉCNICA-COMERCIAL

1. PARTE TÉCNICA

TANQUE POLIPROPILENO

- Não requer manutenção periódica das pinturas, resinas e fibras, necessárias aos tanques de aço revestido e tanques de PRFV.
- Maior vida útil (média de 10/12 anos).
- Permite instalação ao tempo, pois possui proteção contra raios UV.
- Permite qualquer modificação no tanque em campo.
- Ótima resistência química se comparado aos similares de PRFV e aço carbono.
- Ótima resistência mecânica.

FORNECIMENTO

Serviço de revestimento em tanque cilíndrico de Fibra utilizando chapas de Polipropileno de acordo com solicitação do cliente, que serão soldadas utilizando equipamento de extrusão pelo sistema de termofusão.

TESTES

Os tanques serão submetidos aos seguintes testes:

- Visual;
- Dimensional; e

- Hidrostático.

1.1. CARACTERÍSTICAS DO TANQUE

Quantidade	01 Unidade
Tipo	Cilíndrico
Altura	1220mm Aprox.
Diâmetro	810mm Aprox.
Capacidade	600Litros Aprox.
Fundo	Plano
Reforço	Sim
Espessura do Costado	05 mm
Espessura do Fundo	05 mm
Tampa	Não
Entrada	Sim luva ³ / ₄
Saída	Não
Dreno	Não
Material	Polipropileno
Temperatura	Ambiente
Acessório	Não
Válvula Esfera	Não
VALOR UNITÁRIO	R\$ 2300,00

Fonte: (AEPH, 2012)

2. CONDIÇÕES COMERCIAIS:

1. PRAZO DE ENTREGA: 07 a 15 dias.
2. PAGAMENTO: 50% no pedido e 50% a 28 DDL
3. FRETE: A retirar. (Chapas e equipamentos)
4. VALIDADE DA PROPOSTA: 07 DDL.
5. GARANTIA: GARANTIMOS NOSSOS PRODUTOS POR UM PERÍODO DE 12 MESES, A CONTAR DA DATA DE SUA EXPEDIÇÃO, CONTRA EVENTUAL DEFEITO DE FABRICAÇÃO, DESDE QUE SEJAM UTILIZADOS DENTRO DE SUAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.
6. O PREÇO ACIMA FOI ELABORADO CONFORME INFORMAÇÕES, PODENDO SOFRER ALTERAÇÕES TANTO PARA MAIOR, QUANTO PARA MENOR, QUANDO RECEBERMOS O PROJETO DEFINITIVO.
7. NÃO ESTÁ INCLUSO O FORNECIMENTO DE VÁLVULAS, GRELHAS, EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS.
8. NÃO ESTÁ INCLUSO O FORNECIMENTO DE DESENHO OU PROJETO.

ATENCIOSAMENTE,

PAULO SANTANA

HIDRO PIPE TUBOS E CONEXÕES LTDA.

Tel./Fax: (0xx11) 3836-2933

E-Mail: <hidropipe@hidropipe.com.br>

Home Page: <www.hidropipe.com.br>

ANEXO F – Orçamento Alfa Instrumentos 2265

Figura 43 – Orçamento Alfa Instrumentos 2265

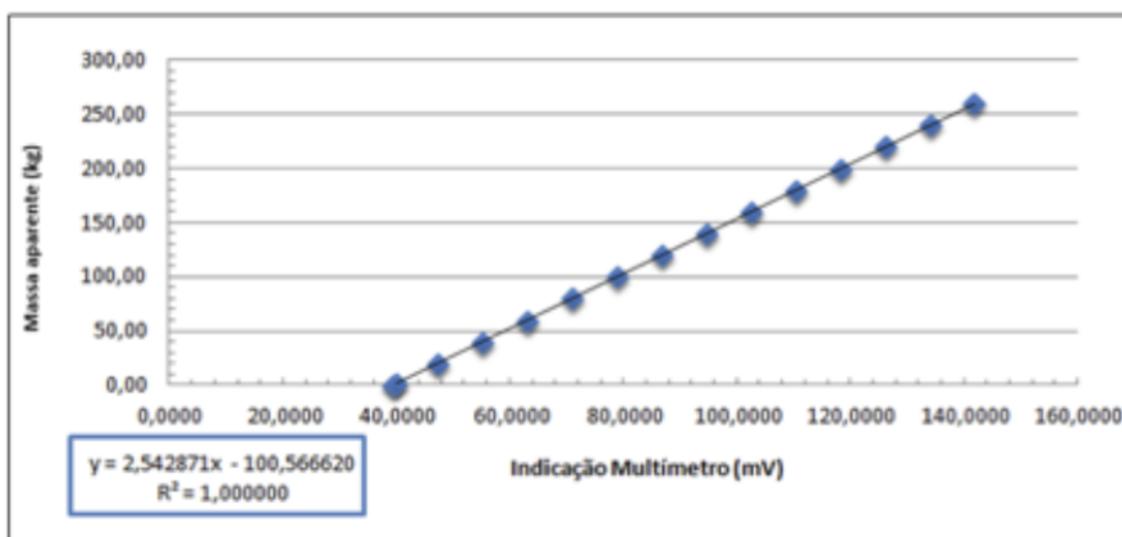
1. Cliente		2. Contato Alfa Instrumentos		3. Fornecimento																																													
 <p>ALFA INSTRUMENTOS Qualidade em Pesagem</p>		<p>Alfa Instrumentos Eletrônicos S.A. R.Cal. Mário de Azevedo, 138 02710-020 - São Paulo - SP - Brasil CNPJ 50.632.017/0001-30 Inscrição Estadual: 110.081.569.118</p>		<p>Proposta Comercial 0002265</p> <p>Revisão: 00 Emissão: 15/04/2015 Validade: 15 dias</p>																																													
<p>HYDROPRESS TINTAS ESPECIAIS LTDA - ME CNPJ: 59.432.104/0001-18</p> <p>SAO PAULO - SP Endereço: Rua Amadeu 687 - Vila Guilherme Contato: FERNANDO Telefone: E-mail: fernando@hydropress.com.br</p>		<p>Vendedor FABIO STROLE 11 9668-0242 fabio@alfainstrumentos.com.br</p> <p>Apoio Interno Guilá 11-3953-2299 - Grande São Paulo 0800 7722910 - Demais Localidades guilá@alfainstrumentos.com.br</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Código</th> <th>Descrição</th> <th>Qt</th> <th>Un</th> <th>Unitário R\$</th> <th>Total R\$</th> <th>ICMS %</th> <th>PI %</th> <th>Classific. Fiscal</th> <th>Entrega dias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>BAL5040100A50</td> <td>BAL. BL 5040 -100 01CP S S/ PED Balança eletrônica mod. BL-5040-100 em aço carbono com Tampa inox, capacidade 100kg x 10g (10.000 divisões), dimensão 500x400mm, indicador 3101C</td> <td>1</td> <td>PC</td> <td>2.563,52</td> <td>2.563,52</td> <td>12,00</td> <td>0,00</td> <td>84233000</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>PTE100075N021</td> <td>SIST PES PTE -16 -007 -S -N -2 -01 Sistema de Pesagem Tanques, Silos e Estruturas composto por: 10 MT Cabo blindado 6 vias 20 AWG 9621 1 PC Caixa de junção inox 4134 para conexão de até 4 célula de carga 1 PC Caixa de relé 4404 com 4 relés 4 PC Célula de Carga em aço liga níquelado L-500, capacidade 500kg com suporte articulado S/AMEL-3CF 4 PC Gabarito para instalação do Suporte Articulado S/AMEL-3CF/2CFX 1 PC Indicador de Pesagem 3107C-3 para montagem em painel 2 PC Kit de calços carbono para nivelamento para suporte articulado S/AMEL-3CF</td> <td>1</td> <td>CJ</td> <td>8.956,86</td> <td>8.956,86</td> <td>12,00</td> <td>0,00</td> <td>84233000</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>BALAZ00001TTE50</td> <td>BAL. AZ 0000 -1T 01CP S S/ PED Balança eletrônica mod. AZ-0000-1T em aço carbono com chapa xadrez, capacidade 1000kg x 100g (10.000 divisões), dimensão 900x600mm, indicador 3107C</td> <td>1</td> <td>PC</td> <td>5.951,44</td> <td>5.951,44</td> <td>12,00</td> <td>0,00</td> <td>84236200</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		Item	Código	Descrição	Qt	Un	Unitário R\$	Total R\$	ICMS %	PI %	Classific. Fiscal	Entrega dias	1	BAL5040100A50	BAL. BL 5040 -100 01CP S S/ PED Balança eletrônica mod. BL-5040-100 em aço carbono com Tampa inox, capacidade 100kg x 10g (10.000 divisões), dimensão 500x400mm, indicador 3101C	1	PC	2.563,52	2.563,52	12,00	0,00	84233000	5	2	PTE100075N021	SIST PES PTE -16 -007 -S -N -2 -01 Sistema de Pesagem Tanques, Silos e Estruturas composto por: 10 MT Cabo blindado 6 vias 20 AWG 9621 1 PC Caixa de junção inox 4134 para conexão de até 4 célula de carga 1 PC Caixa de relé 4404 com 4 relés 4 PC Célula de Carga em aço liga níquelado L-500, capacidade 500kg com suporte articulado S/AMEL-3CF 4 PC Gabarito para instalação do Suporte Articulado S/AMEL-3CF/2CFX 1 PC Indicador de Pesagem 3107C-3 para montagem em painel 2 PC Kit de calços carbono para nivelamento para suporte articulado S/AMEL-3CF	1	CJ	8.956,86	8.956,86	12,00	0,00	84233000	3	3	BALAZ00001TTE50	BAL. AZ 0000 -1T 01CP S S/ PED Balança eletrônica mod. AZ-0000-1T em aço carbono com chapa xadrez, capacidade 1000kg x 100g (10.000 divisões), dimensão 900x600mm, indicador 3107C	1	PC	5.951,44	5.951,44	12,00	0,00	84236200	5
Item	Código	Descrição	Qt	Un	Unitário R\$	Total R\$	ICMS %	PI %	Classific. Fiscal	Entrega dias																																							
1	BAL5040100A50	BAL. BL 5040 -100 01CP S S/ PED Balança eletrônica mod. BL-5040-100 em aço carbono com Tampa inox, capacidade 100kg x 10g (10.000 divisões), dimensão 500x400mm, indicador 3101C	1	PC	2.563,52	2.563,52	12,00	0,00	84233000	5																																							
2	PTE100075N021	SIST PES PTE -16 -007 -S -N -2 -01 Sistema de Pesagem Tanques, Silos e Estruturas composto por: 10 MT Cabo blindado 6 vias 20 AWG 9621 1 PC Caixa de junção inox 4134 para conexão de até 4 célula de carga 1 PC Caixa de relé 4404 com 4 relés 4 PC Célula de Carga em aço liga níquelado L-500, capacidade 500kg com suporte articulado S/AMEL-3CF 4 PC Gabarito para instalação do Suporte Articulado S/AMEL-3CF/2CFX 1 PC Indicador de Pesagem 3107C-3 para montagem em painel 2 PC Kit de calços carbono para nivelamento para suporte articulado S/AMEL-3CF	1	CJ	8.956,86	8.956,86	12,00	0,00	84233000	3																																							
3	BALAZ00001TTE50	BAL. AZ 0000 -1T 01CP S S/ PED Balança eletrônica mod. AZ-0000-1T em aço carbono com chapa xadrez, capacidade 1000kg x 100g (10.000 divisões), dimensão 900x600mm, indicador 3107C	1	PC	5.951,44	5.951,44	12,00	0,00	84236200	5																																							

ANEXO G – Comparação das Técnicas de Calibração da Balança Alfa

Segundo (BHUYAN, 2013), um sensor e transdutor pode nem sempre produzir dados de medidas válidos. Para validar estas medidas, é necessário analisar e modelar o erro de medida.

Um erro de tensão medida depende da variação da temperatura este é um erro sistemático variável. No projeto temos uma temperatura limite que será seguida (VASQUEZ, 2014).

Figura 44 – Curva de calibração com tara



Pode-se observar na figura 44 que os dados seguem uma relação linear. Confiabilidade 99,5%

O procedimento de calibração com tara da balança apresentou incertezas da massa ajustada (uma) de 0,03 kg na faixa de calibração de 0 kg até 140 kg, depois dessa faixa a incerteza aumenta para 0,04 kg e se mantém constante até o final da faixa (260 kg). O anterior acontece tanto para cargas ascendentes como para cargas descendentes.

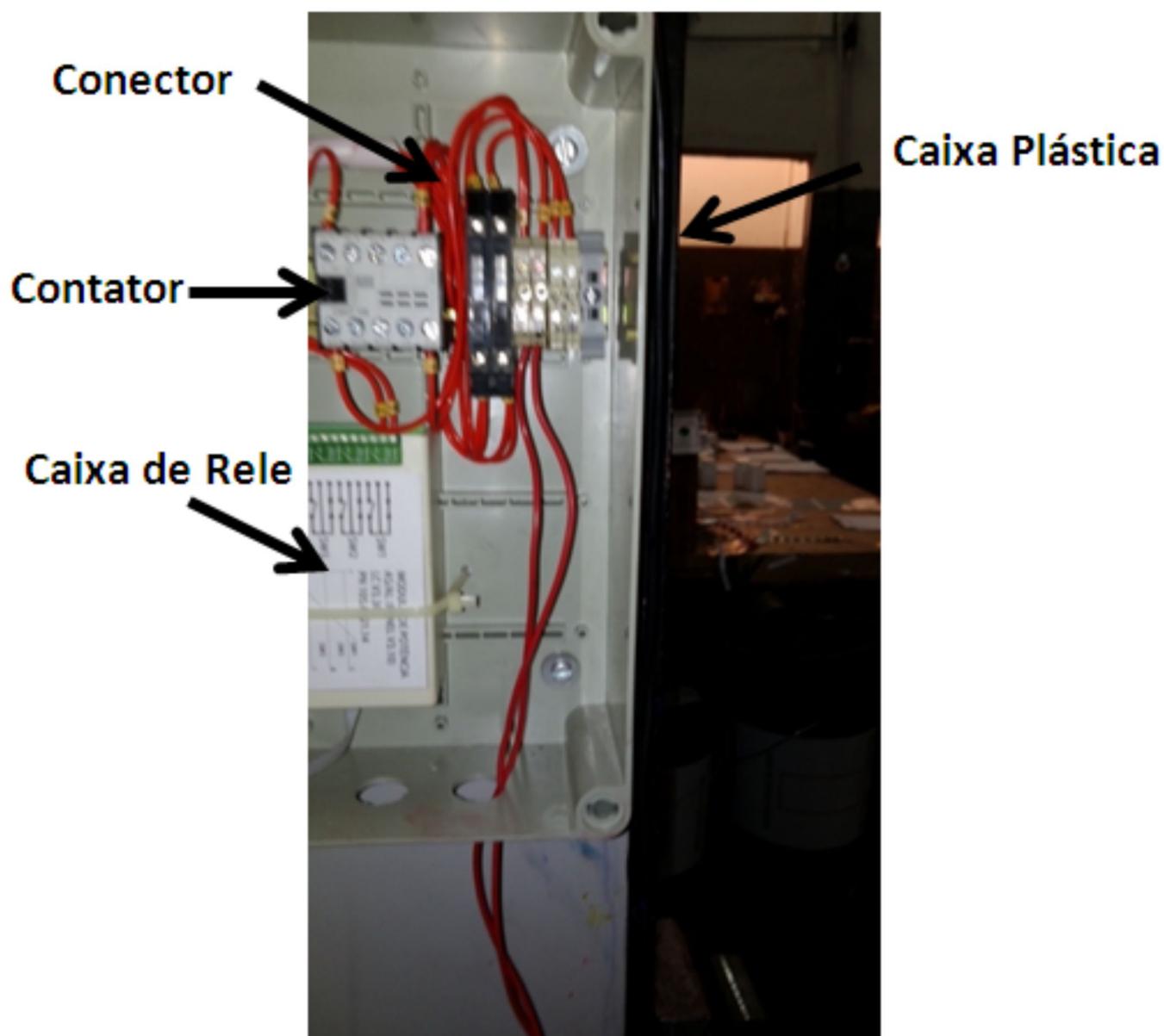
O procedimento de calibração sem tara é mais preciso, mas no caso do projeto tem que ser com tara devido as condições do processo. A incerteza é aceitável.

Figura 45 – Calibração da balança



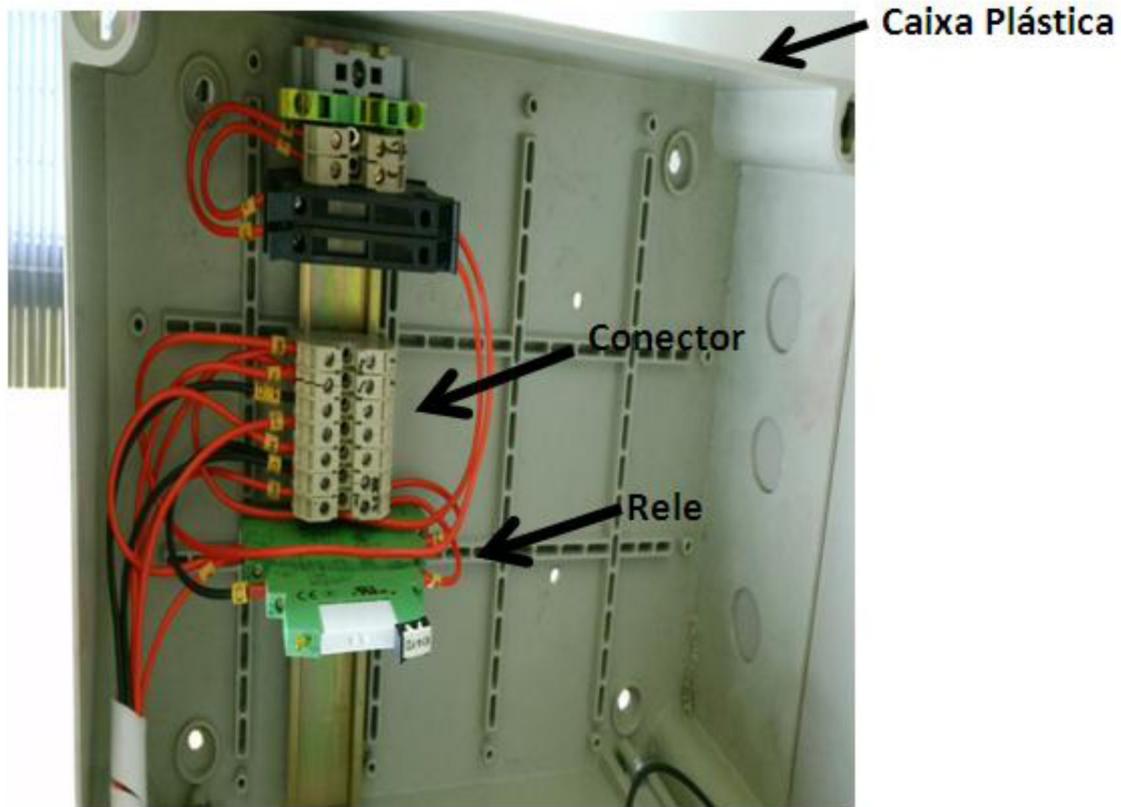
ANEXO H – Comando Interface Válvula Solenóide

Figura 46 – Comando Interface válvula solenóide e caixa de relés



Foi usado para teste com a balança Marte LS-100.

Figura 47 – Comando interface válvula solenóide



Comando interface válvula solenóide, de onde foi removida a caixa de relés, colocado um relé e retirado o contator, esta é a versão final usada no controlador da Alfa instrumentos.

ANEXO I – Procedimento Programado da pesagem da fase líquida do verniz

Figura 48 – Informação de níveis acionando



Figura 49 – Indicação do nível 1



Figura 50 – Indicação de peso do primeiro produto com 140 kg



Figura 51 – Indicação do Nível 2



Figura 52 – Indicação de peso do segundo produto com 162,5 kg



Figura 53 – Indicação do Nível 3



Figura 54 – Indicação de peso do terceiro produto com 185 kg



Figura 55 – Indicação do Nível 0 (produto 4)

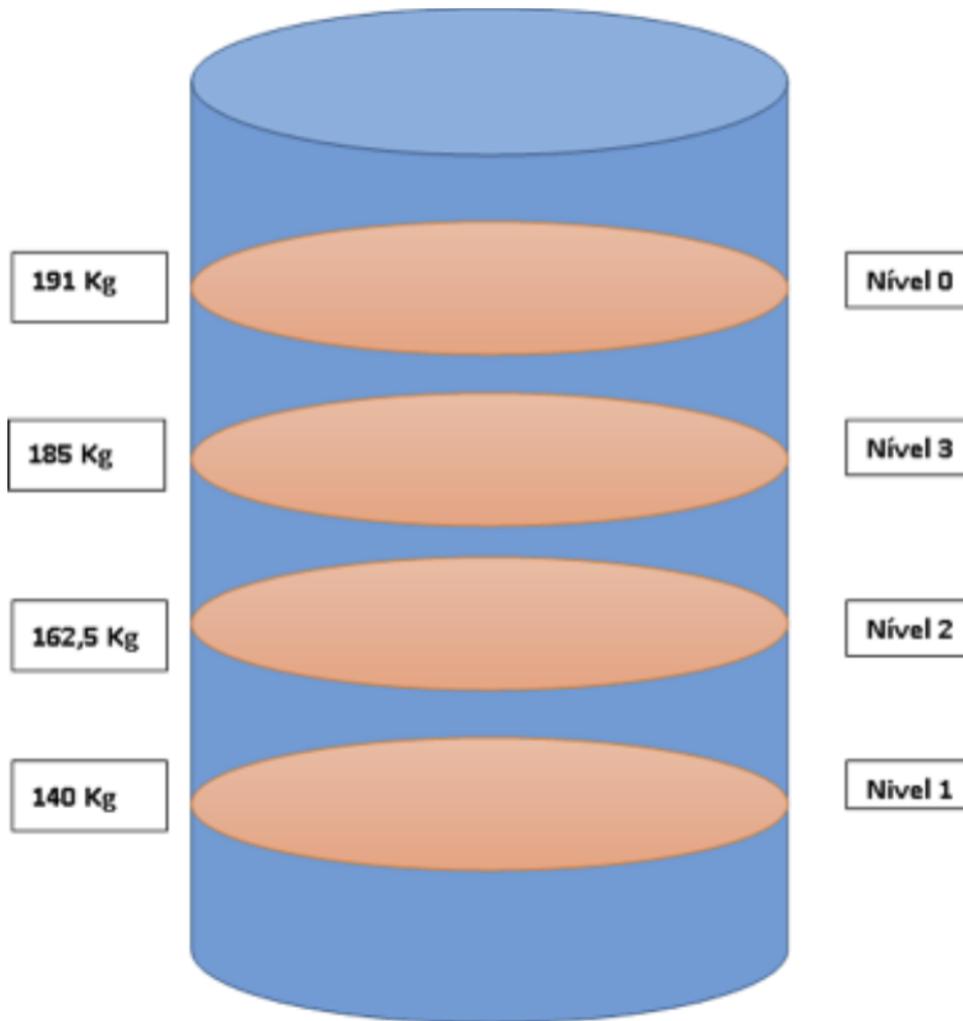


Figura 56 – Indicação de peso do quarto produto com 191 kg



A programação é feita através das teclas CNFG e TARA.

Figura 57 – Diagrama demonstrando os níveis de cada produto e os respectivos pesos



ANEXO J – Circuito de controle da válvula solenóide

Figura 58 – Circuito de controle da válvula solenóide

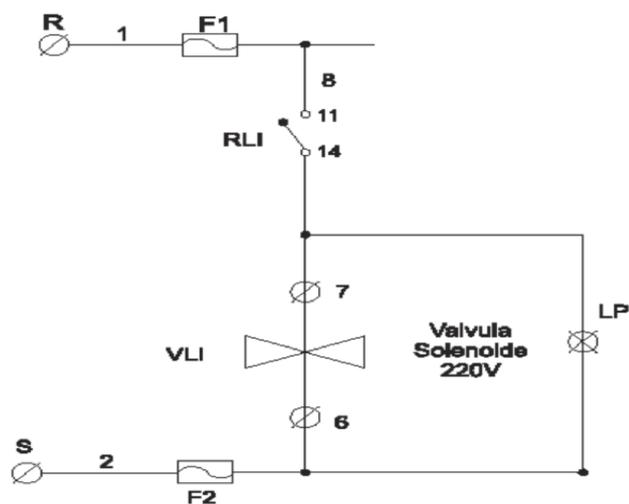
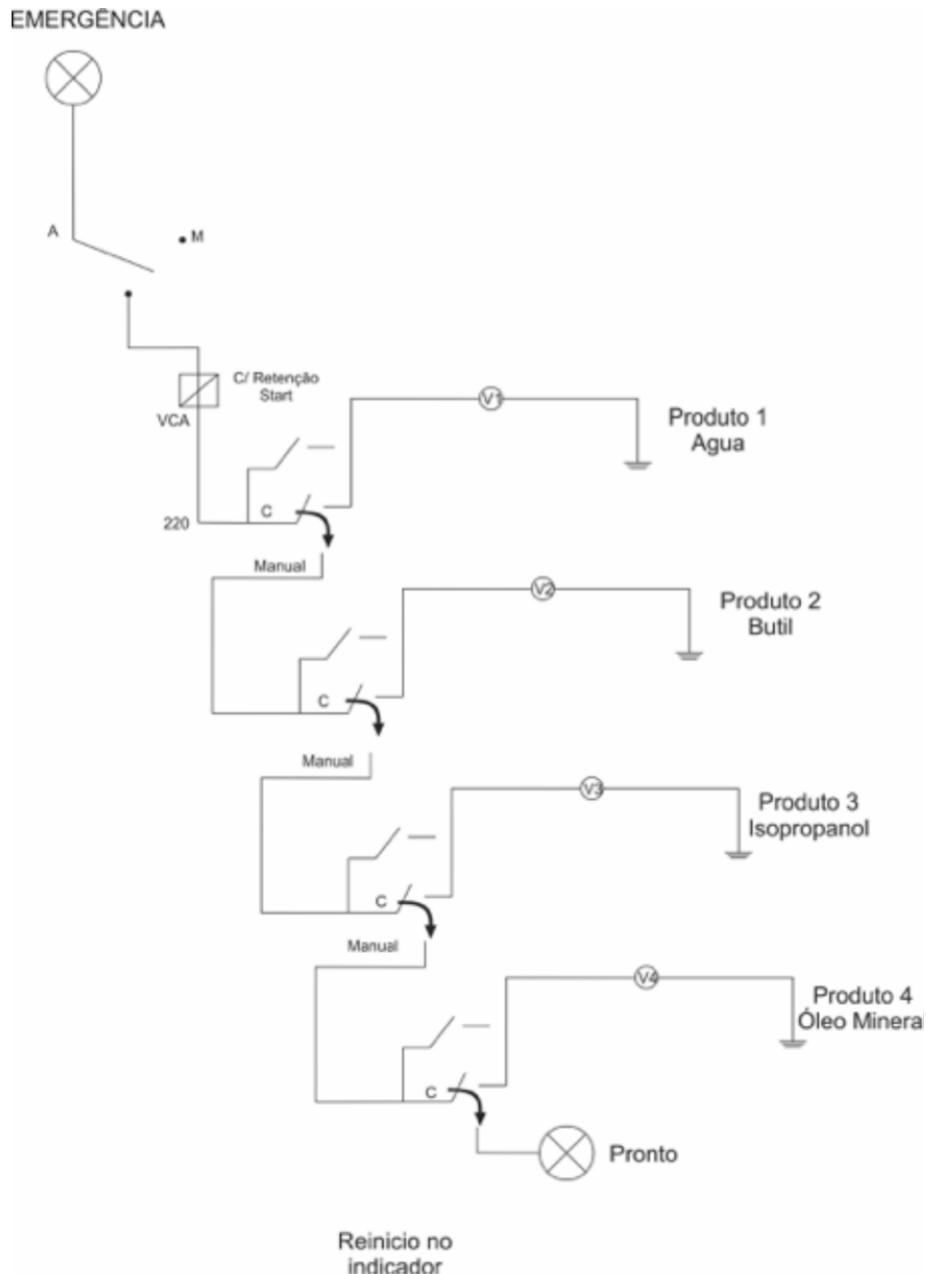


Figura 59 – Funcionamento do painel de automação da balança

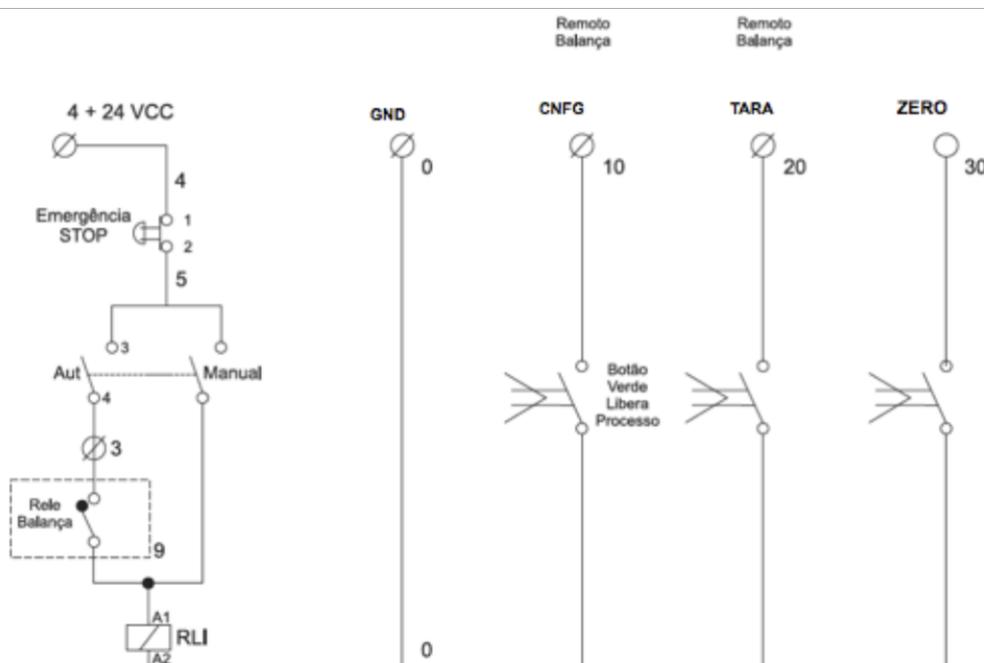


São necessárias lâmpadas para determinar a fase do processo.

1. Para iniciar a dosagem semiautomática, apertar o botão dosagem. O ciclo de dosagem será memorizado acendo a lâmpada “dosagem”;
2. Acionar a dosagem do “Produto”, o controle do peso (volume) dosado será automático, assim a chave deverá ser colocada em automático. Durante a dosagem acenderá “valv. 1”. atingido o peso, acenderá “P1 Dosagem atingida”, para aviso ao operador para iniciar o produto 2;
3. Desligar a chave “Produto 1” e ligar a chave “Produto 2” (colocar em automático);

4. Idem para os produtos 3 e 4.

Figura 60 – Controle remoto



Considerando-se que as teclas são de membrana e não tem boa durabilidade, optamos por tirar o operador de uma área de risco com a opção de controle à distância.