

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO DE TECNOLOGIA MECÂNICA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

MARCELO PAIVA

**PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DE UM APARELHO DE
CONTROLE E MEDIÇÃO DE VISCOSIDADE DE UMA IMPRESSORA
FLEXOGRÁFICA**

CORNÉLIO PROCÓPIO – PR

2014

MARCELO PAIVA

**PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DE UM APARELHO DE
CONTROLE E MEDIÇÃO DE VISCOSIDADE DE UMA IMPRESSORA
FLEXOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Mecânica Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Câmpus Cornélio Procópio-PR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Professor Me. Luiz Otávio Corrêa

CORNÉLIO PROCÓPIO – PR

2014

Marcelo Paiva

Procedimentos de manutenção de um aparelho de controle e medição de viscosidade de uma impressora flexográfica.

Descritivo submetido à Banca Examinadora do Corpo Docente do Departamento de tecnologia de Manutenção Mecânica Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Unidade de Cornélio Procópio – PR, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador Professor Me. Luiz Otávio Corrêa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Membro Professor Carlos Elias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Membro Professor Jeferson Luiz Cesar Salles
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, 22 de Outubro de 2014.

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso (ou Programa)”

Dedico este trabalho aos meus familiares, professores, companheiros e todos nossos amigos que de uma forma ou outra sempre estiveram conosco no período deste curso, nos incentivando e nos encorajando.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por me dar forças em todas as etapas de minha vida.

Para meus familiares, que sempre me concederam apoio suficiente e a paciência para enfrentar os desafios impostos no decorrer do curso.

Aos meus amigos e companheiros que foram os maiores incentivadores a concluir este curso.

Ao orientador deste trabalho, Professor Me. Luiz Otávio Corrêa, pelo fornecimento de subsídios para o trabalho de conclusão de curso.

A todas as amizades que conquistei durante o curso.

"One machine can do the work of fifty ordinary people. No machine can do the work of an uncommon man. "

Elbert Hubbard 1865-1915.

“Uma máquina pode fazer o trabalho de cinquenta pessoas comuns. Nenhuma Máquina pode fazer o trabalho de um homem incomum.”

Elbert Hubbard 1865-1915.

RESUMO

PAIVA, Marcelo. **Procedimentos de manutenção de um aparelho de controle e medição de viscosidade de uma impressora flexográfica**. 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior De Tecnologia Em Manutenção Mecânica Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2014.

Atualmente, com a crescente demanda e o uso de novas tecnologias, houve um acelerado desenvolvimento industrial de máquinas e equipamentos para oferecerem cada vez mais recursos para a modernização de sistemas e processos financeiramente viáveis. Aborda-se neste trabalho uma máquina gráfica de impressão de embalagens de uma indústria que tem como finalidade a impressão destes produtos em alta escala (plástico ou papel). O presente trabalho foi elaborado com a finalidade de oferecer melhorias na de manutenção em unidade de controle e medição de viscosidade (viscosímetro), que por sua vez é um aparelho que mede e controla a viscosidade ideal da tinta flexográfica. Após a identificação do problema, buscaram-se soluções através do desenvolvimento de procedimentos para execução da intervenção em campo, onde há melhor aproveitamento de tempo.

Palavras chave: impressão de embalagens. impressora gráfica. procedimento de manutenção. viscosímetro.

ABSTRACT

PAIVA, Marcelo. **Maintenance procedures of apparatus for measurement and control of viscosity of a flexographic printer**. 2014. 73 f. Work Completion of course (Technology in Maintenance) - Federal Technological University of Paraná. Cornelius, 2014.

Nowadays, with the increasing demand and use of new technologies, there was an accelerated development of industrial machinery and equipment to offer more resources for the modernization of systems and processes financially viable. It is approached in this paper a graphical package printing machine of an industry which aims at printing this product in large scale (plastic or paper). This paper was conducted with the purpose of providing improvements in the maintenance work in the control unit and measuring viscosity (viscometer), which in turn is a device that measures and controls the optimum viscosity of the flexographic ink. After identifying the problem, some solutions were investigated through the development of procedures for implementing the intervention maintenance control apparatus and viscosity measurement in the area, where there is better use of time.

Keywords: Packaging printing; Printing press; Maintenance procedure; viscometer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de impressão em clichê.....	21
Figura 2 - Aparelho de medição: viscosímetro.....	21
Figura 3 - Estado físico dos fluídos.....	25
Figura 4 - Representação esquemática dos viscosímetros primários.....	25
Figura 5 - Representação dos viscosímetros Capilar e de Stokes.....	30
Figura 6 - Copo Ford: instrumento de medição de viscosidade manual.....	31
Figura 7 - Representação esquemática do Copo Ford.....	32
Figura 8 - Representação do ensaio de stokes.....	34
Figura 9 - Balanço de forças e vizualização das linhas de correntes em uma esfera em queda livre.....	25
Figura 10- Relatório de turno.....	38
Figura 11- SM solicitação de manutenção.....	39
Figura 12- Cópia do esquema pneumático do sistema de medição de viscosidade	40
Figura 13- Indicação de sentido da vazão pelas válvulas pneumáticas.....	41
Figura 14- Válvula eletropneumática.....	42
Figura 15- Abertura em V1 para passagem de tinta.....	42
Figura 16- Abertura em V2 para passagem de solvente.....	43
Figura 17- Esquema de sensores no viscosímetros.....	45
Figura 18- Peças detalhadas do aparelho viscosímetro.....	47
Figura 19- Peças do viscosímetros.....	48
Figura 20- Fotos ilustrativas dos equipamentos de segurança.....	54
Figura 21- Folga determinada para fluxo de tinta.....	56
Figura 22- Posição de montagem das válvulas.....	57
Figura 23- Teste pneumático em bancada.....	58
Figura 24- Teste pneumático 1 em bancada.....	59
Figura 25- Teste pneumático 2 em bancada.....	60
Figura 26- Teste pneumático 3 em bancada.....	60
Figura 27- Teste pneumático 4 em bancada.....	61
Figura 28- LUP: lição de um ponto.....	62

ÍNDICE DE DIAGRAMA

DIAGRAMA 1 – COEFICIENTE DE ARRASTO PARA ESFERA.....	36
DIAGRAMA 2 – DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO.....	46
DIAGRAMA 3 – FALHA E DEFEITOS OCORRIDOS NO VISCOSÍMETRO.....	51
DIAGRAMA 4 – FLUXOGRAMA DE INSPEÇÃO DO VISCOSÍMETRO.....	54
DIAGRAMA 5 – GRÁFICO DE MELHORIAS APÓS INTEGRAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS.....	64

LISTA DE SIGLAS

ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
BBO	Bassin, Bousinesq & Ossen
CXV	Corsair quinze
CX	Corsair dez
SM	Solicitação de manutenção
EPI	Equipamento de proteção Individual
LUP	Lição de um Ponto
TAG	Código que é atribuído ao equipamento quando ele é identificado no plano de manutenção.

LISTA DE ABREVIATURAS

v1	válvula pneumática 1
v2	válvula pneumática 2
v3	válvula pneumática 3
NF	normalmente fechado
NA	normalmente aberto
T1	sensor indutivo 1
T2	sensor indutivo 2

LISTA DE SÍMBOLOS

P – massa específica

m – massa

v – volume

γ – peso específico

w – peso do fluido

g – gravidade

ΔP – variação de pressão

Δh – variação de altura

Q – vazão volumétrica

L – distância

D – diâmetro do tubo

ρ_S – densidade da esfera

ρ_f – densidade do fluido

V – velocidade terminal

Δt – intervalo de tempo

C_D – coeficiente de arrasto

D_t – diâmetro do tubo

μ - viscosidade de Stokes

Re_D – unidade de Reynolds

Bar- unidade de pressão equivalente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVO.....	16
1.1.1 Objetivo geral	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 FLEXOGRAFIA	20
2.2 MANUTENÇÕES EM EMPRESA DE EMBALAGEM	21
2.3 FLUÍDOS.....	22
2.3.1 Princípios básicos da mecânica dos fluídos	22
2.3.2 Definições de fluídos	23
2.3.3 Propriedades dos fluídos.....	25
2.3.4 Teorema de Stevin	27
2.4.1 Viscosímetro rotativo	28
2.4.2 Viscosímetro capilar e de queda livre.....	29
2.4.3 Viscosímetro copo Ford de escoamento permanente	31
2.4.4 As diferenças nos viscosímetros	32
2.4.5 Identificação do aparelho utilizado nas impressoras flexográficas em estudo.	33
2.6 ESTUDOS DO MÉTODO STOKES.....	33
2.7 GRÁFICOS DE PARETO	37
2.8 LEVANTAMENTOS DE DADOS DO VISCOSÍMETRO	37
2.9 ESQUEMAS PNEUMÁTICOS DO APARELHO VISCOSÍMETRO.....	40
2.10 PNEUMÁTICA EM VISCOSÍMETRO	41
2.11 FLUXOS DOS FLUÍDOS PELO VISCOSÍMETRO	42
2.12 DESCRIÇÃO PASSO A PASSO DO PROCESSO DE LEITURA.....	43
2.13 DIAGRAMAS DE INSTALAÇÃO	45
2.14 PARTES E PEÇAS DO VISCOSÍMETRO.....	46
2.15 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	48

3	DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO.....	50
3.1	DESCRIÇÕES DO PROCEDIMENTO	49
3.2	ESTRATIFICAÇÕES DE FALHAS OCORRIDAS	50
3.3	PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAR POSSÍVEIS FALHAS E DEFEITOS	52
3.3.2	Limpeza do aparelho de viscosidade	54
3.4	PROCEDIMENTOS A SEGUIR EM CASO DE PROBLEMAS	55
3.4.1	Ajustes após montagem	55
3.4.3	Inspeções de rotina	61
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
	APÊNDICE A – Sentido de vazão das válvulas.....	67
	APÊNDICE B – Esquema pneumático do viscosímetro.....	69
	ANEXO A – Fluxograma de inspeção visual.....	71

1 INTRODUÇÃO

A impressão flexográfica baseia-se no mesmo sistema da tipografia, ou seja, possui a matriz em alto relevo, porém esta é flexível, sob forma de clichês de foto-polímeros gravados num processo fotoquímico. Estes clichês são fixados num cilindro que, quando em impressão, entram em contato com outro cilindro carregado de tinta. Uma vez “entintado”, o clichê transfere a tinta para o suporte por uma espátula que entra em contato com o cilindro aplicador.

Devido a sua viscosidade, suas condições se alteram, como rigidez e tempo de secagem do material, através de aditivos e solventes inseridos na tinta que são controlados automaticamente pelo Viscosímetro. A principal dificuldade na área de impressão de uma empresa de embalagem é manter a qualidade de impressão, o encaixe das cores e também a tonalidade da impressão.

O viscosímetro é um aparelho de vital importância, tendo em vista que auxilia no processo de impressão. Com a aplicação do procedimento de manutenção, pretende-se obter um ganho considerável de tempo, pois cada coluna de impressão possui somente uma cor, e uma impressora flexográfica contém normalmente de oito a dez colunas, necessitando de controle da viscosidade em suas tintas. Além disso, há um o gasto de peças retiradas pelo mantenedor do estoque em ações corretivas, que são importadas, sem a necessidade por uso excessivo e pela falta de conhecimento.

1.1 OBJETIVO

A seguir, descreveremos os objetivos geral e específicos a serem seguidos no decorrer do trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho elaborou um procedimento de manutenção de um aparelho de controle e medição de viscosidade de tinta flexográfica (viscosímetro), utilizando testes pneumáticos, auxiliando os mantenedores na hora de execução da manutenção do aparelho, e aplicando a teoria de aulas na prática em campo.

1.1.2 Objetivos específicos

- 1º. Estudar os tipos de manutenção de aparelho de medição em uma empresa de embalagens, em uma máquina impressora flexográfica, e a necessidade do aparelho no setor de embalagens flexográficas.
- 2º. Estudar os princípios dos fluídos, definições e suas propriedades.
- 3º. Estudar o aparelho de medição de viscosidade, seus tipos, aspectos que os diferem e o método de Stokes utilizado no viscosímetro em questão.
- 4º. Desenvolver o procedimento de manutenção, sua finalidade, identificação do aparelho viscosímetro, análise do esquema pneumático, descrição do fluído em trabalho no viscosímetro e apresentação de melhorias.
- 5º. Relatar a importância do procedimento em uma empresa de embalagens e o resultado alcançado.

1.2 JUSTIFICATIVA

A principal dificuldade na área de impressão de uma empresa de embalagem é manter a qualidade de impressão, o encaixe das cores e também a tonalidade da impressão.

Determinando o grau de viscosidade e controlando-o automaticamente, mantemos a qualidade de impressão, e aumentamos proporcionalmente o ganho no tempo operacional, não ocupando o operador com ensaios convencionais como “Copo Ford”, ensaio este realizado com coleta da tinta no reservatório e medição por um cronômetro manual para verificação do tempo de escorrimento por um orifício já pré-determinado. O ganho com tempo é considerável, já que uma impressora flexográfica contém de oito a dez colunas de impressão com tintas de cores variadas e necessita de monitoramento da viscosidade.

O viscosímetro é um aparelho que sempre gerou dúvidas de seu funcionamento entre os técnicos de manutenção da empresa, por não ter manuais ou procedimentos existentes, e com problemas constantes na rotina de muitos técnicos. Outro aspecto observado estava no gasto com perdas de materiais de estoque importados do viscosímetro, por uso inadequado e sem necessidade.

Com a elaboração do procedimento de manutenção do viscosímetro, haverá eliminação de perdas, uma diminuição do tempo resposta e eficiência da qualidade do material impresso, melhorando assim a operacionalidade dos funcionários de manutenção.

1.3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1, apresentamos o processo de impressão flexográfica com ênfase na importância do aparelho de medição de viscosidade no controle das tintas, e na a dificuldade entre os técnicos de manutenção em atuar na manutenção corretiva.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica e explica como funciona uma impressora flexográfica, demonstra a importância da manutenção em uma empresa de embalagens, as definições de fluidos e suas propriedades, as diferenças entre os aparelhos de viscosidades e identifica o aparelho de medição de Stokes utilizado na impressora flexográfica. Além disso, esta seção descreve os fluxos das tintas pelo aparelho de viscosidade e esquemas pneumáticos assim como traz um passo a passo da leitura do sistema de ensaio de viscosidade.

O Capítulo 3 discorre sobre o desenvolvimento dos procedimentos de manutenção e apresenta um gráfico estratificado das frequências e ordem de prioridade, as causas dos problemas com o viscosímetro, gerando uma tabela de causa e ação determinando procedimentos de inspeções e um fluxograma visual, ajustes a seguir em caso de problemas após a montagem, e testes pneumáticos para fazer ensaios em bancada, assim apresentando as melhorias.

O Capítulo 4 apresenta a conclusão do desenvolvimento do trabalho, o conhecimento alcançado ao decorrer do processo de estudos e a visão de uma manutenção em ambiente industrial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir teremos as informações estudadas para a elaboração dos procedimentos de manutenção, retiradas de alguns livros e manuais.

2.1 FLEXOGRAFIA

Flexografia é uma forma de impressão com chapa em relevo, feita de borracha conhecida como clichê (Figura 1). A área a ser impressa está em relevo, quando a superfície é entintada, a área ao redor, sendo mais baixa não recebe tinta e, portanto não imprime. A tinta é transferida do clichê diretamente para o suporte, conhecido como filme de embalagem flexível e comumente utilizado em embalagens de produtos.

A tinta flexográfica tem o seu excesso retirado por uma espátula que entra em contato com o cilindro aplicador. É devido a sua viscosidade que se alteram várias condições, como rigidez e tempo de secagem do material através de aditivos e solventes inseridos na tinta, que são controlados automaticamente pelo Viscosímetro (Figura 2). Este aparelho automático mede e controla o fluído de trabalho que neste caso é a tinta flexográfica, e quando a viscosidade é maior que a desejada, dissolve a tinta com um solvente até o valor estabelecido pelo operador.



Figura 1 -- Sistema de impressão em clichê

Fonte: [http://flexomagazine.blogspot.com.br/acesso 31\01\2014](http://flexomagazine.blogspot.com.br/acesso%2031%2F01%2F2014)



Figura 2- Aparelho de medição: viscosímetro

Fonte: Manual técnico Fasnacht

2.2 MANUTENÇÕES EM EMPRESA DE EMBALAGEM

Algumas definições levam as empresas de embalagem a mudarem sua visão sobre o papel da manutenção, são estas: maiores exigências de qualidade e de produtividade ditadas pelo mercado e por novas filosofias de gerenciamento de Manufatura e da Qualidade; crescente desenvolvimento de novas tecnologias, da automação e da complexidade dos equipamentos; maior competitividade das empresas e maior rigor na elaboração e aplicação de regulamentações sobre segurança dos trabalhadores e do meio ambiente, (ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção).

Com base nas definições apresentadas, pode-se dizer então que a Manutenção é o ato de estabelecer e gerenciar de forma contínua e sistemática as ações para eliminações de falhas já ocorridas e controlar os potenciais dos equipamentos, além de garantir a saúde e segurança de seus usuários e a preservação do meio ambiente.

Como no processo de impressão de embalagens a qualidade é proporcional à produção, a garantia dos controles das tintas está em grau de prioridade, e aparelhos como viscosímetros estão sempre criando dúvidas a respeito de seu funcionamento. Os técnicos mantenedores devem sempre estar preparados com ferramentas apropriadas para poder acelerar as intervenções dos equipamentos e acessórios, como procedimentos, esquemas e peças em estoque para garantir eficiência e rapidez.

2.3 FLUÍDOS

O estudo do fluido foi de grande importância para o projeto, pois determinou como os líquidos se comportam, e como deveremos utilizar suas características para o controle do processo.

2.3.1 Princípios básicos da mecânica dos fluidos

A mecânica dos fluidos é o ramo da mecânica que estuda o comportamento físico dos fluidos e suas propriedades. Os aspectos teóricos e práticos da mecânica dos fluidos são de fundamental importância para a solução de diversos problemas encontrados habitualmente na engenharia, sendo suas principais aplicações destinadas ao estudo de escoamentos de líquidos e gases, máquinas hidráulicas, aplicações pneumáticas de hidráulica industrial, sistema de ventilação e ar condicionado (ASSY, 2004).

O estudo da mecânica dos fluidos é dividido basicamente em dois ramos, a saber: a estática dos fluidos e a dinâmica dos fluidos. Aquela trata das propriedades e leis físicas que regem o comportamento dos fluidos livres da ação de forças externas, ou seja, nesta situação o fluido se encontra em repouso ou então com deslocamento em velocidade constante. Esta, por sua vez, é responsável pelo estudo e comportamento dos fluidos em regime de movimento acelerado no qual se faz presente a ação de forças externas responsáveis pelo transporte de massa (ASSY, 2004).

Desta forma, percebe-se que o estudo da mecânica dos fluidos está relacionado a muitos processos industriais presentes na engenharia e sua compreensão representa um dos pontos fundamentais para a solução de problemas geralmente encontrados nos processos industriais. No processo de embalagens, o fluido em estudo é a tinta, que está sempre em movimento e é transportada pelas tubulações entre a bomba pneumática e a banheira de tinta. Porém, quando se faz a leitura pelo viscosímetro, a tinta apresenta velocidade nula ou zero, pois é neste momento que se verifica a velocidade do corpo de prova no aparelho.

2.3.2 Definições de fluidos

Fluídos: (adjetivo). Diz-se dos corpos (gases e líquidos) que, não tendo forma própria, se deformam facilmente (HOLANDA, 1988).

Um fluido é caracterizado como uma substância que se deforma continuamente quando submetido a uma tensão de cisalhamento, não importando o quão pequena possa ser esta tensão. Os fluídos incluem os líquidos, os gases, os plasmas e de certa maneira os sólidos plásticos. A principal característica dos fluídos está relacionada à propriedade de não resistir à deformação e apresentam a capacidade de fluir, ou seja, possuem a habilidade de tomar a forma de seus recipientes. Esta propriedade é proveniente da sua incapacidade de suportar uma tensão de cisalhamento em equilíbrio estático (ASSY, 2004).

Os fluídos podem ser classificados como: Fluido Newtoniano ou Fluido não Newtoniano. Esta classificação está associada à caracterização da tensão como linear ou não linear no que diz respeito à dependência desta tensão com relação à deformação e à sua derivada.

Os fluídos também são divididos em líquidos e gases (Figura 3. Os líquidos formam uma superfície livre, isto é, quando em repouso apresentam uma superfície estacionária não determinada pelo recipiente que o contém. A superfície livre característica dos líquidos é uma propriedade da presença de tensão interna e atração/repulsão entre as moléculas do fluido, bem como da relação entre as tensões internas do líquido com o fluido ou sólido que o limita (FEM...19/07/2013). Os gases apresentam a propriedade de se expandirem livremente quando não confinados (ou contidos) por um recipiente, não formando, portanto, uma superfície livre.



Figura 3- Estado físico dos fluídos

Fonte: www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc, acesso 17/05/2013

Um fluído que apresenta resistência à redução de volume próprio é denominado fluído incompressível, enquanto que o fluído que responde com uma redução de seu volume próprio ao ser submetido à ação de uma força é denominado fluído compressível (ASSY, Tufi Mamed. 2004).

2.3.3 Propriedades dos fluídos

Algumas propriedades são fundamentais para análise de um fluído e representam a base para o estudo da mecânica dos fluídos. Essas propriedades são específicas para cada tipo de substância avaliada e são muito importantes para uma correta avaliação dos problemas comumente encontrados na indústria de embalagens. Dentre essas propriedades, podemos citar: a massa específica, o peso específico e o peso específico relativo.

2.3.3.1 Massa específica

Representa a relação entre a massa de uma determinada substância e o volume ocupado por ela. A massa específica pode ser quantificada através da aplicação da equação 1:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Onde (ρ) massa específica em kg/m^3 é igual a (m) massa em Kg dividida pelo (V) volume em m^3 .

2.3.3.2 Peso específico

É a relação entre o peso de um fluido e o volume ocupado. Seu valor pode ser obtido pela aplicação da equação 2 a seguir:

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (2)$$

Onde: γ =peso específico (N/m^3), W =peso do fluido (N) e V =volume (m^3)

A equação do peso é definida pelo princípio fundamental da dinâmica da 2ª lei de Newton:

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{V} \quad (3)$$

Onde: γ =peso específico (N/m³), m =massa (Kg), g =gravidade (m/s²) e V =volume (m³).

A partir da análise das equações acima, é possível verificar que existe uma relação entre a massa específica de um fluido e seu peso específico, e assim, pode-se escrever a equação 4:

$$\boldsymbol{\gamma = \rho \cdot g} \quad (4)$$

Onde: γ = peso específico (N/m³)

2.3.4 Teorema de Stevin

Também é conhecido como teorema fundamental da hidrostática e sua definição é de grande importância para a determinação da pressão atuante em qualquer ponto de uma coluna de líquido.

O teorema de Stevin diz que “A diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em repouso é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de cota entre os dois pontos avaliados”, matematicamente esta relação pode ser escrita do seguinte modo:

$$\boldsymbol{\Delta P = \gamma \cdot \Delta h} \quad (5)$$

Onde: ΔP = Variação de pressão (Pa),

γ = peso específico (N/m³) e

Δh = Variação de altura (m)

Para nosso trabalho, o Teorema de Stevin confirma que a pressão do fluido no início da contagem é diferente da que encontramos ao final. Em adição

a isto, o peso específico é um dos fatores para avaliar a viscosidade, conforme a lei de Stokes.

2.4 APARELHOS DE MEDIÇÃO DE VISCOSIDADE

Viscosímetros são instrumentos utilizados para medir a viscosidade de líquidos. Eles podem ser classificados em dois grupos: primário e secundário. No grupo primário, enquadram-se os instrumentos que realizam uma medida direta da tensão e da taxa de deformação da amostra de fluido. Os viscosímetros do grupo secundário inferem a razão entre a tensão aplicada e a taxa de deformação por meios indiretos, isto é, sem medir a tensão e deformação diretamente.

2.4.1 Viscosímetro rotativo

Instrumentos com diversos arranjos podem ser concebidos para este fim: entre eles há o de disco, de cone-disco e de cilindro rotativo, mostrados na Figura 4. Para uma medição precisa dessa força, é necessária a ausência de sujeiras e gorduras na haste, assim como também ausência de bolhas no interior do fluido que se deve ensaiar. Estes ensaios utilizam movimentos rotativos, onde o êmbolo de formas disco, cone-disco e cilindro ficam girando numa rotação constante e, quando inserido o fluido a ser ensaiado ao recipiente, esta velocidade varia conforme sua taxa de deformação.

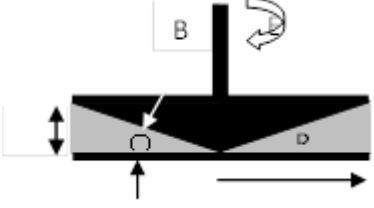
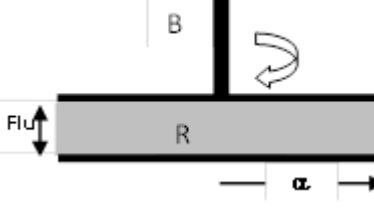
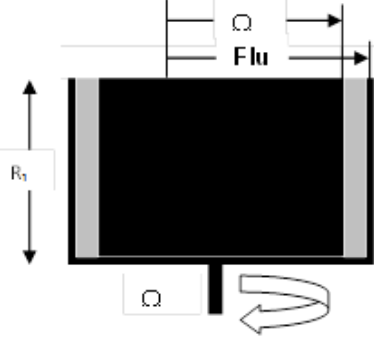
	Ensaio de Viscosidade em cone-disco
	Ensaio de viscosidade em disco
	Ensaio de viscosidade em cilindro rotativo

Figura 4- Representação esquemática dos viscosímetros primários.

Fonte: www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc, acesso 17/05/2013

O Viscosímetro Brookfield mede a viscosidade através da medição do torque necessário para girar uma haste submersa em um fluido a uma velocidade constante onde o torque é proporcional à viscosidade.

2.4.2 Viscosímetro capilar e de queda livre

O Viscosímetro de tipo capilar utiliza escoamentos através de um capilar para líquido opaco ou transparente, sendo utilizado para viscosidade cinemática, ou seja, da força da gravidade. O viscosímetro de Stokes também se encaixa nesta classificação, em que a força da gravidade é determinada pelo tempo de queda livre de uma esfera, conforme a Figura 5 ilustra.

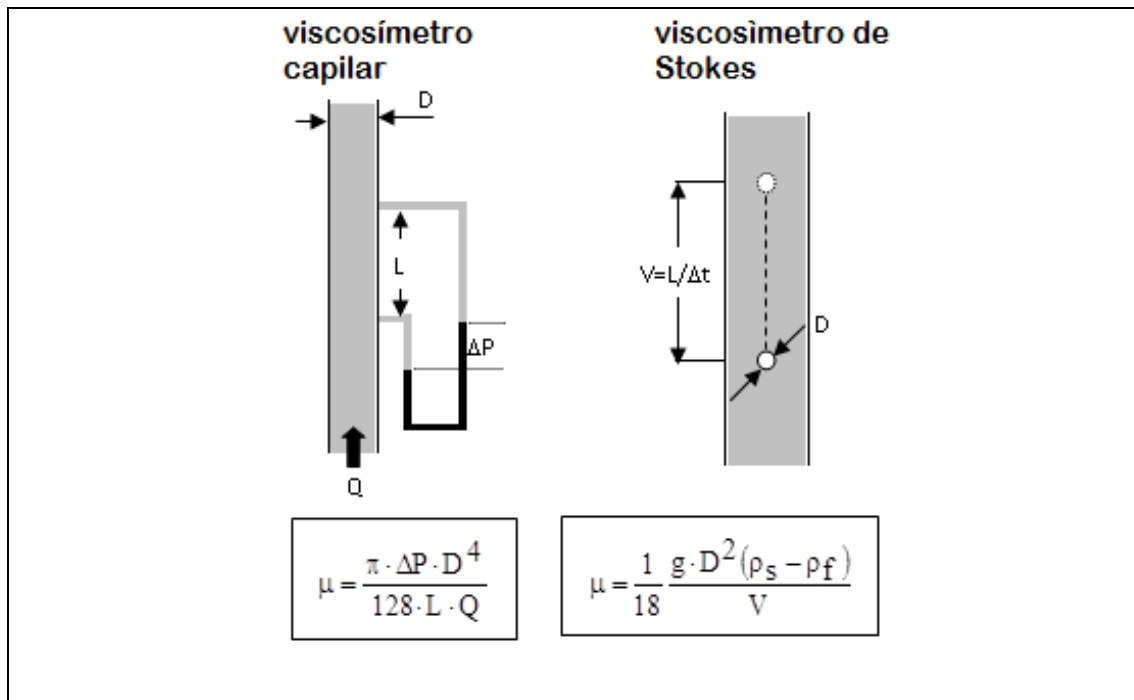


Figura 5- Representação esquemática dos viscosímetros capilar e de Stokes.

Fonte: www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc, acesso 17/05/2013

O viscosímetro capilar Q , L , ΔP e D mostra, respectivamente, a vazão volumétrica, a distância entre as tomadas de pressão, o diferencial de pressão e o diâmetro do tubo capilar. Esta relação aplica-se para um escoamento de Poiseuille, isto é, um escoamento em regime laminar e hidrodinamicamente desenvolvido.

No viscosímetro de Stokes, as variáveis g , D , ρ_s , ρ_f , e V representam, respectivamente, a aceleração da gravidade, o diâmetro da esfera, a densidade da esfera, a densidade do fluido e a velocidade terminal de queda livre, isto é, a razão entre a distância L e o intervalo de tempo Δt . Esta relação aplica-se somente para esferas em queda livre em meio infinito com Reynolds menores que 1.

Como os viscosímetros primários realizam medidas diretas da taxa de deformação e da tensão, eles podem ser aplicados para ensaios tanto de fluidos Newtonianos como de fluidos não-Newtonianos e/ou visco-elástico. Os viscosímetros secundários, por outro lado, aplicam-se principalmente a fluidos Newtonianos, por medirem a viscosidade indiretamente.

2.4.3 Viscosímetro Copo Ford de escoamento permanente

Este aparelho é utilizado para a determinação de viscosidade cinemática. É muito usado em líquidos com propriedades Newtonianas (flúidos de comportamento simples) para se obter a viscosidade através de escoamento. Este procedimento consiste em uma técnica rápida e simples, mas adequada para tintas: registra-se o tempo que leva para esvaziar o copo e a partir daí estima-se a viscosidade, sendo que os ensaios são feitos a aproximadamente 20°C. É o caso do viscosímetro conhecido como “copo Ford”, figura 6.



Figura 6- Copo Ford, instrumento de medição de viscosidade manual.

Fonte: <http://www.hansenic.com.br/equimedicao>, acesso 17/05/2013

Em outras palavras, este é um método simples, rápido e que requer um pequeno volume de amostra de fluído. Assim, ele é muito utilizado industrialmente. Apesar de medir somente a viscosidade do fluído à temperatura ambiente, é bastante adequado para fluídos que “sujam” ou “aderem”, como tintas e vernizes, dada a facilidade de limpeza. Dimensões do copo Ford e detalhes do “giclê” (orifício) estão na Figura 7.

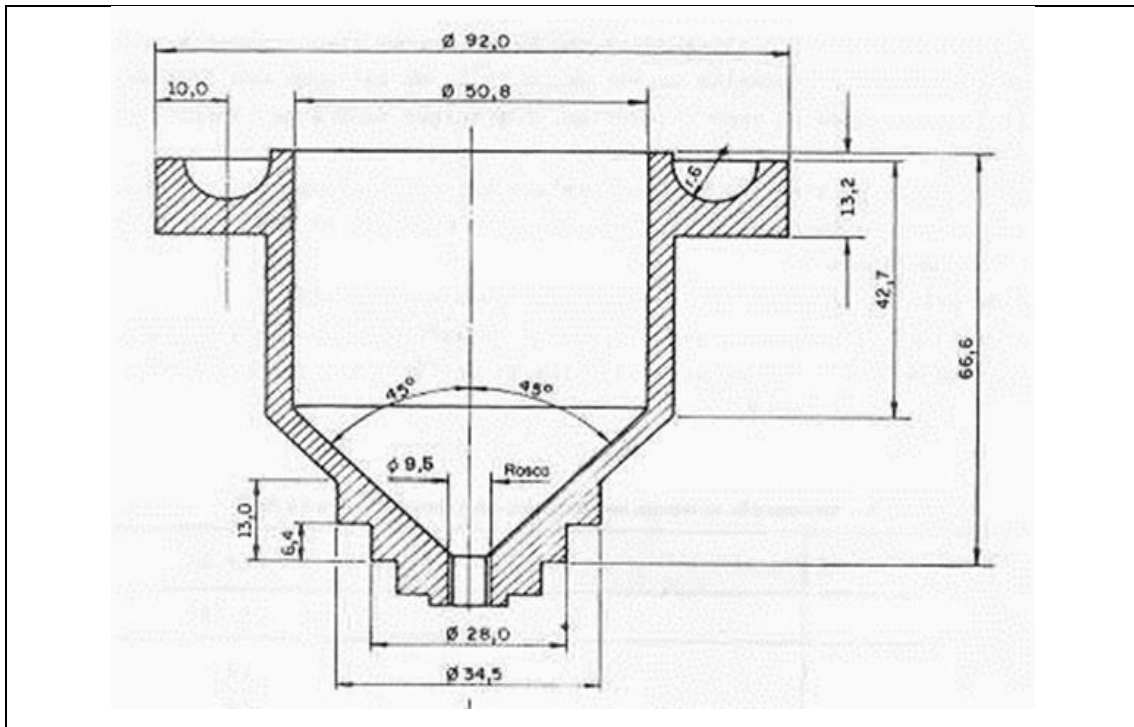


Figura 7-Uma representação esquemática do Copo Ford.

Fonte: www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc, acesso 17/05/2013

O princípio operacional do copo Ford é similar ao do viscosímetro capilar. Em primeira aproximação, pode-se supor um regime de escoamento “quase permanente” durante o esvaziamento do copo e ainda desprezar qualquer perda no mesmo, somente o escoamento através do orifício será considerado.

2.4.4 As diferenças nos viscosímetros

Os viscosímetros primários realizam uma medida direta da taxa de deformação e da tensão enquanto os viscosímetros secundários usam outros valores como pressão e variação do tempo de queda e fluxo sendo esta a principal diferença entre eles. Outros aspectos diferenciadores são:

- O volume requerido de amostra nos viscosímetros de disco e cone disco é menor;

- A faixa operacional nos viscosímetros de disco e cone-disco é maior;
- O custo do viscosímetro de Stokes é menor; e necessita de fluído translúcido para fazer a contagem de queda do corpo de prova;
- Requererem o menor volume de fluído;
- Os viscosímetros de disco e cone-disco são os que mais facilmente se adaptam para ensaios em temperaturas diferentes da temperatura ambiente.

2.4.5 Identificação do aparelho utilizado nas impressoras flexográficas em estudo.

O Medidor e controlador de viscosidade FKR-S4, fabricado por Fasnacht & CO, é composto por um bloco de válvulas de controle do fluído manipulados por um software, aplicando solvente à tinta flexográfica, utilizando como processo de medição o ensaio de Stokes, tempo percorrido entre dois pontos por um corpo de prova. Este medidor possui sensores indutivos que identificam o corpo de prova pelo tubo de ensaio, facilitando assim o uso de tintas opacas. Além disso, também possui um sensor de temperatura acoplado aos seus tubos.

2.6 ESTUDOS DO MÉTODO STOKES

O princípio operacional do viscosímetro de Stokes baseia-se na determinação da velocidade de queda livre de uma esfera através do fluído, do qual se deseja obter a viscosidade, conforme apostila Determinação da viscosidade (FEM...19/07/2013), Figura 8.

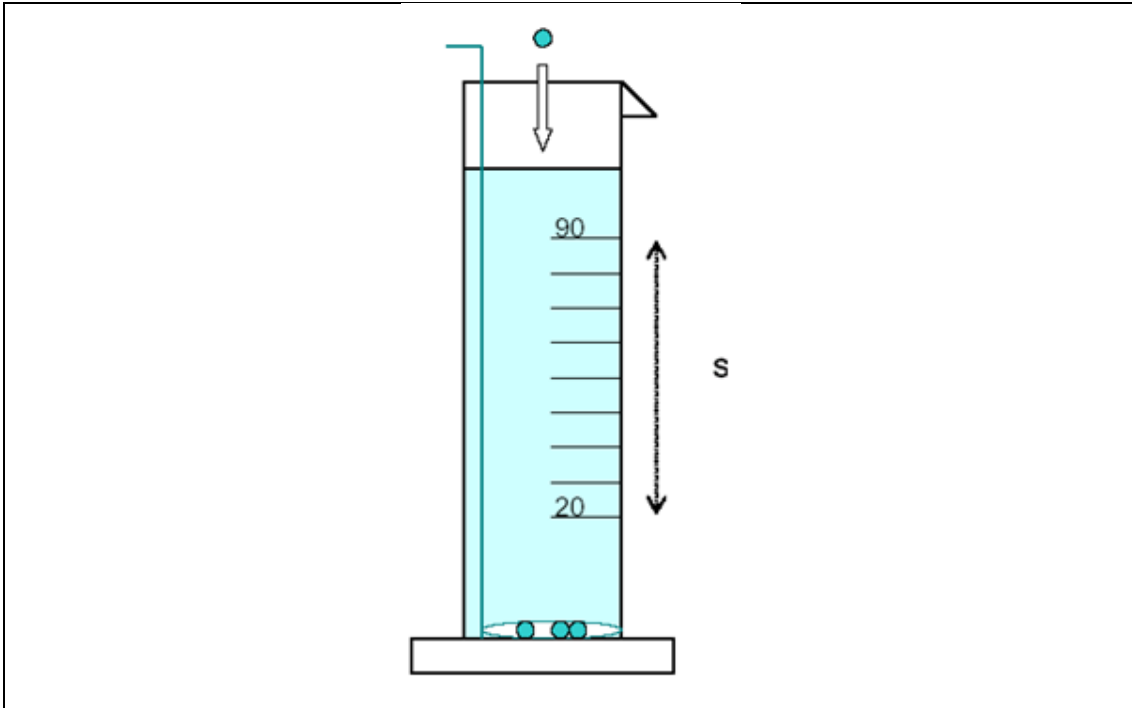


Figura 8- Representação do ensaio de Stokes.

Fonte: www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc, acesso 17/05/2013

A esfera, sendo lançada no fluido estacionário, estará sujeita a um conjunto de forças definidas pela equação denominada “BBO”, Bassin, Bousinesq & Ossen, (Hinze 1959):

$$\underbrace{\frac{\pi}{6} D^3 \rho_s \frac{dV}{dt}}_{\text{Acel Esfera}} = - \underbrace{3\pi \cdot \mu \cdot D \cdot V}_{\text{Arrasto}} - \underbrace{\frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{6} D^3 \rho_f \frac{dV}{dt}}_{\text{Massa Virtual}} - \underbrace{\frac{3}{2} D^2 \sqrt{\pi \rho_f \cdot \mu} \int_0^t \frac{dV}{dt} \frac{d\tau}{\sqrt{t-\tau}}}_{\text{Força de Basset}} + \underbrace{\frac{\pi}{6} D^3 (\rho_s - \rho_f) \cdot g}_{\text{Peso - Empuxo}} \quad (6)$$

Onde D é o diâmetro da esfera, dV/dt a aceleração da esfera e ρ_s e ρ_f as densidades da esfera e do fluido, respectivamente. Uma solução geral desta equação integral-diferencial pode ser encontrada em Yih (1977).

Neste viscosímetro, há uma distância equivalente a 50 diâmetros da medida do tubo de ensaio, do ponto de lançamento da esfera até o fundo do tubo, a esfera atinge a velocidade terminal, isto é, dV/dt é nulo. A Eq. (6) se reduz então a um balanço entre a força de arrasto e a diferença Peso – Empuxo, conforme ilustra a figura 9.

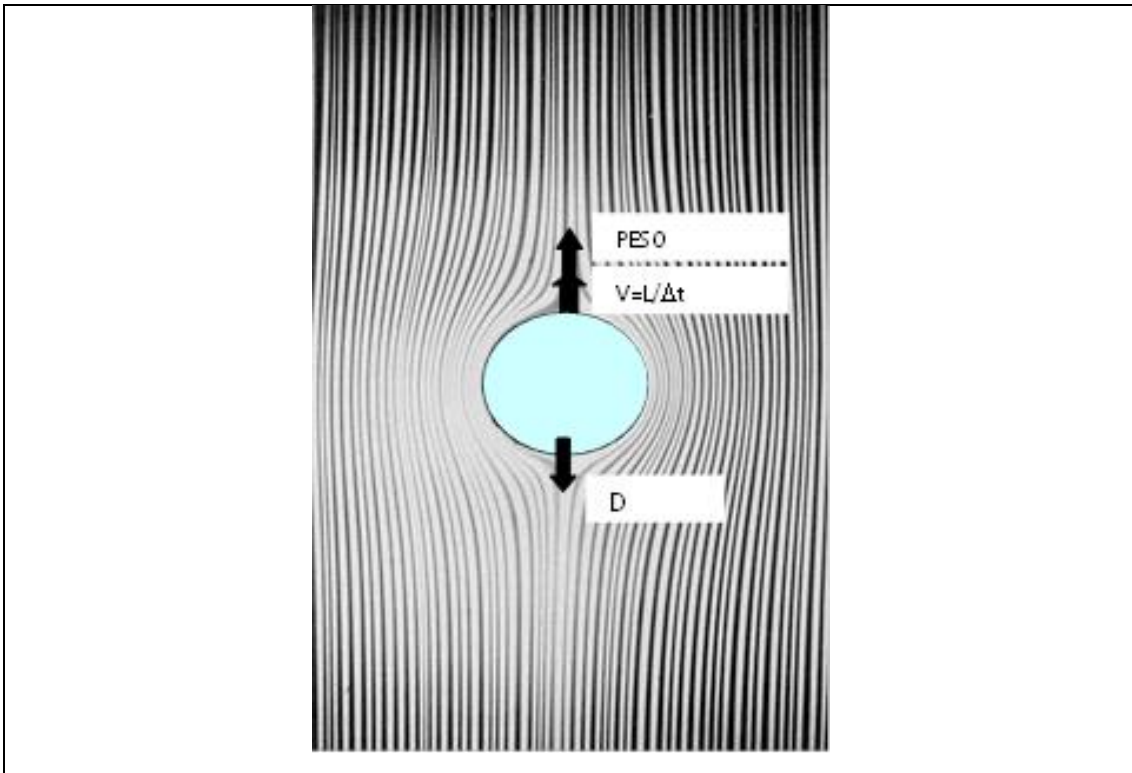


Figura 9- Balanço de forças e visualização das linhas de correntes em uma esfera em queda livre.

Fonte: www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc, acesso 17/05/2013

A força de arrasto pode ser expressa em termos do coeficiente de arrasto, C_D , (White, 1991).

$$C_D = \frac{3\pi\mu DV}{\rho_f V^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}} \equiv \frac{24}{Re_D}, \quad (7)$$

$$Re_D = \frac{\rho \cdot D \cdot V}{\mu},$$

Onde

Ficando para cálculo o balanço de forças para o escoamento permanente dado pela Eq. (8),

$$C_D \cdot \frac{1}{2} \rho_f V^2 \cdot \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) = \frac{\pi D^3}{6} (\rho_s - \rho_f) g, \quad (8)$$

Esta solução foi obtida analiticamente pela primeira vez em 1851, por Stokes. Ela é considerada um dos grandes sucessos na área de Mecânica dos Flúidos, pois prevê, com precisão, o arrasto de uma esfera a partir de fundamentos teóricos. Evidentemente, a validade da solução é restrita a escoamentos com ausência de inércia, isto é, para regimes com Reynolds inferiores à unidade. Uma comparação entre a Eq. (8) e dados experimentais é mostrada no diagrama 1.

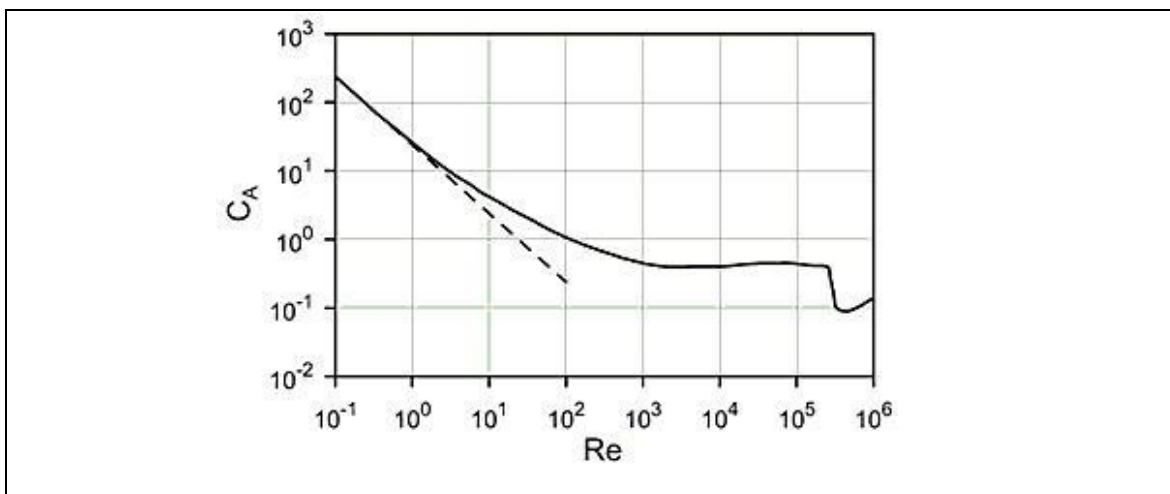


DIAGRAMA 1- Coeficiente de arrasto para esfera

Fonte: www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc, acesso 17/05/2013

Deve-se ressaltar que a Eq. (9) aplica-se a um meio infinito. A presença das paredes do viscosímetro causa um aumento no coeficiente de arrasto e deve ser corrigido como proposto por Landenberg, em Brodkey 1967:

$$C_D = \frac{24}{Re_D} \left(1 + 2.0144 \frac{D}{D_t} \right), \quad (9)$$

Onde \$D_t\$ é o diâmetro do tubo do viscosímetro. A relação aplica-se somente para esferas lançadas na linha de centro do tubo. Substituindo-se Eq. (8) na Eq. (9) e resolvendo para \$\mu\$, obtém-se a expressão de trabalho para o viscosímetro de Stokes, Eq. (10), desde que \$Re_D\$ seja menor do que a unidade.

$$\mu = \frac{1}{18} \frac{g \cdot D^2 (\rho_s - \rho_f)}{V \cdot \left(1 + 2.1044 \frac{D}{D_t}\right)}$$

(10)

2.7 GRÁFICOS DE PARETO

O gráfico de barras ordena a frequência das ocorrências, da maior para menor, permitindo a priorização dos problemas. Este gráfico mostra ainda a curva de porcentagens acumuladas, sendo que sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre o mesmo (XENOS, 1998).

Essas causas fazem parte dos fatores que compõem um processo: equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos (CHAMBERS et al, 2002.)

2.8 LEVANTAMENTOS DE DADOS DO VISCOSÍMETRO

Através de relatório de turno e SM (solicitação de manutenção), foram levantados dados de várias informações pertinentes, os quais demonstram o grau de repetitividade de manutenções do viscosímetro.

Relatório 19/04/2009						
Equipamento	SM	Horário	Parada por corretiva	Oficina	Ocorrência	Executante
Impressora CXV	57029	06h 10min	não	mecânica	Problema com leitura do viscosímetro, onde foram encontrados os filtros de tinta e solvente entupidos, após limpeza voltou ao funcionamento normal.	Roosevelt Marcelo

Figura 10: Relatório de turno

Fonte: autoria empresa

Este relatório do dia 19/04/2009 descreve os equipamentos na primeira coluna: Impressora CXV, Impressora CX. Na segunda coluna, os números das SM, quando houver: SM: 57029. A terceira coluna contém o horário da ocorrência. A quarta por sua vez, apresenta o tipo de oficina responsável. Na quinta coluna, obtêm-se dados da falha ou defeito e respectiva solução. Por fim, a sexta e última coluna apresenta o mantenedor responsável.

Um exemplo é o mostrado na figura 11 (logo abaixo), o qual descreve erro de leitura do aparelho viscosímetro na máquina CXV às 6h10min sem a necessidade de parar a máquina, mas foi necessário medir o tempo de viscosidade manualmente, com acessório copo Ford a atuação mecânica foi de responsabilidade dos mantenedores e Marcelo Paiva.

O campo classificado como SM (solicitação de manutenção) também descreve detalhadamente as falhas ocorridas do aparelho de medição e controle de viscosidade, demonstrando o tempo de execução de manutenção que o mantenedor precisou para resolver tal problema, as SMs são procedimentos adotados pelo setor de manutenção e emitidos pelo operador de máquina, descrevendo o problema como ele a vê, ou seja, o modo de falha que é visível, datando a mesma e endereçando com centro de custo do equipamento. O restante da SM é preenchido pelo mantenedor conforme o andamento da intervenção, descrevendo o início da intervenção e seu término, além do endereço de sua localização pelo TAG (código atribuído a um componente da máquina).

SM - SOLICITAÇÃO DA MANUTENÇÃO							N° 53591
Setor Solicitante:	Nome do Solicitante	Data Emissão	Hora Emissão	Nome Máquina	N° Máquina	C. C.:	
Impressão	Geraldo	19/08/2009	04:37	CXV	8515	30337	
CAUSA PROVÁVEL : <input type="checkbox"/> MECÂNICA <input type="checkbox"/> ELÉTRICA <input type="checkbox"/> HIDRA/PNEUMÁTICA <input type="checkbox"/> OUTROS							
Descrição da Falha: Falha de leitura do viscosímetro							
Tipo de Serviço: MÁQUINA PARADA POR MANUTENÇÃO							
MÁQUINA PARADA PCP <input type="checkbox"/>	MÁQUINA FUNCIONAMENTO <input type="checkbox"/>			MÁQUINA PARADA POR MANUTENÇÃO <input checked="" type="checkbox"/>	MANUTENÇÃO PROGRAMADA <input type="checkbox"/>		
Nome/RE	Notificado	Início	Término	Gerenciador	TAG	Aprovação do Solicitante	
Roosevelt	Data:	18/08/2009	#####	00:34	8515COL-04-VISC-COL-8		
Marcelo P.							
Fabio	Hora:	04:34	05:08				
Caetano							
Orientação para o Preenchimento		Detalhes do Fenômeno					
1- Componente?	O que: viscosímetro coluna 8						
2- O que aconteceu? (SINTOMA)	O que: Não leitura						
3- Porquê? (CAUSA)	obstrução da tinta no aparelho						
Descrição do Serviço (INTERVENÇÃO)							
Ações de reparo com êxito: escreva o que se tentou fazer para reestabelecer a condição de trabalho que se obteve êxito. Caso achar necessário colocar as ações sem êxito.							
Falha na leitura do aparelho, foi analizado sistemas pneumáticos e atuação do corpo de prova, não atuou os sensores, verificado saída de tinta onde constatou que não atuava. Desligado alimentação de tinta e da entrada do solvente para verificar filtro Y, onde o mesmo estava obstruído com ressecamento da tinta, lavado mesmo com solvente e liberado máquina OK.							

Figura 11-SM (solicitação de manutenção)

Fonte: Autor empresa

2.9 ESQUEMAS PNEUMÁTICOS DO APARELHO VISCOSÍMETRO

A figura 12 traz o esquema pneumático digitalizado, encontrado no catálogo Fasnacht do aparelho viscosímetro, e ao lado direito o esquema do reservatório de tinta.

O esquema digitalizado está dividido em três partes separadas por uma linha, ponto traço ponto, primeira parte superior do esquema os componentes que se encontra no painel de controle do operador na máquina, ao centro do esquema o que se encontra no meio da coluna de impressão, e na parte inferior os que se encontram no painel lado transmissão.

O viscosímetro está localizado na parte frontal do painel da máquina, bomba de tinta e alimentações pneumáticas em baixo da banheira de tinta, e no painel pneumático lado do motor está o conjunto de válvulas eletropneumáticas para comando do viscosímetro e comando das bombas de tinta e controle de pressão.

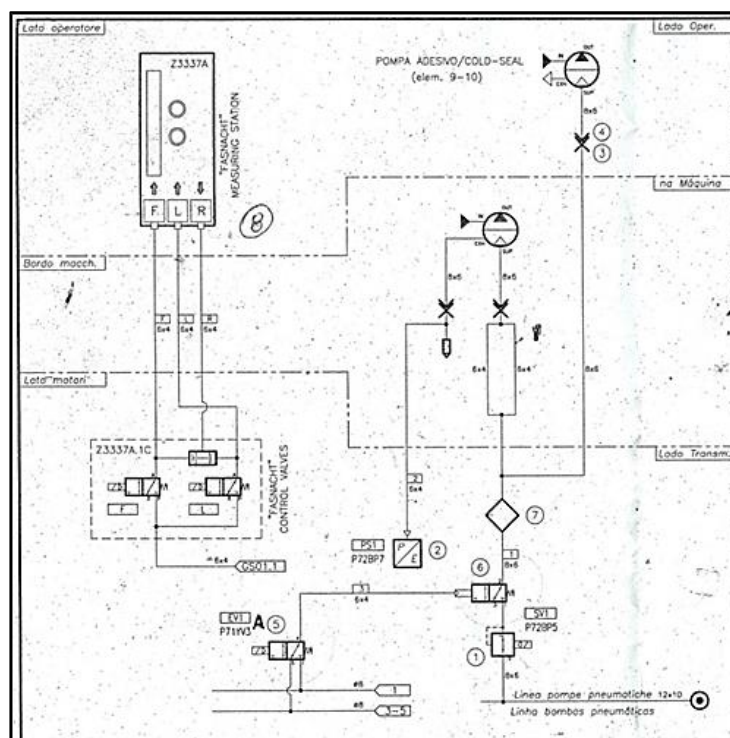


Figura 12- Cópia do esquema pneumático do sistema de medição de viscosidade.

Fonte: Manual técnico Fasnacht

2.10 PNEUMÁTICA EM VISCOSÍMETRO

A pneumática é uma área importante de se abordar, como a energia limpa e o ar comprimido como fluido de trabalho, atuando os blocos pneumáticos através de comandos de eletroválvulas, assim direcionando os blocos pneumáticos que controlam o aparelho viscosímetro. A figura 13 descreve uma condição de vazão da tinta flexográfica, representando a tinta de cor verde e o solvente com a cor vermelha.

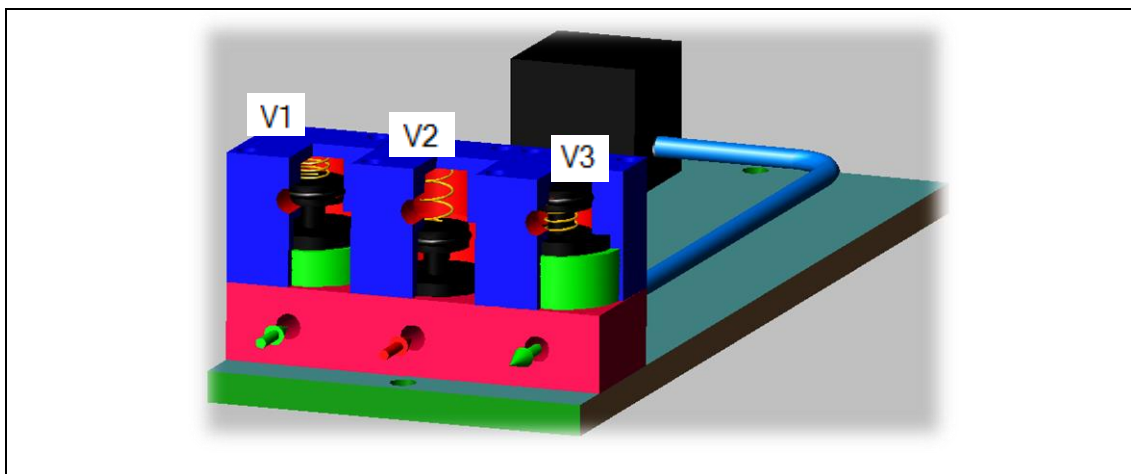


Figura 13- Indicação de sentido da vazão pelas válvulas pneumáticas

Fonte: Do próprio autor

Há três válvulas de diafragma que direcionam a vazão dos fluídos no funcionamento do viscosímetro: uma delas permite a entrada da tinta V1, a outra é destinada ao solvente V2 e a V3 permite o retorno de tinta para o sistema. Esse bloco pneumático é comandado por um grupo de válvulas eletropneumáticas (figura 14), que controlados pelo software do sistema Fasnacht, utilizam da lógica programada para fazer os cálculos de medição e dosagem da tinta.



Figura 14- Válvula eletropneumática

Fonte: Manual técnico Fasnacht

2.11 FLUXOS DOS FLUÍDOS PELO VISCOSÍMETRO

Esta seção descreve o processo do fluxo dos líquidos pelo viscosímetro. Para exemplificar tal situação, a figura a seguir mostra uma possível falha do aparelho de medição de viscosidade.

Em cor verde, a tinta; e vermelho, o solvente. A figura descreve o fluxo correto da tinta e seu sentido pela posição das setas. A abertura da válvula V1 libera a passagem da tinta (em verde), a qual percorre o tubo de vidro e retorna para a válvula V3, seguindo para o reservatório de tinta.

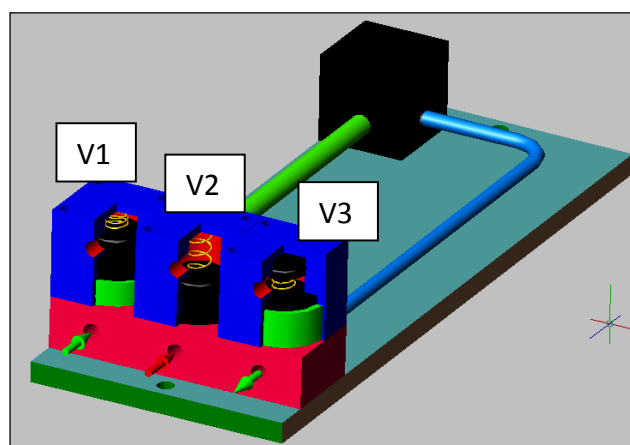


Figura 15 - Abertura em V1 para passagem de tinta, em verde.

Fonte: Do próprio autor

A figura 16 indica o fluxo correto do solvente: primeiramente, a válvula V2 se abre (válvula pneumática de abertura de solvente), simbolizada pela cor vermelha, passa pelo tubo de vidro e retorna pela válvula V3. Esse processo ocorre quando a viscosidade aumenta, diluindo a tinta com solvente. Quando é necessária a passagem de solvente, a válvula V1 é fechada para que não retorne pela tubulação de tinta.

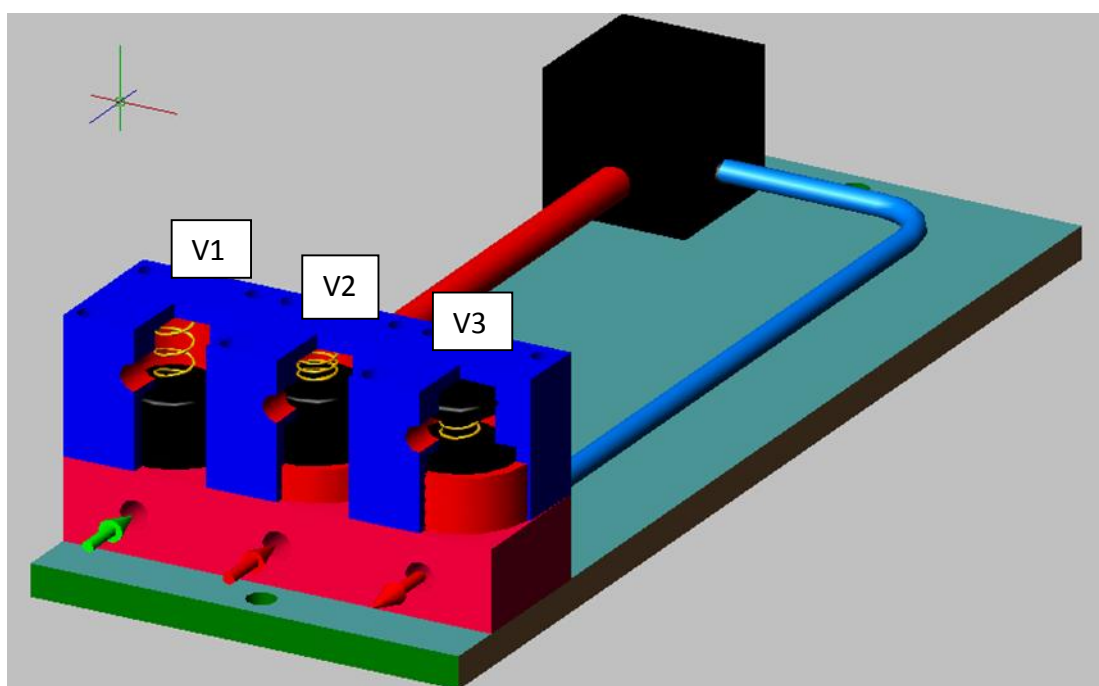


Figura 16- abertura em V2 para passagem de solvente, em vermelho.

Fonte: Do próprio autor

. 2.12 DESCRIÇÕES PASSO A PASSO DO PROCESSO DE LEITURA

Ao ligar o viscosímetro, o sistema pneumático abre a V1, consequentemente ocasionando a abertura de passagem da tinta e empurrando a esfera para cima com o escoamento da tinta. Após 10 segundos, a V1 se fecha, a esfera cai e passa pelo sensor T1 (sensor indutivo superior). Nesta etapa, o cronômetro é acionado e calcula automaticamente o tempo de queda e compara com o valor pré-definido pelo operador. Caso esta contagem seja maior do que o tempo pré-definido pelo responsável, a V2 é acionada e libera a passagem do

solvente por até 6 segundos. Após 15 segundos, o processo se reinicia e uma nova leitura é feita. Caso contrário, a leitura é iniciada por V1.

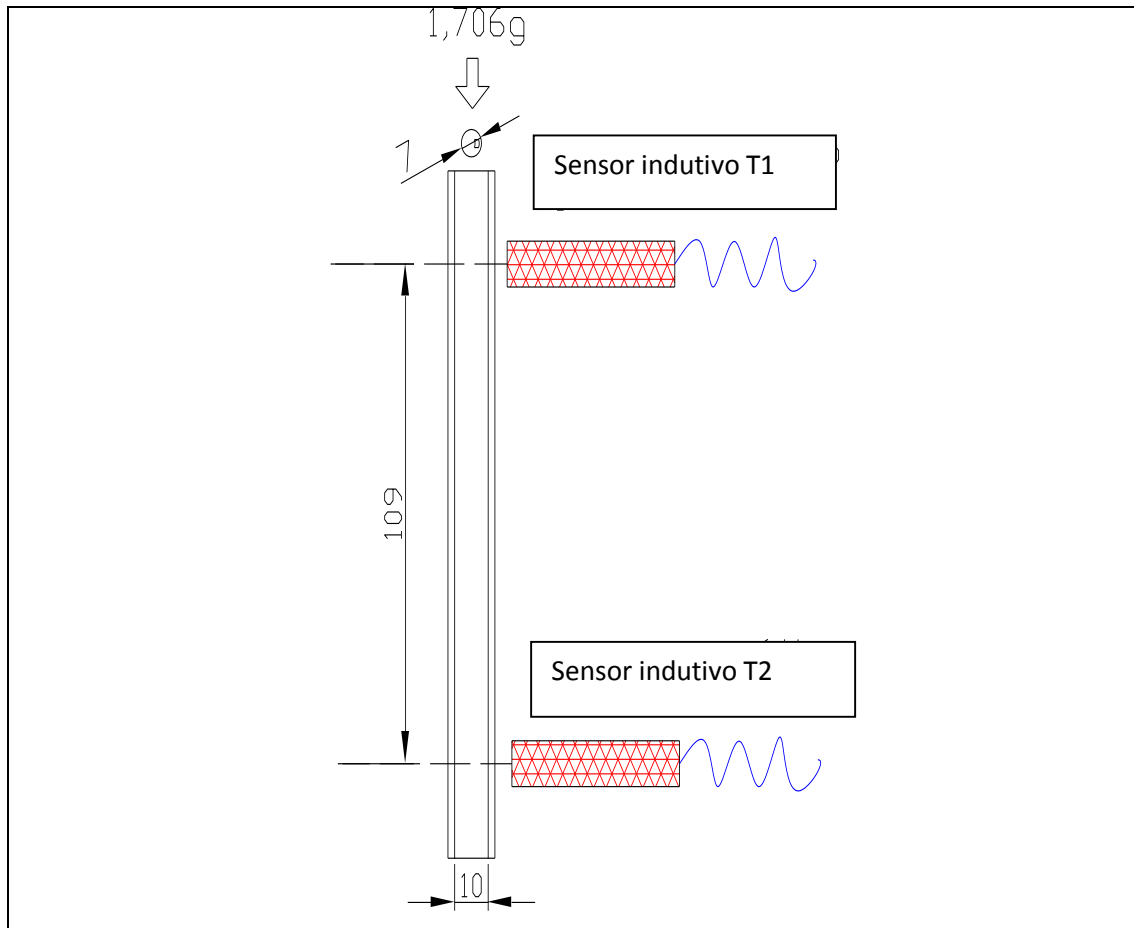


Figura 17- Esquema de sensores no viscosímetro

Fonte: Do próprio autor

A figura 17 demonstra o tubo de passagem do fluido bem como a esfera e sensores de atuação de início e fim da contagem. A distância entre os sensores é 50 vezes maior que o diâmetro da esfera, conforme a lei de Stokes.

2.13 DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO

O diagrama de instalação do aparelho, visto no Diagrama 2, está incluído no manual técnico Fasnacht, e foi traduzido para o português para facilitar o entendimento do sistema construtivo.

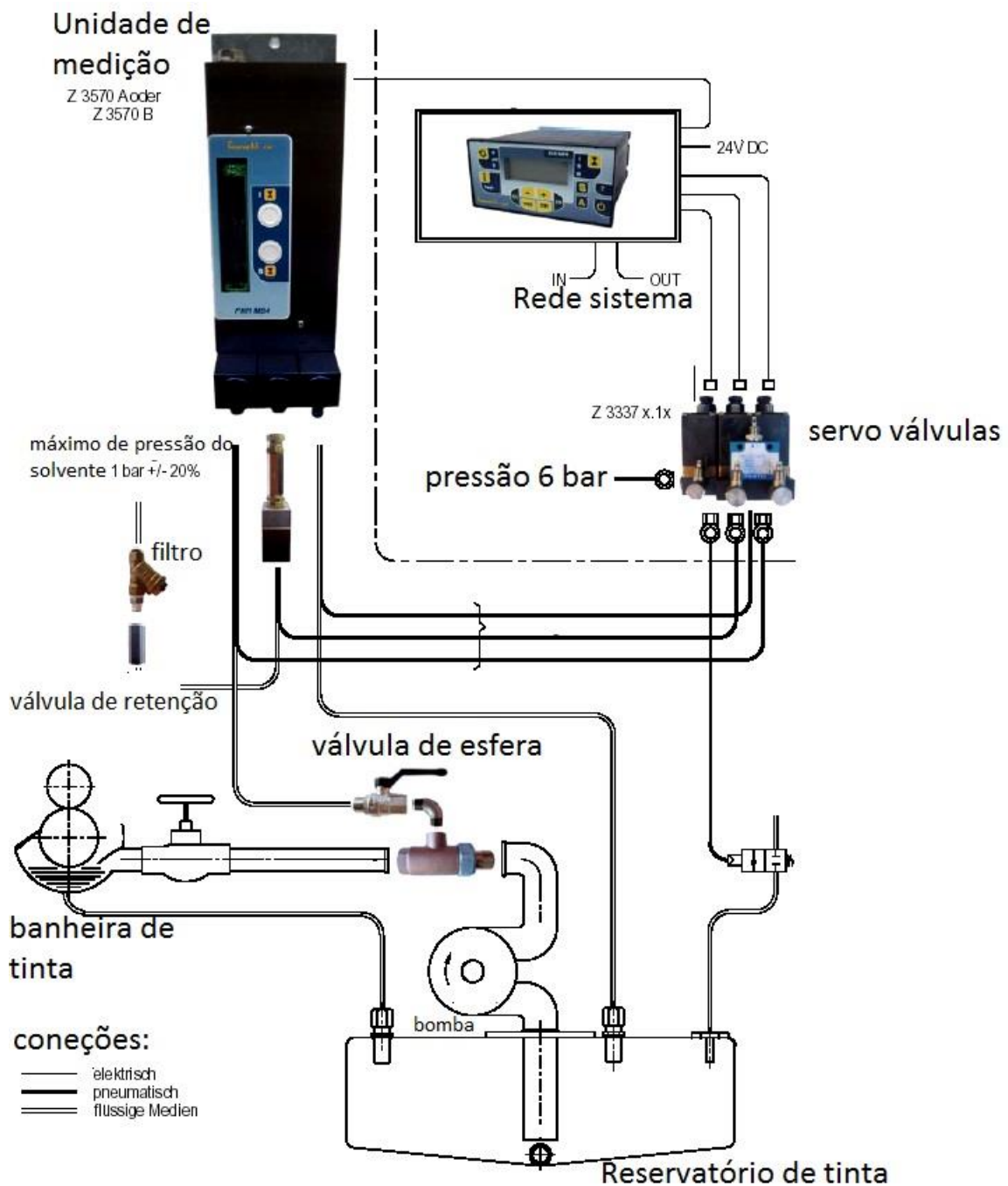


DIAGRAMA 2- Diagrama de instalação

Fonte: Manual técnico Fasnacht

2.14 PARTES E PEÇAS DO VISCOSÍMETRO

A figura 18 mostra a lista de peças e sua localização no aparelho, com o objetivo de facilitar a identificação no viscosímetro e melhorar a familiarização com todo o componente.

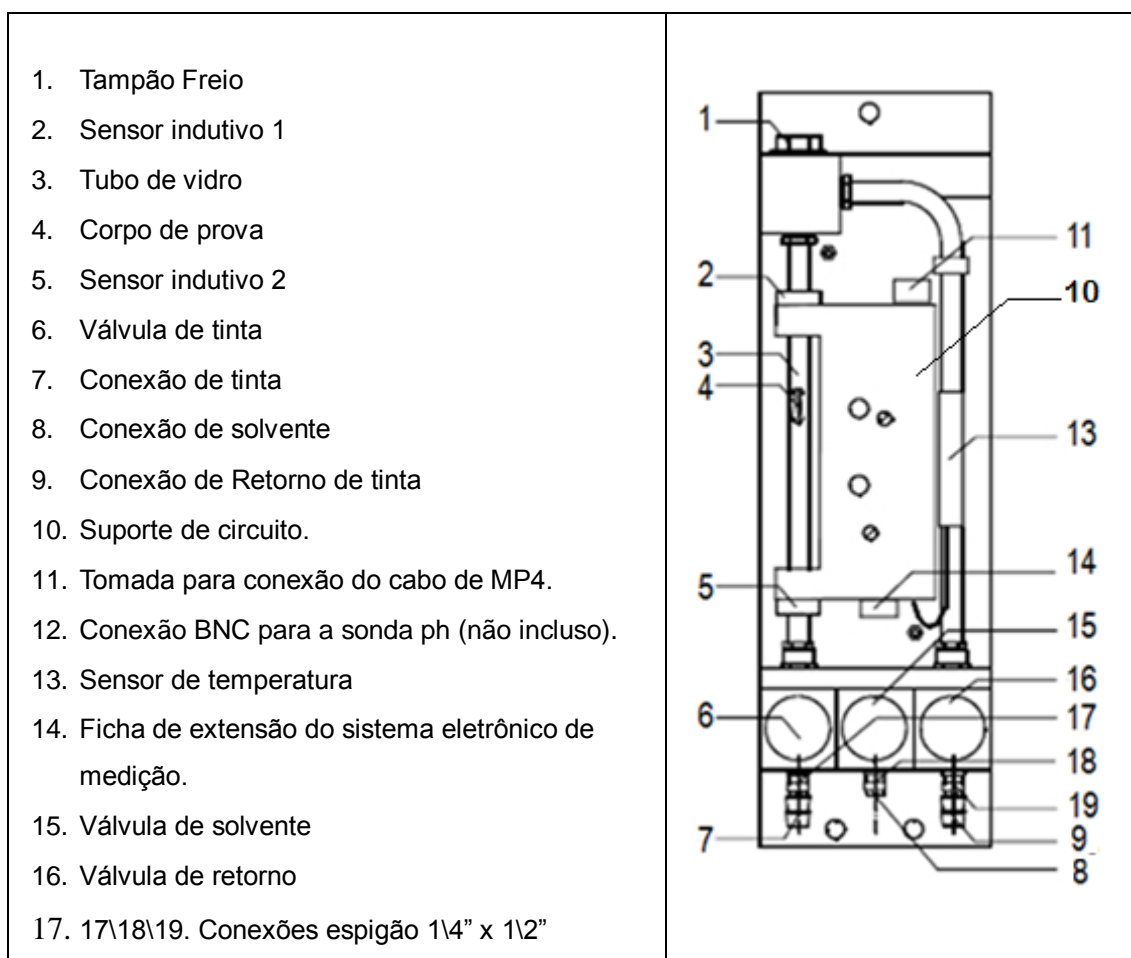


Figura 18- Peças detalhadas do aparelho viscosímetro

Fonte: Autoria própria

Conforme histórico de requisições de almoxarifado, foram considerados os itens de maior retirada para manutenção, e para melhor conhecimento seguem fotos dos componentes em destaques na Figura 19.

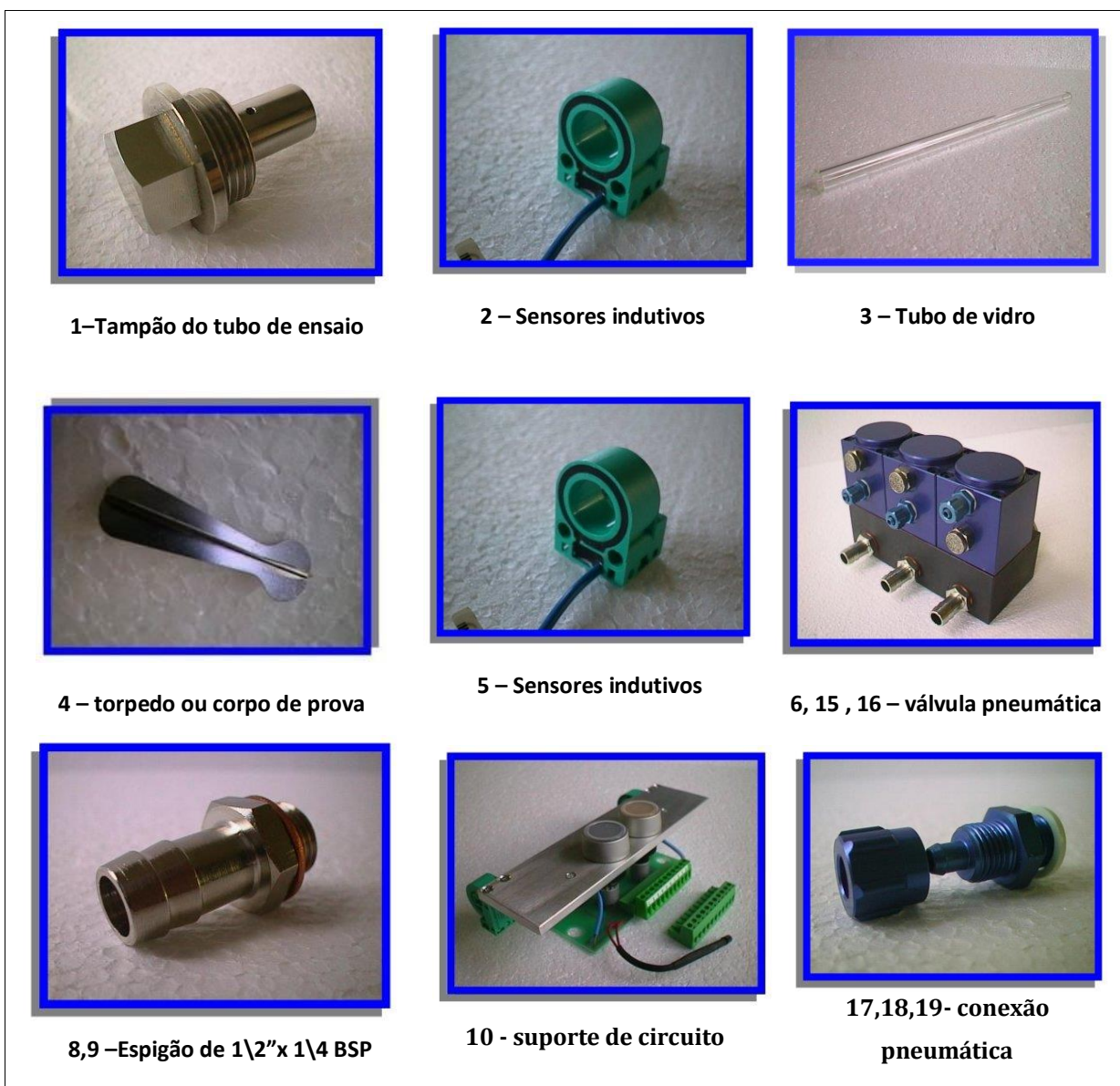


Figura 19 – Peças do viscosímetro.
Fonte: Adaptado de Fasnacht

Após verificação dos Itens de maior importância, foi necessária a catalogação dos itens em estoque para facilitar o controle de retirada do almoxarifado conforme requisições de manutenção (Figura19).

- Tampão do tubo de ensaio código 4.001.005;
- Sensores indutivos código 4.001.006;
- Tubo de vidro viscosímetro código 4.001.007;
- Torpedo ou corpo de prova código 4.001.008;

- Válvulas pneumáticas viscosímetro código 4.001.009;
- Espigão 1\2"x 1\4" BSP código 4.001.010;
- Suporte de circuito código 4.001.011
- Conexão pneumática código 4.001.012

2.15 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

O EPI, equipamento de proteção individual, é todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis que possa ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. Os EPI's não evitam acidentes, eles têm a função de proteger os usuários das lesões quando das ocorrências de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Na limpeza de tinta na impressora flexográfica, utilizam-se solventes, e portanto há necessidade de EPI's, por exemplo::

- Óculos de proteção;
- Luvas de látex, raspa de couro, fio de aço para prevenir cortes;
- Sapatos de biqueira de aço;
- Avental de látex;
- Creme protetor de mãos siliconado;
- Máscaras de proteção contra gases solventes.

É importante lembrar que o EPI não elimina o risco, só diminui a gravidade do acidente, o funcionário é quem deve se conscientizar sobre a utilização de tal equipamento antes de uma tarefa.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO

Alguns tipos de SM (Solicitação de Manutenção) descrevem o grau de dificuldade de o mantenedor atuar em campo para resolver falhas do aparelho viscosímetro, no desenvolvimento do procedimento foram utilizados esses registros, relatórios de turnos e Solicitações de Manutenção, para comparar os dados entre paradas consecutivas e retrabalhos feitos pela falta de conhecimento.

O procedimento de manutenção é uma ferramenta que servirá de apoio para atuar no decorrer do processo de intervenção do viscosímetro, necessário na atuação da manutenção corretiva e manutenções preditivas que avaliam o aparelho de viscosidade antecipadamente.

3.1 DESCRIÇÕES DO PROCEDIMENTO

A finalidade do procedimento é padronizar, no âmbito da empresa, os procedimentos de reparação e testes do aparelho de controle e medição de viscosidade,, utilizado nas impressoras flexográficas. Os procedimentos de reparação devem ser adotados em serviços realizados nas oficinas da empresa e em campo, no chão de fábrica.

O procedimento de manutenção segue uma ordem de eventuais inspeções, neste documento também se encontram dados sobre peças sobressalentes em estoque do almoxarifado. Além disso, serve para descrever a maneira correta de agir e como atuar na manutenção corretiva, efetuando o trabalho com segurança sem prejudicar o processo de fabricação.

3.2 ESTRATIFICAÇÕES DE FALHAS OCORRIDAS

A estratificação mostrada em Pareto indica as principais falhas do aparelho e direciona para a importância das falhas com maior repetição, comparando-as com históricos dos relatórios de turno e as SMS.

No caso do aparelho de medição e controle de viscosidade, algumas falhas se destacam mais. O gráfico 1 mostra um exemplo de falhas: o sentido vertical demonstra a quantidade de ocorrências geradas e o sentido horizontal, o trimestre que foi ocorrido. As cores separam o tipo de problema:

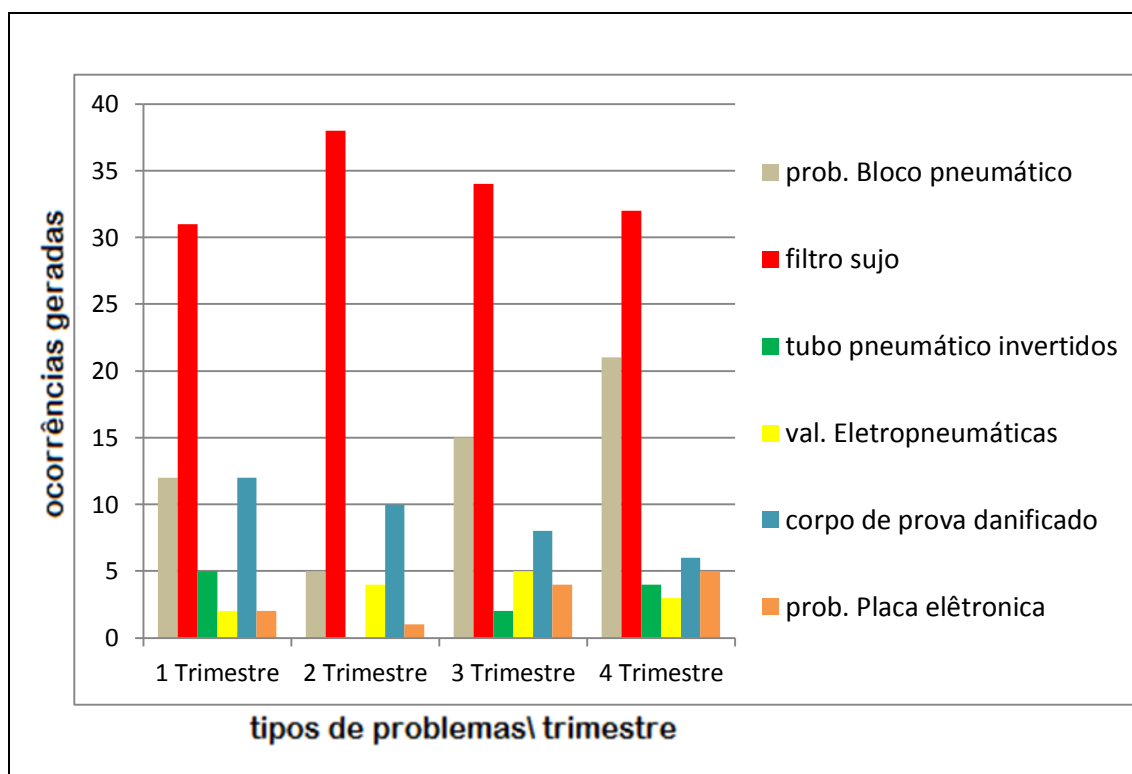


GRÁFICO 1- Diagrama de falha e defeitos ocorridos no viscosímetro

Fonte: Autoria própria

O gráfico foi gerado com informações do ano de 2009. Sendo assim, 6 ocorrências tiveram maior frequência, a saber::

- Cinza: problema relacionado com bloco pneumático;
- Vermelho: problema relacionado com obstruções no filtro;
- Verde: problema gerado com tubos pneumáticos invertidos;
- Amarelo: problema com válvulas eletropneumáticas;
- Azul: corpo de prova danificado (torpedo);
- Laranja: problema com placa eletrônica.

Ao comparar os dados, foi necessário criar procedimentos que antecipassem a falha, pois através do diagrama, verificou-se quais são as maiores causas em ordem de grau de repetitividade.

Tabela 1 – Causa e Ação das falhas estratificadas

Causa	AÇÃO
Obstruções dos filtros as obstruções dos filtros vêm se repetindo gradativamente pela qualidade de tinta e mistura inadequada de aditivos e agentes engrossadores.	Limpeza dos filtros de tinta semanalmente.
Problemas relacionados com bloco pneumático devido ao desgaste e montagem inadequada do bloco.	Utilizar procedimento de montagem do bloco, Figura 22.
Corpo de prova danificado: o corpo de prova por ser frágil, quando lavado desgasta com facilidade;	Substituição do corpo de prova modelo torpedo pelo de esfera.
Válvula eletro pneumática deficiente: verificou-se que há troca constante da válvula, quando não se encontrava razão para a falha do aparelho.	Utilizar como referência testes de bancada do procedimento, verificar se era necessário a substituição.
Mangueiras de alimentação do aparelho invertidas: quando ressecadas ou trocadas em manutenção, a intervenção ficava confusa por não identificá-las.	Identificação dos tubos pneumáticos com a padronização de cores.
Problemas relacionados com partes eletrônicas, como botoeiras e cabos de bornes: quando em manutenção, derramam-se solventes ou tintas na mesma.	Conscientização do mantenedor na hora de desmontagem da proteção do aparelho.

Fonte: Autoria própria

3.3 PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAR POSSÍVEIS FALHAS E DEFEITOS

Através dos problemas relacionados no gráfico de Pareto, foram determinados os seguintes procedimentos de inspeções:

- Verificar as partes pneumáticas, vazamentos de ar, mangueiras soltas ou invertidas e revisão das botoeiras.
- Inspecionar o torpedo (corpo de prova) para que o tubo de vidro fique isento de tinta e deixe o torpedo visível, observando se o torpedo sobe e desce sem obstruções.
- Quando necessário, lavar a tubulação do viscosímetro com a máquina em funcionamento, porém sem exagero, pois isto pode reduzir sua viscosidade. Se houver a necessidade de muita limpeza, retirar a mangueira de retorno e realizar a limpeza em outro recipiente, como um balde.
- Verificar a passagem de ar no abafador do bloco para evitar retenções, as quais devem ser solucionadas com as trocas dos mesmos anéis de vedação o'ring e o diafragma de teflon.

3.3.1 Fluxograma de inspeção visual

Para padronizar as inspeções, foi elaborado um Fluxograma como ferramenta visto no Diagrama 3 para seguir procedimentos adequados quando houver dúvidas.

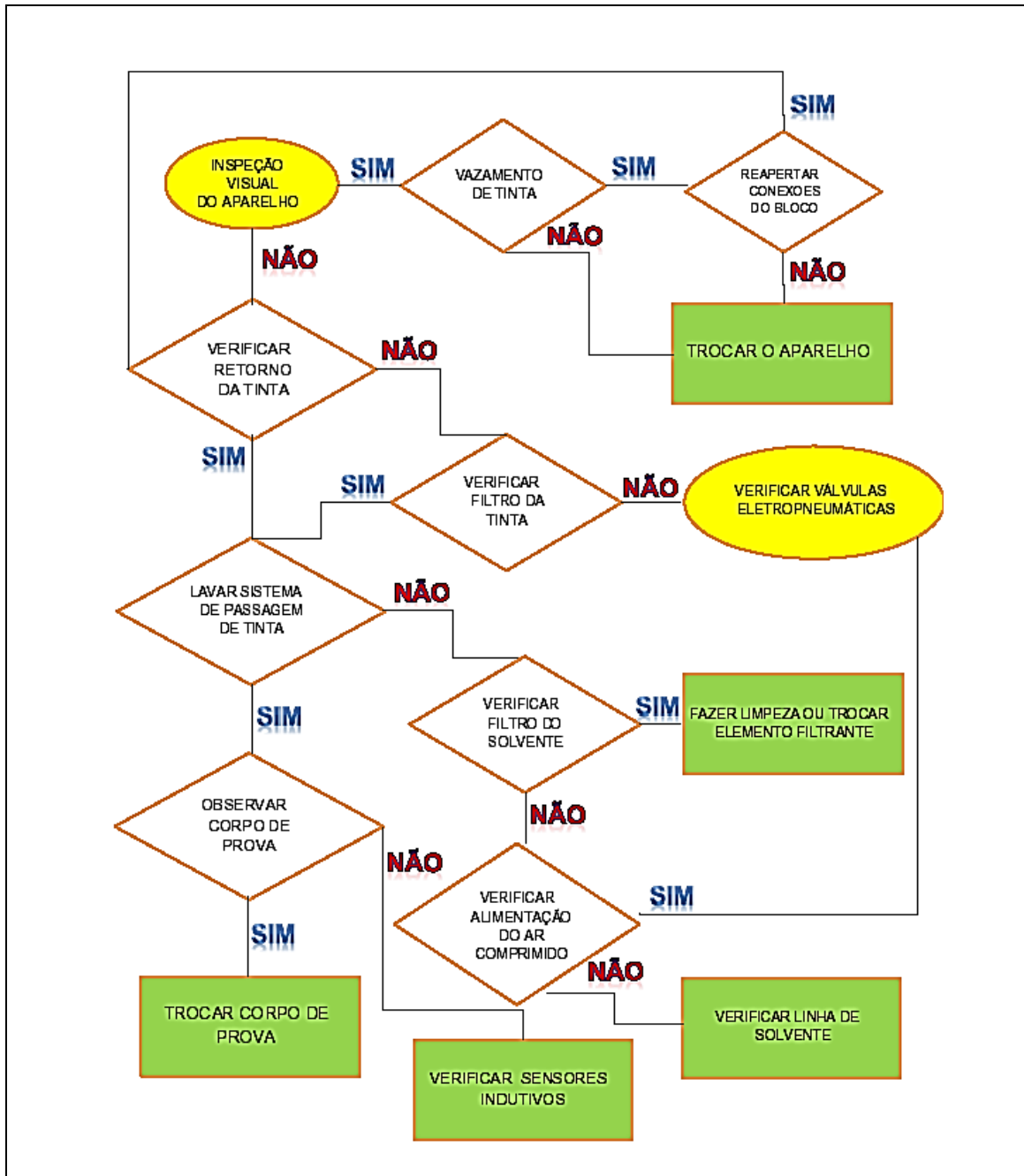


DIAGRAMA 3- Fluxograma de inspeção do viscosímetro

Fonte: Do próprio autor

Iniciando a inspeção visual, deve-se seguir o caminho que determina o fluxograma, respondendo-se à simples pergunta com sim ou não, cada caso será um novo caminho a percorrer até identificar a falha existente.

3.3.2 Limpeza do aparelho de viscosidade

Após a desmontagem do aparelho em bancada, deve-se lavar os componentes com solvente (acetato de etila) para retirar o excesso de tinta (se houver,). Neste processo, aconselha-se também utilizar EPI para maior segurança.

 <p>Óculos de proteção</p>	 <p>Luva de látex</p>	 <p>Crema de proteção para as mãos e braços</p>
 <p>Avental</p>	 <p>Pincel de cerda dura</p>	 <p>Banheira para lavagem de peças</p>

Figura 20- Fotos ilustrativas dos equipamentos de segurança.

Fonte: <http://segurancatrabalho05.blogspot.com.br><acesso 09\09\2014>

Após limpeza, deve-se verificar visualmente possíveis desgastes nas peças das válvulas e anéis o'ring, além de observar a situação física do diafragma de teflon e peças.

3.4 PROCEDIMENTOS A SEGUIR EM CASO DE PROBLEMAS

Ao trabalhar com o controlador de viscosidade, as dificuldades surgem, o resultado esperado não é alcançado ou se provar que a exatidão de controle cai, ele normalmente se refere a uma causa trivial, que pode ser rapidamente eliminada.

A instalação do viscosímetro incorreta pode levar a um mau funcionamento ou não funcionamento do sistema. Na maioria dos casos, a observação do comportamento defeituoso e uma comparação com o quadro que se segue permite suprimir o erro.

3.4.1 Ajustes pós-montagem

Foi verificada em alguns casos a falha de leitura por falta de fluxo de tinta após montagem, a qual encontrou a passagem entre o tubo de ensaio do viscosímetro e o tampão estrangulado.

Conforme catálogo Fasnacht, o correto ajuste do tubo de vidro é de vital importância posto que determine a passagem do fluido entre o tampão e o tubo de vidro. Se esta passagem for exagerada, o corpo de prova pode se enroscar na folga do tubo como tampão, conforme mostra esquematicamente a Figura 21.

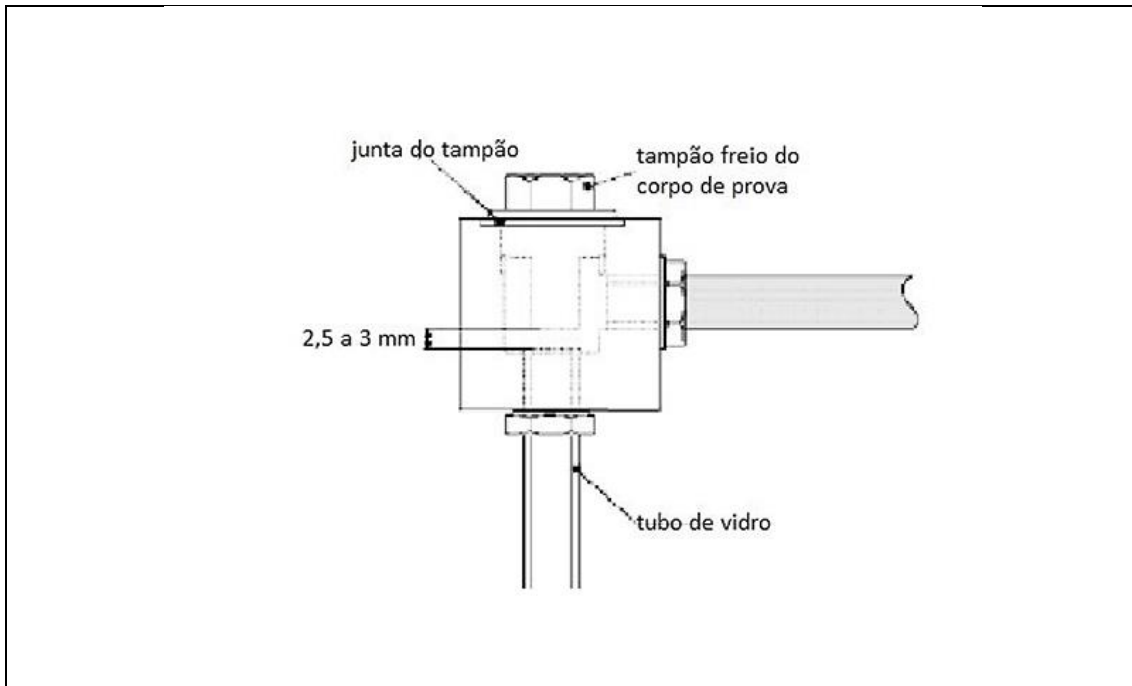


Figura 21- Folga determinada para fluxo de tinta.

Fonte: Manual técnico Fasnacht

Outro item muito importante é o bloco pneumático, onde os reparos das válvulas de diafragma determinam o sentido do fluxo e devem estar corretamente montadas:

- Válvula V1: entrada de tinta normalmente fechada (NF);
- Válvula V2: entrada de solvente normalmente fechada (NF);
- Válvula V3: retorna para reservatório de tinta normalmente aberta (NA).

A figura 22 ilustra a posição de cada item:

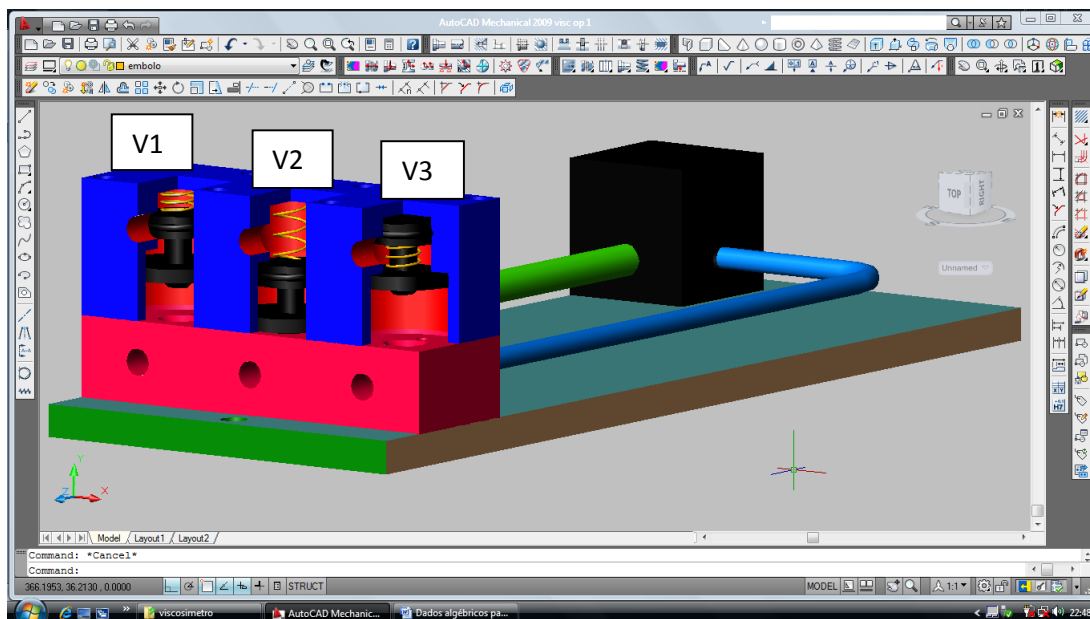


Figura 22- posição de montagem das válvulas

Fonte: Autoria própria

as molas de compressão NF em amarelo (são montadas por fora do embolo, e a mola NA montada juntamente com o embolo. As válvulas normalmente fechadas são sempre de entrada dos fluídos para que se garanta que, em uma situação de queda de pressão, estas válvulas fiquem fechadas por segurança.

3.4.2 Testes pneumáticos no viscosímetro

Foi montado um painel pneumático para realizar testes em bancada, porque antes só era possível verificar falhas ou desgastes dos componentes do aparelho em processo, com o risco de danificar as tintas que estavam sendo utilizadas na impressora, conforme mostrado na Figura 23.

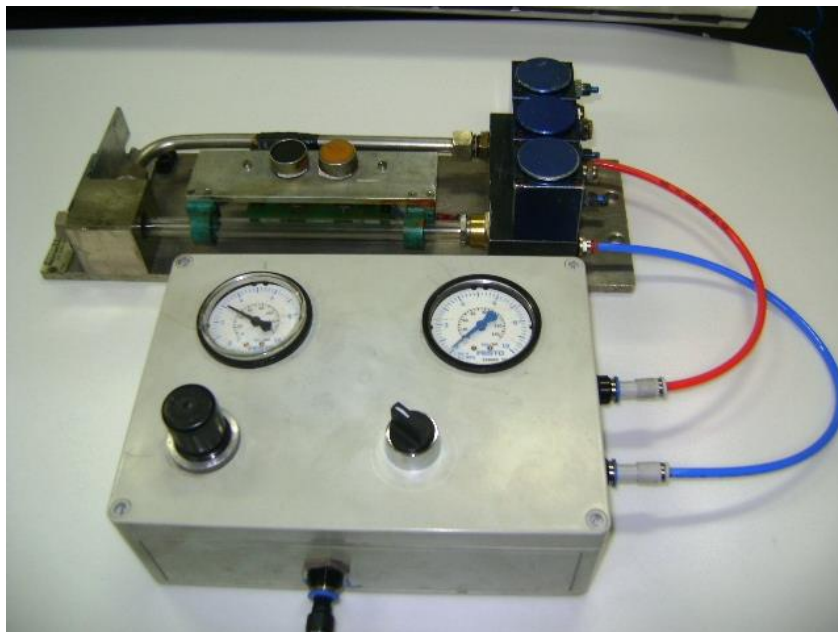


Figura 23- Teste pneumático em bancada

Fonte: Autoria própria

O painel pneumático portátil serve para controlar as válvulas pneumáticas do aparelho viscosímetro em bancada, verificando possíveis desgastes dos seus componentes, e quando houver problemas em máquina controlar as válvulas pneumáticas do viscosímetro sem prejudicar o processo de impressão.

Para acionamento dos blocos pneumáticos do viscosímetro, foi padronizado o tubo pneumático azul com pressão de ar comprimido e o tubo laranja de leitura para o manômetro, utilizando a saída de retorno da tinta. A seguir demonstraremos como são feitos testes em bancada com o painel pneumático, após limpeza do viscosímetro e troca de reparos.

O Primeiro teste verificou vazamentos de ar nas conexões pneumáticas: acoplou-se o tubo pneumático azul na entrada da tinta com ar comprimido utilizando 3Bar de pressão, depois acoplou-se o tubo pneumático de cor laranja na saída do bloco até o manômetro de leitura do painel , após inserido pressão verificou-se há pressão no manômetro de leitura, se houver variação no manômetro é porque está com vazamento na válvula pneumática, conforme Figura 24.

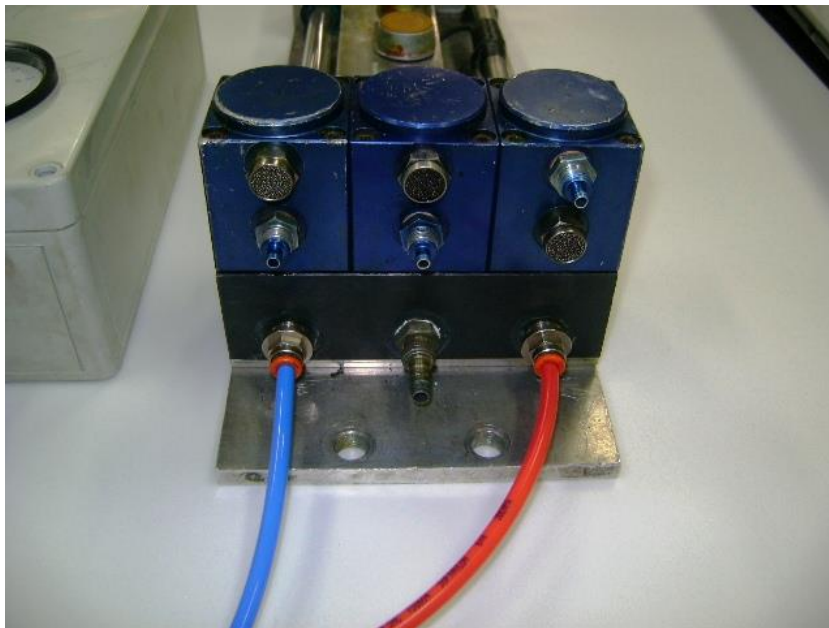


Figura 24- Teste pneumático 1 em bancada

Fonte: Autoria própria

O Segundo teste inspecionou a válvula de tinta e verificou seu funcionamento ao Usar o tubo pneumático azul com ar comprimido com 3Bar de pressão, acoplar na entrada da tinta e usar o tubo pneumático de cor laranja acionando a válvula pneumática com a pressão de linha com 8Bar de pressão., se não houver passagem do ar pelo retorno é porque anéis do embolo estão danificados, não movimentando assim o embolo da válvula pneumática, conforme a Figura 25.



Figura 25- Teste pneumático 2 em bancada

Fonte: Autoria própria

O Terceiro teste verificou o desempenho da válvula pneumática da linha de solvente, no bloco V2 que se encontra no meio, com tubo pneumático azul na entrada da tinta, utilizando 3Bar de pressão de ar comprimido, e o tubo de cor laranja na conexão do bloco V2 pressão de linha,. Também verificou se a válvula do solvente permitia a passagem de ar comprimido e simulou acionamento, conforme a Figura 26.



Figura 26- Teste pneumático 3 em bancada

Fonte: Autoria própria

O Quarto teste verificou as funções do bloco de retorno. Foi necessário mais um tubo pneumático para acionar válvula da tinta,. conectou-se o tubo de cor laranja no acionamento da válvula de retorno, observando que a válvula de retorno é normal aberta (NA), então quando acionada deve-se fechar o fluxo, e com alimentação de ar comprimido na entrada de tinta com 3Bar de pressão, conectar tubo azul no acionamento da válvula de tinta, acionando as duas válvulas e observando vazamento de ar. , se houver, trocar kit de reparos gastos, conforme Figura 27.

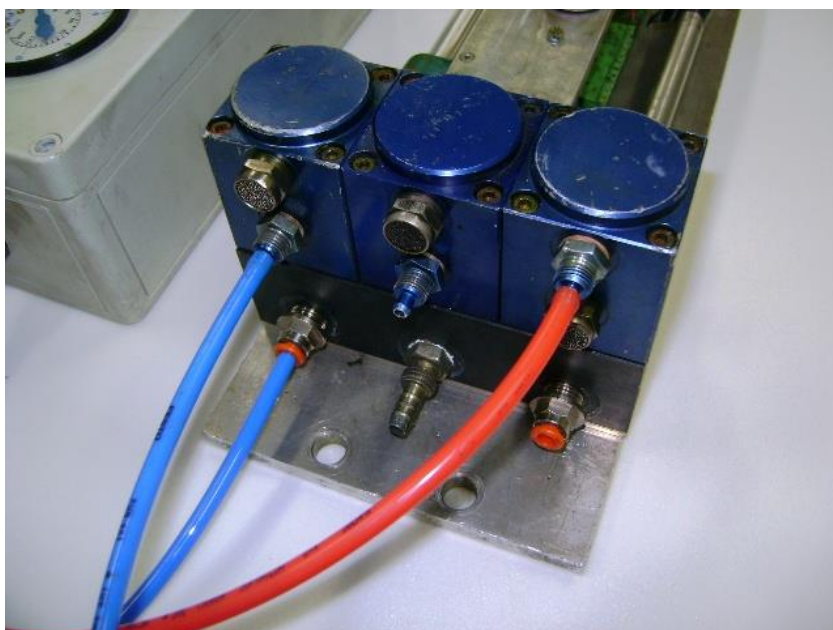


Figura 27- Teste pneumático 4 em bancada

Fonte: Autoria própria

3.4.3 Inspeções de rotina

Além do procedimento de manutenção com o objetivo de resolver problemas na atuação corretiva, foi necessário tomar ações antecipadas para tentar minimizar estas possíveis falhas, por isso foi criada uma LUP (lição de um ponto) localizada em um ponto próximo à máquina para consulta e inspeção periódicas.

Inspeção de rotina descreve a localização e o que inspecionar no viscosímetro, deixando bem visível como devem ser as condições do aparelho de medição de viscosidade.


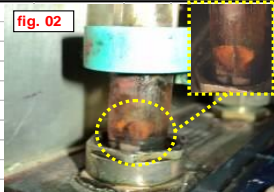



LUP - Lição de um Ponto		MP-R-
<input type="checkbox"/> Solução de Problema <input type="checkbox"/> Melhoria <input checked="" type="checkbox"/> Conhecimento Básico		
TEMA: Inspeção do viscosímetro		Máq. CXII
OBJETIVO: Evitar parada por entupimento do viscosímetro		Resp:
		
1º Verificar as mangueiras, desmontar e inspecionar o filtro de entrada de tinta, faça a limpeza do elemento filtrante se necessário.	2º Após a lavagem do sistema verificar condição do torpedo, verifique se não esta quebrado .	3º Verificar possíveis vazamentos de ar, condições dos tubos pneumáticos, e ordem correta das conexões.
		
4º e 5º Não deixar sem a capa protetora(fig 04), a capa protetora serve para evitar o acumulo de sujeira no viscosímetro(fig 05)		
AUTOR (ES): Paiva/Nakao	DATA EMISSÃO: 10/07/10	APROVAÇÃO:

Figura 28- LUP, Lição de um ponto específico.

Fonte: Aatoria da empresa

Após a integração desse trabalho de melhoria com o procedimento de manutenção do viscosímetro, ocorreu um ganho em relação a dúvidas geradas entre os mantenedores, na condição do torpedo, posição dos blocos pneumáticos e a importância da limpeza do filtro para melhor fluxo de tinta.

3.5 APRESENTAÇÕES DE MELHORIAS

Conforme proposto no trabalho, algumas melhorias foram direcionadas para a operação de manutenção através de procedimentos:

- Criação de inspeções de rotina, LUP, na seção 3.4.3;
- Padronização de manutenção para o equipamento através de fluxograma;
- Identificação de peças e catalogação, conforme a seção 2.14, facilitando o armazenamento no almoxarifado;
- Identificação e padronização dos tubos pneumáticos com anilhas numeradas;
- Substituição do sensor indutivo padrão, por um sinalizador com Led, demonstrando a passagem do corpo de prova e facilitando inspeção visual;
- Substituição do torpedo por esfera padronizada;
- Montagem do painel pneumático portátil para testes.

O diagrama 4 mostra a evolução da mão de obra utilizando-se dos procedimentos de manutenção.

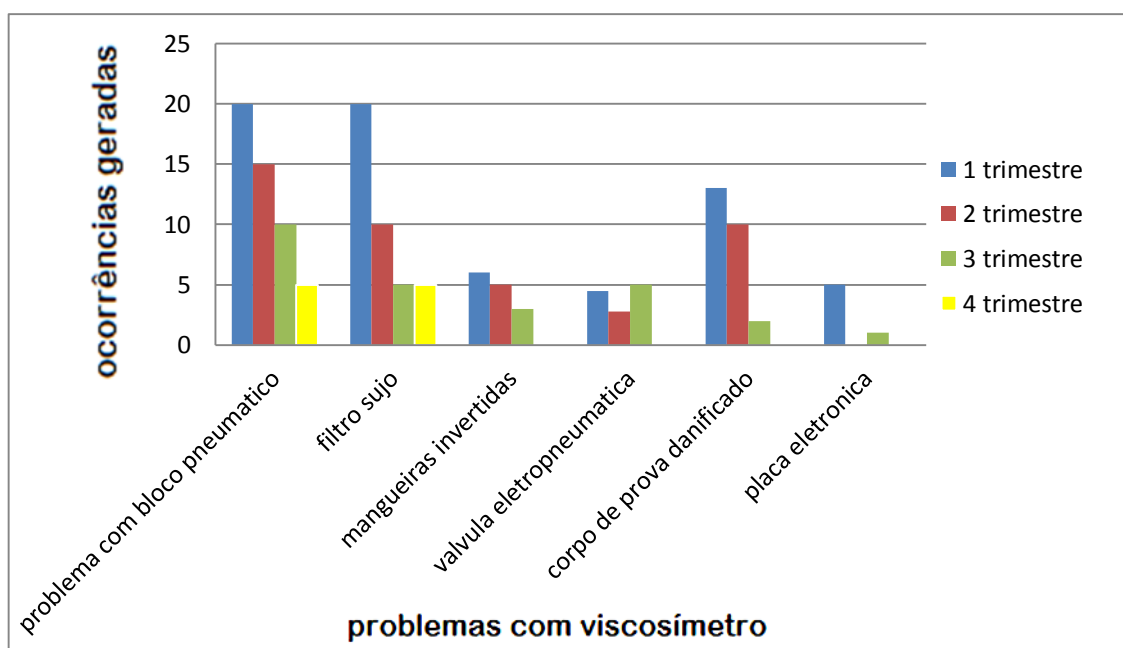


DIAGRAMA 4- Gráfico de melhorias após integração de procedimento

Fonte: Autoria própria

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso proporcionou um conhecimento mais amplo sobre pneumática, mecânica dos fluídos e manutenção industrial, dando uma visão prática da viabilidade da aplicação dos conhecimentos adquiridos no decorrer do curso em atividades e processos rotineiros ligados à área de manutenção industrial.

Além disso, tendo em vista que a automação é o reflexo da evolução tecnológica, e que cada vez mais se encontra presente no setor industrial no qual serão inseridos os futuros profissionais formados pela instituição, entende-se que o procedimento de manutenção do aparelho de viscosidade irá promover o desenvolvimento do aluno, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Mecânica Industrial, da UTFPR/Câmpus Cornélio Procópio, e também permitirá conciliar a aplicabilidade dos conceitos de manutenção com a prática.

O aparelho de viscosidade de Stokes é de custo comercial menor do que outros aparelhos convencionais, pois se adequa ao sistema de sucção da máquina e possui sensores indutivos, não precisando de um fluido translúcido para leitura, além de se adaptar a diferentes temperaturas.

Por fim, esta pesquisa proporcionou uma melhor visão do ambiente industrial, assim como situações oriundas deste meio, e como agir em momentos de inspeção ou manutenção corretiva, antecipando uma possível ocorrência da falha do aparelho viscosímetro.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN – **Associação Brasileira de Manutenção**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br>> acesso em: 23 set. 2005.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação pneumática**: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 3. ed. São Paulo: Érica. 2005.

FILHO, Gil Branco. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

HOLANDA, A. B. **Dicionário Aurélio escolar da língua portuguesa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, José Ivan Cardoso dos. **Conceitos de física**. 4. ed. São Paulo: Ática, 1990.

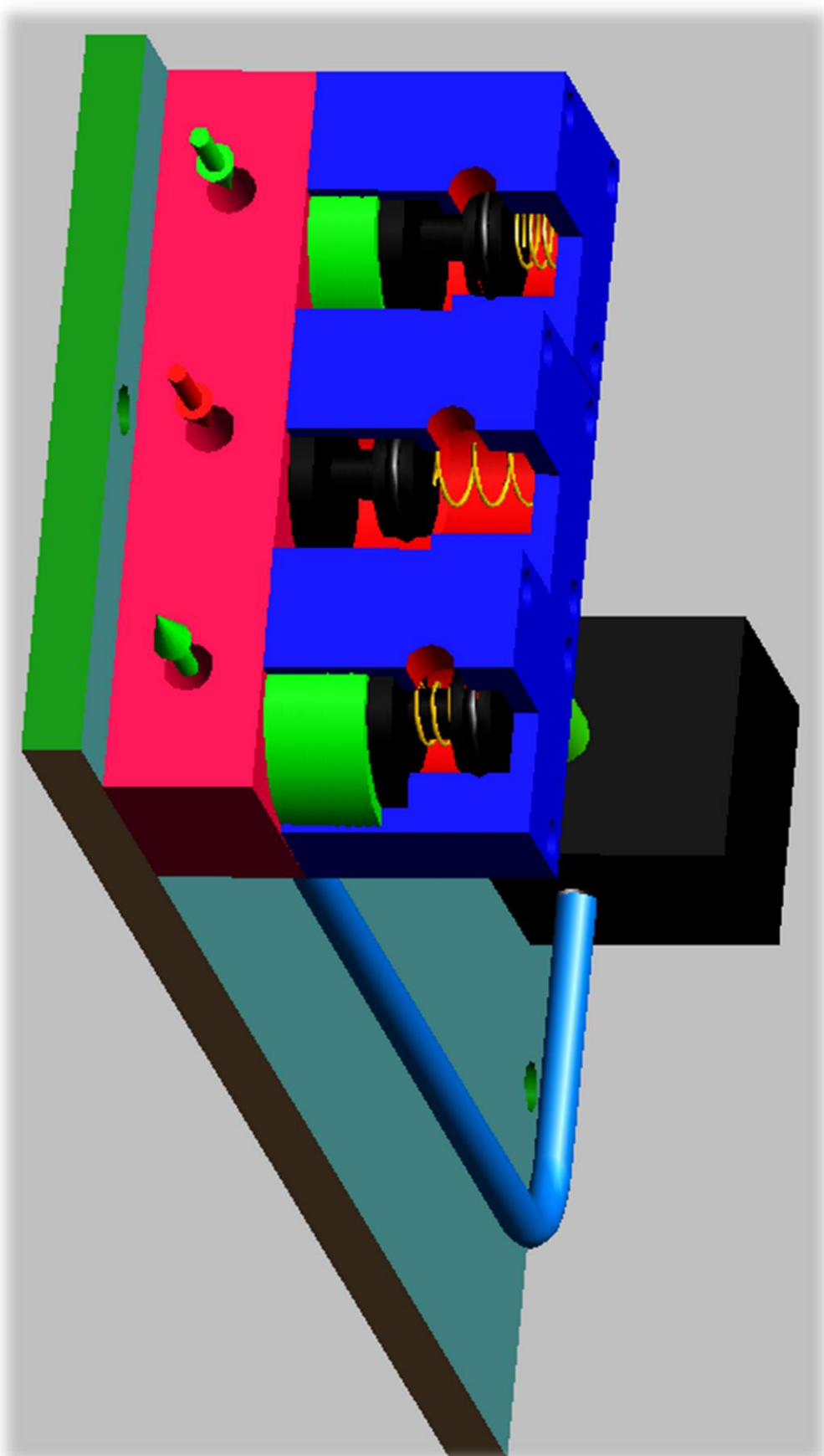
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistemas de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba: UTFPR, 2008. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/cornelioprocopio/biblioteca-e-producao-academica/normas-para-elaboracao-de-trabalhos-academicos>>. Acesso em: 03 nov. 2014.

UNIVERSIDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA DEPARTAMENTO DE ENERGIA. **Determinação da viscosidade de líquidos-UNICAMP**. Disponível em: <www.fem.unicamp.br/~em712/viscos.doc>, acessado em 19 set. 2013.

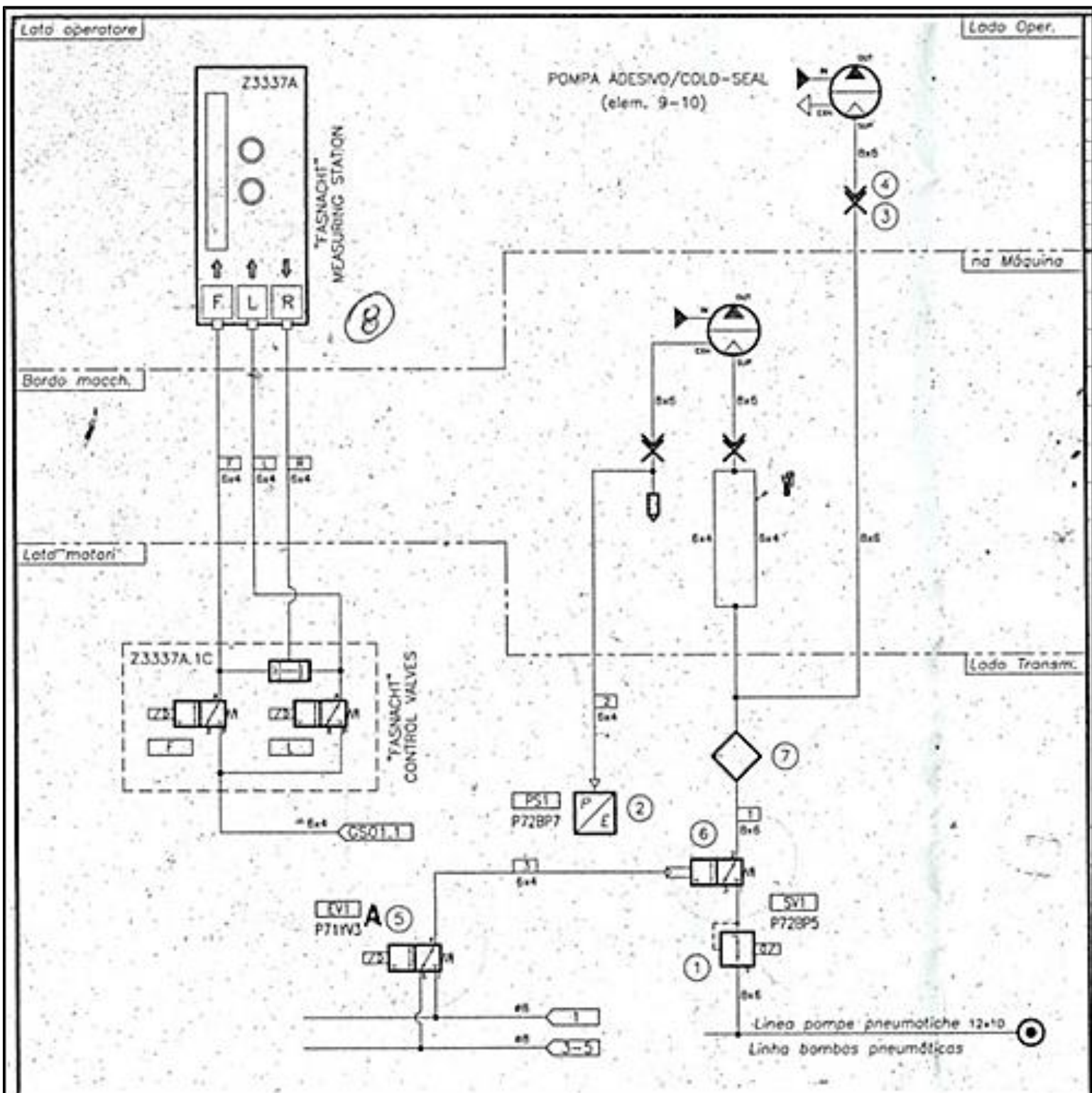
XENOS, Harilus G. ,**Gerenciando a Manutenção produtiva**, Belo Horizonte, EDG, 1998.

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA. **Determinação da viscosidade: Método de Stokes e do copo ford-FEM**. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?tbm=bks&hl=pt-BR&q=YIH%2C+C.S%2C+Din%3%A2mica+de+Fluidos+n%3%A3o+homog%3%AAneo&gws_rd=ssl#q=YIH%2C+C.S%2C+Din%3%A2mica+de+Fluido s+n%3%A3o+homog%3%AAneo&hl=pt-BR>. Acesso em: 05 out. 1014.

APÊNDICE A – Sentido de vazão das válvulas



APÊNDICE B – Esquema pneumático do viscosímetro



APÊNDICE C – Fluxograma de inspeção visual

