



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

JANDERSON LUIS CAMARGO
PEDRO JUNIOR STAWINSKI
VALDIR BRUSNISKI

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DO ACIONAMENTO DO SISTEMA DE
RETIRADA DE ÓLEO DOS MOTORES A RETRABALHAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

JANDERSON LUIS CAMARGO
PEDRO JUNIOR STAWINSKI
VALDIR BRUSNISKI

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DO ACIONAMENTO DO SISTEMA DE
RETIRADA DE ÓLEO DOS MOTORES A RETRABALHAR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: Prof.^a Rosangela Winter, Msc

CURITIBA

2014

**JANDERSON LUIS CAMARGO
PEDRO JUNIOR STAWINSKI
VALDIR BRUSNISKI**

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DO ACIONAMENTO DO SISTEMA
DE RETIRADA DE ÓLEO DOS MOTORES A RETRABALHAR**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Automação Industrial**, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial**, da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 13 de março de 2014

Prof. José da Silva Maia, M.Eng.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Rafael Fontes Souto, M.Sc.
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marcio Aparecido Batista, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Rosangela Winter, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientadora

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Roberto L. Schwarz
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

RESUMO

CAMARGO, Janderson; STAWINSKI, Pedro Junior; BRUSNISKI, Valdir. Proposta de automação do acionamento do sistema de retirada de óleo dos motores a retrabalhar. 2014. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

O estudo apresenta o processo de planejamento de um sistema de automatização da retirada de óleo de motores a serem retrabalhados por conta de falhas no teste de funcionamento sem combustão. O trabalho contém o levantamento das informações sobre a construção de um sistema que atualize o já existente de forma a diminuir o tempo de retrabalho por deslocamentos do operador, minimizando a demora nos testes e influenciando na redução das peças que ficam em fila apenas aguardando o término do serviço em cada um dos três *Cold Tests*. A criação do projeto visa uma mudança utilizando equipamentos como sensores indutivos e válvulas, além de alterações no programa do CLP do setor de testes, dinamizando a ação de sucção do óleo. Há ainda estudos sobre os custos para desenvolvimento, manutenção do novo sistema e também dados de tempo da situação inicial e da melhoria para que fiquem evidenciados os ganhos e como a diferença implica em um resultado positivo para o funcionamento da linha de montagem de motores.

Palavras-chave: Automatização. *Cold Tests*. Montagem de Motores. Motores retrabalhados.

ABSTRACT

CAMARGO, Janderson; STAWINSKI, Pedro Junior; BRUSNISKI, Valdir. Automation proposal of a drive for a system of oil removal in engines to rework. 2014. 71 p. Course Conclusion Work – Technology in Industrial Automation Course, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

This study presents the planning process of an automation system of oil removal from the engines to be reworked because of failures in the test run without combustion. The work contains a survey of the informations about the construction of a system that updates the already existent in order to decrease the rework time by the operator displacements, minimizing the delays in testing and influencing the reduction of parts that are in queue just waiting the end of the service at each of three Cold Tests. The creation of the project seeks a change using equipments such as inductive sensors, as well as changes in the test sector PLC program, boosting the oil sucking action. There are also studies on the costs for development, maintenance on the new system and on the data of the initial situation and on the improvement for being evidenced the gains and how the difference implies a positive result to the operation of the engines assembly line.

Keywords: Automation. Cold Tests. Engine Assembly. Reworked Engines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tela de programação do Arena.....	16
Figura 2 – Simulação de uma fila de atendimento	17
Figura 3 - Desenho esquemático de funcionamento	22
Figura 4 - Funcionamento de uma válvula 3/2	25
Figura 5 - Controlador Lógico Programável.....	26
Figura 6 – CPU do Controlador Lógico Programável	27
Figura 7 – Módulo I/O.....	28
Figura 8 – Fonte de alimentação.....	28
Figura 9 – <i>Rack</i>	29
Figura 10 - Representação lógica da sequência elétrica de operação	30
Figura 11 - Motor.....	31
Figura 12 – <i>Layout</i> da área de testes.....	33
Figura 13 - Fluxograma atual e proposto	34
Figura 14 - Motor em modo de recirculação.....	41
Figura 15 – Bomba Alternativa de Diafragma.....	46
Figura 16 – Conjunto CLP	47
Figura 17 - Sensor Indutivo	48
Figura 18 - Válvula Direcional 3/2 vias	49
Figura 19 - Trecho 1 do programa dos <i>Colds</i>	50
Figura 20 - Trecho 2 do programa dos <i>Colds</i>	52
Figura 21 - Trecho 3 do programa dos <i>Colds</i>	53
Figura 22 - Cenário A	56
Figura 23 - Resultado Cenário A	58
Figura 24 - Cenário B	59
Figura 25 - Resultado Cenário B	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de bombas.....	20
Quadro 2 – Melhorias futuras	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Reprovações <i>Cold 1</i>	42
Gráfico 2 - Reprovações <i>Cold 2</i>	43
Gráfico 3 - Reprovações <i>Cold 3</i>	43
Gráfico 4 - Comparativo entre reprovações dos 3 <i>Colds</i>	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos para implementação do projeto.....	54
Tabela 2 - Valores cronometrados das ações do sistema de retrabalho.....	57
Tabela 3 - Valores cronometrados com as modificações.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

CLP – Controlador Lógico Programável

CPU – *Central Processing Unit*

EEPROM - *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*

EPROM - *erasable programmable read-only memory*

FPT – Fiat Powertrain Technologies

I/O – *Input/Output*

KPa – Quilo Pascal

l – Litro

mA – Miliampere

m² – Metro Quadrado

min – Minuto

mm – Milímetro

mm² – Milímetro Quadrado

PL7 – *Software* de Programação de CLP

RAM – *Randon Access Memory*

ROM – *Read Oney Memory*

RLL- *Relay ladder logic*

rpm – Rotações por Minuto

R\$ - Real (moeda)

s – Segundo

V – Volt

V_{AC} – *Voltage Alternated Current*

V_{DC} - *Voltage Direct Current*

% - Por cento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 TEMA	9
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	10
1.3 PROBLEMA	10
1.4 JUSTIFICATIVA	11
1.5 OBJETIVOS	12
1.5.1 Objetivo Geral.....	12
1.5.2 Objetivos Específicos.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	13
2.2 SIMULAÇÃO	14
2.3 PROGRAMA ARENA [®]	15
2.4 BOMBAS.....	18
2.4.1 Especificação.....	19
2.4.2 Aplicações	19
2.4.3 Classificação.....	19
2.4.3.1 Turbobombas	20
2.4.3.2 Bombas de Deslocamento Positivo ou Volumétricas.....	21
2.4.3.3 Bombas Alternativas.....	21
2.4.3.3.1 Bombas Alternativas de Diafragma	22
2.5 VÁLVULAS.....	23
2.5.1 Classificação das Válvulas	23
2.5.2 Tipos de Válvulas.....	24
2.6 SENSORES	25
2.6.1 Sensor Indutivo	26
2.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	26
2.7.1 Composição Básica do CLP	27
2.7.2 Operação Básica	29
2.7.3 Programação do CLP	30
2.8 EMPRESA.....	31
2.8.1 Usinagem.....	32
2.8.2 Montagem.....	32
3 ESTUDO DA ÁREA DE MOTORES.....	33
3.1 COLD TEST	33
3.2 FLUXOGRAMAS DAS SITUAÇÕES.....	34
3.2.1 Sequência de Teste	35

3.2.1.1 Sequência de Inicialização e Fluxo de Óleo	35
3.2.1.2 Torque de partida	35
3.2.1.3 Verificação de Sensores do Eixo Comando e Virabrequim	36
3.2.1.4 Fluxo de Óleo	36
3.2.1.5 Desempenho da Bomba de Óleo	37
3.2.1.6 Válvula de Alívio da Bomba de Óleo	37
3.2.1.7 Término do enchimento motor	38
3.2.1.8 Teste de Ignição dos Cilindros 1 e 4 - Bobina 1	38
3.2.1.9 Teste de Ignição dos Cilindros 2 e 3 - Bobina 2	38
3.2.1.10 Matriz de Ignição.....	39
3.2.1.11 Vibração e Sensor de Detonação	39
3.2.1.12 Volume.....	40
3.2.1.13 Admissão e Torque	40
3.2.1.14 Exaustão	40
3.2.1.15 Fim do Teste	41
4 DESENVOLVIMENTO	42
4.1 LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL	42
4.2 MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS	45
4.2.1 Bomba de Diafragma	46
4.2.2 Controlador Lógico Programável	47
4.2.3 Sensor Indutivo	47
4.2.4 Válvula Direcional	48
4.2.5 Fios de Ligação.....	49
4.3 ALTERAÇÃO DO PROGRAMA DOS COLDS	49
4.4 CUSTOS DO PROJETO	53
4.5 PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO	55
4.6 SIMULAÇÃO	55
4.6.1 Cenário A.....	56
4.6.2 Cenário B.....	58
4.7 ANÁLISE DOS DADOS.....	61
4.8 MELHORIAS FUTURAS	61
5 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a automação está presente em diferentes níveis de atividades do homem, desde as residências, no trânsito, através de sistemas de controle de tráfego e sinalização, nos edifícios comerciais, processos de compra, venda e transporte de bens, processos industriais primários e secundários e nas jornadas espaciais, sendo fundamental para enfrentar o futuro e sobreviver no presente (LEMOS, 2009, p.16).

Dentro deste contexto, a indústria automobilística contribuiu muito para o desenvolvimento da automação industrial devido à necessidade de ganho da produtividade e conseqüentemente da competitividade. Segundo Lacombe (2004), a automação diminui os custos e aumenta a velocidade da produção.

Neste aspecto, o trabalho em questão trata de uma oportunidade de melhoria na qual se visualizam ganhos em disponibilidade de equipamentos, questões ergonômicas e de economias de tempo e de custos.

1.1 TEMA

Este trabalho trata de um problema que se apresenta na área de teste de motores a frio em uma linha de montagem de motores a combustão.

A forma construtiva da mencionada linha de montagem dispõe de transportadores sobre os quais se deslocam paletes, e nestes, os motores que, ao longo da linha, vão recebendo os componentes agregados e ao final formarão o conjunto. Na área de testes da linha existem três *Cold-Tests*, que são os equipamentos responsáveis dentre outros testes, pelo enchimento de óleo nos motores.

As três máquinas *Cold* exercem a mesma função e trabalham em paralelo, pois o tempo de ciclo é maior em três vezes do que a demanda da linha, justificando assim a necessidade deste número. Existe, no entanto, apenas uma bomba responsável pela retirada do óleo.

O processo da entrada e realização dos testes dos motores nos *Cold-tests* ocorre de maneira automática, sem a intervenção do operador. Na ocorrência de falha, durante o teste, o motor sai da máquina e fica aguardando pelo operador que irá fazer o diagnóstico.

Na sequência, o operador se desloca até a bomba eletropneumática, seleciona manualmente uma válvula de esfera e volta até o motor. Em seguida ele acopla um bico de sucção de óleo através do tubo da vareta, se dirige até o painel de comando do equipamento e libera a retirada do fluido. Conta-se um tempo pré-definido e a bomba é desligada automaticamente. Esse esvaziamento de óleo do motor permite, então, que seja verificado de forma mais fácil o problema evidenciado no teste.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho de automatização visa habilitar a retirada de óleo sem necessidade de acionamento manual, sendo apenas necessário aguardar alguns segundos após a retirada do bico de sucção da posição inicial, diminuindo o tempo de execução de serviço do operador.

Com essa alteração busca-se diminuir o tempo de retrabalho dos motores, reduzindo o tempo de ciclo e aumentando a disponibilidade do operador para as demais funções do setor.

1.3 PROBLEMA

Além do tempo perdido nos deslocamentos, o operador se depara com um problema de ordem ergonômica, pois a bomba está fixa no chão e no momento da seleção da válvula de esfera é necessário que ele se abaixe para acioná-la. Outra situação é em relação ao percurso que o operador realiza, passando sobre os transportadores.

O setor conta ainda com mais dois equipamentos que realizam outros testes de vazamento, dois de retrabalho e um de controle do nível de óleo nos motores, sendo apenas um único operador o responsável por acompanhar essa área.

Como reduzir o tempo de retrabalho no *Cold Test* na área de teste na linha de montagem?

Por meio da automação do sistema de retirada de óleo dos motores a combustão proposto neste trabalho, o qual foca na melhoria da operação de retirada de óleo dos motores reprovados com o intuito de facilitar o processo tornando-o mais rápido e gerando condições ergonômicas de trabalho melhores para o operador.

1.4 JUSTIFICATIVA

Foi visto no problema anteriormente apresentado uma oportunidade para melhorar a condição de trabalho do operador, garantindo uma maior disponibilidade dos equipamentos de teste e gerando o que toda empresa busca nos dias de hoje: produtividade e competitividade.

O estudo e sua implementação propiciam uma melhora nas condições de trabalho do operador durante a execução da atividade, assim como a diferença em relação à sua disponibilidade. O operador deixa de realizar deslocamentos e movimentos ergonomicamente prejudiciais, além do ganho de tempo no retrabalho dos motores devido à diminuição de ações.

A redução de tempo deste processo é importante por ser um gargalo que atrapalha o fluxo contínuo da linha quando há demora no retrabalho de um motor, possibilitando com a diminuição de tempo atender à demanda natural de forma mais eficaz.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Propor a automação no processo de acionamento de retirada do óleo dos motores que sofrem re-testes nos *cold-tests* da linha de montagem dos motores a combustão.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre processos automatizados;
- Levantar os dados de retrabalhos dos equipamentos durante cinco dias e medir o tempo atual necessário para realização do retrabalho em cada equipamento;
- Desenhar fluxo da situação atual;
- Projetar e simular a automação proposta;
- Apresentar um quadro comparativo entre o antes e o depois da automação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Pode-se dizer que um sistema de automação industrial é um conjunto de equipamentos e tecnologias capazes de fazerem com que uma máquina ou processo industrial trabalhem automaticamente, para isso pode-se fazer uso de sensores, atuadores, esteiras e qualquer outro tipo de equipamento que possibilite o funcionamento automático de uma máquina ou um processo. Na automação cabe ao homem o papel de programar, planejar, parametrizar e supervisionar os processos para que trabalhem com a qualidade e nos padrões desejados pelos consumidores (LOPES, 2007).

Para Silveira e Santos (2009) a automação é um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. Com base nas informações, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada para a execução da ação e esta é uma característica de sistemas em malha fechada, conhecidos como sistemas de realimentação, ou seja, aquele que mantém uma relação expressa entre o valor da saída em relação ao da entrada de referência do processo.

Para se efetuar uma automação, qualquer que seja, necessita-se realizar medições, comparações e controles sob os diversos elementos que constituem a máquina ou o processo em questão, para que ele seja capaz de trabalhar sozinho e se autorregular, além de tomar decisões seguras em caso de falhas e emergências (LOPES, 2007).

Uma contribuição adicional importante dos sistemas de Automação Industrial, segundo ACAF (2012) é a conexão do sistema de supervisão e controle com sistemas corporativos de administração das empresas. Esta conectividade permite o compartilhamento de dados importantes da operação diária dos processos, contribuindo para uma maior agilidade do processo decisório e maior

confiabilidade dos dados que suportam as decisões dentro da empresa para assim melhorar a produtividade.

A automação exige a integração de diversas áreas de tecnologia, tais como: elétrica, eletrônica, informática, mecânica, pneumática, hidráulica, química, física, entre outras. Tendo a finalidade de trazer benefícios em vários sentidos como o aumento da produtividade, a segurança, a qualidade do produto, a confiabilidade, uma melhor relação custo benefício de investimento e a substituição do homem em atividades de risco (LOPES, 2007).

2.2 SIMULAÇÃO

Ao serem executados planejamentos e estudos são comuns aparecerem problemas e várias dúvidas em relação ao dimensionamento e o fluxo do processo cuja solução é muitas vezes aparentemente difícil. O ambiente pode ser qualquer um, não importa se é uma fábrica, o trânsito de uma cidade, um escritório, um porto, uma mineração, qualquer um dos casos o que se quer saber é:

- Qual a quantidade correta de pessoas e equipamentos?
- Qual o melhor *lay-out* e o melhor fluxo dentro do sistema que está sendo analisado (PRADO, 2004)?

Para se chegar a estes tipos de dados utiliza-se a simulação. A simulação é uma ferramenta de planejamento, disponibilizada pela área de pesquisa operacional, que permite a geração de cenários, a partir dos quais se pode orientar o processo de tomada de decisão, proceder análises e avaliações de sistemas e propor soluções para a melhoria da *performance*. Sendo que, todos estes procedimentos podem ter por conotação parâmetros técnicos e, ou, econômicos (ARAUJO, 2012).

Segundo Miyagi (2006), simulação é, em geral, entendida como a “imitação” de uma operação ou de um processo do mundo real. A simulação envolve a geração de uma “história artificial” de um sistema para a análise de suas características operacionais.

Simulação é a ferramenta de modelagem mais utilizada e que permite imitar o funcionamento de um sistema real. Usando um computador procura montar um modelo que melhor represente o sistema em estudo (PRADO, 2004).

Ainda segundo Prado (2004) a simulação tem inúmeras aplicações no mundo atual, nas áreas mais diversas, que vão desde a produção em uma manufatura até o movimento de papéis em um escritório. Costuma-se dizer que “tudo que pode ser descrito pode ser simulado”.

Cada *software* de simulação possui uma característica básica que o diferencia dos outros: a “visão de mundo”. Este termo significa a forma com que o *software* foi concebido, ou como ele vê um sistema a ser simulado. Isto tem como consequência que a maneira como os dados serão fornecidos a cada *software* é diferente dos outros e os relatórios gerados também têm características peculiares (PRADO, 2004).

2.3 PROGRAMA ARENA[®]

Para ajudar a simular e responder as perguntas pertinentes ao processo foi utilizado o *software* ARENA.

Para Prado (2004), o ARENA é um ambiente gráfico integrado de simulação, utiliza a linguagem Siman e contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados. Une os recursos de uma linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado.

ARENA foi lançado em 1993 pela empresa americana Systems Modeling. Possui um conjunto de blocos que são utilizados para descrever uma aplicação real. Além de permitir a construção de modelos de simulação possui ainda, as seguintes ferramentas: analisador de dados de entrada, analisador de resultados, visualizador da simulação e execução em lotes (PRADO, 2004).

Atualmente, o ARENA se encontra na versão 9.0 e trouxe grandes melhorias em termos de linguagem e interface (PARAGON, 2012). Tal como a maioria dos programas de simulação, o ARENA visualiza o sistema a ser modelado como

constituído de um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a clientes (também chamados de entidades ou transações) que se movem através do sistema (PRADO, 2004).

A figura 1 mostra uma imagem da tela de funcionamento do ARENA, onde se pode observar que sua programação é feita de forma bastante direta, sendo possível desenhar o fluxograma e modificá-lo de acordo com o necessário, sem que isso cause muitas complicações.

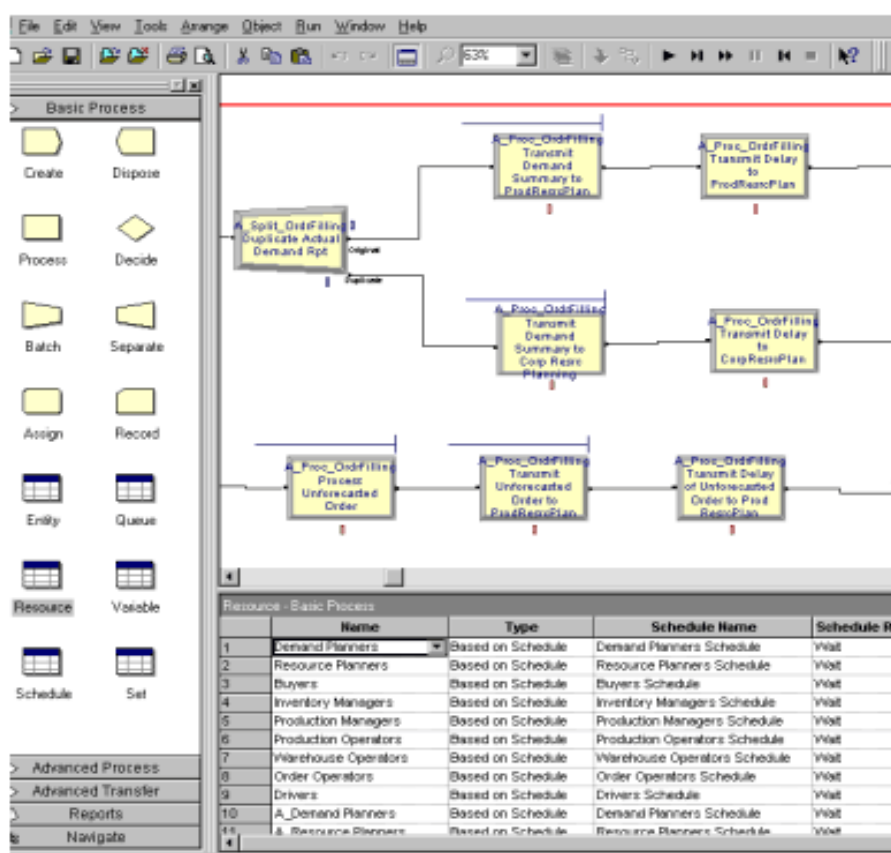


Figura 1 – Tela de programação do Arena

Fonte: Rabelo (2011)

Esse programa simula de forma precisa as situações e variáveis de um sistema. Para fazer a simulação o projetista deve, além de conhecer os recursos do *software* Arena, dominar as variáveis do processo que se está projetando, como os tempos de ciclo de uma máquina em uma determinada operação, as distâncias de percursos, entre outros, para que a simulação seja o mais próximo possível da realidade. Assim é possível avaliar a maioria das situações, os pontos de possíveis problemas, as operações críticas, a quantidade de operadores necessários, os

tempos de ciclos, entre outros, conseguindo corrigir a maioria e os principais problemas na fase de planejamento.

A figura 2 mostra a representação de uma fila de atendimento em uma agência bancária, um exemplo simulado com o *software* ARENA, o qual cada vez mais é utilizado em diversificadas áreas do conhecimento.



Figura 2 – Simulação de uma fila de atendimento

Fonte: PRADO (2004)

Com uma simulação como a da figura 2, utilizando todos os dados pertinentes da região onde a agência está instalada, pode-se de forma precisa dimensionar a quantidade de atendentes necessários em cada período do dia para que a fila de espera fique dentro dos padrões mínimos de atendimento estabelecidos, garantindo qualidade com o menor custo.

Como um projeto não consiste apenas na utilização de uma única técnica ou artifício no seu desenvolvimento, ele necessita de elementos físicos que

desempenhem movimento, trabalho e realizem a atividade requerida. Para isso são necessários alguns equipamentos que completem o sistema, sendo possível destacar as bombas, válvulas, sensores e o CLP (Controle Lógico Programável).

2.4 BOMBAS

A primeira razão para o ser humano necessitar de uma bomba foi a agricultura e embora ela esteja em prática há mais de 10.000 anos, os primeiros registros que se têm de irrigação são devidos aos egípcios. Inicialmente transportavam a água em potes, mas a cerca de 1.500 a.C. apareceu a primeira máquina de elevação de água, a picota.

Posteriormente sugeriram o sarilho, usado para elevar um balde, a nora e a roda persa. Todas estas máquinas eram movidas por trabalho humano ou animal. (BRUMA, 2013)

Segundo Fox, Mcdonald e Pritchard (1934), as primeiras máquinas de fluxo desenvolvidas foram as rodas de conchas e as bombas de parafuso para elevar água.

Na época moderna, as bombas hidráulicas desempenham um papel importantíssimo e ocupavam o segundo lugar de importância para a atividade industrial perdendo para o motor elétrico (LIMA, 2003).

Bombas são máquinas operatrizes hidráulicas que transferem energia ao fluido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro. Recebem energia de uma fonte motora qualquer e cedem parte deste fluido sob forma de pressão, energia cinética, ou ambas, isto é: aumentam a pressão do líquido, sua velocidade ou ambas (DENÍCULI, 1993).

2.4.1 Especificação

A especificação das bombas pode ser feita a partir da potência, da vazão, da pressão de descarga ou ainda da pressão de sucção. Há ainda, nas bombas cinéticas, a identificação dada em altura da coluna do líquido bombeado (BOMBA HIDRÁULICA, 2013).

2.4.2 Aplicações

As bombas podem ser aplicadas em diversos campos, Lima (2003) destaca os seguintes empregos: serviços de abastecimento d'água, estações de tratamento, serviços de esgoto, serviço de drenagem, centrais termoelétricas, centrais de refrigeração, indústria têxtil, automobilística, alimentícia, açucareira, cosmética, de papel e celulose, mineração, petrolífera, química, naval, de bebidas, cerâmica, de tintas, farmacêutica, fábrica de amido, sistemas de combate a incêndio, sistema de lubrificação forçada, uso marítimo e domiciliar.

2.4.3 Classificação

No quadro 1 pode-se observar de forma sintetizada a classificação dos diversos tipos de bombas em relação a sua forma construtiva e suas subdivisões que estão relacionadas diretamente com o sistema que realiza o trabalho (PUC RS, 2012).

Dinâmicas ou turbobombas	Bombas centrífugas	Puras ou radiais	As bombas podem ser classificadas pela sua aplicação ou pela forma com que a energia é cedida ao fluido. Normalmente, existe uma relação estreita entre a aplicação e a característica da bomba que, por sua vez, está intimamente ligada à forma de cessão de energia ao fluido.
		Tipo Francis	
	Bombas de fluxo misto		
	Bombas de fluxo axial		
	Bombas periféricas ou regenerativa		
Volumétricas ou Deslocamento Positivo	Bombas Alternativas	Pistão	O modo pelo qual é feita a transformação do trabalho em energia hidráulica e o recurso para cedê-la ao líquido aumentando a sua pressão e ou sua velocidade permitem que elas se classifiquem em: bombas de deslocamento positivo, turbobombas e bombas especiais. Dentre as classificações de turbobombas e de deslocamento positivo podemos enumerar algumas das mais importantes subdivisões destas bombas.
		Embolo	
		Diafragma	
	Bombas rotativas	Engrenagens	
		Lóbulos	
		Parafusos	
	Palhetas Deslizantes		

Quadro 1 – Classificação de bombas

Fonte: PUC RS (2012)

Visualizando o quadro pode-se, por exemplo, averiguar que as bombas do tipo dinâmicas ou turbobombas são divididas em bombas centrífugas, de fluxo misto, de fluxo axial e periféricas ou regenerativas. Seguindo o mesmo raciocínio, as bombas centrífugas são divididas em puras, ou radiais, e do tipo Francis.

2.4.3.1 Turbobombas

As turbobombas têm como característica principal o fato de possuírem um órgão rotatório dotado de pás conhecido como rotor, também chamado de impulsor

ou impelidor, que devido a sua aceleração, exerce forças sobre o líquido fazendo com que ele adquira energia cinética. Essa aceleração não possui a mesma direção e o mesmo sentido do movimento do líquido em contato com as pás, por isso se faz necessário o difusor também conhecido como recuperador para transformar a energia cinética gerada em energia de pressão. A descarga gerada depende das características da bomba, do número de rotações e das características do sistema de encanamentos (PUC RS, 2012).

2.4.3.2 Bombas de Deslocamento Positivo ou Volumétricas

São bombas que possuem uma ou mais câmaras, em cujo interior o movimento de um órgão propulsor comunica energia de pressão ao líquido, provocando o seu escoamento. Assim, proporciona as condições para que se realize o escoamento na tubulação de aspiração até a bomba e na tubulação de recalque até o ponto de utilização. A característica principal desta classe de bombas é que uma partícula líquida em contato com o órgão propulsor tem praticamente o mesmo deslocamento em relação à executada pelo órgão propulsor em contato. Essas bombas podem ser do tipo Alternativas ou Rotativas (PUC RS, 2012).

“As bombas de deslocamento positivo são indicadas em casos onde se requer vazão constante independente de variação da carga sobre a bomba e também onde o volume deve ser medido com precisão. A descarga é proporcional à velocidade do propulsor da bomba.” (BRASIL, 2010, p.67).

2.4.3.3 Bombas Alternativas

As bombas alternativas, como o próprio nome diz, trabalham de forma alternada, ora sugando o líquido a ser bombeado e ora pressionando. Nessas bombas, o agente propulsor geralmente é um pistão ou êmbolo ou uma membrana flexível (diafragma).

Elas geralmente são acionadas por motores elétricos, mas também podem ser acionadas pela ação do vapor ou por motores de combustão interna. São bombas de deslocamento positivo porque exercem forças na direção do próprio movimento do líquido (PUC RS, 2012).

2.4.3.3.1 Bombas Alternativas de Diafragma

As bombas alternativas de diafragma são bombas de deslocamento positivo que dependem do movimento de um diafragma para conseguir o deslocamento do fluido. O movimento para frente e para trás, imposto ao diafragma, atribui ao escoamento a pulsação típica de uma bomba alternativa.

As bombas de diafragma são usadas para bombear suspensões abrasivas e líquidos muito viscosos (UFSC, 2012). A figura 3 mostra o desenho esquemático de uma bomba alternativa onde a ação do diafragma tende a impulsionar o líquido de forma alternada para um lado, ou para o outro de acordo com o momento.

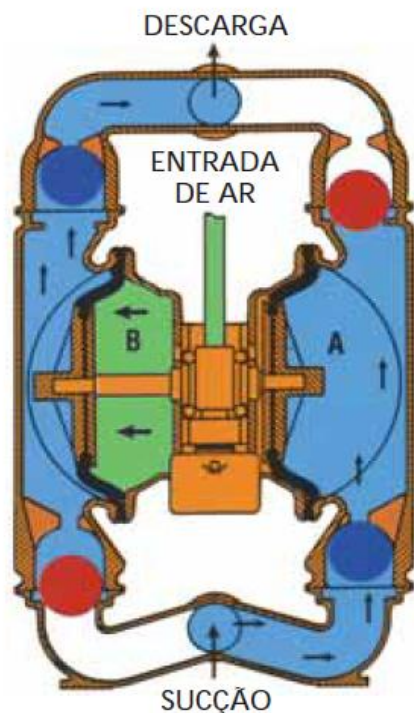


Figura 3 - Desenho esquemático de funcionamento

Fonte: Bomax (2013)

Para Lima (2003) a grande vantagem da atuação hidráulica é poder transformar um curso longo de pistão em pequena flexão do diafragma.

2.5 VÁLVULAS

Válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper a descarga dos fluídos nos encanamentos (MACINTYRE, 2008). Para Lima (2003) as válvulas são órgãos da bomba que tem a função de impedir ou dar passagem ao líquido num único sentido.

2.5.1 Classificação das Válvulas

Pode-se classificar as válvulas por sua natureza de acionamento em:

- Acionadas manualmente: são acionadas por meio de alavancas. O operador, ao acionar uma determinada alavanca, determina não apenas o pistão que será acionado mas também o sentido de seu movimento (extensão ou retração) (MACINTYRE, 2008).
- Comandadas por motores: quando as válvulas são muito grandes ou se acham em posição de difícil acesso, longe do operador, ou ainda, quando devem ser comandadas por instrumentos ou equipamentos de controle automático, próximos ou afastados .
- Acionadas pelas forças provenientes da ação do próprio líquido em escoamento: quando ocorre no líquido uma modificação no regime, ou pela ação de molas ou pesos, são designadas pelo nome de válvulas automáticas (MACINTYRE, 2008).

2.5.2 Tipos de Válvulas

As válvulas possuem características peculiares que as diferenciam em quatro tipos. Segundo Silva (2002) as válvulas podem ser classificadas em:

- Válvula de controle de direção;
- Válvula de controle de pressão;
- Válvula de controle de fluxo;
- Válvula de bloqueio.

2.5.2.1 Válvula direcional

Tem por finalidade direcionar o fluido para o sistema, geralmente para o controle de atuadores que podem ser pneumáticos ou hidráulicos, efetuando seu avanço e recuo.

As válvulas direcionais são descritas pelo número de vias e posições que possuem. As vias são conexões de entrada, saída e escape de ar ou óleo e as posições são as quantidades de manobras que a válvula pode realizar.

As válvulas podem ser acionadas por comando manual, elétrico, pneumático ou mecânico. Normalmente são utilizadas solenóides (bobinas eletromagnéticas) para a mudança de posição da válvula, pois têm a vantagem de serem acionadas à distância e com bastante segurança e precisão (LOPES, 2007).

A figura 4 ilustra o funcionamento de uma válvula 3/2 vias acionada por botão e com retorno por mola, mostrando primeiramente a sua posição de repouso e ao lado a posição em que está acionada.

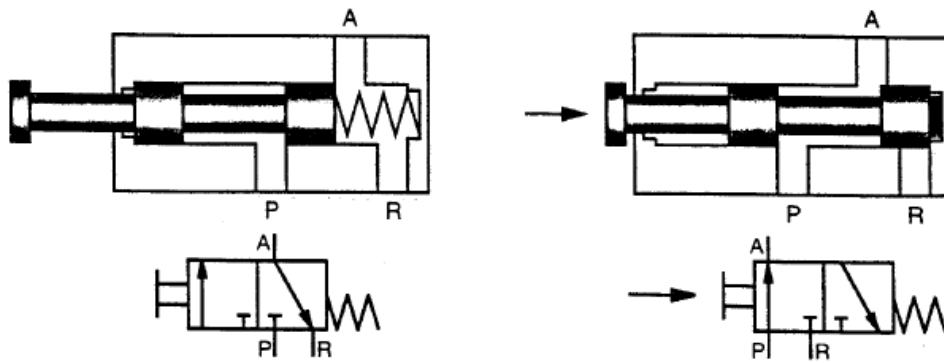


Figura 4 - Funcionamento de uma válvula 3/2

Fonte – Silva (2002)

2.6 SENSORES

Sensores são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer direta ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza. Quando operam diretamente, convertendo uma forma de energia em outra, são chamados transdutores (LOBO, 2004).

Muitas vezes um sensor é composto de um transdutor e uma parte que converte a energia convertida em um sinal elétrico. Os sensores são largamente usados na “medicina”, na “indústria” e na “robótica”, além de outras aplicações, e são responsáveis por informar, através dos seus sinais, ao sistema situações e ocorrências que podem desencadear importantes ações ao longo do funcionamento de qualquer ciclo.

Existem diversos tipos de sensores classificados de acordo com a transformação da natureza do estímulo, por exemplo, os fotodiodos que transformam a energia luminosa em sinal elétrico e os termistores que mudam o valor da resistência de acordo com o sensoriamento da temperatura, etc. (UFRS, 2012).

2.6.1 Sensor Indutivo

Os sensores indutivos são sensores que detectam a presença de materiais condutores de energia elétrica de natureza metálica. Esses sensores recebem um estímulo através de uma alteração no campo magnético quando algum metal se aproxima dele. O metal interfere no campo elétrico do sensor e transforma a alteração em um sinal elétrico que é enviado para o destino desejado (LINO, 2012).

2.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O controlador lógico programável (CLP) pode ser definido como um dispositivo de estado sólido capaz de armazenar instruções para implementação de funções controle, sequência lógica, temporização e contagem, além de realizar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizados no controle de sistemas automatizados (GEORGINI, 2000).

A figura 5 mostra o conjunto de um CLP contendo fonte, CPU (*Central Processing Unit*) – Unidade Central de Processamento, módulo I/O e módulos de comunicação.



Figura 5 - Controlador Lógico Programável

Fonte: TKS Software (2012)

2.7.1 Composição Básica do CLP

A CPU (*Central Processing Unit*) é uma unidade de processamento que compreende o processador, microprocessador, microcontrolador ou processador dedicado, o sistema de memória (RAM e ROM) e os circuitos auxiliares de controle, podendo ser visualizado na figura 6.



Figura 6 – CPU do Controlador Lógico Programável

Fonte: Quest LTD (2013)

Os módulos de I/O (*Input/Output*) mostrados na figura 7 são compostos por conexões de entradas e saídas que podem ser discretos (sinais digitais – 12 V_{DC}, 110 V_{AC}) ou sinais analógicos (4 – 20 mA; 0 – 10 V).



Figura 7 – Módulo I/O

Fonte: Direct Industry (2013)

A fonte de alimentação é responsável pela tensão fornecida à CPU e aos módulos de I/O e em alguns casos proporciona saída auxiliar de baixa corrente. A figura 8 apresenta um modelo de fonte de alimentação.



Figura 8 – Fonte de alimentação

Fonte: Modicon PLC (2013)

A base ou *rack* proporciona uma conexão mecânica e elétrica entre a CPU, os módulos de I/O e a fonte de alimentação. Contém o barramento de comunicação entre eles, no qual os sinais de dados, endereço e controle de tensão estão presentes.

A figura 9 mostra um modelo de *rack* utilizado na fixação dos módulos do CLP.



Figura 9 – Rack

Fonte: ICR Industrial Marketplace (2013)

2.7.2 Operação Básica

A CPU executa a leitura do *status*, condições ou estados, dos dispositivos de entrada por meio dos módulos de I/O. Esses estados são armazenados na RAM para serem processados pelo programa de aplicação, desenvolvido pelo usuário, e armazenado na RAM, EPROM ou na EEPROM do CLP.

Após a execução do programa de aplicação, o processador atualiza o *status* dos dispositivos de saída por meio dos circuitos de I/O, realizando a lógica de controle.

2.7.3 Programação do CLP

A programação do CLP é feita por meio de uma ferramenta de programação que pode ser um programador manual, terminal de programação (*Handheld programmer*), ou um computador com um *software* de programação específico.

A Linguagem *Ladder* (RLL - *Relay Ladder Logic*) é composta por uma lógica de contatos de relê muito popular entre os usuários dos antigos sistemas de controle. Esta linguagem é a representação lógica da sequência elétrica de operação, como mostrado na figura 10.

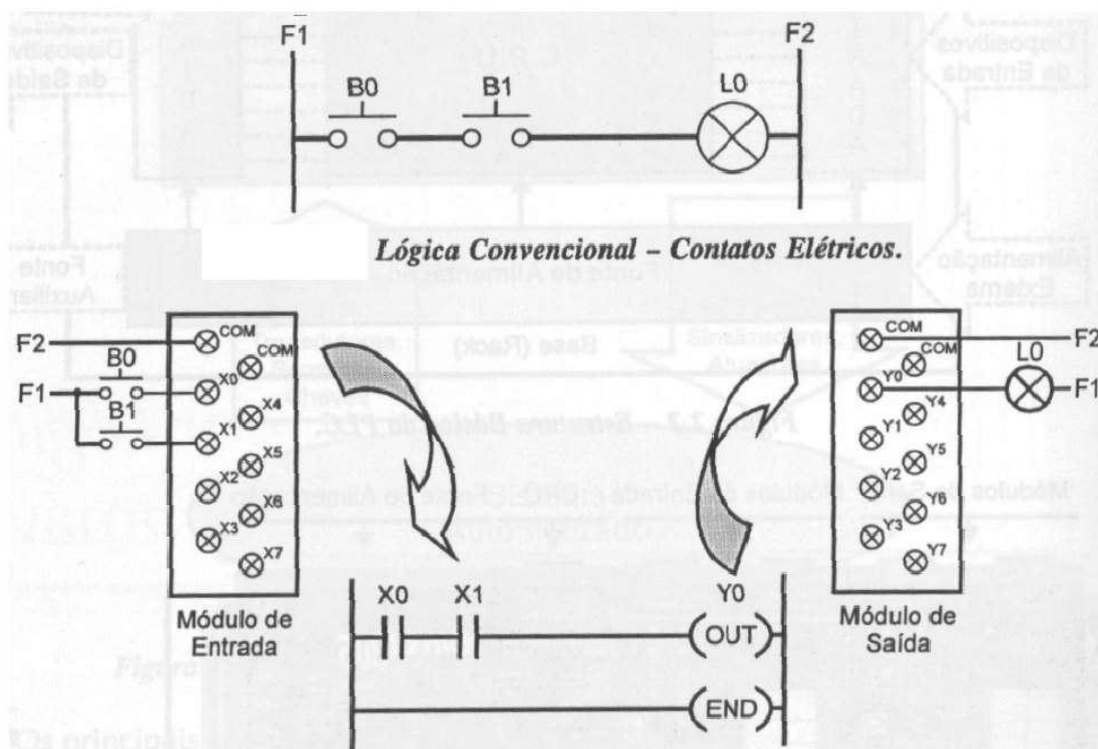


Figura 10 - Representação lógica da sequência elétrica de operação

Fonte – Stocler (2012)

A lógica implementada pelo CLP é muito similar à convencional, sendo que os dispositivos de entrada, elementos B0 e B1, são conectados ao módulo de entrada e o dispositivo de saída, elemento L0, ao módulo de saída. O programa de aplicação determina o acionamento da saída em função das entradas ($B0 \cdot B1 = L0$). Qualquer alteração desejada nesta lógica é realizada por meio de alterações no programa, permanecendo as mesmas ligações nos circuitos/módulos de I/O.

2.8 EMPRESA

A empresa onde foi realizado o estudo é uma unidade produtora de motores a combustão *midsize* localizada na região de Curitiba.

Na figura 11 tem-se um protótipo do motor fabricado nessa empresa e testado na área de *Cold Test*.



Figura 11 - Motor

Fonte: XspeedClub (2014)

O Fluxo Produtivo da empresa conta com:

- 4 linhas de usinagem;
- 3 Linhas de Montagem;
- Parque industrial com 131 máquinas;
- 65% dos equipamentos automatizados;
- 10 testes de simulação (*Cold Tests* e vazamentos);
- 6 dinamômetros de teste.

2.8.1 Usinagem

O processo de usinagem possui como diferenciais a automação no abastecimento de usinados à linha de montagem via *Gantries* (braços automatizados responsáveis por mover as peças), e sequências de cartões para garantia de cumprimento do controle de qualidade. As máquinas são preparadas com os mais modernos conceitos de manutenção visando zero quebras, com medição e classificação de 100% das peças usinadas.

2.8.2 Montagem

A montagem possui equipamentos de teste a frio, ou *Cold Tests*, com simulações de sincronismo e variações, teste de vedação em 100% dos motores, robôs de sub-montagem de casquilho e a linha de montagem no conceito *Moving Line*. *Busca* um objetivo de obter aumento de produtividade, qualidade, trabalho padronizado, ergonomia, redução do estoque da área e *lead time*.

3 ESTUDO DA ÁREA DE MOTORES

3.1 COLD TEST

O *Cold Test* é um teste de qualidade e funcionamento do produto durante o processo de fabricação. São realizados diversos testes no motor no seu processo final de montagem, medindo o torque de arraste, as pressões dos cilindros, fluxo e pressão de óleo lubrificante, verificação do conjunto de válvulas, a vibração, etc., tudo sem a necessidade de queimar combustível.

O motor a combustão para teste é impulsionado por um motor elétrico, acoplado a diversos sensores que irão atuar de acordo com as situações encontradas verificando as diversas condições.

Após a finalização dos testes os motores são encaminhados até o ponto de encontro com a linha horizontal inferior, onde se movem para a direita para continuarem no processo.

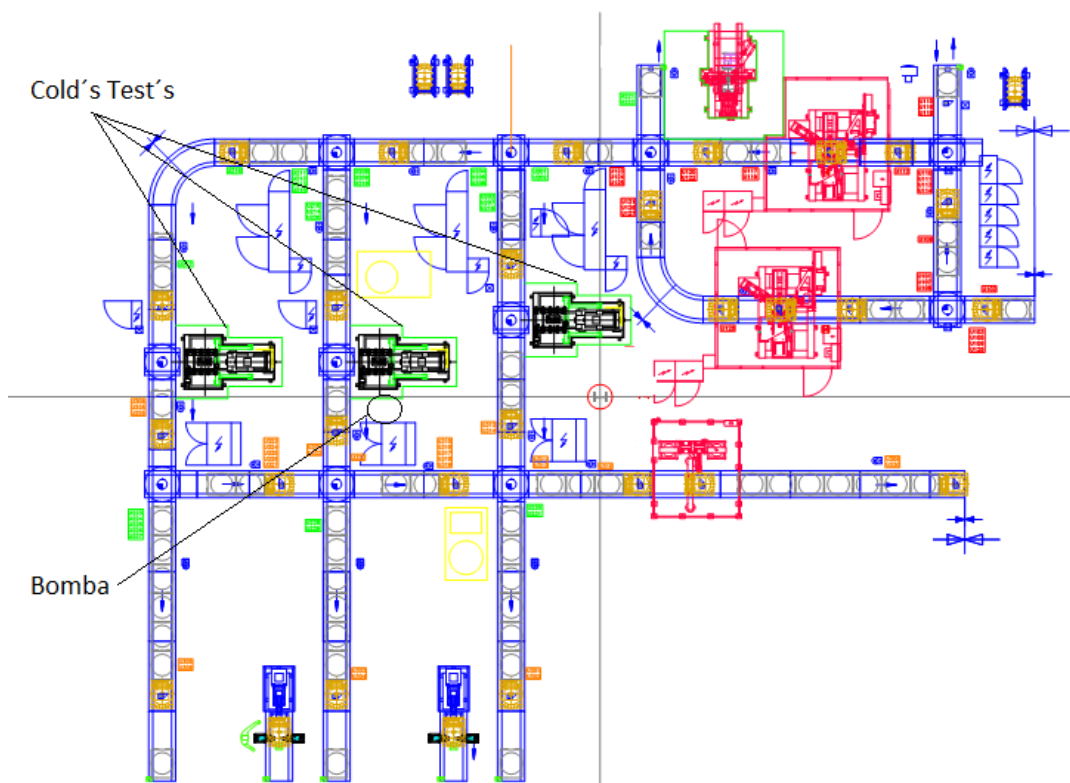


Figura 12 – *Layout* da área de testes

Fonte: Autoria própria

Na figura 12, composta pelo *layout* da área de testes, é possível identificar o trajeto a ser percorrido pelos motores, que se dirigem da área superior à direita para a esquerda e são distribuídos entre os três *Colds*.

3.2 FLUXOGRAMAS DAS SITUAÇÕES

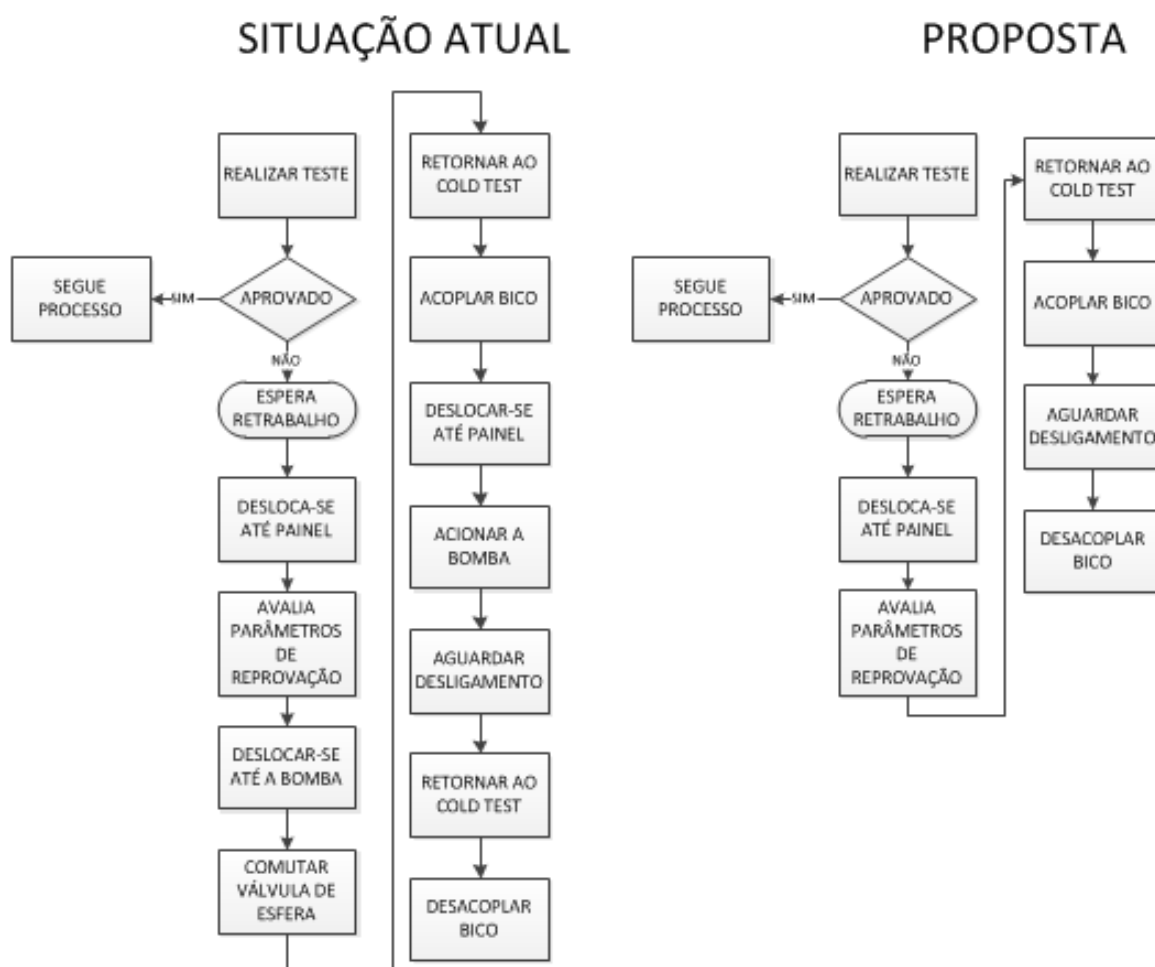


Figura 13 - Fluxograma atual e proposto

Fonte: Autoria própria

A figura 13 mostra o fluxograma da situação atual dos passos para a execução do serviço de retirada do óleo, assim como o fluxograma da forma que se pretende aplicar com a alteração dos *Colds*.

No fluxograma da situação proposta foram eliminados cinco ações do operador: dirigir-se à bomba, comutar a válvula de esfera, deslocar-se novamente ao painel, acionar a retirada de óleo e retornar ao *Cold* para desacoplar o bico de sucção. Assim, é possível efetuar a redução do tempo de operação, melhorar a postura ergonômica e reduzir o desgaste físico ao se deslocar durante o processo.

3.2.1 Sequência de Teste

3.2.1.1 Sequência de Inicialização e Fluxo de Óleo

Primeiramente é realizado o teste do sistema através do *shunt call & system check*, iniciando o abastecimento de óleo para o motor, conhecido como “*back flush* do óleo”. As válvulas têm por objetivo enviar óleo para o motor pelo sentido inverso do fluxo normal, realizando dessa forma a lubrificação do cabeçote e afins, evitando que inicie o teste em giro a seco.

Após a lubrificação, ocorre a inserção de óleo diretamente no Carter através do orifício da vareta de óleo, também com o objetivo de gerar um nível mínimo de óleo para o início do giro. Fechada a válvula de entrada de óleo do motor, abre-se a válvula de purga do óleo da tubulação e é acionada a válvula de entrada de óleo pelo fluxo normal do orifício do filtro, para enchimento do motor, desligando a válvula de purga de óleo da saída do filtro.

3.2.1.2 Torque de partida

O motor a combustão é acionado por meio da unidade de servo acionamento em modo torque para teste do momento de partida, e são verificados se os sinais do *came* e da manivela estão ligados.

Inicialmente muda-se a configuração da válvula de entrada do sistema para a de alta pressão. Após isso, o servo acionamento é posto em modo torque e as válvulas são configuradas para corte da entrada de óleo condicionando uma recirculação com o propósito de não permitir interferência no giro. A entrada de ar para a admissão também é liberada gerando menor resistência e se o torque necessário para 200 rpm for atingido, o motor está aprovado.

No caso de reprovação pelo modo torque o teste é abortado, é realizada a abertura da válvula de alta pressão, com o motor efetuando o giro em modo de torque com enchimento constante. Há então um corte da alimentação do motor e a abertura da válvula de saída. Após a avaliação e a aprovação do modo de torque o processo volta ao enchimento do óleo e fixa a velocidade em 200 rpm, com o esvaziamento a válvula de saída é, então, desligada.

3.2.1.3 Verificação de Sensores do Eixo Comando e Virabrequim

Nesse ponto do teste há a aquisição de um registro sincronizado dos sinais elétricos do eixo da manivela medido pelo *encoder* e dos sensores do *came* e da manivela. A rotação do *drive* é ajustada para modo de velocidade constante a 200 rpm e a válvula de orifício da vareta é aberta para alimentação constante do enchimento. São então realizadas as medidas dos sensores do eixo e do virabrequim, esses dados são analisados gerando aprovação ou não do motor. Há um enchimento constante do óleo durante essa etapa de teste.

3.2.1.4 Fluxo de Óleo

Nessa fase é efetuada a coleta e a análise do registro do fluxo de óleo em sincronismo com o eixo, através do *encoder*, avaliando o comportamento da curva de fluxo. A válvula de alta pressão de entrada é desligada e a medição sincronizada

do fluxo, relacionada com a posição do motor, permite a identificação de obstruções na galeria de óleo, perda de anéis, etc.

3.2.1.5 Desempenho da Bomba de Óleo

Essa fase dos testes do motor verifica a eficiência da bomba de óleo do motor por meio de um orifício fixo verificando a capacidade da bomba de óleo em lubrificar o motor, para tanto a válvula de pressão alta é aberta, a velocidade do motor é então ajustada para 350 rpm. No início da etapa de teste é realizado um cálculo do valor médio do limite, se o valor de pressão lido for menor que o limite médio a válvula de orifício da bomba de óleo é fechada, aguardando que a pressão suba mais que o limite médio em um tempo máximo de 20 s até o religamento.

Se o valor lido for maior do que o valor médio é aberto a válvula de purga da saída de óleo para realizar uma pressão extra na passagem para a entrada da vareta através da válvula de orifício da bomba, isso até que ocorra a queda de pressão, num período máximo de 20 s. Os dados obtidos são então avaliados.

3.2.1.6 Válvula de Alívio da Bomba de Óleo

Esta etapa testa a válvula de alívio de pressão de óleo da bomba do motor e verifica se a válvula de alívio está regulando a pressão de óleo, para isso é feito o bloqueio da válvula de saída da bomba. Após isso, é ligado o modo de velocidade constante em 500 rpm, e em seguida a velocidade do motor é aumentada propiciando maior pressão da bomba de óleo.

3.2.1.7 Término do enchimento motor

Verifica se o volume de óleo atingiu o valor mínimo até esse ponto do teste, se positivo passa para o próximo passo, se negativo completa o nível.

No caso do volume de óleo não ter sido completado é realizada a abertura da válvula de entrada pelo furo da vareta.

3.2.1.8 Teste de Ignição dos Cilindros 1 e 4 - Bobina 1

Na fase de teste é feita a coleta e a análise das assinaturas da ignição do motor a partir dos cilindros 1 e 4, cujas velas são acionados pela bobina 1. São detectadas as velas de ignição sem centelha, com espaçamento alto ou baixo e ainda se a bobina está defeituosa, estando o motor operando com a entrada de óleo fechada em modo de recirculação, para que não ocorram variações no ciclo dos pistões devido a variações de pressão.

A válvula de purga da exaustão também é fechada, contendo nos cilindros somente o ar que já estava no sistema. É realizada a checagem dos valores de tensão da saída da fonte controlada, que devem estar em 5 V, positivo ou negativo, coletando e analisando os valores na sequência. Essa checagem da fonte se faz necessária para provar que alguma possível falha de um componente não ocorra devido à falta de alimentação.

3.2.1.9 Teste de Ignição dos Cilindros 2 e 3 - Bobina 2

Assim como na fase anterior, efetua a coleta e a análise das assinaturas da ignição do motor a partir dos cilindros 2 e 3, cujas velas são acionada pela bobina 2. As velas de ignição sem centelha são identificadas, assim como espaçamento alto ou baixo e algum defeito casual na bobina. O motor também continua operando com

a entrada de óleo fechada em modo de recirculação, para que não ocorram variações no ciclo dos pistões devido a variações de pressão.

A válvula de purga da exaustão também é fechada, tendo então nos cilindros somente o ar que já estava no sistema. É realizada a checagem dos valores de tensão de saída da fonte controlada assim como no teste anterior.

3.2.1.10 Matriz de Ignição

No teste de matriz de ignição os valores da extensão da centelha retornados a partir dos testes anteriores são armazenados em uma matriz lógica. Compara o valor dos dados dos passos de teste da ignição para determinar se existem cabos invertidos, bobinas abertas ou espaçamentos das velas diferentes do correto.

Os valores limites baixo e alto são primeiramente indicados como zero e apenas os valores avaliados como falso têm, associados, uma mensagem de texto explicando o defeito, como por exemplo: “Teste para cabos invertidos da bobina 1”.

3.2.1.11 Vibração e Sensor de Detonação

A fase de vibração é responsável pela coleta e pela análise dos sinais dos acelerômetros e do sensor de detonação. Testa também a falta de capas de mancais, eixos desbalanceados e outros problemas.

Em resumo, todas essas ações são feitas para detectar qualquer tipo de vibração que possa ocorrer no motor, o que geraria perdas grandes no funcionamento do mesmo.

3.2.1.12 Volume

A válvula de alta pressão é fechada e o nível do óleo é completado. Essa ação se faz necessária para a realização dos próximos testes.

3.2.1.13 Admissão e Torque

Essa fase de teste realiza a coleta dos dados para as quatro entradas da admissão e para o sinal do torque com os orifícios de entrada fechados e os orifícios de exaustão abertos. A partir deste momento também pode ser observado que enquanto segue o teste, o motor permanece em modo de recirculação de óleo. São ainda verificadas as presenças de válvulas tortas, falhas no assentamento das cabeças de válvula e juntas faltantes.

O torque está relacionado a problemas de compressão de ar e para a estabilização do ar que está na tubulação é feita a verificação se o valor lido é menor do que 2 kPa. Caso seja maior o motor gira por 7 s até a próxima medição, caso seja menor o teste é parado imediatamente.

O medidor de entrada de ar é um transdutor e quando é aberta a válvula de admissão do motor, com o cilindro descendo, há a geração de um vácuo no sistema que é medido para a análise.

3.2.1.14 Exaustão

Aqui na fase de Exaustão, têm-se a coleta e análise dos dados para as quatro saídas de exaustão com os orifícios de saída fechados e os orifícios de admissão abertos. Da mesma forma que no teste anterior, são verificadas válvulas tortas, falha nos assentamentos das cabeças de válvula e juntas faltantes.

Como dito antes, o torque está relacionado a problemas de compressão e no início do teste ocorre um atraso para estabilização dos picos de saída, antes que seja iniciada a medição, sendo os dados de exaustão coletados na sequência.

O medidor de saída de admissão tem a pressão controlada em 69 kPa, quando a válvula de exaustão do motor está fechada e o cilindro se encontra no final do estágio de exaustão tem-se o pico de exaustão. Essa pressão é medida para análise e os resultados definirão se o motor está pronto para a próxima fase ou se deve ser reprovado.

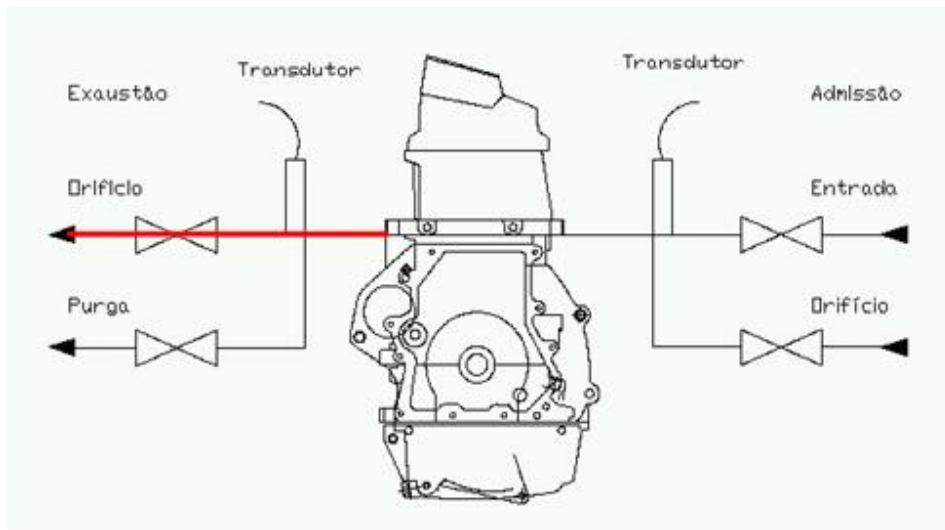


Figura 14 - Motor em modo de recirculação

Fonte: Autoria própria

A figura 14 apresenta um motor em modo de recirculação, onde os testes de admissão e exaustão são feitos. Nesse caso em específico, a cor vermelha indica que a exaustão está sendo executada no teste do motor.

3.2.1.15 Fim do Teste

Após todas as aprovações anteriores as válvulas de óleo são fechadas e há a interrupção do giro do virabrequim, aguardando a pressão do sistema cair e efetuar a purga das linhas de óleo. Com a queda da pressão para um valor abaixo de 70 kPa o teste é encerrado.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL

Para um planejamento do sistema de automação foram acompanhados os índices de reprovação dos testes nas três máquinas *Cold*, do dia 03 ao dia 07 de dezembro de 2012, como mostrado nos gráficos 1, 2 e 3.

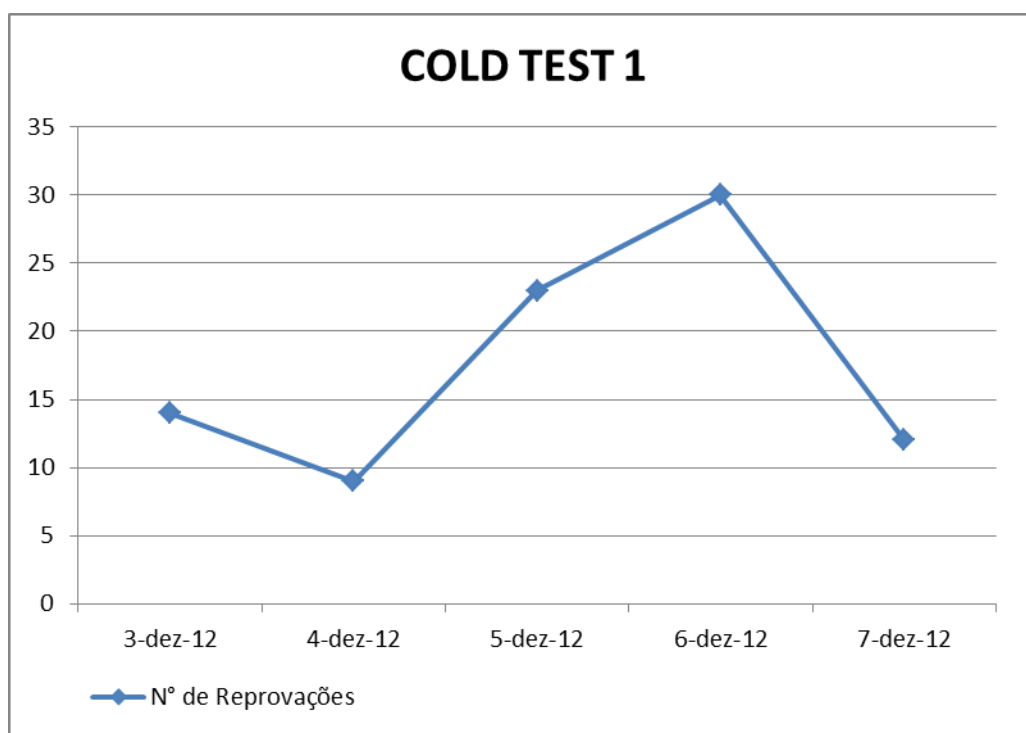


Gráfico 1 - Reprovações *Cold 1*

Fonte: Autoria própria

Na primeira máquina *Cold Test* houve um número baixo de falhas inicialmente, aumentando no quarto dia para um total de 30 e retrocedendo amplamente no último dia de acompanhamento, conforme gráfico 1.

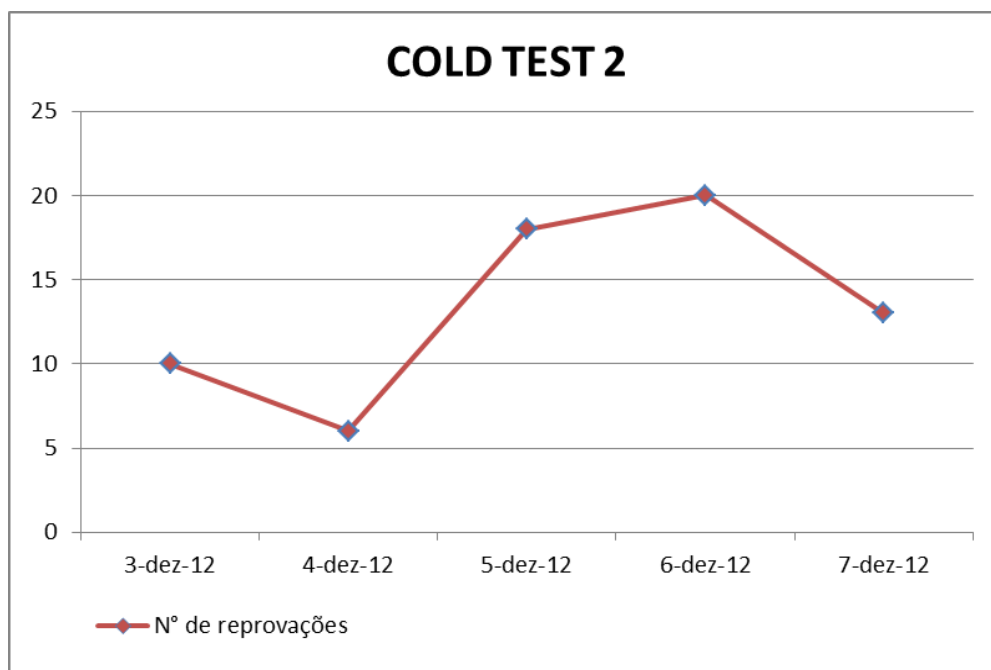


Gráfico 2 - Reprovações Cold 2

Fonte: Autoria própria

O segundo *Cold* apresentou um comportamento semelhante ao primeiro no número de falhas, ocorrendo apenas um pico menor de defeitos identificados no período, de acordo com o gráfico 2.

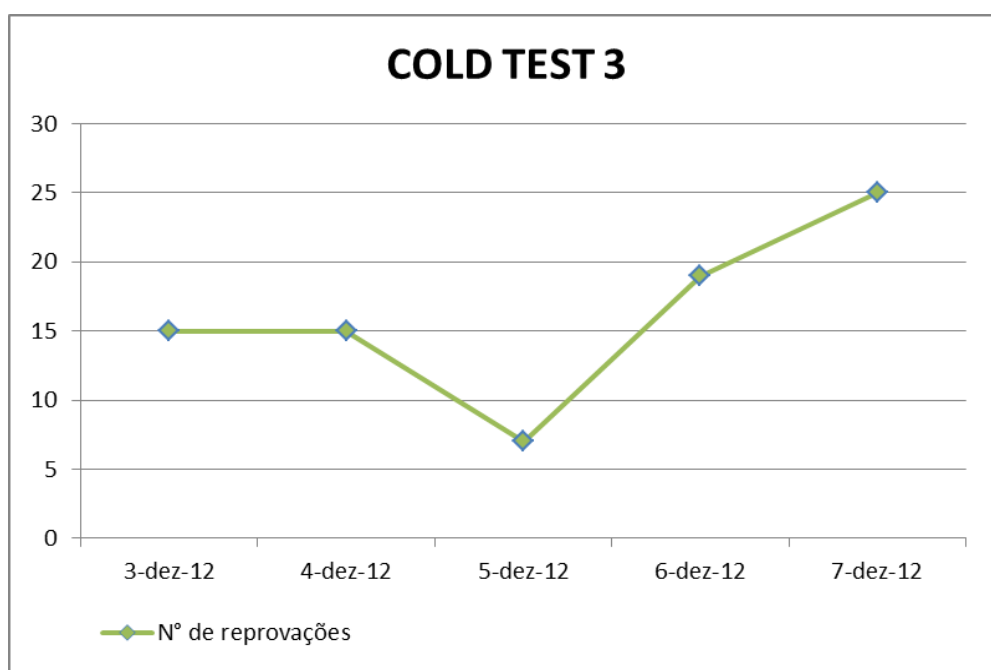


Gráfico 3 - Reprovações Cold 3

Fonte: Autoria própria

De acordo com o gráfico 3 é possível verificar que o número de falhas permaneceu igual nos 2 primeiros dias de acompanhamento na terceira máquina de teste. Após uma queda no terceiro dia o valor aumentou chegando ao máximo de 25 falhas no quinto dia.

As reprovações dos *Colds* foram contabilizadas e organizadas conforme o gráfico 4, o qual apresenta uma comparação entre as quantidades de falhas dos equipamentos de testes por dia avaliado, as quais totalizaram 39 retrabalhos para o primeiro dia, 30 retrabalhos para o segundo dia, 48 retrabalhos para o terceiro dia, 69 retrabalhos para o quarto dia e 50 retrabalhos para o quinto dia de avaliação, totalizando nos cinco dias avaliados 236 retrabalhos.

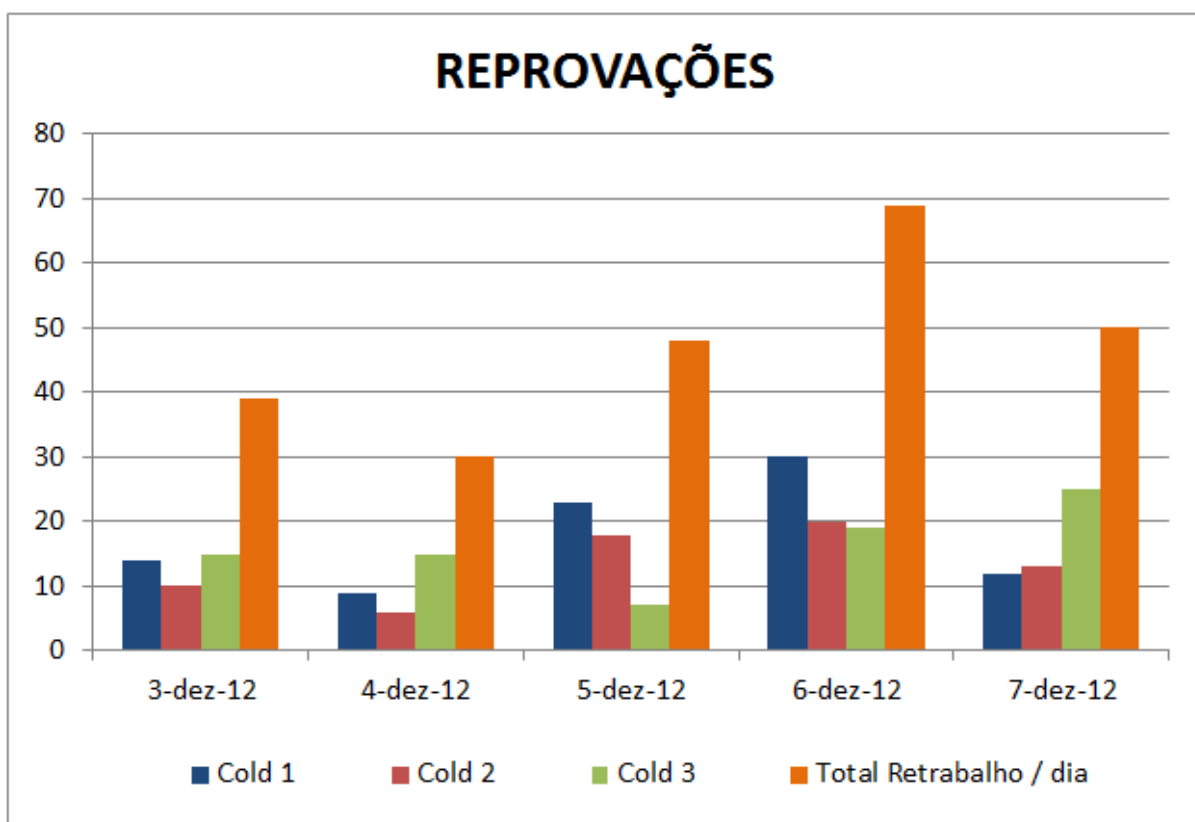


Gráfico 4 - Comparativo entre reprovações dos 3 *Colds*

Fonte: Aatoria própria

Conforme dados fornecidos pela empresa sob estudo, em cinco dias de produção ininterrupta, saem no final da linha de montagem, em média, 4000 motores prontos para serem enviados para o cliente, que os insere nos carros a serem

produzidos. Somando o número total de falhas demonstrado no gráfico 4 têm-se um total de 236, aproximadamente 5,9 % dos motores finalizados.

Pela medição com cronômetro foi obtido o tempo total de retirada do óleo do motor pelo operador após a ocorrência de falha, e representa um total de 94 s. Com as alterações realizadas esse tempo deve ser reduzido para que seja possível ganhar na produção de motores finalizados.

Estima-se, de acordo com as análises das ações do operador, que o tempo após a implementação do projeto deve ser de apenas 74 s por motor reprovado. Esse valor de redução de 94 para 74 s parece ser mínimo quando verificado isoladamente, entretanto, representa um excelente ganho na linha de montagem de motores, onde o tempo de produção de uma peça é de cerca de 60 s.

Multiplicando o valor de falhas em uma semana (237) por ambos os tempos (94 em manual / 74 em automatizado) têm-se um total de 22278 s e 17538 s respectivamente. Diminuindo os valores há um equivalente a 4740 s de diferença, e se transformado esse valor corresponde a 79 min de redução na realização do retrabalho nos três *Colds* por semana.

4.2 MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS

Os materiais a serem utilizados na montagem do sistema são simples e podem ser aproveitados na própria empresa para serem mantidas as características dos equipamentos já presentes na fábrica, consistem em uma bomba de diafragma, CLP, sensor indutivo, válvula direcional, especificados nos itens 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 e 4.2.5.

4.2.1 Bomba de Diafragma

Pretende-se utilizar a mesma bomba já instalada no sistema original de retirada do óleo pós-teste de forma manual, modelo 666150-244C da ARO (INGERSOLL RAND, 2012).



Figura 15 – Bomba Alternativa de Diafragma

Fonte: Wortec Bombas (2013)

Como a bomba de diafragma presente hoje na linha de montagem é suficiente para atender ao processo ela pode ser mantida, dessa forma é possível diminuir o custo da implementação do projeto.

4.2.2 Controlador Lógico Programável

Como os *Colds* atuais já operam utilizando o equipamento CLP da Schneider o mesmo pode ser mantido. Dessa forma o equipamento utilizado seria o CPU TSX P57302 da Schneider com o programa PL7.



Figura 16 – Conjunto CLP

Fonte: Automation-Drive (2013)

Três entradas do módulo TSXDEY podem ser disponibilizadas para receber a leitura dos sensores de identificação do *cold* que está realizando a operação de retirada do óleo do motor. Dessa forma, também seria possível utilizar três saídas disponíveis no módulo presente, do tipo TSXDSY, para enviar o sinal de abertura das válvulas direcionais (SCHNEIDER ELECTRIC, 2013).

4.2.3 Sensor Indutivo

Avaliando uma forma mais simples de montar o sensor nos *Colds* verifica-se que é possível utilizar um sensor do tipo indutivo para realizar a leitura da retirada do bico de sucção de óleo dos motores da base de repouso. Uma micro *switch* seria

muito mais barata, entretanto o bico de sucção é muito leve e sua montagem poderia gerar vários erros na leitura do sinal de ciclo iniciado.

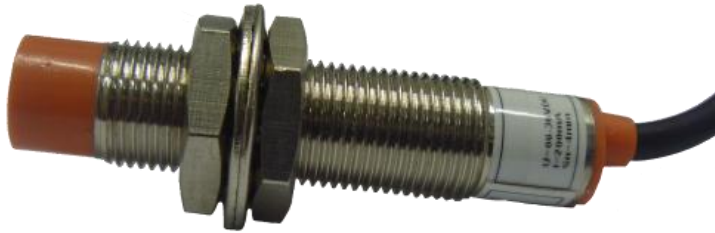


Figura 17 - Sensor Indutivo

Fonte: S&E Instrumentos (2013)

Há um sensor muito comum na fábrica que pode servir para a leitura do momento de retirada de um dos bicos da base, um sensor Balluff modelo BES M12MI-NSC40B-S04G, normalmente aberto com uma distância de leitura de 4 mm. Deve-se ficar atento na montagem do sensor para adaptar essa distância ao suporte desenvolvido para sua fixação (BALLUF, 2013).

Utilizando esse sensor é possível manter um equipamento padrão utilizado na fábrica e há um fácil acesso para a execução do projeto através da retirada direta do material via estoque.

4.2.4 Válvula Direcional

Para habilitar a sucção para o *Cold* com peça reprovada optou-se pela utilização de uma válvula direcional do tipo 3/2 vias CD12, com acionamento elétrico unilateral e retorno por mola, modelo da Bosch Rexroth AG Pneumatics.

Para cada *Cold* deve ser disponibilizada uma dessas válvulas e cada uma seria acionada de acordo com o sinal do sensor indutivo disponível para cada bico de sucção.

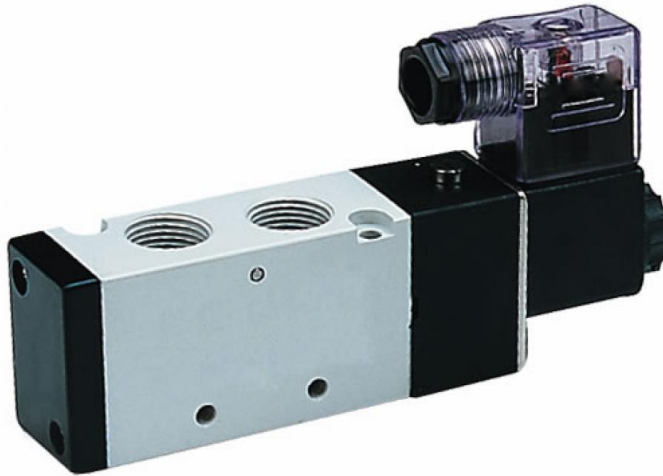


Figura 18 - Válvula Direcional 3/2 vias

Fonte: RITECH (2013)

Esse material também pode ser disponibilizado pela empresa e é de fácil acesso para a execução do projeto.

4.2.5 Fios de Ligação

Os condutores utilizados podem ser de 0,5 mm² de seção nominal, pois as correntes elétricas presentes nos cabos das ligações entre sensores, CLP e válvulas é baixa e, portanto, podem ser utilizados os materiais também já presentes no estoque da fábrica (EUROCABOS, 2013).

4.3 ALTERAÇÃO DO PROGRAMA DOS COLDS

O programa original do CLP dos *Cold Tests* pode ser alterado de forma mínima graças ao fato de ser necessário, apenas, inserir as programações sobre em

qual máquina de teste ocorrerá o retrabalho e sobre a atuação de retirada do óleo em si.

Como consequência o programa deve conter a entrada dos sinais dos sensores de cada *Cold*, o tempo decorrido para cada operação e as saídas para as válvulas, assim como todas as inibições necessárias para que sejam evitadas atuações simultâneas indesejadas.

O programa do CLP deve ser alterado de acordo com o mostrado nas figuras 19, 20 e 21.

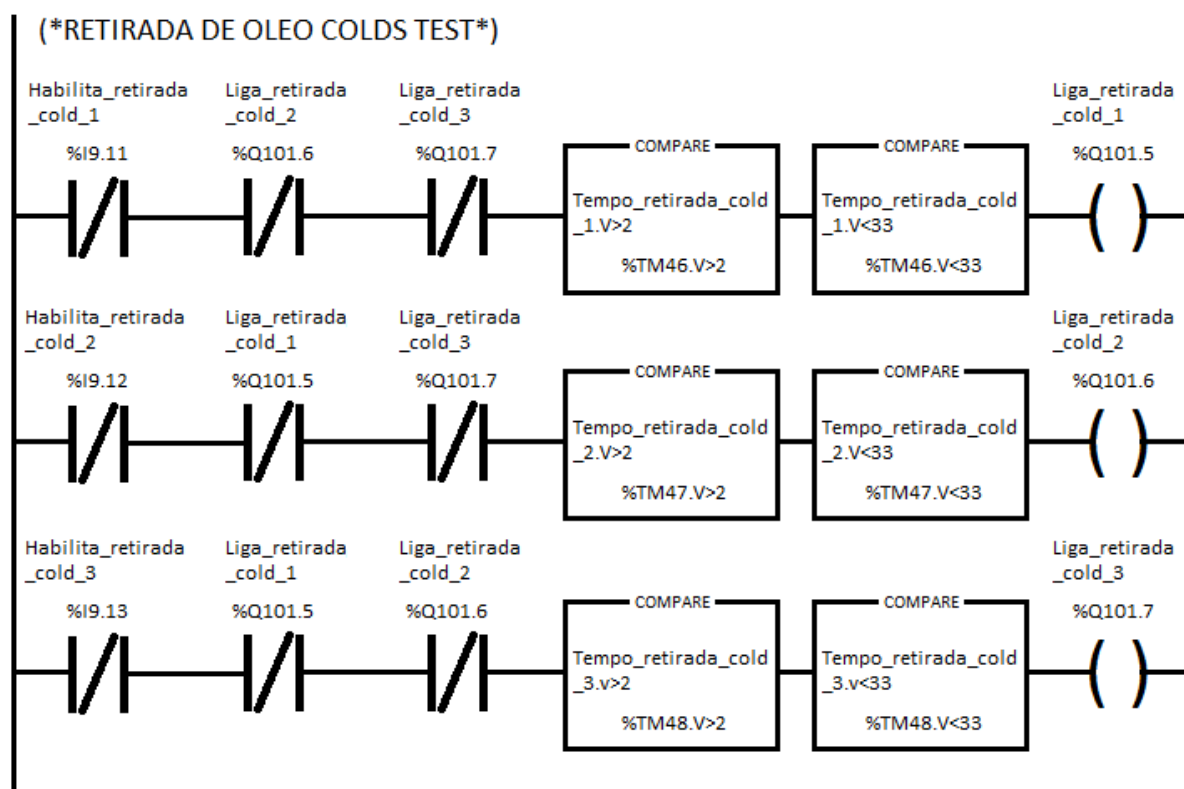


Figura 19 - Trecho 1 do programa dos *Colds*

Fonte: Autoria própria

A figura 19 mostra os circuitos necessários para o acionamento da retirada de óleo de cada *Cold*. Os 3 contatos “%I9.N” são referentes aos sensores indutivos que identificam a retirada de cada um dos bicos de sucção de óleo da posição inicial.

Sendo assim, a retirada só deve iniciar quando o operador retirar o bico de sucção de óleo do suporte para poder inserir no acoplamento para a retirada. É importante observar, também, que foram inseridos os contatos necessários para evitar acionamentos indesejados, representados por %Q101.5, %Q101.6 e %Q101.7.

Seguindo o circuito, os módulos comparadores %TM46.V, %TM47.V e %TM48.V permitem um funcionamento apenas no tempo ideal. Eles apenas iniciam o ciclo após 2 s, para garantir tempo para o operador inserir o bico de sucção, e cancelam a sucção após 32 s.

Portanto, se a entrada %I9.11 for acionada, pela retirada do bico de sucção do suporte, haverá a sinalização do *ladder* para passar pelos contatos fechados %Q101.6 e %Q101.7 e chegar ao comparador %TM46.V>2, que só enviará uma resposta após se passarem 2 s. Com a resposta enviada o sinal passa por %TM46.V<33 e chega até a bobina de %Q101.5, liberando a retirada de óleo do *Cold 1* e negando o acionamento nas duas linhas de baixo do programa. Após 32 s passados, %TM46.V<33 desabilita, negando a continuidade da sucção de óleo.

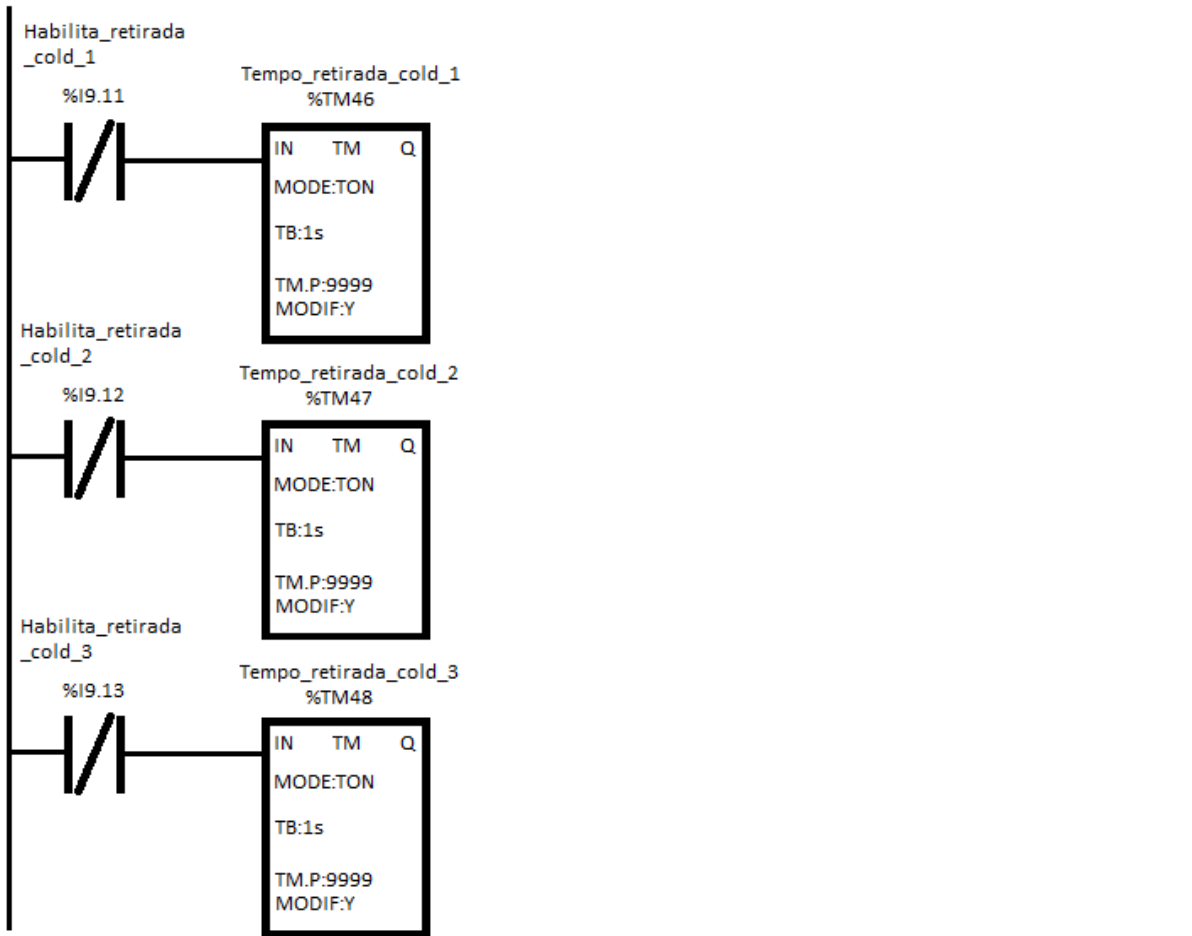


Figura 20 - Trecho 2 do programa dos *Colds*

Fonte: Autoria própria

A figura 20 mostra o segundo trecho do programa *Ladder* do CLP, onde constam os temporizadores com o tempo de retirada de óleo e contatos que os fazem ser ligados para cada *Cold*.

Então, quando o bico de sucção for retirado no *Cold 2* o contato de %I9.12, que estava aberto, se fechará, iniciando a contagem necessária para a comparação nos módulos %TM47.V>2 e %TM47.V<33 vistos anteriormente na figura 19.

O terceiro trecho alterado do programa *Ladder* é mostrado na figura 21 e contém o trecho do programa do CLP responsável pelo acionamento da bomba que realiza a sucção do óleo, após a ativação demonstrada na figura 19.



Figura 21 - Trecho 3 do programa dos *Colds*

Fonte: Autoria própria

4.4 CUSTOS DO PROJETO

Verificadas as informações acerca da aplicação da automação no sistema ficam disponíveis os dados relativos aos custos dos materiais, para que seja possível avaliar se é um bom negócio sua execução. Assim os custos ficaram estipulados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Custos para implementação do projeto

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Detalhes
Sensor Indutivo	3	136	408	Produto de estoque
Válvula Direcional	3	567	1701	Produto de estoque
Bomba Hidráulica	1	0	0	Equipamento já instalado
CLP	1	0	0	Equipamento já instalado
Condutor 0,5 mm ²	90	0,21	18,9	Produto de estoque
Planejamento do Projeto (Horas Técnicas)	15	35	525	Horas utilizadas para planejamento pelos 03 técnicos
Execução do Projeto (Horas Técnicas)	27	35	945	Horas utilizadas para a execução do projeto pelos 03 técnicos
Total Gasto	-	-	3597,9	Soma dos custos de implementação

Fonte: Autoria própria

Os maiores custos visualizados na Tabela 1 são relativos à aquisição das válvulas direcionais e ao serviço de execução de projeto, envolvendo a instalação e os testes de funcionamento do sistema.

O total previsto é de R\$ 3597,9 e este valor pode ser recuperado rapidamente, pois como a intenção é diminuir o tempo de retrabalho, mais motores podem ser produzidos no tempo ganho com a alteração.

Com a produção atual da semana, esse retrabalho não está afetando diretamente no total produzido, pois de maneira geral os três *Cold Test* conseguem acompanhar o ritmo da linha, porém com essa redução no tempo de retrabalho, as máquinas estariam disponíveis em 20% do tempo gasto nesses retrabalhos, ou seja 78 minutos por semana.

4.5 PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO

A opção por materiais já utilizados na fábrica permite atribuir dados de planejamento de manutenção já visualizados anteriormente aos equipamentos que devem ser utilizados no projeto.

Como já existe um planejamento de manutenção aplicado aos *Cold Tests* pode ser simplesmente atribuído um valor de dias para a manutenção preventiva para os equipamentos instalados para a atualização do sistema, e o mesmo deve responder de forma satisfatória quanto ao fato de dificultar o surgimento de falhas.

Caso apresente alguma situação de falha, ignorando o planejamento pré-determinado, esse sistema pode ser alterado para evitar os problemas que surgirão nos testes iniciais.

Sendo assim, utilizando um planejamento baseado em experiências anteriores devem ser efetuados os seguintes planos de manutenção preventiva para os materiais:

- Verificação mensal dos sensores indutivos;
- Averiguação semestral das válvulas direcionais;
- Verificação anual dos cabos utilizados na ligação dos componentes.

4.6 SIMULAÇÃO

A simulação utilizada no programa Arena permite realizar estudos prévios possibilitando avaliar de uma forma mais ampla o quanto se pode obter em benefícios com uma alteração desse tipo.

Para estudar as diferentes características dos casos são apresentados 2 cenários diferentes que representaram a área de testes da linha de montagem na simulação.

4.6.1 Cenário A

O Cenário A representa a situação encontrada hoje no *Cold Test*. Ele contém os dados colhidos na área por meio de medições, avaliação, questionamentos aos operadores e informações obtidas junto ao corpo de manutenção da área.

O sistema gráfico de simulação desse cenário pode ser visualizado na figura 22.

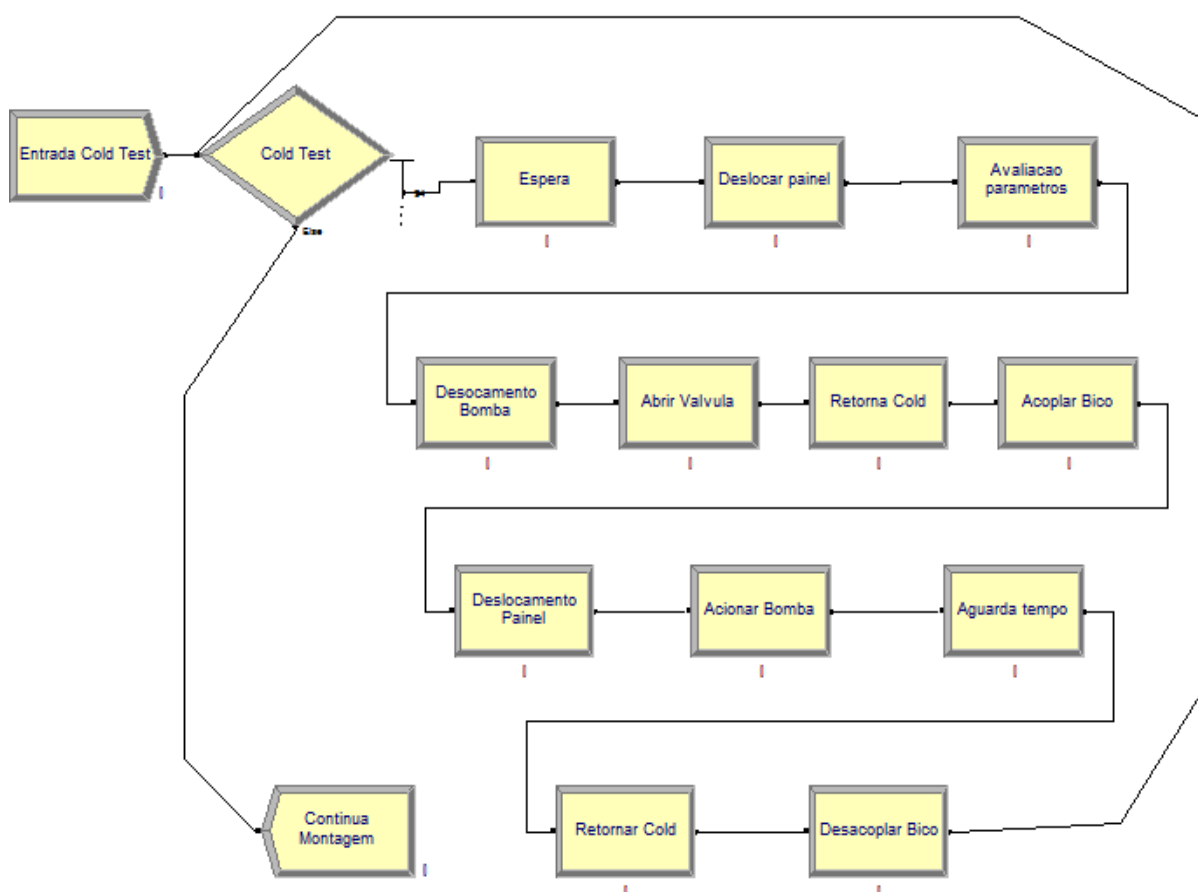


Figura 22 - Cenário A

Fonte: Autoria própria

A figura 22 mostra que depois de realizado o teste no *Cold*, e em caso de falha, o motor aguarda até que o operador atue abrindo a válvula e inserindo o bico de sucção, assim como nos momentos de acionamento da bomba e de retirada do bico.

Cada bloco simula uma ação do operador ou apenas de aguardo de uma funcionalidade do sistema em si, agregando funções cuja execução pode gerar a perda de tempo para o processo. Com o intuito de efetuar uma simulação mais próxima da realidade os dados de tempo dessas atividades devem ser verificados diretamente na linha.

As ações do operador durante o serviço de retrabalho foram avaliadas e o tempo gasto para realizá-las cronometrado. Dessa forma foi possível estudar os dados e definir uma tabela com o menor e o maior valor encontrados durante a medição. Esses dados foram arredondados e inseridos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores cronometrados das ações do sistema de retrabalho

Ação	Menor Tempo (s)	Maior Tempo (s)	Média de Tempo (s)
Aguardar retrabalho	9	11	10
Deslocamento do operador até o painel	3	5	4
Avaliação parâmetros de reprovação	12	16	14
Deslocamento até a bomba	5	7	6
Comutação manual da válvula	1	3	2
Retorno ao <i>Cold Test</i>	5	7	6
Acoplamento do bico de sucção	3	5	4
Deslocamento do operador até o painel	5	7	6
Acionamento da retirada de óleo	1	3	2
Retirada do óleo	30	30	30
Retorno ao <i>Cold Test</i>	5	7	6
Desacoplamento do bico de sucção	3	5	4
Total de Tempo Gasto	82	106	94

Fonte: Autoria própria

Com os dados da Tabela 2 é possível inserir no programa Arena, em cada módulo de ação do sistema, os valores com o objetivo de implantar uma distribuição triangular dos dados, onde são contidos o valor mínimo, o valor máximo e a média de ocorrência.

O maior tempo do ciclo é o de retirada de óleo, mas esse é invariável. Os outros valores variáveis devem ser inseridos com uma distribuição triangular para garantirem uma melhor simulação.

Os dados inseridos possibilitaram executar o programa de simulação e adquirir os dados da figura 23.

Tempos por Operação	Média	Fila	Valor Min.	Valor Max.
Abrir Valvula	2.0041	0,011992417	1.0163	2.9732
Acionar Bomba	1.9973	0,015556317	1.0261	2.9840
Acoplar Bico	4.0043	0,013044834	3.0137	4.9707
Aguarda tempo	30.0000	0,000000000	30.0000	30.0000
Avaliacao parametros	14.0159	0,023407872	12.0830	15.9508
Desacoplar Bico	4.0014	0,015392869	3.0177	4.9891
Deslocamento Painel	6.0071	(Correlated)	5.0037	6.9810
Deslocar painel	3.9963	0,014701637	3.0164	4.9811
Desocamento Bomba	5.9970	0,016200900	5.0056	6.9694
Espera	9.9918	0,012778910	9.0020	10.9699
Retorna Cold	6.0046	0,011010178	5.0174	6.9887
Retomar Cold	6.0166	0,015920617	5.0194	6.9840
Soma-----	93,98 s	-----	82,16 s	-----105,69 s

Figura 23 - Resultado Cenário A

Fonte: Autoria própria

A figura 23 apresenta os resultados dos módulos, onde a soma dos valores médios de processo é de 93,98 s. O tempo mínimo de processo ficou em 82,16 s e o máximo em 105,69 s.

O tempo médio correspondeu ao idealizado durante o estudo do projeto e simula de forma adequada os acontecimentos ocorridos na linha, havendo a possibilidade de ocorrer um adiantamento no fluxo ou uma demora devido a ocorrências naturais da ação do operador ou de funcionamento dos equipamentos.

4.6.2 Cenário B

O segundo cenário simulado retrata a alteração sugerida na linha diminuindo o tempo de ciclo após a falha. Esses dados foram obtidos durante o planejamento da automação e são evidenciados no modelo de simulação representado na figura 24.

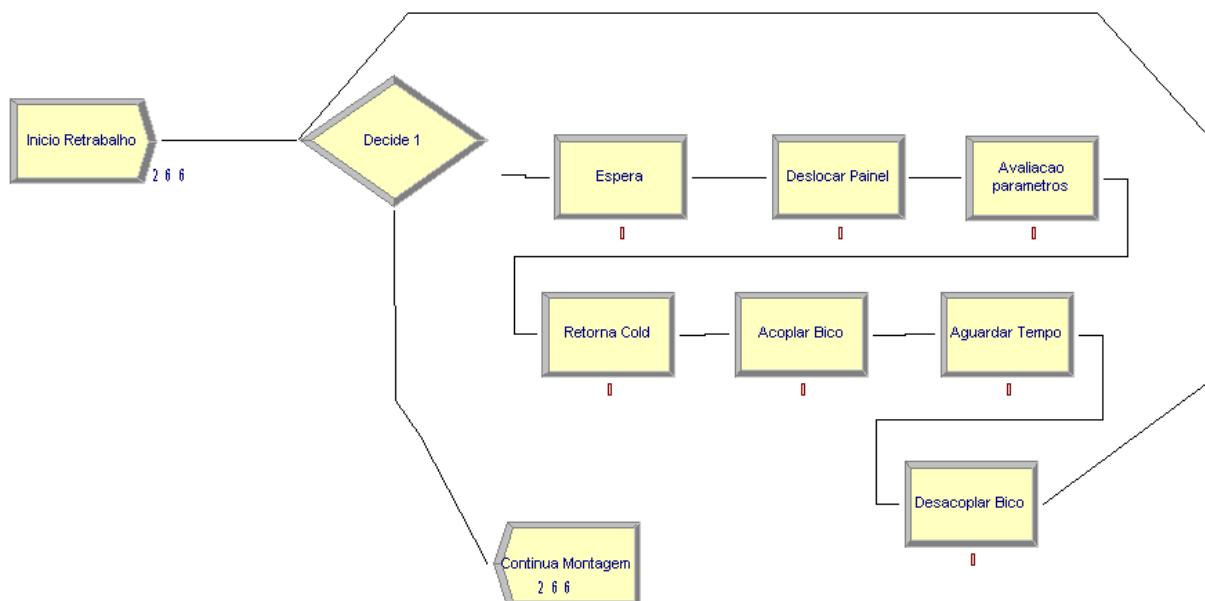


Figura 24 - Cenário B

Fonte: Autoria própria

A figura 24 apresenta o Cenário B, onde após a melhoria deve haver diminuição do tempo total das atividades. Da mesma forma como no cenário inicial os dados de tempo das ações do sistema devem ser inseridos no programa Arena para a simulação de acordo com a distribuição de probabilidade do tipo triangular.

Os dados colhidos da Tabela 2 foram mantidos, sendo necessário excluir as atividades que não estariam mais presentes no processo após a alteração e trocando o valor de tempo de uma das movimentações, pois o caminho percorrido também deve ser alterado.

Dessa revisão ocasionou a criação da Tabela 3 que ilustra o que foi inserido nos módulos de simulação.

Tabela 3 - Valores cronometrados com as modificações

Ação	Menor Tempo (s)	Maior Tempo (s)	Média de Tempo (s)
Aguardar retrabalho	9	11	10
Deslocamento do operador até o painel	3	5	4
Avaliação parâmetros de reprovação	12	16	14
Retorno ao <i>Cold Test</i>	7	9	8
Acoplamento do bico de sucção	3	5	4
Retirada do óleo	30	30	30
Desacoplamento do bico de sucção	3	5	4
Total de Tempo Gasto	67	81	74

Fonte: A autoria própria

A Tabela 3 demonstra uma baixa considerável de 21,27% no total de tempo gasto em relação à Tabela 2, o que deve auxiliar na diminuição do valor obtido na simulação do segundo caso.

Assim como no caso anterior os dados do sistema permitiram efetuar a simulação no *software* e os resultados obtidos foram os demonstrados na figura 25.

Tempo por Operação	Média	Fila	Valor Min.	Valor Max.
Acoplar Bico	4.0143	0,017284560	3.0398	4.9879
Aguardar Tempo	30.0000	0,000000000	30.0000	30.0000
Avaliação parâmetros	14.0040	0,015862165	13.0365	14.9840
Desacoplar Bico	4.0015	0,018152141	3.0470	4.9879
Deslocar Painel	3.9961	0,010969875	3.0164	4.9840
Espera	9.9880	0,012884465	9.0279	10.9729
Retorna Cold	8.0056	0,014939880	7.0056	8.9732
Soma-----	73,98 s	-----	68,1 s	-----79,86 s

Figura 25 - Resultado Cenário B

Fonte: A autoria própria

Pode-se observar que o valor médio de tempo de ciclo do teste com a alteração ficou em 73,98 s, com valor mínimo de 68,1 s e tempo máximo de 79,86 s.

A média do valor ficou próxima do esperado na fase de planejamento e demonstra que o valor de redução de tempo pode ser alcançado com as

implementações, sendo necessário atentar-se a todos os detalhes durante a execução do processo.

4.7 ANÁLISE DOS DADOS

Tendo os valores obtidos é possível averiguar que há uma diferença no valor total do tempo de execução das tarefas. Essa diferença é de 20 s no tempo médio e indica que em cada ciclo de retrabalho no *Cold Test* há um ganho do tempo para o operador e para o ciclo.

Como a amostra de falhas, colhida na linha durante 1 semana é de aproximadamente 6% de 4000 motores haverá 20 s reduzidos de 240 peças em uma semana de trabalho, no total.

Esse valor corresponderá a 80 min de diminuição no tempo de ciclo dos testes em geral em cada semana, aumentando a velocidade de produção nesse ponto, diminuindo um gargalo de grande importância no processo e liberando o operador para efetuar outras atividades no setor.

Com todos esses benefícios poderá haver um ganho significativo na linha de produção sendo possível torná-la ainda mais eficaz por meio de novos estudos e melhorias.

4.8 MELHORIAS FUTURAS

Embora a melhoria apresentada possa render resultados bons para a produção, existem pontos que podem ser melhorados e desenvolvidos em projetos futuros.

Essas novas mudanças precisam ser estudadas, assim como realizado anteriormente para a produção inicial do projeto, e caso bem aplicadas podem expandir os resultados pretendidos de forma a melhorar ainda mais o processo de retrabalho durante os testes:

Estudos Futuros para Melhorias	
Descrição	Detalhes
Acoplamento automático do bico	Automatizar o acoplamento do bico de sucção
Retirada automática do bico de sucção	Acompanhar a automação anterior para efetuar a retirada do bico
Diminuição no tempo de espera para retrabalho	Diminuição do tempo de espera de motor para retrabalho devido à todas as alterações feitas, pois o operador perderá menos tempo com atividades manuais da área

Quadro 2 – Melhorias futuras

Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÃO

Para a execução do projeto fez-se necessário, além da pesquisa bibliográfica sobre automação, criar um levantamento dos dados do processo e estudar a situação inicial, como evidenciado nos capítulos iniciais do trabalho.

Essa pesquisa de dados foi de difícil execução, pois exigia um grande tempo de dedicação ao serviço de observação para a identificação das peças reprovadas embora seja de grande importância para a análise dos resultados do projeto.

Como o tempo de ciclo de retrabalho pode ser diminuído, foi fundamental que se conheça a quantidade de reprovações para evidenciar o quanto se pode ganhar ao longo do funcionamento da produção.

Ainda mais difícil é o acompanhamento do serviço realizado pelo operador, que permitiu visualizar quanto tempo é possível economizar após a melhoria. Esse acompanhamento teve de ser feito diversas vezes devido à necessidade de cronometrar as ações básicas de operação.

Ao todo foram 3 semanas de observação e cronometragem, com intervalos reservados para esse serviço, em que se efetuou a análise da movimentação do operador e o que a melhoria poderia acrescentar ao processo.

Entretanto, apesar das dificuldades, os dados obtidos permitiram criar os embasamentos necessários para a análise da melhoria, que apresenta um serviço de automação de simples execução, onde apenas são inseridos os sensores e as válvulas para atuação de cada *Cold*, e a alteração do programa para que sejam identificados qual dos equipamentos estará em operação e por quanto tempo.

Essa estruturação foi feita no capítulo 4, além da simulação das diferentes situações visualizadas, no modelo atual e após a melhoria estudada.

Com a simulação realizada e com os dados comparados foi possível identificar que a economia de tempo do ciclo de retrabalho de cada *Cold* pode chegar a 20 s. Como o tempo inicial do ciclo de retirada de óleo é de 94 s têm-se uma melhora satisfatória na economia de tempo, cerca de 21,3% do total cronometrado.

Com as mudanças, busca-se ainda efetuar algumas outras melhorias no setor. A própria disponibilidade do operador é um fator que gera ganhos, pois os

segundos a menos de retrabalho permitem que ele esteja predisposto a atuar em outros pontos da linha mais rapidamente.

O outro fator que gera ganhos importantes é o de ergonomia e segurança do operador. Como a ativação do sistema estará já a altura do seu peito, o operador não precisa executar movimentos ergonomicamente incorretos para acionar as válvulas e outros elementos de ativação do ciclo. Também elimina a necessidade de algumas movimentações pela linha, que poderiam aumentar a chance de algum acidente.

REFERÊNCIAS

ACAF. **Automação industrial**. Disponível em <<http://acafeletronica.com.br/projetos.asp>>. Acesso em: 19 jul 2012.

ARAÚJO, Roberto Manhães de. **Simulação**. Disponível em <<http://www.see.rj.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

AUTOMATIO-DRIVE. **Premium CLP**. Disponível em <<http://www.automation-drive.com/premium-plc>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

BALLUFF. **BES M12MI-NSC40B-S04G**: sensor de proximidade indutivo. Disponível em <<http://www.balluff.com.br/novo/produtos/produto-sensores-indutivos.asp?codLinha=1&codProduto=190>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

BOMAX. **Bombas pneumáticas de duplo diafragma Maxpneumatics**. Disponível em <<http://www.bomax.com.br/bombas-diafragma.php>>. Acesso em: 19 fev. 2013.

BOMBA HIDRÁULICA. Disponível em: <http://pt.goldenmap.com/Bomba_hidr%C3%A1ulica#Especificac3a7c3b5es>. Acesso em: 28 jan. 2013.

BOSCH REXROTH AG. **Válvulas direcionais – acionamento elétrico**. Disponível em <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CEgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.boschrexroth.com%2Fpneumatics-catalog%2FPdf.cfm%3FLanguage%3DPT%26file%3Dpt%2Fpdf%2FPDF_p31067_pt.pdf&ei=ymeKUEqLB4WS9gSju4G4Cw&usg=AFQjCNH_TBUn7Jlic--UUQSxoeYjCQWxfA&sig2=0VOLYLkeFo0qmmCCjrOWFQ>. Acesso em: 03 mar. 2013.

BRASIL, Alex N. **Hidráulica Básica e Máquinas de Fluxo**. Disponível em: <<http://www.alexbrasil.com.br>>. Acesso em: 20 de jul. 2013.

BRUMA. **Bomba hidráulica histórica**. Disponível em <http://www.bruma.ind.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=2&Itemid=27>. Acesso em: 09 jan. 2013.

DENÍCULI, W. **Bombas hidráulicas**. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1993.

DIRECT INDUSTRY. **Distributed I/O module**. Disponível em <<http://www.directindustry.com/prod/schneider-electric-automation-and-control/distributed-i-o-modules-23470-590201.html>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

EUROCABOS. **Fios e cabos termoplásticos para instalações elétricas de baixa tensão**. Disponível em <<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=7&ved=0CGgQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.eurocabos.com.br%2Fcatalogos%2Fficap%2Ftermoplas.pdf&ei=e2iKUdyTFI2u8QSxq4CAAQ&usg=AFQjCNHkLGmOWmRQ6MHICFL92xTmOncFA&sig2=ikReP5Z93p1JQjRILAecJQ>>. Acesso em: 02 mar. 2013.

FOX, Robert W; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 6. ed. Tradução: Ricardo Nicolau Nassar Koury e Geraldo Augusto Campolina. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

GEORGINI, Marcelo. **Automação aplicada: descrição e Implementação de Sistemas Sequencias com CLPs**. São Paulo: Editora Érica, 2000.

ICR INDUSTRIAL MARKETPLACE. **Schneider automation TSX-RKY8EX rack 8slot ext**. Disponível em <<http://store.industrialcontrolrepair.com/product/schneider-automation-tsxrky8ex-rack-8slot-ext-29006.cfm>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

INGERSOLL RAND. **Pro series metallic and non-metallic pumps**. Disponível em <<http://www.ingersollrandproducts.com/am-en/products/fluid/diaphragm-pumps/pro-series-metallic-and-non-metallic-pumps/1-1-2-Pro-Series-Metallic>>. Acesso em: 27 jan. 2012.

LACOMBE, Francisco José. **Empreender fazendo a diferença**. São Paulo: Fundamento, 2004

LEMOS, Daiane. **Automação Residencial**. São Vicente: ETEC; São Paulo, 2009. Disponível em: <www.slideshare.net/AliciaAlde/tcc-final-completo>. Acesso em: 20 agosto de 2010.

LIMA, Epaminondas Pio Correia. **Mecânica das bombas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

LINO, Lucas. **O que é um sensor indutivo?** Disponível em <http://www.digel.com.br/novosite/index.php?option=com_content&view=article&catid=42&id=67&Itemid=69>. Acesso em: 20 mai. 2012.

LOBO, Dionísio Lourenço. **Automação industrial**. Curso técnico industrial especialização em eletrônica - centro de educação profissional hermann Hering, Blumenau, 2004.

LOPES, Kauê Leonardo Gomes Ventura; BRANQUINHO, Fernando José Cesilio. **Introdução à automação industrial**. Santos: Branqs Automação, 2007.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Equipamentos industriais e de processo**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MIYAGI, Paulo E. **Introdução à simulação discreta**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

MODICON PLC. **TSX-PSY-3610**. Disponível em <<http://www.modiconplc.com/schneider/TSX-Series/cps-power-supplies/TSX-PSY-3610>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL. **Bombas**. Disponível em <http://www.em.pucrs.br/lsvm/alunos/luc_gab/bombas1.html#B>. Acesso em: 10 jan. 2012.

PARAGON. **Arena**. Disponível em <http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?software_de_simulacao_arena_content_ct_1685_2139_.aspx>. Acesso em: 12 fev. 2012.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das filas e da simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004.

_____. **Usando o Arena em simulação**. 2. ed. Belo Horizonte: INDG, 2004.

PUC RS. **Classificação**. Disponível em <http://www.feng.pucrs.br/lsvm/alunos/luc_gab/bombas1.html/#B>. Acesso em: 15 jul. 2012.

QUEST LTD. **Modicom Premium TSX P57203 M processor (tsxp57203m).**

Disponível em <<http://www.questelectrical.co.uk/telemecanique-modicon-premium-tsxp57203m.html>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

RABELO, Ricardo J. **Manual do Arena 9.0.** Disponível em

<<http://www.das.ufsc.br/~rabelo/Ensino/DAS5313/MaterialDAS5313/ARENA/Manual%20ARENA/Manual-ARENA9.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

RITECH. **Equipamentos Industriais.** Disponível em

<<http://www.rtechequipamentos.com.br/produto?id=130>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Premium PLCs.** Disponível em <[http://www.global-download.schneider-electric.com/58F39876-0A0A-4E54-B4F9-9493AA66DA99/FinalDownload/DownloadId-18DFC5FE14E8DB5E8C2F8DF49203C31A/58F39876-0A0A-4E54-B4F9-9493AA66DA99/852575A6007E5FD3/all/7297B7593F66600185257714005BDF97/\\$File/h461147_2.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/58F39876-0A0A-4E54-B4F9-9493AA66DA99/FinalDownload/DownloadId-18DFC5FE14E8DB5E8C2F8DF49203C31A/58F39876-0A0A-4E54-B4F9-9493AA66DA99/852575A6007E5FD3/all/7297B7593F66600185257714005BDF97/$File/h461147_2.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2013.

S&E Instrumentos. **Sensores para contadores / Tacômetros / Frequencímetros.**

Disponível em <<http://www.seinstrumentos.com.br/sensores.html>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

SILVA, Emílio Carlos Nelli. **PMR 2481 – Sistemas fluidomecânicos:** apostila de pneumática. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto.** 9. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2009.

STOCLER, Geraldo. **Apostila CLP.** Disponível em

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAtMUAG/apostila-clp>>. Acesso em: 10 jul 2012.

TKS SOFTWARE. **FP2 CLP médio e grande porte.** Disponível em

<<http://tksoftware.com/integrador-metaltex/fp2-clp-medio-e-grande-porte/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

UFSC. **Bombas.** Disponível em

<http://www.enq.ufsc.br/muller/operacoes_unitarias_qm/BOMBAS.pdf>. Acesso em 11 ago. 2012.

UFRS. **Sensores**. Disponível em
<<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Definicao.html>>.
Acesso em: 25 ago. 2012.

Wortc Bombas. **Bombas de Diafragmas**. Disponível em
<<http://www.wortecbombas.com.br/mobile.html>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

XpeedClub MotorSport. **Motor**. Disponível em
<<http://www.xpeedclub.com.br/viewtopic.php?f=3&t=173414>>. Acesso em 02 fev.
2014.