

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GUILHERME DE SOUZA HECK**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DIDÁTICO PARA ENSINO DE  
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**BAGÉ - RS**

**2017**

**GUILHERME DE SOUZA HECK**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DIDÁTICO PARA ENSINO DE  
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à comissão examinadora da Universidade Federal do Pampa – campus Bagé como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Cesar Antônio Mantovani.

Coorientador: Prof. Me. Vanderlei Eckhardt.

**Bagé - RS**

**2017**

**GUILHERME DE SOUZA HECK**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DIDÁTICO PARA ENSINO DE  
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à comissão examinadora da Universidade Federal do Pampa – campus Bagé como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 27 de junho de 2017.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Me. Vanderlei Eckhardt  
Coorientador  
Engenharia de Produção – UNIPAMPA

---

Prof. Me. Maurício Nunes Macedo de Carvalho  
Engenharia de Produção – UNIPAMPA

---

Técnico Administrativo Carlos Enio Jorge Lima  
UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTO**

Agradecimentos dedico a Deus, pela oportunidade de ingressar e completar esta jornada. À minha família pelo incentivo e compreensão. À grande companheira, minha namorada Leticia e à sua família, família esta que me recebeu de braços abertos.

A todos os professores e técnicos pelos ensinamentos e experiências compartilhadas. Em especial ao meu orientador Cesar Mantovani, meu coorientador Vanderlei Eckhard e aos técnicos Carlos Ênio de Lima e Mozer Cardoso pelo auxílio, atenção e conselhos que me foram dados nos momentos precisos.

Agradeço aos colegas e amigos pelo apoio, enfim, à todos que fizeram parte, direta ou indiretamente, desta trajetória.

“A vitória não pertence aos mais fortes, mas  
sim aos que a perseguem por mais tempo”

Napoleão Bonaparte

## RESUMO

A competitividade existente no ramo industrial provoca a busca das organizações por soluções eficazes em processos e atividades. Com isso, o domínio de técnicas de automação industrial desempenha um papel importante nesse aspecto, uma vez que pode auxiliar uma organização a obter vantagens que proporcionem diferenciação, confiabilidade e baixos custos em seus processos e produtos. A demanda por profissionais melhor capacitados para encarar os desafios propostos pelo mercado de trabalho faz com que os estudantes necessitem cada vez mais de alternativas que possam suprir suas dificuldades de compreensão das temáticas abordadas em seus cursos de capacitação. Este trabalho teve por objetivo investigar a ocorrência de melhoria no processo de ensino aprendizagem com a aplicação de um modelo didático na área de automação industrial simulando uma situação real capaz de auxiliar estudantes das áreas técnicas de modo a transpor a barreira existente na assimilação de conteúdos teóricos. O trabalho se deu a partir do desenvolvimento de um módulo didático, da sua utilização em atividade prática de sala de aula e questionamentos ao público alvo com a elaboração de um diagnóstico que possibilitou a verificação de ganhos ou deficiências em comparação com atividades de ensino convencionais. A partir do diagnóstico foi possível determinar a efetividade do modelo desenvolvido como ferramenta para o suporte de atividades de ensino.

Palavras-chave: automação industrial, eletropneumática, efetividade, ensino aprendizagem.

## **ABSTRACT**

The existing competitiveness in the industrial sector causes the search of organizations to effective solutions in processes and activities. Thus, mastery of industrial automation techniques plays an important role in this regard, once it can help an organization gain advantages that provide differentiation, reliability and low costs in its processes and products. The demand for professionals better able to face the challenges posed by the labor market makes the students need more and more alternatives that can overcome their difficulties of understanding the topics addressed in their training courses. The objective of this work was to investigate the occurrence of improvement in the teaching learning process with the application of an instructional didactic model in the area of industrial automation simulating a real situation capable of helping students of the technical areas in order to overcome the existing barrier in the assimilation of contents theorists. The work was based on the development of an instructional model, its use in practical classroom activity and questioning of the target public with the elaboration of a diagnosis that enabled the verification of gains or deficiencies in comparison to teaching activities Conventional. From the diagnosis it was possible to determine the effectiveness of the model developed as a tool to support teaching activities.

**Keywords:** industrial automation, electro pneumatic, effectiveness, teaching and learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Roda d'água.....	17
Figura 2- Máquina a vapor .....	17
Figura 3- Tear .....	17
Figura 4- Tipos de automação relação a volumes de produção e variedade de produtos.....	22
Figura 5 - Configuração geral de uma linha de produção automatizada .....	23
Figura 6 - Linha de produção .....	24
Figura 7 - Linha de produção .....	24
Figura 8- Máquina de corte .....	24
Figura 9- Linha automatizada.....	24
Figura 10 - Quadro geral de compressores industriais .....	27
Figura 11- Compressor de pistão.....	27
Figura 12- Compressor de parafuso .....	27
Figura 13- Compressor diafragmático.....	27
Figura 14- Válvula de atuação mecânica por botão .....	28
Figura 15- Válvula direcional com pilotagem pneumática .....	28
Figura 16- Atuador pneumático de duplo efeito.....	28
Figura 17 - Diagrama de um sistema eletropneumático automatizado .....	29
Figura 18- Válvula direcional.....	30
Figura 19 - Relés .....	30
Figura 20 - Diagrama Esquemático de um CLP.....	33
Figura 21- Esboço do módulo didático .....	43
Figura 22- Visão geral do módulo didático.....	44
Figura 23 – Sistema de acionamento da esteira transportadora de caixas.....	45
Figura 24- Caixa para inspeção .....	47
Figura 25- Módulo didático.....	47
Figura 26- Circuitos desenvolvidos no FluidSIM .....	48



Figura 27- Diagrama trajeto passo.....	51
Figura 28- Gráfico conhecimento prévio (Questão 01).....	52
Figura 29- Nível de melhoria (Questão 02).....	53
Figura 30- Comparativo Módulo x Bancada convencional (Questão 03).....	53
Figura 31- Comparativo Módulo x Aula tradicional (Questão 04) .....	54
Figura 32-Comparativo quanto à contextualização.....	55
Figura 33- Comparativo quanto à completude .....	56
Figura 34- Comparativo quanto à atenção.....	56
Figura 35- Comparativo quanto à assimilação .....	57
Figura 36- Comparativo quanto à motivação .....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pontos fortes e atributos relativos a humanos e máquinas .....	21
Quadro 2- Quadro resumo de etapas .....	41

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Entendimento dos equipamentos.....	58
Tabela 2- Percentuais de excelência por critério.....	60
Tabela 3- Percentuais de comparativos em relação aos critérios .....	60

**LISTA DE SIGLAS**

a.C = Antes de Cristo

CLP = Controle Logico Programável

PCL = *Programmable Logic Controller*

PC = *Personal Computer*

CPU= Unidade Central de Processamento

E/S = Entradas e Saídas

PID= Proporcional Integral Derivativo

ABP = Aprendizagem Baseada em Problemas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos .....	14
1.1.1 Objetivo geral .....	14
1.1.2 Objetivos Específicos .....	14
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Estrutura do Trabalho .....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Automação.....	16
2.2 Automação industrial.....	19
2.3 Automação industrial pneumática .....	25
2.4 Eletropneumática .....	28
2.5 Pneutrônica.....	31
2.6 Modelos instrucionais didáticos .....	34
2.6.1 Aulas expositivas .....	36
2.6.2 Aprendizagem baseada em problemas.....	36
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>38</b>
3.1 Método de Pesquisa.....	38
3.2 Delineamento da Pesquisa.....	38
<b>4 MÓDULO DIDÁTICO .....</b>	<b>42</b>
4.1 Desenvolvimento do módulo didático.....	42
4.2 Aplicação do módulo didático.....	50
4.3 Determinação da efetividade .....	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE B: PLANO DE AULA .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE C: CRONOGRAMA CONTEMPLADO.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE D: MÍDIA DA APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO .....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário atual da indústria demanda por soluções cada vez mais rápidas, precisas e com alto grau de confiabilidade. Investimentos nesta área, estão diretamente relacionados a competitividade das empresas. Na lista das áreas industriais com investimentos mais expressivos em automação, destacam-se: a agricultura, automotiva, indústria de petróleo e gás, mineração, química, de produção de fármacos, bem como, de alimentos e bebidas.

A automação industrial por meio da criação de mecanismos capazes de auxiliar na produção de melhores produtos a menores custos e de maneiras mais seguras, possibilita a maximização da produtividade. Com a utilização da automação consegue-se melhorar as condições de trabalho, eliminando tarefas perigosas às pessoas, aumenta-se a segurança e diminuindo os níveis de incerteza.

A demanda por profissionais contribui para a ampliação da necessidade da capacitação de indivíduos que possam interpretar, projetar e manter dispositivos de automação. Dentre os processos de automação, destaca-se a pneumática que, aliada a eletricidade tem contribuído para um forte desenvolvimento dos processos industriais.

Nos cursos das áreas técnicas, uma das dificuldades encontradas é a de transpor a barreira teórica para a prática. Ao longo do tempo, empresas e profissionais da educação tem buscado alternativas para efetivar essa transposição. A observância e convívio com os discentes da Universidade Federal do Pampa mostra a dificuldade de compreensão apenas valendo-se dos dispositivos instrucionais que simulam de maneira simplificada o funcionamento dos equipamentos, esse precedente abre espaço para sugestão de um modelo que possa simular de maneira realística alguma situação encontrada nos processos industriais. Entende-se que a simulação a partir de um modelo físico realístico, poderá qualificar de maneira positiva o processo de ensino aprendizagem.

Este trabalho se deu a partir do desenvolvimento de um módulo didático, da sua utilização em atividade prática de sala de aula e questionamentos ao público alvo com a elaboração de um diagnóstico que possibilitou a verificação de ganhos ou deficiências em comparação com atividades de ensino convencionais. A partir do diagnóstico foi possível determinar a efetividade do modelo desenvolvido como ferramenta para o suporte de atividades de ensino como poderá ser visto no seu decorrer.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral do trabalho foi o de investigar o processo de ensino aprendizagem a partir da aplicação de um módulo didático na área de automação industrial capaz de simular uma situação real, visando estabelecer sua efetividade no apoio de atividades de ensino.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Quanto aos objetivos específicos, delimitaram-se ao:

- desenvolver um módulo didático para a simulação de um processo de automação industrial utilizando a eletropneumática com componentes disponíveis no Laboratório de Automação Industrial da Unipampa – Campus Bagé e matérias oriundos de descarte;
- diagnosticar o efeito da utilização do módulo didático desenvolvido no processo de ensino aprendizagem a partir de sua aplicação em atividade de ensino;
- determinar a efetividade do modelo no processo de ensino aprendizagem.

## **1.2 Justificativa**

Tendo em vista a crescente demanda da indústria por soluções em automação, o que vem motivando a busca de muitos profissionais em conhecer ou ampliar seu conhecimento nesta área, para isso tem-se como alternativas os cursos rápidos de curta duração, os cursos técnicos de nível médio e os de engenharia voltados a área industrial, como os de engenharia mecânica, produção, mecatrônica entre outros. Contudo, a aprendizagem da automação industrial nem sempre é de fácil compreensão ou visualização, valendo-se dos métodos tradicionais de ensino.

O desenvolvimento de um módulo didático e a sua análise como forma de validação desta sistemática de ensino, justifica-se pela contribuição para a ampliação do uso da automação pelas empresas, como resultado final, mas para isso há a necessidade de profissionais qualificados nesta área do conhecimento.

As constatações obtidas neste trabalho, demonstram um ganho importante na compreensão dos principais conceitos que envolvem a área de estudo da automação eletropneumática o que nos permite afirmar que o modelo desenvolvido poderá ser utilizado no suporte às aulas

da componente curricular de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática e outros cursos que demandem demonstrações a critério da Universidade Federal do Pampa. Da mesma maneira, pela repercussão observada nas manifestações do público alvo, compreende-se que o trabalho poderá motivar outros discentes para o desenvolvimento de propostas semelhantes de maneira a qualificar e facilitar o processo de ensino aprendizagem.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

O trabalho encontra-se estruturado em seções, começando com a introdução onde é abordado o tema, a problemática do trabalho, os objetivos, geral e específicos, a justificativa e a forma de estruturação do trabalho.

A segunda seção é dedicada à fundamentação teórica onde apresenta-se os principais conceitos relacionados ao tema do trabalho, automação, automação industrial, automação industrial pneumática, eletropneumática, pneumática e modelos instrucionais didáticos.

A terceira seção contém a metodologia que foi utilizada para a elaboração do trabalho.

Na quarta e quinta seção apresentam-se os resultados obtidos e sua discussão.

Na sequência são apresentadas as considerações finais e, respectivamente, às referências bibliográficas que deram suporte a elaboração do trabalho e, por fim os anexos e apêndices que contribuem para a complementação de informações necessárias para uma melhor compreensão dos estudos desenvolvidos.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção foi construída a partir de revisão bibliográfica relacionada aos principais conceitos sobre o tema do trabalho. Os conceitos apresentados relacionam-se aos assuntos: automação industrial, automação industrial pneumática, eletropneumática, pneumática e modelos instrucionais didáticos.

### 2.1 Automação

Conforme Groover (2010), a história da automação pode ser relacionada ao desenvolvimento de dispositivos mecânicos como, a roda por volta de 3200 a.C., a alavanca e o guincho acreditasse que aproximadamente 600 a.C., o parafuso em 1405 e engrenagens nos tempos antigos e medievais, esses mecanismos foram refinados e utilizados na construção das rodas hidráulicas, moinhos de vento em torno do ano de 650, e máquinas a vapor em 1765. Essas máquinas geravam energia para o funcionamento de diferentes maquinários como moinhos de farinha, teares, máquinas - ferramenta, barcos a vapor e locomotivas. A energia, a capacidade de gerá-la e transmiti-la para operação de um processo, são consideradas uma das premissas básicas para os sistemas automatizados.

Segundo Groover (2010), Depois que James Watt junto com Matthew Boulton criaram a primeira máquina a vapor em 1765, o projeto foi melhorado, aplicando dez anos depois um retroalimentador para o controle da válvula da máquina através de um controlador centrífugo. O controlador era composto por uma esfera na extremidade de uma alavanca articulada conectada a um eixo rotativo, este por sua vez tinha uma conexão à uma válvula borboleta. Ao passo que a velocidade do eixo aumentava, a força centrífuga forçava a esfera mover-se para fora, isso fazia com que a alavanca diminuísse a abertura da válvula, assim reduzindo a velocidade do motor. Com a diminuição da velocidade rotacional a esfera e o eixo repousavam, permitindo a abertura da válvula. O controlador centrífugo foi um dos primeiros exemplos na engenharia de controle de realimentação, um tipo importante de sistema de controle, o segundo elemento básico de sistemas automatizados.

Ainda, Groover (2010), considera que o terceiro elemento de um sistema automatizado é o programa de instruções que direciona as ações do sistema ou da máquina. Por volta de 1800 Jacquard desenvolveu um tear para a produção de tecidos a partir de fios, este foi um dos primeiros exemplos de programação de máquinas. No início da década de 1800 os três elementos básicos da automação já estavam desenvolvidos embora que de forma rudimentar em relação

aos padrões da atualidade, foi preciso muito tempo, desenvolvimento e aprimoramento para se chegar aos sistemas totalmente automatizados comumente encontrados nos dias de hoje.

As Figuras 1, 2 e 3 mostram de forma ilustrativa os inventos considerados marcos para premissas básicas dos sistemas automatizados. A Figura 1 apresenta uma roda d'água, primeiro mecanismo de geração de energia, a Figura 2 mostra a máquina a vapor, marco importante pois representa o invento e utilização de um elemento de controle e na Figura 3, está representado um tear, invento relacionando a utilização da programação.

Figura 1- Roda d'água



Fonte: R7,2016

Figura 2- Máquina a vapor



Fonte: Explicatorium,2016

Figura 3- Tear



Fonte: Museu virtual, 2016

A partir de 1945, conforme aponta Groover (2010), após a Segunda Guerra Mundial houve um forte avanço nos sistemas automatizados. Por volta de 1946, Del Harder cunhou o termo automação para referenciar os muitos dispositivos automáticos desenvolvidos para as linhas de produção da Ford Motor Company. Desde então se desenvolveram e aprimoraram-se computadores, máquinas – ferramenta, robôs, softwares entre outros elementos que vem sendo trabalhados de forma contínua.

Com base em Fialho (2011), tem-se que automação ou automatismos são vocábulos comumente utilizados no meio industrial, mesmo seus usuários nem sempre tendo propriedade sobre estes verdadeiros conceitos. Quanto a automatismos, tem-se o que refere-se aos meios, ferramentas, instrumentos, máquinas ou processos de trabalho que possibilitem a maximização do efeito, ou então redução ou eliminação do esforço humano na execução de certo processo produtivo, a busca com isso é um ganho em produtividade.

Fialho (2011), afirma a automação trata de um modo organizado de automatismos, afim do progresso humano envolvido. Fato que deve ficar bem claro é a intenção da automação, ela

não procura substituir o fator humano e sim prover a alta produtividade e a confiabilidade, consequentemente reduzindo custos e tempos garantindo assim a eficiência do sistema em que está empregada.

Ainda, conforme Fialho (2011), um processo completo de automação exige de forma balanceada conforme a necessidade de cada situação o envolvimento dos dois tipos de automatismos, os de potência, que são voltados a potencialização da magnitude física ou mental à que está exposto diariamente o fator humano possibilitando assim a redução da fadiga a que este estaria propenso, e os automatismos de guia como sugere seu próprio nome, tem a função de guiar movimentos e posicionamentos precisos como em operações ou alguns dispositivos de montagem ou transformação mecânica. A implementação de qualquer automatização requer previamente um criterioso e muito bem fundado estudo de custo benefício, nem sempre a automatização total das operações de um ciclo produtivo tem o efetivo resultado esperado, muitas vezes é de maior valia a automatização de etapas do processo.

Cruz (apud SILVA et al, 2010, p.3), trata a automação como um sistema de equipamentos eletrônicos ou mecânicos capazes de exercer o controle do seu próprio funcionamento, pode-se dizer que isso ocorre praticamente sem intervenção humana. Tal evolução dos sistemas conferiu maior dinâmica aos processos industriais, que constantemente aumentam seu nível de complexidade tratando-se de padrões gerenciais.

Segundo os autores Slack, Chambers e Johnston (2009), o uso da tecnologia automatizada é justificável pela economia tratando-se de mão-de-obra, mesmo assim devem ser considerados alguns fatores antes de se implantar um sistema automatizado, tendo em vista que talvez os esforços empregados não reflitam os resultados esperados. Com base nessa perspectiva, é preciso analisar os possíveis impactos que a implantação dos sistemas automatizados tem causado na sociedade, nos meios de produção e nas relações de trabalho, é provável que estes impactos venham a acentuar-se exponencialmente com o crescimento tecnológico.

De acordo com Silveira e Santos (1998), controle está relacionado a questão de dominar ou fiscalizar e assim manter o equilíbrio, desencadeia o pensamento “controlar para não ser controlado”. Nos diversos modelos e processos produtivos o controle desempenha fator primordial. O homem sempre buscou o emprego de técnicas ou mecanismos que pudessem reduzir ou maximizar a ação de seus esforços ao desempenhar alguma atividade, com isso disponibilizava seu tempo para outros afazeres. Desde a utilização da roda, nota-se o anseio da humanidade em otimizar ou controlar o tempo, estabeleceu-se aí a relação do sucesso nos inventos com a realização dos objetivos. Além do avanço benéfico a tecnologia das invenções pode ser usado de forma inconsequente, como no ramo bélico, onde já deram prova de catástrofes a humanidade.

Não apenas por ser usada no desenvolvimento de armas, outro problema considerado é a possibilidade do desemprego, em muitos casos imediatos quando o esforço humano é substituído pela máquina.

Silveira e Santos (1998), também trazem um apanhado histórico contemplando os primeiros grandes inventos que trouxeram riqueza e marcaram época, nessa relação estão os moinhos de água na Inglaterra que geravam energia de forma revolucionária e barata, os moinhos partiram do princípio inicial de moagem de cereais, com o tempo foram adequando-se para a mecanização de processos como trabalhar metais, elevação da água para irrigação e abastecimento, serrarias e britagem de minérios. Na China criou-se o estribo fortalecendo a cavalaria e sua importância no domínio político. O arado no século VII foi outro marco na evolução social, permitiu a melhoria das culturas agrárias. A descoberta da agulha magnética possibilitou as grandes navegações que trouxeram novos horizontes e fontes de riquezas.

Conforme Silveira e Santos (1998), o salto principal da revolução industrial e movimento expressivo do êxodo rural foi a máquina a vapor de Watt, ele ainda desenvolveu os primeiros tipos de reguladores mecânicos, em seguida vieram os instrumentos e reguladores pneumáticos e hidráulicos, após as guerras mundiais avançou a tecnologia analógica incorporando nos sistemas a eletrônica. Todo esse movimento possibilitou no século XIX mecanismos automáticos fixos e linhas de montagem para produção em massa.

Silveira e Santos (1998), informam que com o decorrer das necessidades da própria evolução foram desenvolvidas máquinas- ferramentas com controle automático simples, para executarem uma simples sequência de operações, na década 1950 essas máquinas eram comandadas por circuitos transistorizados, em 1960 esse controle já utilizava computadores que transmitiam os comandos para as máquinas por meio de fitas magnetizadas ou perfuradas. A sociedade como é conhecida atualmente não teria as mesmas características se as máquinas- ferramentas não tivessem entrado nas fábricas dos mais diversos produtos, essa aplicação começou com o americano Eli Whitney desenvolvendo o conceito de produção de peças de reposição para mosquetes.

## **2.2 Automação industrial**

No que tange a aplicação da automação na indústria, conforme F. Júnior (apud SILVA et al, 2010, p.1), uma definição para automação considera-se um conjunto de técnicas com o propósito de transformar um ou mais processos de uma indústria em mecanismos ou dispositi-

vos automáticos, essas mudanças podem substituir o esforço físico ou mental até então realizado por meio de trabalho humano em múltiplos equipamentos e setores. Sendo assim, encontra-se um paradigma na automação, pois ela possibilita que os processos aconteçam de maneira mais eficiente, o ciclo produtivo é otimizado e também aumenta o índice de confiabilidade dos produtos. Fato que pode ser avaliado como negativo, é a relação com a mão-de-obra humana, em muitos casos torna-se obsoleta e ou descartável, acarretando assim em demissões de alta escala.

Segundo Groover (2010), a automação consiste no uso de equipamentos automatizados afim de compensar as desvantagens com custos de mão de obra em comparação a concorrentes internacionais. A automação pode reduzir os custos com mão de obra, o número de ciclos de produção e também tem a capacidade de aumentar a qualidade e consistência dos produtos.

Grover (2010), diz que os sistemas de produção se dividem em três tipos, os sistemas de trabalho manual, sistemas trabalhador – máquina e os sistemas automatizados. Sistemas de trabalho manual são aqueles executados por um ou mais trabalhadores sem o uso de ferramentas mecanizadas, predominantemente usam ferramentas de pequeno porte em atividades manuais que demandam força e destreza do elemento humano, normalmente recorre-se a um mandril para fixação da peça manuseada para que o posicionamento durante a operação, ocorra de maneira segura. Sistemas trabalhador - máquina caracterizam-se pela presença de ferramentas motorizadas ou máquinas independentes operadas por um ou mais trabalhadores, esse é o sistema mais encontrado no cenário industrial atual, a união dos esforços humanos com os das máquinas busca tirar proveito dos seus pontos fortes e atributos. Por fim, os sistemas automatizados, nestes os processos são executados por máquinas sem a participação direta de um trabalhador, a automação é implementada via um programa de instruções combinadas a um programa de controles responsável pela execução das instruções, pode acontecer de não ficar bem clara a distinção entre os sistemas homem – máquina e os sistemas automatizados, pois vários sistemas homem – máquina operam com certo grau de automação. Uma melhor distinção dos pontos fortes entre humanos e máquinas pode ser observada no Quadro 1.

Groover (2010), distingue automação em dois níveis, o semiautomatizado compreende que uma máquina executa parte de um ciclo de trabalho sob algum tipo de controle de programação, e no restante do ciclo a operação fica a cargo de um trabalhador, no nível automatizado total, a máquina tem capacidade de operar por maiores períodos sem a intervenção humana.

Quadro 1 - Pontos fortes e atributos relativos a humanos e máquinas

Pontos fortes relativos de humanos	Pontos fortes relativos de máquinas
Percebem estímulos inesperados	Executam tarefas repetitivas de forma consistente
Desenvolvem novas soluções para problemas	Armazenam grandes volumes de dados
Lidam com problemas abstratos	Recuperam dados da memória de forma confiável
Adaptam-se às mudanças	Executam várias tarefas simultaneamente
Generalizam a partir de observações	Aplicam muita força e potencia
Aprendem com a experiência	Executam cálculos simples com rapidez
Tomam decisões difíceis com base em dados incompletos	Tomam decisões rotineiras com rapidez

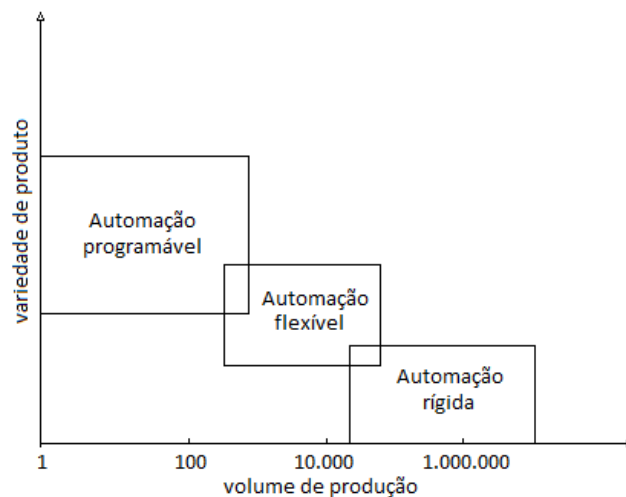
Fonte: Groover, 2010.

Tratando-se de níveis de produção e variabilidade de produtos Groover (2010), indica três tipos de automação mais adequados, a automação rígida é um sistema onde a sequência de operações de processamento é definida pela configuração do equipamento, normalmente executa operações simples com poucos movimentos, a coordenação e integração de muitas operações é que torna o sistema complexo, geralmente os custos de implantação são altos em virtude do valor dos equipamentos e a necessidade de engenharia personalizada, também apresenta alto grau de inflexibilidade na acomodação da variedade de produção, em compensação gera níveis acentuados de produção, fato que torna a automação rígida atraente pois o retorno com as grandes quantidades produzidas logo pode superar os custos de implantação.

Groover (2010), informa que outro tipo é a automação programável, nessa o equipamento é projetado com a capacidade de mudar a sequência das operações podendo assim acomodar diferentes configurações de produtos, através de um programa se controla a sequência de operações, podem ser inseridos novos códigos conforme a necessidade de produção. Na implantação são necessários altos valor em equipamentos de propósito geral, seus níveis de produção são bem inferiores em relação a automação rígida, flexibilidade para atender variações na configuração dos produtos e adapta-se bem a produção em lotes. Geralmente é utilizado na produção de médios e baixos volumes, a questão da adaptação na produção de diferentes produtos gera setups o que geralmente demanda frequentes períodos de pausa na produção.

Segundo Groover (2010), intermediária aos dois tipos abordados está a automação flexível, esta é uma extensão da automação programável, é um sistema capaz de produzir uma variedade de produtos (com poucas características divergentes) sem muita perda de tempo com adequações das configurações dos equipamentos, precisa um alto valor investido num sistema de engenharia personalizada, pode produzir continuamente um conjunto de produtos, opera com nível médio de produção, e como seu próprio nome sugere é flexível para lidar com variações no projeto do produto. A Figura 4 representa um gráfico da relação dos três tipos de automação com o volume de produção e a variabilidade dos produtos.

Figura 4- Tipos de automação relação a volumes de produção e variedade de produtos



Fonte: Groover, 2010.

Seguindo os conceitos apresentados por Groover (2010), tem-se que os sistemas de manufatura são utilizados na alta produção de peças que necessitam de múltiplas operações de processamento, para cada tipo de operação deve haver uma estação de trabalho, estas estações são interligadas fisicamente por um sistema mecanizado de transporte de itens. Esses sistemas de linhas comumente são encontrados em processos de usinagem, solda ponto robotizada e estamperia de metais, por linhas automatizadas similares a estas ainda encontram-se em operações de montagem.

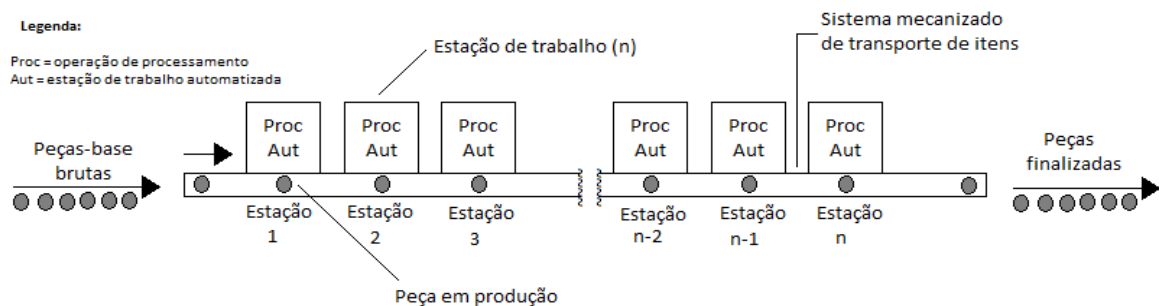
Groover (2010), afirma as linhas de produção automatizadas demandam valores significativos, em geral elas são exemplos de automatização rígida, sendo assim após definida sua configuração, a alteração da sequência e o conteúdo das operações torna-se muito complexo, praticamente inviável, no processo de escolha de implementação. Deve ficar bem claro que são indicadas para alta demanda, projetos estáveis de produtos, longevidade da vida dos produtos e múltiplas operações realizadas no estágio de manufatura, quando utilizados para atender estas

características os sistemas de linhas automatizadas proporcionam baixa quantidade de mão de obra direta, baixo custo do produto, alta taxa de produção, minimização dos itens em processamento e do tempo de passagem e também usa um menor espaço do chão de fábrica.

Groover (2010), afirma que uma linha de produção automatizada é composta por múltiplas estações de trabalho que estão ligadas mecanicamente para a transferência dos itens, basicamente a operação consiste na entrada de uma peça bruta no início da linha e sua transformação ocorre sequencialmente conforme o andamento pelas estações entregando ao final o produto acabado.

Nem só de processos de transformação as linhas são formadas, Groover (2010), traz que no decorrer das estações podem haver pontos de verificação e controle, da mesma forma uma linha automatizada pode conter etapas a cargo de mão de obra humana, basta ser alguma operação onde a automatização não seja viável do ponto de vista econômico ou a complexidade desta não justifique a intervenção mecânica. Na forma simples das linhas de produção automatizadas, o número de peças em processo é tal qual o número de estações de operação, em sistemas mais complexos existem armazenamentos temporários entre as estações, casos assim tem mais de uma peça por estação. A Figura 5 mostra uma esquematização de uma linha de produção automatizada básica.

Figura 5 - Configuração geral de uma linha de produção automatizada

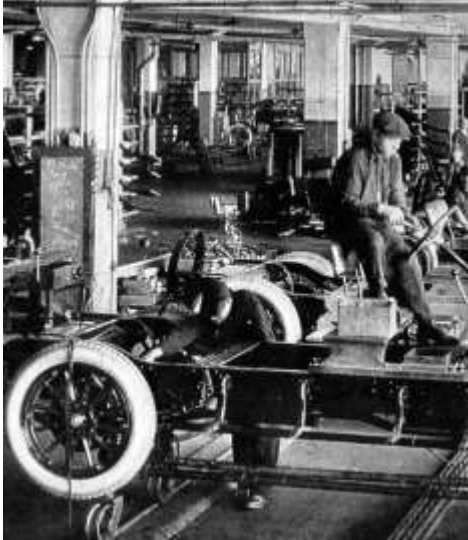


Fonte: Adaptado de Groover, 2010.

A partir das Figuras 6 e 7, é possível visualizar a evolução nas linhas de produção automobilística. Na Figura 6 pode ser observada uma fábrica antiga onde a automação industrial moderna começa a ter sua definição baseada na complexidade das atividades e nos tempos a serem reduzidos, embora fosse uma fábrica que começava automatizar-se, a presença do esforço humano estava em grande parte das tarefas desenvolvidas na atividade. Na Figura 7 é apresentada uma linha de produção automobilística moderna, sistema totalmente baseado em automatismos, grande atuação da robótica.



Figura 6 - Linha de produção automobilística antiga



Fonte: Estudo prático, 2015.

Figura 7 - Linha de produção automobilística moderna



Fonte: G1, 2016.

Ainda, abordando-se linhas automatizadas de produção a evolução tem trazido cada vez mais aplicações para os sistemas automatizados, acompanhando as Figuras 8 e 9 encontram-se modelos industriais de corte de chapas metálicas e uma linha automatizada de produção de tubos e conexões plásticas.

Figura 8- Máquina de corte de chapas metálicas



Fonte: Portuguese.pipeweldingrotators, 2016.

Figura 9- Linha automatizada de produção de tubos plásticos



Fonte: Plástico, 2012.

### 2.3 Automação industrial pneumática

Referindo-se a pneumática, Fialho (2011), informa que este é um termo proveniente do grego, *pneuma*, que significa fôlego, vento ou sopro, sendo assim pneumática trata de movimentos e fenômenos dos gases. Em um comparativo a hidráulica, a pneumática é indiscutivelmente mais simples e barata além de apresentar maiores rendimentos, tem a capacidade de solucionar maiores demandas por automatismos, tais vantagens são refletidas boa parte pelas características do seu fluido, neste trabalho o ar.

Fialho (2011), afirma que o ar tem a capacidade de compressibilidade e está disponível no ambiente em quantidades ilimitadas, o ar ainda tem vantagem na questão de transporte, este que é feito por tubulações sem necessidade de linhas de retorno. A armazenagem do ar comprimido se dá em reservatórios anexos aos compressores, os compressores não precisam estar constantemente em funcionamento como as bombas hidráulicas, um compressor só é acionado em caso de pressão insuficiente no reservatório que alimenta determinado sistema, além disso um possível vazamento de ar não tem o impacto ambiental que um vazamento de óleo poderia causar. Quando exposto a variações de temperatura, diferentemente dos fluidos hidráulicos, o ar não tem suas características afetadas, sendo assim pode ter seu funcionamento em plenitude e segurança até mesmo em condições extremas.

Fialho (2011), traz que um sistema pneumático é extremamente seguro, não apresenta riscos de explosões ou incêndios, mesmo se algum componente trazer defeitos estruturais, as pressões utilizadas nos sistemas pneumáticos são relativamente baixas, estão entre seis e doze bar. Ainda, tratando-se das vantagens da pneumática é válido salientar que por ser um sistema menos robusto a construção de seus elementos pode ser executada com materiais de menor valor. A velocidade dos sistemas pneumáticos é extremamente superior a hidráulica. Outra característica superior é a segurança em casos de sobrecarga, diferentemente dos sistemas puramente mecânicos ou eletroeletrônicos, um sistema pneumático pode ser solicitado em carga até parar, sem isso danificá-lo, com o fim de tal resistência imposta tem seu funcionamento reestabelecido normalmente.

Abordando a questão de desvantagens, Fialho (2011), menciona que a preparação do ar requer certos cuidados para se obter um sistema de desempenho esperado bem como de extensa vida útil dos componentes, a preparação do ar comprimido requer qualidade, ele deve ser livre de impurezas e umidade, fatores obtidos com a utilização de filtros e purgadores. Ainda depara-se com a questão da compressibilidade, todos os gases possuem essa característica, assim a

pneumática deixa a desejar em sistemas de vários ciclos com velocidade uniforme constante, nessas condições seu controle é inferior a hidráulica ou à eletrônica.

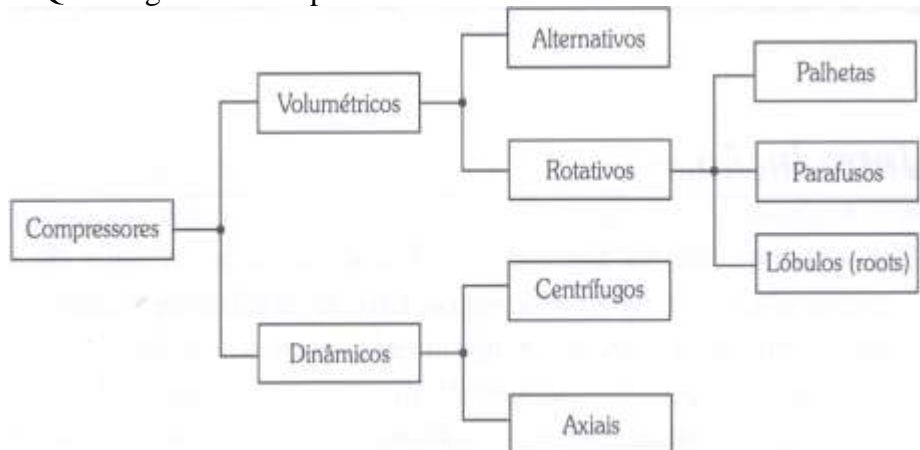
No quesito força, Fialho (2011), informa que a pneumática também não leva destaque, para força são indicados sistemas hidráulicos. O escape de ar também é considerado fator desvantagem, quando o ar é expulso para atmosfera ambiente após desempenhar seu papel no funcionamento de um atuador é gerado um ruído de auto volume, a atualidade apresenta silenciadores que suavizam o problema.

Quanto aos custos, Fialho (2011), afirma que apenas na implantação são necessários maiores valores, com as economias energéticas geradas e a rentabilidade dos processos se obtém a compensação. A rentabilidade de uma rede pneumática depende muito da atenção em sua instalação e manutenção, pontos de derivação mal instalados, exposição de pontos da rede há ação de vapores corrosivos e outros fatores capazes de desencadear vazamentos podem comprometer o desempenho esperado do sistema vazamentos interferem no tempo das operações logo menor produtividade maior custo devido ao desperdício.

Segundo Bonacorso e Noll (2006), a existência física do ar, e também a sua utilização como forma de energia, é reconhecida há milhares de anos. A palavra pneumática vem do radical grego "pneuma" que significa respiração, vento, e trata do comportamento dos gases. A energia pneumática é obtida com a compressão do ar atmosférico em um reservatório, transformando-o em ar comprimido a uma determinada pressão de trabalho, para conseguir-se isto é utilizado um equipamento chamado de compressor. Embora o ar comprimido seja uma forma de energia a muito tempo conhecida pelo homem, apenas a partir de 1950, sua aplicação teve espaço industrialmente na automação e na racionalização da força humana para trabalhos cíclicos e metódicos. Nos dias de hoje os mais variados ramos da indústria têm o ar comprimido como elemento indispensável.

Conforme Fialho (2011), os compressores de ar podem ser nomeados classificados pela forma com que cada equipamento processa o gás em questão na compressão, geralmente a estrutura externa dos compressores e reservatórios é bastante similar, diferenciando-se por sua constituição interna. A Figura 10 apresenta um quadro geral dos compressores industriais.

Figura 10 - Quadro geral de compressores industriais



Fonte: Fialho, 2011.

As Figuras 11, 12 e 13 mostram três tipos de compressores normalmente encontrados no mercado, são os compressores de pistão, de parafuso e o compressor diafragmático.

Figura 11- Compressor de pistão



Fonte: Amhigo, 2016

Figura 12- Compressor de parafuso



Fonte: Sncompressores, 2016

Figura 13- Compressor diafragmático



Fonte: Directindustry, 2016

Conforme Fialho (2011), o processo pneumático começa com a disponibilidade de ar comprimido em condições apropriadas, em seguida para a concretização de um circuito são necessárias as linhas de distribuição, estas dividem-se em linhas tronco, secundárias e de alimentação, estas linhas devem ser bem dimensionadas para poderem suprir os elementos de trabalho com eficiência. Concluída a distribuição das linhas o circuito demanda por elementos de grupos de válvulas que podem ser, botões de acionamento, direcionadoras de fluxo, válvulas fim-de-curso, entre outras. Que podem ser utilizadas para controlar o acionamento dos elementos de trabalho bem como os de sinalização.

Fialho (2011), afirma que por elementos de trabalho tem-se atuadores, ou motores com função de transformação em um processo produtivo, a sinalização de um circuito se dá por meio de lâmpadas ou alarmes, dentro da constituição de um circuito pneumático ainda podem ser aplicados contadores de ciclos ou temporizadores que controlam o sequenciamento de tarefas dentro da atividade pretendida. Acompanhando o grupo de imagens constituído pelas Figuras 14, 15 e 16 pode-se observar alguns dos equipamentos base comumente encontrados em um circuito pneumático.

Figura 14- Válvula de atuação mecânica por botão



Fonte: Klein automação, 2016.

Figura 15- Válvula direcional com pilotagem pneumática



Fonte: alfaiate, 2016.

Figura 16- Atuador pneumático de duplo efeito



Fonte: Klein automação, 2016.

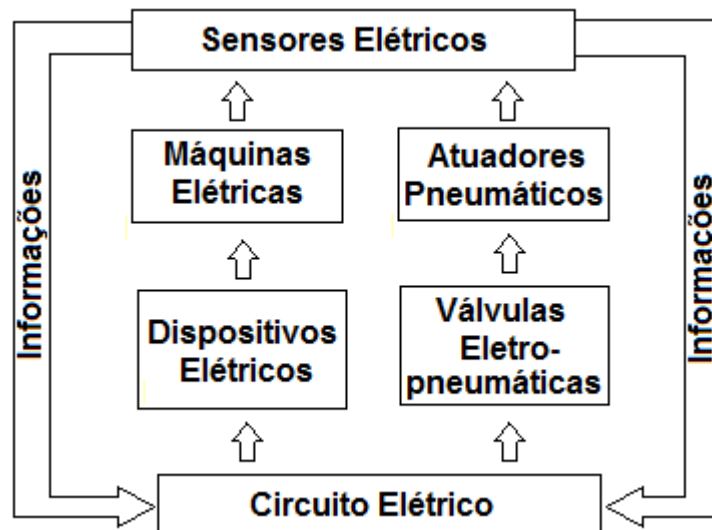
## 2.4 Eletropneumática

Conforme Bonacorso e Noll (2006), desde a descoberta da energia elétrica, ela tem sido um meio pelo o qual a humanidade busca a obtenção de benefícios. Atualmente, pode-se observar que a sua transformação em outras formas de energia (mecânica, luz, calor, entre outras.) tem contribuído na facilidade da execução de diversos processos, porém ela exige um alto grau de conhecimento para que possa ser usufruída de maneira segura ao usuário.

Bonacorso e Noll (2006), afirmam que eletromagnetismo consiste em um campo magnético que surge com passagem da corrente elétrica em condutores é uma descoberta extremamente importante na história da humanidade. Este fenômeno possibilita diversos dispositivos elétricos a funcionarem baseados neste efeito, são alguns deles: motores elétricos, contadores, relês, válvulas eletropneumáticas, e uma variada gama de outros equipamentos. Atualmente, observa-se nos processos de fabricação industriais crescentemente a combinação de várias formas.

Segundo Bonacorso e Noll (2006), a prática ensinou que os conhecimentos de hidráulica, pneumática, eletricidade, eletrônica e suas combinações são igualmente importantes e necessários em automação. Sendo assim, não deve-se valorizar um conhecimento quanto ao outro, o correto é buscar enquadrá-los nas suas aplicações específicas, mantendo sempre em consideração os fatores técnicos, sociais e principalmente econômicos. Basicamente os processos industriais de automação eletropneumática utilizam a combinação da energia pneumática com a energia elétrica, esses sistemas são compostos pelas seguintes partes: elementos de sinal, elementos de trabalho, elementos de comando e elementos de controle. Na Figura 17, é possível observar esta composição do sistema eletropneumático.

Figura 17 - Diagrama de um sistema eletropneumático automatizado



Fonte: Adaptado de Bonacorso e Noll, 2006.

Bonacorso e Noll (2006), trazem que o circuito elétrico que combina as informações obtidas pelos sensores elétricos aliados a sequência de operação, proporcionando o acionamento elétrico dos elementos de comando é chamado de elemento de controle. Os elementos de comando são as válvulas pneumáticas, os relés e contadores que acionam os elementos de trabalho, estes transformam a energia elétrica e pneumática em outras formas de energia, são os motores elétricos, cilindros e motores pneumáticos que automaticamente executam uma determinada tarefa, quando realizam isto, acionam os elementos de sinal que são sensores elétricos com a finalidade de informar continuamente ao elemento de controle a respeito do andamento do processo automatizado. Este mecanismo mostra que existe uma realimentação contínua dos



sensores elétricos. A partir dessas informações o elemento de controle comanda a etapa seguinte. Essas ações ocorrem de maneira cíclica, havendo assim o estabelecimento do processo automatizado. A junção da eletricidade com a pneumática ocorre nas válvulas eletropneumáticas que são as componentes do sistema que recebem comandos do circuito elétrico de controle acionam os elementos de trabalho pneumáticos.

Segundo Bonacorso e Noll (2006), as válvulas são acionadas por meio de solenoides. Um sistema automatizado eletropneumático pode ter válvulas acionadas por um solenoide, assim formando as válvulas com comando unidirecional e válvulas acionadas por dois solenoides, resultando em sistemas de válvulas com comando bidirecional. Estes tipos de válvula baseiam-se no deslocamento de um núcleo metálico mediante a ação de um campo magnético, essa ação determina a trajetória do fluxo de ar. A força magnética é gerada pela circulação da corrente elétrica no solenoide da válvula.

Conforme Fialho (2011), é um ramo da pneumática que faz uso da eletricidade para o acionamento de válvulas direcionais fazendo assim a composição das eletroválvulas e válvulas proporcionais, ainda é responsável pela energização de sensores magnéticos de posição, presostatos, microswitches, dentre outros. A Figura 18, apresenta uma válvula pneumática direcional com acionamento por solenoide e, a Figura 19, mostra alguns relés que aliados aos equipamentos pneumáticos compõem sistemas eletropneumáticos.

Figura 18- Válvula direcional pneumática acionada por solenoides



Fonte: Belair, 2016

Figura 19 - Relés



Fonte: Comatreleco, 2016

## 2.5 Pneutrônica

Segundo Fialho (2011), pneutrônica é um vocábulo que refere-se a evolução da eletropneumática, nesse ramo da automação a eletrônica se torna muito presente nos circuitos na forma de Controladores Lógicos Programáveis (C.L.P), sensores digitais, sistemas robotizados, em resumo, são circuitos eletrônicos complexos que acionam e monitoram componentes pneumáticos.

Para Fialho (2011), os Controladores Lógicos Programáveis ou PCLs conforme a sigla do inglês (*Programmable Logic Controller*), são pequenos equipamentos com função de comandar as atividades de uma máquina ou parte delas baseados em sua memória de instrução previamente programadas, essas instruções basicamente executam funções específicas, energizam ou desenergizam componentes, fazem contagem de ciclos ou tempos, sequenciamentos, operações matemáticas e manipulação de dados. Em 1969, surgiram os primeiros modelos para a indústria que quase de pronto já fizeram sucesso, funcionavam substituindo a função dos relés, até mesmo os primeiros CLPs superavam os sistemas baseados em relés devido sua confiabilidade, constituíam-se de componentes mais robustas de estado sólido. Os CLPs possibilitaram reduções nos custos de materiais, mão-de-obra, instalação e localização de falhas reduzindo a fiação e os erros que relacionam-se a esta. O espaço físico utilizado também se reduziu em comparação as estruturas até então utilizadas em temporizadores, contadores e demais componentes de controle. A questão da programação possibilitou uma maior flexibilidade para troca de esquemas de comando.

Fialho (2011), indica os CLPs do ponto de vista econômico, viáveis na substituição de sistemas de comando que necessitem mais de três relés considerando o baixo custo dos micro-CLPs e da grande ênfase trazida pelos fabricantes sobre produtividade e qualidade, além dos benefícios em relação aos custos pode-se falar dos outros valores agregados como: confiabilidade, um programa já escrito e depurado, facilmente pode ser usado por outros CLPs, com isso obtém-se redução em tempos de programação, minimizando a depuração e aumentando a confiabilidade.

Conforme Fialho (2011), tratando-se da lógica, que fica toda na memória do CLP, evita erros por conta da fiação que resume-se só a alimentação de energia para entradas e saídas dos equipamentos. Outro valor agregado é a flexibilidade que resulta da praticidade de alteração dos comandos por meio de pouca digitação, ainda elimina a possibilidade de um usuário ou operador final executar alterações a menos que seja capacitado e autorizado, além de dispor do



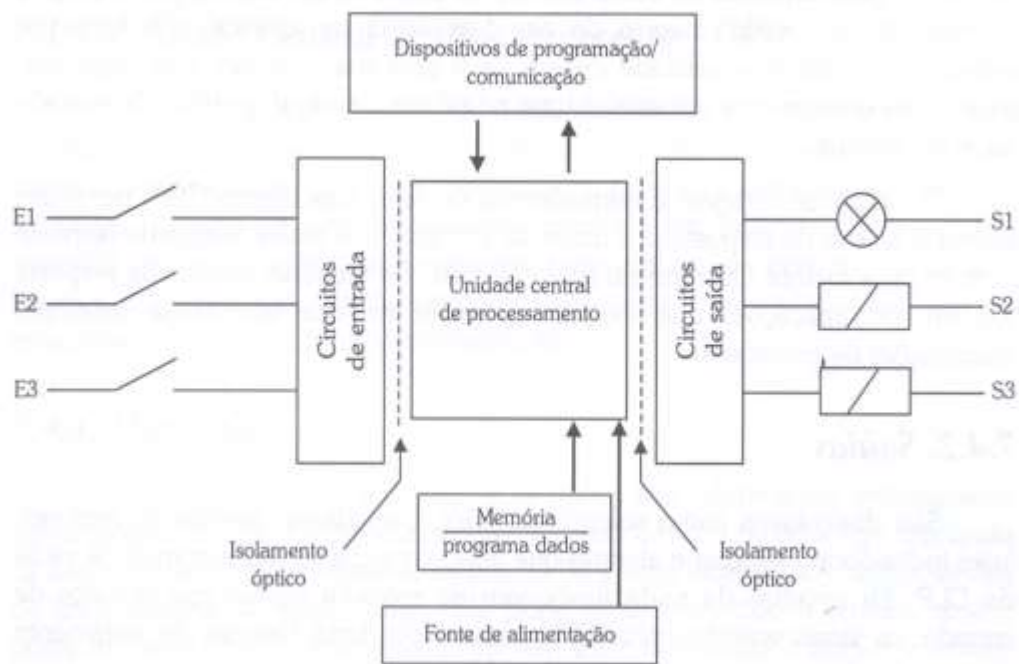
mecanismo necessário a interface (PC e cabo de interface, ou um terminal portátil de programação). Ainda é válido considerar as funções avançadas, os CLPs são capazes de realizar uma variada gama de tarefas de controle, partindo de simples tarefas repetitivas até a manipulação de dados complexos. Comunicação, essa habilidade dos CLPs se dá pela inter-relação mútua existente entre os vários CLPs que compõem uma unidade fabril a um CLP mestre e ainda a um PC, afim de possibilitar o monitoramento das diversas tarefas designadas a estes equipamentos, bem como sua reprogramação quando necessário, também pode haver a comunicação do sistema com um modem, permitindo o recebimento de instruções via internet.

Fialho (2011), considera este um sistema veloz, pois dispõem da capacidade de contar e responder pulsos rapidamente (de 2000 a 6000 pulsos por segundo), esse fato lhes torna indicados a atividades fabris que demandem pelo uso de sensores de contagem de eventos rápidos em que se trabalhe com alto número de peças por unidades de tempo. Também têm a capacidade de diagnóstico, localizam as falhas dos sistemas de programação para que os usuários rapidamente façam os cabíveis reparos em hardware ou software.

Conforme Fialho (2011), todos os CLPs tanto os micros quanto os grandes basicamente são compostos por: entradas; saídas; Unidade Central de Processamento (CPU); memória para o programa e armazenamento de dados; fornecimento de alimentação; dispositivo de programação; interfaces de programação. Os dispositivos de entrada compõem a interface com a qual os elementos de campo conectam-se a o CLP, os itens de entradas podem ser botões, chaves ou sensores. Nas saídas conectam-se dispositivos como solenoides, relés, contadores, partida de motores, luzes indicadoras, válvulas e alarmes. A CPU armazena o programa aplicativo e sua execução, recebe as informações das entradas, realiza as operações lógicas conforme as designações da programação e atualiza as saídas. Quanto a memória, ela é um espaço físico e os dados são informações armazenadas neste espaço. O dispositivo de programação/comunicação é um dispositivo conectado temporariamente ao CLP para possibilitar a inserção de um programa aplicativo afim deste executar as devidas ações de acordo com as necessidades do usuário, também permite o monitoramento do programa aplicativo. A fonte de alimentação deve fornecer energia ao sistema transformando a tensão da entrada em alguma forma utilizável pelo CLP, além de proteger seus elementos internos contra picos de tensão. Tanto na entrada quanto na saída do CLP os sinais elétricos passam por um isolamento óptico que tem por finalidade filtrar falsos comandos, no campo externo podem ser geradas interferências de estática ou ruídos elétricos de alta frequência. Esses impulsos indesejáveis são classificados pelos sensores como não válidos. Na Figura 20 encontra-se uma representação esquemática de um sistema CLP.

Para Alves (2010), o desenvolvimento do CLPs começa em 1968 para atender necessidades na indústria automobilística que nessa tinha altos custos com manutenção e instalações de enormes painéis de controle a relé, a nova estrutura elimina os custos de fiação necessários com os relés e manutenção. O sucesso das estruturas CLP tornou até a atualidade o principal elemento de comando e controle industrial.

Figura 20 - Diagrama Esquemático de um CLP



Fonte: Fialho, 2011.

Alves (2010), ainda diz que no começo o CLP deveria apenas substituir os relés, recebia sinais de elementos de entrada como teclas, chaves-limite ou digitais, acionava as saídas dando partida a motores sequencialmente, válvulas solenoides ou alarmes, conforme mantinha na memória o programa do usuário. A evolução implementou nas estruturas CLP as capacidades de funções aritméticas, terminais de programação e os subsistemas remotos de entradas e saídas (E/S). Essas inovações trazidas pela evolução permitiram interfaces com instrumentos facilitaram a introdução de programas e capacidade de monitoramento em tempo real. Além de mais redução em custos de fiação que os subsistemas remotos proporcionaram. Em aplicações mais simples os CLPs podem apenas exercer as funções tipicamente empregadas a relés como lógica, temporização e contagem. Mas como estes equipamentos tem capacidades de manipulação de números sua aplicação estendeu-se aos controles de processos, adquirindo dados, executando

algoritmo Proporcional Integral Derivativo (PID), ainda na sua constituição encontram-se processadores de redes e auxiliares que podem armazenar programas em diversas linguagens.

Sobre o hardware do CLP, Alves (2010), diz que a composição baseia-se em um bastidor (*rack*) principal, que tipicamente contem de 4 a 16 ranhuras (*slots*), dependendo da configuração, onde se acomodam o modulo da fonte de alimentação, os módulos processadores principal, de comunicação e auxiliares, memória e módulos de entradas e saídas remotas. Estes bastidores comunicam-se com o principal por meio de processadores de comunicação específicos, assim possibilitando a comunicação da CPU com os bastidores remotos.

O CLP segundo Alves (2010), é na verdade um computador especializado que contém cartões ou módulos, instalados através de encaixe (*plug-in*) em um bastidor com barramento passivo, estes são integrados a uma placa de circuito impresso, esta fica alojada na sua parte traseira de modo a interligar todos os cartões. Esta disposição dos elementos permite a troca dos cartões sem a necessidade de abrir ou desmontar o bastidor. Outra característica conferida aos CLPs em diferenciação aos computadores, é que seus periféricos, ou dispositivos de entradas e saídas principais, não são teclados nem unidades de disco ou terminais de vídeo, são compostos sim por módulos de aquisição de dados de entrada e módulos para energização de saídas analógicas ou digitais.

## **2.6 Modelos instrucionais didáticos**

Com base em Gagné (apud MOREIRA, 2011, p.78), a aprendizagem é uma mudança comportamental persistente que pode ser compreendida em uma série de eventos, em cada fase dessa mudança é possível que existam um ou mais processos internos no sistema nervoso central de um aluno, que transformam as informações até este responder com algum desempenho. Os processos internos podem receber estímulos do ambiente como a explicação de um professor ou a leitura de um livro, os processos externos planejados afim de iniciar, manter ou ativar a aprendizagem do aluno recebem o nome de instruções. Portanto uma instrução é uma atividade de planejamento e execução de eventos externos à aprendizagem, influenciando os processos internos em busca de objetivos, compreende-se por objetivos as capacidades a serem aprendidas. Cabe ao professor preparar a instrução, administrá-la e avaliar sua eficácia mediante a avaliação da aprendizagem do aluno.

Segundo Gomes (2004), a aprendizagem se dá conforme o uso das habilidades mentais de cada um, a habilidade absortiva ou cognitiva é relacionada às informações que o estudante

consegue captar do seu ambiente. A cognição é treinada via atenção e observação, isso conferirá ao estudante o hábito de concentrar-se em um único problema, buscando incessantemente a solução. Com a cognição o estudante melhora sua habilidade retentiva, assim, desfrutando das duas passa a melhor identificar e selecionar problemas projetuais. A cognição confere ao estudante a reação aos estímulos das situações com que se depara e ao manipular ou explorar em operações lógicas, os conhecimentos necessários para compreender os produtos que o circundam.

Conforme Borges (apud COUTO, 2009, p. 3), as atividades práticas de ensino e os laboratórios não estão sendo utilizados de modo correto por alguns docentes. Sugere-se a adoção de uma gama de atividades prático-experimentais de maior amplitude, sugere que além das aulas tradicionais com roteiros dirigidos, explore-se uma mudança no trabalho que o laboratório desenvolve, dessa maneira o foco dos estudantes muda da exclusiva preparação de montagens e realização de medidas, para demais alternativas que os sugestionem tornando a relação mais estreita com o objetivo de fazer ciência. Para se alcançar tal proposta não apenas as aulas devem contemplar simples manipulações de objetos e equipamentos buscando a constatação de fatos, de modo mais amplo essas manipulações e operações devem gerar interpretações e ideias sobre observações de fenômenos afim de transformar curiosidade em conhecimento.

Para Laburu (apud COUTO, 2009, p. 3), as atividades experimentais são de extrema importância, mas mesmo assim ainda não são o suficiente para gerar mudança conceitual nos estudantes, considera-se necessário que os estudantes possuam um condicionamento prévio a algum estímulo cognitivo: a motivação. Nesse sentido questiona-se em que condições um experimento prático pode ser cativante fazendo os alunos procurarem modelos explicativos para as situações propostas. Se for despertado o interesse pela questão o estudante irá estar disposto a dedicar-se as tarefas subsequentes às constatações mais externas e evidentes de um fenômeno, considerando que estas talvez sejam mais difíceis e menos prazerosas.

Conforme Sveiby (apud SEVERO et al, 2009, p. 3), a procura pela educação permanente, precisa estar relacionada com as tecnologias modernas propostas pela sociedade atual com foco na informação, a compreensão e domínio de tais tecnologias é para o profissional uma das características fundamentais. Esclarecendo assim que a simples passagem de conhecimento já não basta para as imposições da sociedade atual, é necessário um ensino que possibilite ao estudante refletir e dialogar, a nova premissa pedagógica é desenvolver um estudante com habilidades independentes e coesas na construção do seu modo de pensar, agir e decidir.

Aebli (1970), diz que a prática serve para automatização das funções psíquicas, está relacionada a toda atividade que demande por atos intelectuais, também seu aprendizado deverá

ser repetido até executado com facilidade e segurança. As habilidades são compostas de grupos de reações, em maior ou menor grau. A realização de uma reação da melhor maneira possível resulta em um rendimento, este frequentemente é relacionado a medida de uma só dimensão como a altura de um salto ou as questões resolvidas em determinada medida de tempo. Na maior parte dos casos nota-se que o rendimento aumenta com a repetição. A questão do rendimento pode ainda ser associada ao fator motivacional, partindo da questão que a pratica repetida leva a melhores resultados de rendimento, logo o indivíduo irá motivar-se a mais pratica em busca de melhor rendimento.

### **2.6.1 Aulas expositivas**

Segundo Gil (2009), a popularidade das aulas expositivas deve-se ao fato do modelo reunir o talento de pesquisador, escritor, produtor, animador, repórter, conferencista, comediante e professor, a capacidade de reunir estes talentos está relacionada a uma exposição de alta qualidade. O prestígio das aulas expositivas não tem apenas raízes didático-pedagógicas, existe a interferência de fatores econômicos e administrativos. Entre os elementos que explicam a ampla utilização de métodos expositivos é correto salientar a economia pois em grandes turmas, técnicas como discussão em grupo tornam-se praticamente impossíveis, assim o professor prepara-se como para uma conferência.

Para Gil (2009), a flexibilidade das aulas enquadra-se no modo de adaptação para diversos públicos, pode-se ministrar com o uso de variados recursos como materiais impressos, projeções ou quadro e giz. As aulas expositivas podem ser versáteis, sua aplicação transmite conhecimento referente aos mais diversos cursos. Possibilitam rapidez, o conteúdo pode ser abordado em sua forma final exigindo dos estudantes a compreensão da mensagem. Por fim pode-se dizer que as aulas expositivas são enfáticas no conteúdo, fazendo assim pensar-se que qualquer especialista na área estudada pode ter sucesso na transmissão do conhecimento, este é um fator crítico pois o ato de dar aulas não assegura a qualidade do ensino, a eficiência de uma aula expositiva requer planejamento baseado nos princípios e técnicas de ensino.

### **2.6.2 Aprendizagem baseada em problemas**

Gil (2009), define que a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é um modelo didático onde os alunos são sugestionados a tomar frente da solução de um problema previamente estimulado pelo professor ao contrário do método tradicional de aulas onde agem de

forma passiva, apenas como ouvintes. Neste sistema de ensino o professor atua como um facilitador apenas acompanhando e auxiliando os alunos dando dicas de fontes da solução.

Para Gil (2009), o método de ABP contribui para a melhor compreensão dos assuntos já que a solução parte da aplicação dos conceitos, dessa maneira as questões passam a fazer mais sentido refletindo também na retenção dos conhecimentos, tendo que para finalizar uma questão o aluno deverá compreender e não apenas memorizar.

Como os problemas são apresentados num contexto real, Gil (2009), afirma que a transferência dos conceitos é facilitada ao aluno deparar-se com o mundo profissional, conteúdos abordados apenas em nível de memorização não tem tanta relevância nas questões sociais e profissionais. Em contrapartida às vantagens que o método ABP apresenta existe a questão da possibilidade de não haver o ensino dos fundamentos das disciplinas, portanto ainda é recomendável nos cursos uma parcela de aulas expositivas, leituras e exercícios afim de não deixar passar tais pontos. Também a avaliação dos alunos no método ABP torna-se mais complexa, nos métodos tradicionais os professores dispõem de recursos mais práticos e objetivos como provas de associação e de múltipla escolha, a ABP requer múltiplos procedimentos de avaliação que podem envolver: análise de projetos, provas práticas, avaliação pelos pares, auto avaliação, apresentações orais, análise de relatórios, entre outros.

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

Para Gil (2010), pesquisa consiste em um procedimento racional e sistemático com objetivo de responder algum problema apresentado. Fundamentalmente o objetivo da pesquisa é solucionar o problema em questão valendo-se de técnicas e métodos científicos. Método compreende-se como a aplicação de um conjunto de normas e procedimentos envolvidos na realização da pesquisa, já a técnica refere-se a habilidade de utilizar estas normas assim como tais procedimentos.

#### **3.1 Método de Pesquisa**

Conforme Gil (2010), existem muitos métodos de pesquisa, fato esse que traz a necessidade de classificá-los. Assim consegue-se a facilidade em identificar similaridades e diferenças nas pesquisas, detendo uma linha de abordagem definida o pesquisador obtém mais agilidade nas tomadas de decisão logo implicando no tempo de obtenção da solução das questões foco.

Um conjunto de ações sistemáticas e racionais é considerado método, tendo por objetivo proporcionar maior segurança e economia, possibilitando alcançar os objetivos que são os conhecimentos válidos e verdadeiros, traçar o caminho a ser seguido, detectar erros e auxiliar nas decisões do cientista (LAKATOS; MARCONI, 2009).

#### **3.2 Delineamento da Pesquisa**

Gil (2010), refere-se a delineamento de pesquisa como o planejamento desta, aborda desde a escolha do tema até a obtenção dos dados e suas respectivas análises. O autor classifica a pesquisa em:

- pesquisa bibliográfica: que desenvolve-se a partir de materiais já publicados, baseia-se principalmente em livros, artigos científicos e materiais encontrados na Internet;
- pesquisa Documental: similar à pesquisa bibliográfica, se dá a partir de materiais que não receberam tratamento analítico ou que ainda podem ser reelaborados no decorrer da pesquisa;
- pesquisa experimental: consiste em determinar um objeto de estudo, selecionando as variáveis capazes de influenciá-lo, onde são definidas as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;

- pesquisa *expost-facto*: uma definição aceitável é que esta pesquisa é uma investigação sistemática e empírica, neste tipo, o pesquisador não controla as variáveis independentes, em outras palavras, o “experimento” se realiza depois dos fatos;

- levantamento de campo: é determinado pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.

- estudo de caso: define-se pelo estudo aprofundado de um ou poucos objetos, de forma que se possibilite o conhecimento amplo e detalhado.

No parâmetro delineamento de pesquisa, neste trabalho foi adotada a pesquisa de levantamento de campo, foram questionados indivíduos de um grupo de amostra para analisar seu aproveitamento no quesito ensino aprendizagem mediante a aplicação do módulo base deste estudo.

O trabalho começou com a definição da questão problema, a etapa um é a definição do objeto de estudo, com base na vivência acadêmica e experiências relatadas por alguns alunos e professores em relação a compreensão do componente curricular de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática, assim como outros que também são análogos ao cenário da indústria. Justificado o motivo do estudo, passou-se para a etapa dois, que consiste na pesquisa em si, consultando na literatura as referências teóricas disponíveis sobre o assunto.

Após a base teórica, o trabalho contempla a terceira etapa, esta dedica-se ao desenvolvimento do módulo didático, este simula um processo industrial de modo que os elementos de automação industrial disponíveis na instituição sejam explorados abordando além de seus mecanismos de funcionamento o seu emprego em situações reais, pois acredita-se que assim é possível haver uma melhora no processo de ensino aprendizagem. É válido destacar que foram utilizados na elaboração do módulo didático apenas componentes eletropneumáticos disponíveis no Laboratório de Automação Industrial da UNIPAMPA – Campus Bagé, bem como, materiais de descarte como: madeiras, rolamentos, metais, e outros utilizados na construção do módulo didático. Outros elementos de fixação como, parafusos, pregos, colas, entre outros foram adquiridos e utilizados para a montagem dos conjuntos. O módulo didático foi fabricado e montado nas dependências do laboratório de fabricação, sala 1112 da UNIPAMPA- Campus Bagé, utilizando-se a infraestrutura de máquinas e ferramental disponível.

Após a finalização da montagem e teste do módulo didático iniciou-se a quarta etapa, com o módulo disponível, o mesmo foi utilizado de maneira concreta em uma aula com um grupo de amostra formado por uma turma regular do componente curricular de Automação Hidráulica e Pneumática do Curso de Engenharia de Produção da UNIPAMPA – Campus Bagé.



Segundo Markoni e Lakatos (2009), a amostra é uma parcela convenientemente selecionada da população, é um subconjunto do universo. Como uma consulta ao todo é impossível, busca-se adequar à pesquisa os indivíduos que possam melhor representar o todo de modo a inferir o resultado da maneira mais representativa possível. O universo ou população é o conjunto de seres animados ou inanimados unidos por pelo menos uma característica comum. A amostra é a seleção conveniente de uma parcela destes indivíduos.

A utilização do módulo consistiu na apresentação dos componentes e seu funcionamento em uma aplicação, o grupo de estudo pôde associar o conteúdo teórico apresentado com o módulo didático, gerando assim a compreensão da aplicação dos conceitos na rotina industrial.

Realizada a aplicação, foi feita a coleta de informações a respeito das opiniões do grupo de amostra, composto pelos alunos regularmente matriculados no componente curricular de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática da UNIPAMPA – Campus Bagé, via questionário com questões abertas e fechadas. O grupo pôde manifestar sua compreensão sobre a proposta e assim possibilitou a análise da efetividade do módulo e, a partir desta, após sua síntese, foram extraídas as respostas características à elucidação e compreensão em relação aos questionamentos da pesquisa. Segundo Barros e Lehfeld (2007), o questionário é a ferramenta de maior utilização para obtenção de informações. Embora não haja restrições quanto ao número de questões é aconselhável que seja elaborado com cuidado afim de não se tornar exaustivo, buscando assim que o indivíduo pesquisado não desanime.

Conforme Barros e Lehfeld (2007), o questionário a ser aplicado deve ser entregue ao pesquisado por escrito e também entregue respondido por escrito, não se aplicam questionários por meio de linguagem falada. Se tratando da elaboração do questionário, as questões devem ser apresentadas de forma clara e organizada, tudo para facilitar e motivar o informante a responder da melhor maneira possível.

Para Barros e Lehfeld (2007), o questionário pode contemplar perguntas abertas ou fechadas e ou também pode ser misto, combinando os dois tipos de perguntas. Fechadas são questões que apresentam categorias ou alternativas de respostas fixas. As perguntas abertas levam o informante a responder livremente com frases ou orações.

Barros e Lehfeld (2007), ainda abordam o fato dos instrumentos de pesquisa sempre apresentarem vantagens e desvantagens, no caso do questionário consideram-se vantagens, a possibilidade do pesquisador atingir um maior número de pessoas e de informações em tempo reduzido ao compara-lo com outra técnicas de pesquisa, também facilitam a tabulação e o tratamento das informações obtidas, destacasse esta facilidade se o questionário for elaborado na maioria com questões fechadas e de múltipla escolha, em um questionário o pesquisado tem

mais tempo e tranquilidade para responder as questões mais adequadamente, o anonimato do entrevistado é garantido com isso gera maior liberdade nas respostas sem a mínima possibilidade do pesquisador exercer alguma influência sobre elas, por fim o questionário é uma forma de obtenção de dados econômica, tanto em tempo quanto financeiro e de indivíduos na aplicação. O questionário aplicado encontra-se disponível no apêndice A deste trabalho.

Por fim, frente análise da síntese dos dados extraídos da amostra estabeleceu-se a efetividade no processo de ensino aprendizagem a partir de uma formulação desenvolvida com base nos indicadores identificados como substantivos.

No Quadro 2 apresentam-se as etapas desenvolvidas para atingir os objetivos do trabalho, bem como, as atividades que estas etapas contemplaram e as técnicas adotadas para o alcance destas.

Quadro 2- Quadro resumo de etapas

Etapa	Atividade	Técnica
Desenvolvimento do módulo didático	Levantamento dos equipamentos disponíveis.	<i>Check list</i>
	Elaboração do módulo didático.	Embasamento em situações reais.
	Simulação do funcionamento do módulo didático em um software.	Utilização do FluidSim.
	Montagem e teste do módulo didático.	Construção utilizando metalurgia e carpintaria.
Aplicação do módulo didático	Utilização do módulo em atividade de ensino.	Elaboração do plano de aula.
	Análise dos efeitos (benefícios e limitações) do módulo.	Questionário/ avaliação da aprendizagem
	Diagnóstico	Síntese dos dados obtidos na análise.
Determinação da efetividade	Elaboração de um mecanismo capaz de quantificar a efetividade.	Formulação matemática.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O apêndice C deste trabalho traz o cronograma das atividades contempladas no desenvolvimento do trabalho.

## 4 MÓDULO DIDÁTICO

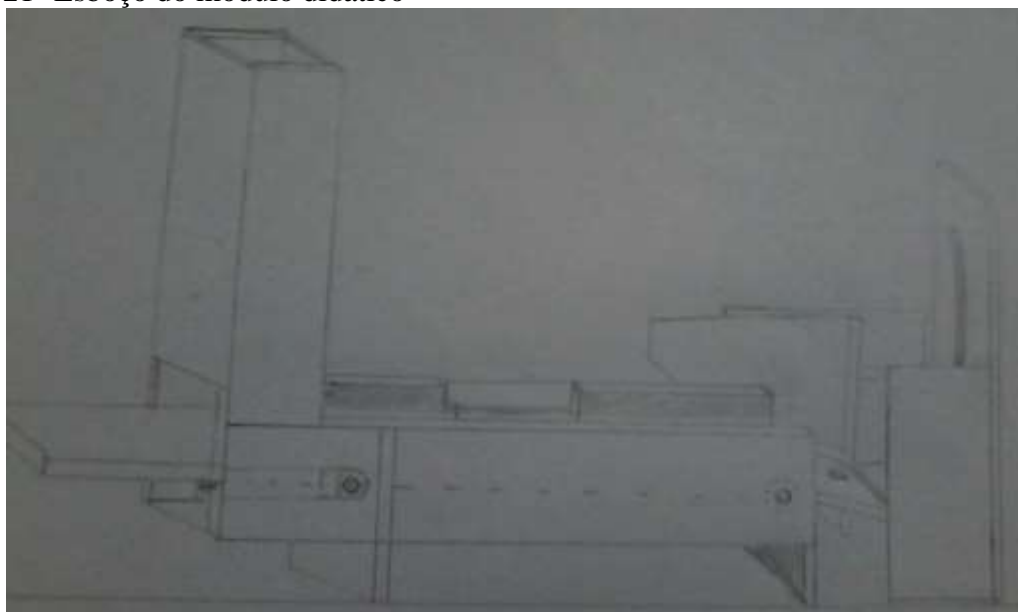
### 4.1 Desenvolvimento do módulo didático

Nesta fase do trabalho, a primeira atividade realizada foi o levantamento dos componentes eletropneumáticos disponíveis, para isso se utilizou a técnica de *Check list*. Verificou-se os equipamentos que dão suporte às aulas de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática, equipamentos estes, alocados na sala 1113 da Universidade Federal do Pampa- Campus Bagé, sendo validados para utilização no módulo didático os seguintes:

- Compressores de ar;
- Tubulações e conexões de linhas de ar comprimido;
- Atuadores duplo efeito;
- Válvulas direcionais eletropneumáticas;
- Quadros e fontes para distribuição elétrica 24 volts;
- Cabos para conexões elétricas;
- Sensores indutivos;
- Sensores capacitivos;
- Sensores ópticos;
- Dispositivos de contato eletromecânico (fim de curso);
- Relés;
- Botões de contato elétrico.

A segunda atividade da fase consistiu no planejamento da construção do módulo didático, baseando-se em situações reais encontradas no cenário industrial e frente ao levantamento dos componentes eletropneumáticos disponíveis, resolveu-se simular uma linha de inspeção automatizada. Como requisito, o módulo didático proposto deveria inspecionar os objetos de teste quanto à presença de metais, funcionando a linha de inspeção de forma a entregar ao final objetos aprovados livres da presença de metais e os reprovados sendo eliminados automaticamente do sistema. Ainda na etapa de planejamento, afim de se obter uma visão geral do projeto pretendido foram esboçados desenhos, um destes pode ser visto na Figura 22.

Figura 21- Esboço do módulo didático



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

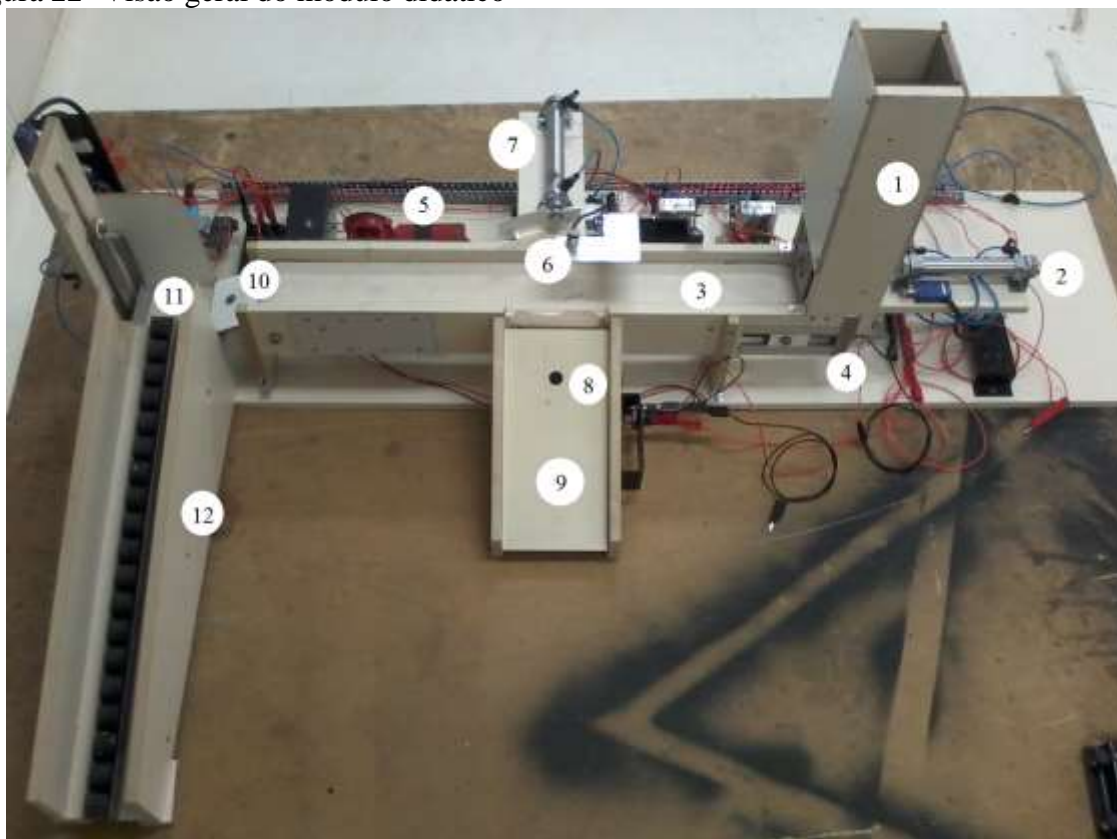
Também foi definido que para construção do módulo didático seriam utilizados materiais de reaproveitamento, oriundos de descarte, vindo a fazer parte da construção madeiras do mobiliário descartado da UNIPAMPA - Campus Bagé, madeiras doadas por uma marcenaria do município e ainda componentes obtidos em descartes de oficinas mecânicas e empresas que trabalham com reciclagem de materiais. A construção do módulo didático foi realizada nas dependências do Laboratório de Fabricação, situado na sala 1112 da UNIPAMPA - Campus Bagé bem como a utilização das ferramentas e equipamentos disponíveis no referido laboratório. Na Figura 23, é possível visualizar o módulo didático pronto com os componentes numerados, identificados conforme a relação:

Relação dos componentes da bancada didática (Figura 23):

1. Alimentador;
2. Atuador pneumático de dupla ação do alimentador;
3. Esteira transportadora;
4. Esticador da esteira transportadora;
5. Sistema de acionamento da esteira transportadora;
6. Sensor indutivo;
7. Atuador pneumático de dupla ação responsável pelo descarte de peças com metais;
8. Sensor óptico;
9. Rampa para descarte de peças reprovadas na inspeção;

10. Rampa com sensor capacitivo;
11. Elevador com movimento vertical gerado por um atuador pneumático de dupla ação;
12. Rampa com roletes para destinação de peças aprovadas (sem metais).

Figura 22- Visão geral do módulo didático



Fonte: Imagem capturada e editada pelo autor, 2017.

Para inserção das caixas a serem inspecionadas no sistema, foi construído um alimentador por gravidade. O alimentador consiste em uma caixa vertical onde as caixas para inspeção são inseridas na extremidade superior e vão descendo por gravidade, à medida que o atuador pneumático de dupla ação posicionado na extremidade inferior empurra uma caixa para a esteira.

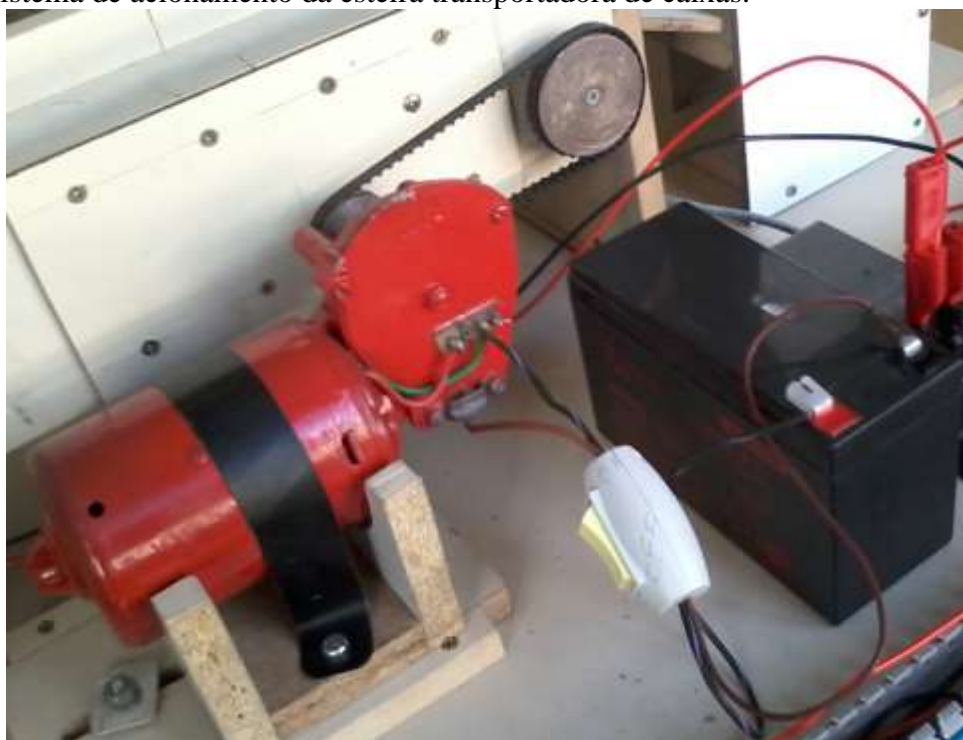
A esteira transportadora consiste de uma calha para estrutura base e guia das caixas a serem inspecionadas, seu movimento é baseado em dois eixos, um movido e outro na tração, esses eixos foram usinados em um torno mecânico no laboratório de fabricação tendo como matéria prima tarugos de um polímero chamado de madeira verde.

Afim de possibilitar a regulagem da tensão e garantir o alinhamento da esteira transportadora, foi desenvolvido um sistemas de esticadores paralelos no eixo movido. Estes esticadores

constituem-se de um sistema mecânico onde através do aperto de porcas borboletas em uma barra roscada permitem o deslocamento dos mancais do eixo.

A força necessária à tração do sistema de acionamento da esteira transportadora é realizada por um motor de limpador de para-brisa de automóvel oriundo de descarte. A energia necessária para o acionamento do motor é fornecida por uma bateria com tensão de 12 volts, cedida pelo laboratório de eletrônica da UNIPAMPA- Campus Bagé. Como parte do sistema de transmissão, foi utilizada uma correia de máquina de lavar roupas oriunda de descarte além das polias confeccionadas em polímero também oriundo de descarte. O sistema de acionamento da esteira transportadora de caixas pode ser observado na Figura 24.

Figura 23 – Sistema de acionamento da esteira transportadora de caixas.



Fonte: Imagem capturada pelo autor, 2017.

O sistema de inspeção e rejeito das peças com presença de metais é composto por um sensor indutivo que, quando acionado pela presença de metal, pilota uma válvula direcional eletropneumática promovendo o avanço do atuador pneumático de dupla ação. O atuador, ao realizar seu avanço, empurra a caixa rejeitada para a rampa de descarte de peças reprovadas na inspeção. Nesta rampa foi instalado um sensor óptico cujo acionamento se dá pela passagem das caixas quando cruzam na rampa. Cada caixa, ao passar pela rampa aciona o sensor óptico, este pilota o retorno do atuador pneumático de duplo ação responsável pela ação de retirada de caixas. Ao mesmo tempo, o sensor conectado a um relé, é responsável também por pilotar a

válvula direcional eletropneumática responsável pelo retorno do atuador do alimentador, este ao recuar aciona um contato fim de curso posicionado na posição de recuo do atuador, ao acionar este fim de curso o mesmo pilota a válvula direcional eletropneumática promovendo o avanço do atuador do alimentador, tornando assim o ciclo contínuo.

O elevador de caixas funciona pelo acionamento de um atuador pneumático de duplo efeito. Este atuador tem seu avanço acionado por um sensor capacitivo posicionado na estrutura que liga a esteira à plataforma do elevador. A plataforma é ligada ao atuador por meio de uma haste metálica, a plataforma é posicionada sobre um fuso, este fuso permite um movimento em ângulo da plataforma e, ao chegar no seu curso vertical máximo, através de guias a plataforma inclina-se movendo a caixa por gravidade para a rampa com roletes para destinação de peças aprovadas (sem metais).

O elevador volta a posição inicial com o recuo do atuador, este recuo ocorre pelo contato com um dispositivo de fim de curso instalado na posição superior do elevador. Ao ser acionado, o fim de curso efetua a pilotagem da válvula direcional eletropneumática responsável pelo acionamento do atuador do elevador, esta pilotagem é comutada por outro relé com a válvula direcional eletropneumática responsável pelo atuador do alimentador, esse contato então também promove o retorno deste, que ao recuar, novamente aciona o contato fim de curso e mais uma vez avança empurrando outra caixa para esteira transportadora.

As caixas, objetos da análise da presença ou não de metal, foram construídas em madeira. O processo de construção foi baseado na medição padronizada de 10 x 10 x 10 cm e corte das madeiras, todas as caixas foram coladas com cola própria para madeira e a união das partes foi fortalecida com pinos também em madeira colados. Não foi possível a utilização de parafusos ou qualquer outro tipo de elemento metálico na confecção das mesmas afim de evitar a interferência do metal dos mesmos em relação ao sensor indutivo. Finalizando a construção das caixas, estas receberam tampas com dobradiças em tecido e fechaduras em velcro, após lixadas e pintadas foi concluída a etapa de construção dos objetos de inspeção. Na Figura 25 pode-se observar uma das caixas já finalizada.

Figura 24- Caixa para inspeção



Fonte: Imagem capturada pelo autor, 2017.

Na Figura 26 o módulo didático pode ser observado por outro ângulo. Nota-se em sua base a linha de pressão, as válvulas direcionais eletropneumáticas, os relés e o cabeamento das ligações elétricas.

Figura 25- Módulo didático

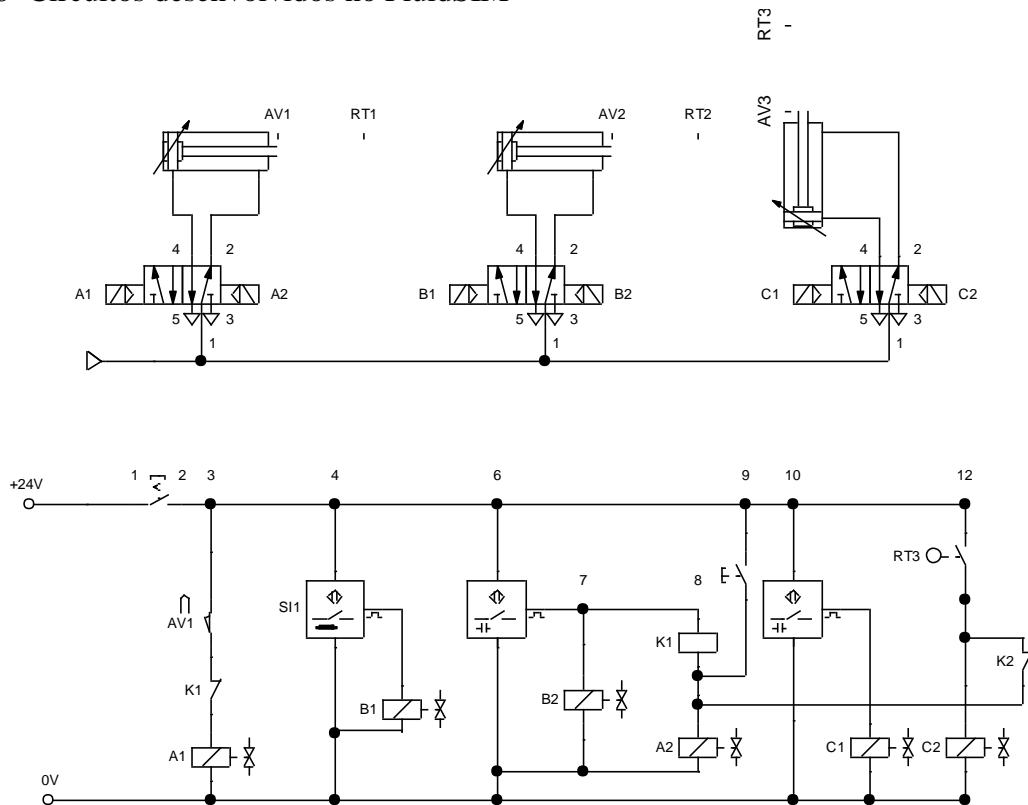


Fonte: Imagem capturada pelo autor, 2017.



Após definido o comportamento mecânico do módulo didático e sua construção, com os equipamentos já posicionados, foi utilizado o software FluidSIM-Pneumática para simular os circuitos pneumático e elétrico, com a simulação no software foi eliminado o empirismo na instalação bem como reduzido o tempo deste processo e minimizada a oportunidade para erros que poderiam acarretar em acidentes ou comprometimento dos equipamentos. A Figura 28 traz o esquema dos circuitos desenvolvidos no software simulador.

Figura 26- Circuitos desenvolvidos no FluidSIM



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Na parte superior da Figura 28, está representado o circuito pneumático utilizado no módulo didático, encontram-se os três atuadores pneumáticos de duplo efeito, a esquerda está o atuador pneumático duplo efeito do alimentador, com as siglas AV1 indicando a posição de recuo e RT1 a posição de avanço máximo. Conectada a este atuador está uma válvula direcional eletropneumática com o solenoide responsável pela pilotagem de avanço identificado como A1 e o solenoide responsável pela pilotagem de retorno identificado como A2.

O atuador pneumático duplo efeito responsável pelo descarte das caixas reprovadas está representado na posição central da figura, com as siglas AV2 indicando a posição de recuo e

RT2 a posição de avanço máximo. Conectada a este atuador está uma válvula direcional eletropneumática com o solenoide responsável pela pilotagem de avanço identificado como B1 e o solenoide responsável pela pilotagem de retorno identificado como B2.

O atuador pneumático duplo efeito do elevador, está representado a direita da figura, com as siglas AV3 indicando a posição de recuo e RT3 a posição de avanço máximo. Conectada a este atuador está uma válvula direcional eletropneumática com o solenoide responsável pela pilotagem de avanço identificado como C1 e o solenoide responsável pela pilotagem de retorno identificado como C2.

Conectada as três válvulas mencionadas estão representadas as linhas de pressão e a unidade geradora de ar comprimido.

Na parte inferior da Figura 28, está representado o circuito elétrico utilizado no módulo didático, estão representadas as linhas de energização positiva (+24v) e negativa (0), interrompendo a linha positiva na posição 1 está um botão com trava responsável por liberar ou interromper a alimentação de todos os componentes.

Na posição 3 estão os componentes responsáveis pelo avanço do atuador do alimentador, AV1 representa o contato fim de curso eletromecânico normalmente aberto, quando acionado mecanicamente ele fecha o contato elétrico possibilitando assim a energização do solenoide A1, também nessa ligação, K1 representa a pilotagem comutada com este solenoide por meio de um relé.

Na posição 4 está o sensor indutivo, este quando acionado permite a energização do solenoide B1, responsável pelo avanço do atuador do sistema de descarte.

Na posição 6 está o sensor óptico, este quando ativado libera energia para o solenoide B2 responsável pelo retorno do atuador de sistema de descarte. Nesta ligação também encontra-se um relé identificado como K1, quando este relé é ativado interrompe o contato K1 na linha de energia do solenoide A1, no atuador do alimentador, esta interrupção na alimentação é necessária para se permitir o retorno deste atuador. Seguindo com os componentes conectados à ligação da posição 6, ainda encontra-se o solenoide A2 que quando energizado promove o retorno do atuador do alimentador, este retorno também pode ser promovido através de um botão, que encontra-se na posição 8.

Na posição 10, está o sensor capacitivo, este quando ativado permite a energização do solenoide C1, responsável pelo avanço do atuador do elevador.

Na posição 12, encontra-se a ligação do contato eletromecânico RT3, o fim de curso do elevador. Quando acionado permite a energização do solenoide C2 responsável pelo retorno do elevador, e também a ativação de RT3 permite o acionamento do contato K2 que por meio de

um relé também promove o retorno do atuador do alimentador através da energização do solenoide A2.

## 4.2 Aplicação do módulo didático

Em atenção ao segundo objetivo específico deste trabalho, foi realizado o diagnóstico do efeito da utilização do módulo didático desenvolvido no processo de ensino aprendizagem a partir de sua aplicação em atividade de ensino, o mesmo foi testado em uma atividade de ensino. Esta atividade ocorreu a partir de um plano de aula elaborado em conjunto com o professor do componente curricular e está disponível no apêndice B. Esta aula foi ministrada no dia 02 de junho de 2017, no laboratório de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática na sala 1113 da Unipampa - Campus Bagé, para o grupo amostral composto por 24 alunos regularmente matriculados no componente curricular em questão. O grupo era formado por alunos, a grande maioria do 9º semestre do curso de Engenharia de Produção com algum conhecimento na área de automação industrial no que tange à temática dos fundamentos de hidráulica e pneumática básica. A inserção do módulo didático ocorreu no momento em que o conteúdo programático do componente curricular determinava o início dos estudos em eletropneumática, temática esta que é a base da aplicação do módulo. A aula ministrada foi nominada de “Eletropneumática aplicada na automação de uma linha de inspeção”, os objetivos desta aula foram:

- contextualizar a utilização da eletropneumática na automação de um sistema produtivo (linha de inspeção).
- possibilitar, a partir da simulação computacional, entendimento sobre o funcionamento do sistema eletropneumático.
- promover, a partir de exposição dialogada a compreensão sobre o funcionamento básico dos componentes utilizados no sistema.
- avaliar o processo de ensino aprendizagem através de questionário direcionado aos participante da aula.

O cronograma de atividades abordado na aula foi:

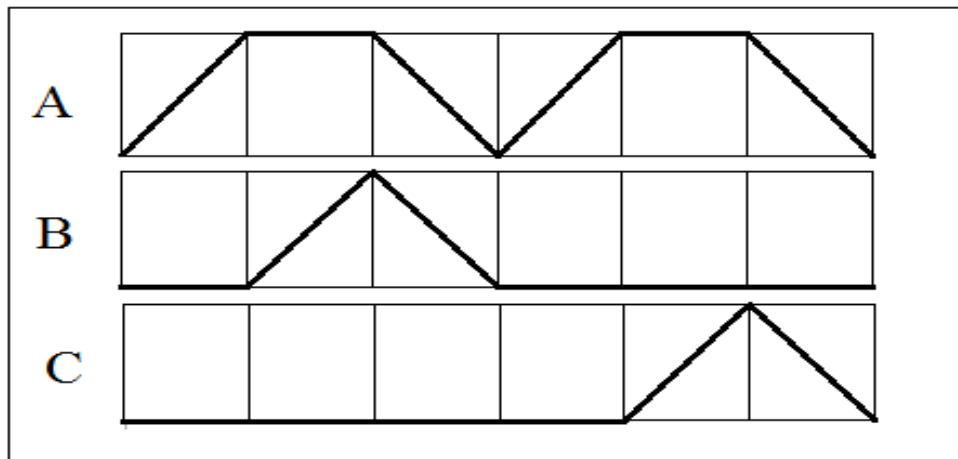
- demonstração de funcionamento do sistema de automação eletropneumático em uma linha de inspeção (módulo didático).
- simulação do circuito utilizando o software FluidSim-Pneumática.
- fundamentos básicos dos componentes eletropneumáticos utilizados.

- aplicação do questionário de avaliação.

A aula destinada a utilização do módulo didático aconteceu com uma breve introdução a respeito da atividade a ser realizada, sendo esclarecidos os objetivos e o cronograma da aula. A seguir, a aula teve início pela demonstração do módulo didático em operação com a explicação dos aspectos relacionados ao funcionamento dos seus componentes e sua função no processo de inspeção como um todo.

Após a demonstração do módulo didático, com o auxílio de uma apresentação em PowerPoint, foi detalhado o projeto dos circuitos pneumático e elétrico, bem como, foi explicado o diagrama trajeto passo representando o funcionamento do módulo. Este diagrama pode ser observado na Figura 28.

Figura 27- Diagrama trajeto passo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Ainda na apresentação foi realizado um apanhado teórico sobre os fundamentos básicos dos componentes utilizados no módulo didático. Passada esta revisão foi exposta a simulação do módulo didático no software FluidSIM-Pneumática.

Voltando à utilização prática do módulo didático os alunos foram convidados a se aproximar e fazerem os questionamentos que julgaram pertinentes a respeito do funcionamento dos componentes apresentados, bem como da construção do módulo didático. Sanadas as dúvidas levantadas pelos presentes, passou-se à atividade de avaliação da aula proposta a partir da aplicação do questionário escrito disponível no Apêndice A. Na ocasião da aplicação do módulo didático foram realizadas filmagens, alguns momentos gravados podem ser observados no arquivo de mídia disponível no apêndice D.

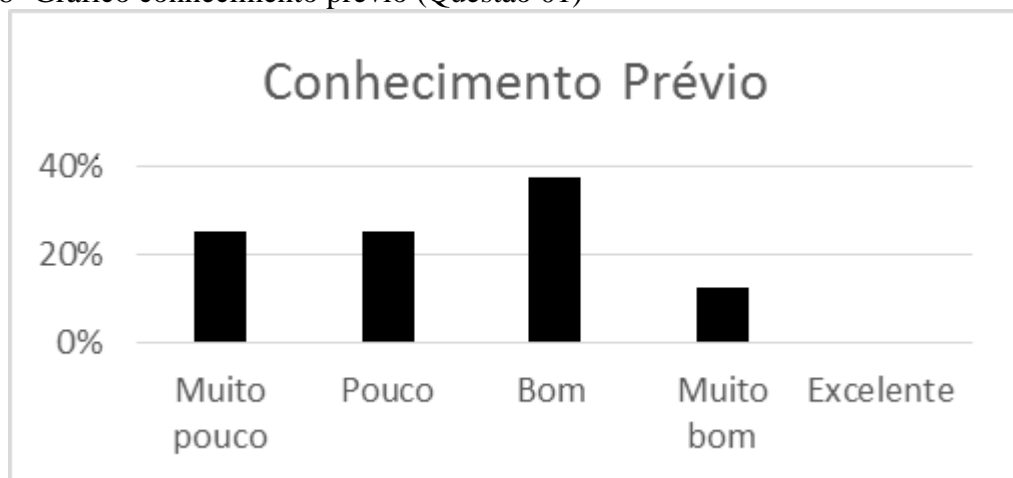
Ao tratar-se do diagnóstico da utilização no módulo didático como ferramenta de apoio

às atividades de ensino foi feita a síntese da análise dos dados colhidos com o questionário, este trazia questões abertas e fechadas de caráter qualitativo e quantitativo. Nas questões quantitativas foi estabelecido um nível de significância que determinava o seguinte:

- Em uma escala de 0 a 2,4 classificavam-se respostas de **Muito pouca** significância referente ao tema abordado.
- Na escala de 2,5 a 5,9 classificavam-se respostas de **Pouca** significância referente ao tema abordado.
- Na escala de 6 a 7,4 classificavam-se respostas de **Boa** significância referente ao tema abordado.
- Na escala de 7,5 a 8,9 classificavam-se respostas de **Muito boa** significância referente ao tema abordado.
- Na escala de 9 a 10 classificavam-se respostas de **Excelente** significância referente ao tema abordado.

Esta etapa revelou a opinião do grupo de 24 alunos submetidos à aula com o módulo didático. Quando questionados na questão 01, a respeito do nível de conhecimento que possuíam em relação aos equipamentos e componentes eletropneumáticos utilizados no módulo, anterior à apresentação deste 25% do grupo informou que tinham muito pouco conhecimento, outros 25% consideraram seu conhecimento prévio como pouco, outros 38% disseram ter um bom conhecimento anterior e os 12% restantes responderam que seu nível de conhecimento prévio era considerado muito bom. A Figura 29 mostra essa relação na forma de gráfico.

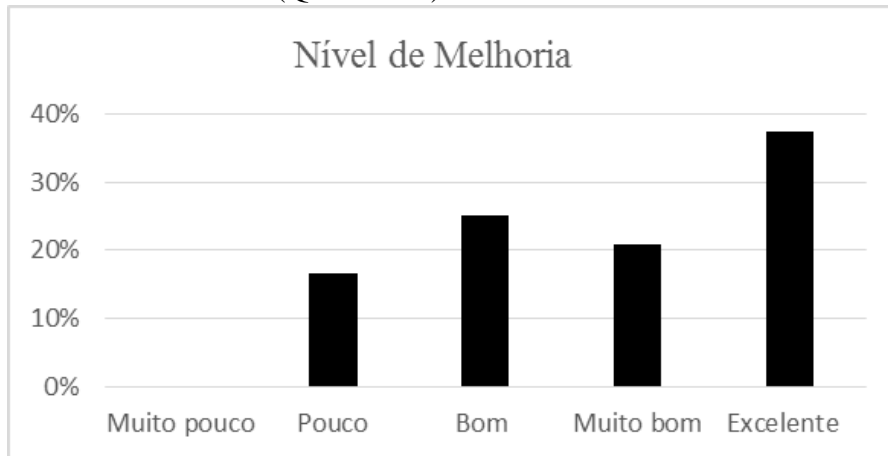
Figura 28- Gráfico conhecimento prévio (Questão 01)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O grupo também foi indagado na questão 02 sobre em que nível classificaram a melhoria na compreensão a respeito dos componentes e sistema apresentados, caso houvesse alguma melhoria. Nessa questão 17% considerou que foi pouca essa melhoria, outros 25% avaliaram como uma boa melhoria, foi considerada muito boa por 21%, finalizando essa questão 37% consideraram excelente. A Figura 28 mostra o gráfico dessa avaliação.

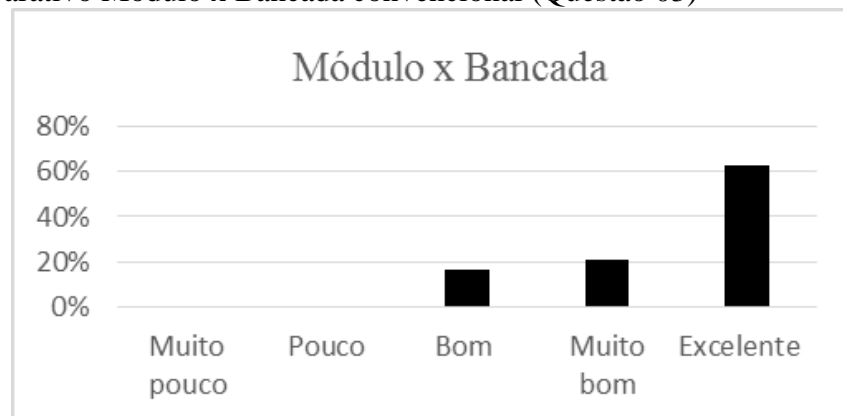
Figura 29- Nível de melhoria (Questão 02)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Um ponto importante a ser definido com o questionário era um comparativo entre o módulo didático e as bancadas didáticas convencionais disponíveis no laboratório de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática e também o comparativo do módulo didático com aulas dissertativas tradicionais ou até mesmo com utilização de recursos áudio visuais. Dessa forma as Figuras 31 e 32 trazem respectivamente os comparativos mencionados.

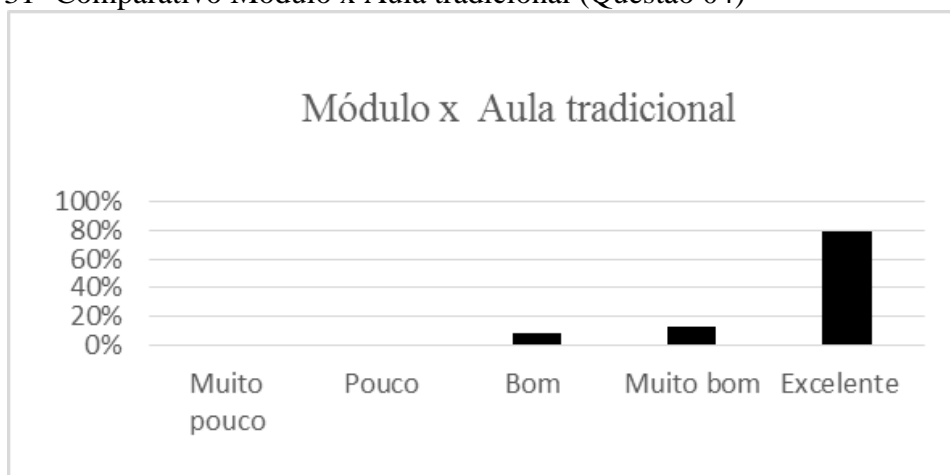
Figura 30- Comparativo Módulo x Bancada convencional (Questão 03)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Na avaliação dos alunos quanto a melhoria causada no processo de ensino aprendizagem com a utilização do módulo didático em comparação com as bancadas convencionais 17% julgou ter uma boa melhoria, outros 21% afirmaram que a melhoria foi muito boa e os 62% restantes consideraram que a melhoria foi excelente.

Figura 31- Comparativo Módulo x Aula tradicional (Questão 04)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Na comparação do módulo didático com aulas dissertativas tradicionais mesmo as que contam com apoio de recursos audio visuais, a análise feita pelos alunos indicou quanto a melhoria causada no processo de ensino aprendizagem com a utilização do módulo didático 8% afirmou ter uma boa melhoria, outros 13% disseram que a melhoria foi muito boa e os 79% restantes consideraram que a melhoria foi excelente.

Para responder as questões 05, 06 e 07, o questionário trazia conceitos sobre cinco tópicos para serem avaliados para o módulo didático, para bancadas convencionais disponíveis e para avaliação de aulas dissertativas tradicionais sem o auxílio de dispositivos similares às outras propostas mencionadas. Os conceitos eram:

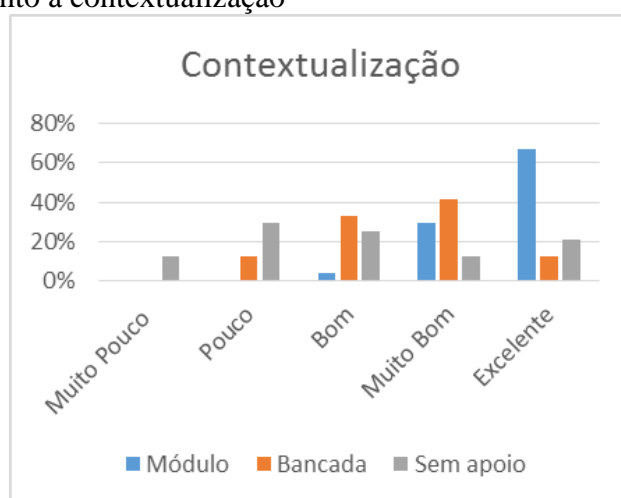
- contextualização: o quanto a atividade foi capaz de adicionar a visão de um ambiente real.
- completude: o quanto a atividade demonstrou ser completa em relação aos conteúdos abordados.
- atenção: o quanto a atividade foi capaz de manter o foco na apresentação e explicações.
- assimilação: referente a compreensão do que foi apresentado e a integração aos saberes prévios possuídos.
- motivação: o quanto a atividade foi inspiradora.

Esses conceitos foram analisados como indicadores e comparados gerando os gráficos

que podem ser observados para cada conceito respectivamente nas Figuras 33, 34, 35, 36 e 37.

No quesito contextualização o módulo didático foi considerado bom por 4% dos respondentes, muito bom na avaliação de 29% e 67% acharam excelente, quanto às bancadas convencionais a respeito da contextualização 12% acharam pouco o atendimento a esse quesito, 33% julgaram como bom, muito bom foi a resposta de 42% e 13% considerou excelente. As aulas tradicionais sem o apoio de propostas similares, quanto a contextualização 12% disse ser muito pouco o atendimento a esse critério, 29% achou pouco, bom foi respondido por 25%, muito bom foi a avaliação de 13% e 21% julgou como excelente.

Figura 32-Comparativo quanto à contextualização

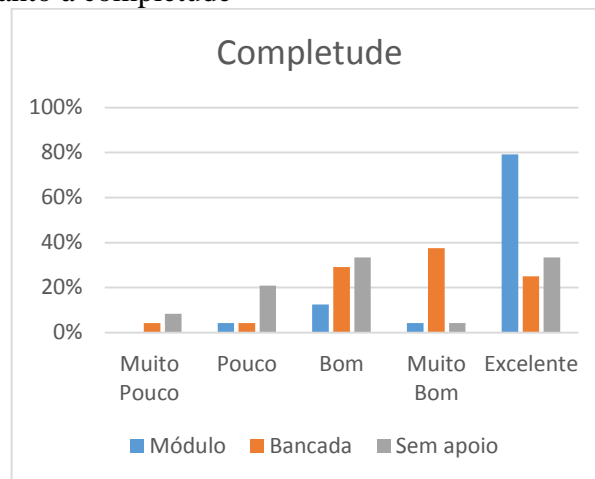


Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quanto a completude o módulo didático foi avaliado por 4% como pouco efetivo nesse critério, bom foi a resposta de 12%, considerado muito bom por 4% e excelente para 80% dos respondentes. As bancadas convencionais a respeito de completude, para 4% atende muito pouco ao critério, outros 4% disseram ser pouco, para 30% foi bom, outros 37% responderam que é muito bom e 25% acharam excelente. No caso das aulas tradicionais as respostas foram muito pouco para 8% dos alunos, pouco para 20%, 33% consideraram bom, muito bom foi respondido por 4% e os 35% restantes afirmaram ser excelente.



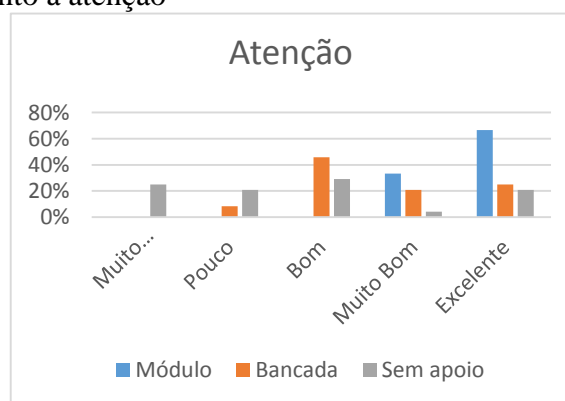
Figura 33- Comparativo quanto à completude



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

No comparativo quanto a atenção 33% dos alunos pesquisados consideraram muito bom o atendimento do módulo didático ao critério e 67% afirmou ser excelente. No caso das bancadas convencionais as respostas foram, pouco para 8%, bom para 46%, muito bom foi a resposta de 21% e 25% julgaram como excelente. Para as aulas tradicionais a avaliação de 25% dos alunos foi muito pouco quanto ao atendimento do critério atenção, pouco foi a resposta de 21%, outros 29% afirmaram ser bom, muito bom foi considerado por 4% e 21% respondeu excelente.

Figura 34- Comparativo quanto à atenção

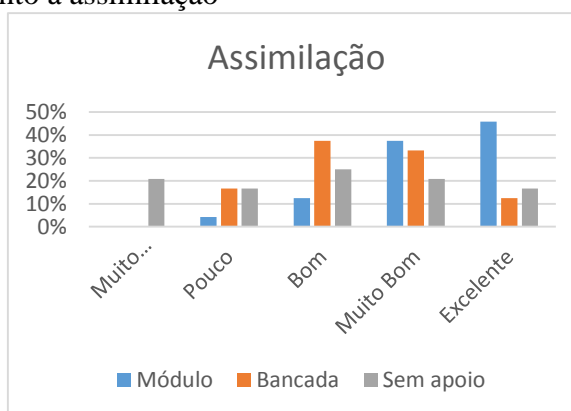


Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A respeito da assimilação 4% consideraram o módulo didático pouco eficiente, para 13% foi bom, muito bom para 38% dos respondentes e para 45% foi excelente. As respostas quanto as bancadas convencionais foram, pouco para 17%, bom para outros 38%, para 33% muito bom e excelente na opinião de 12%. As considerações quanto a assimilação obtida com as aulas tradicionais foi, muito pouco para 21%, pouco para 16%, bom para 25%, muito bom

para 21% e 17% considerou excelente.

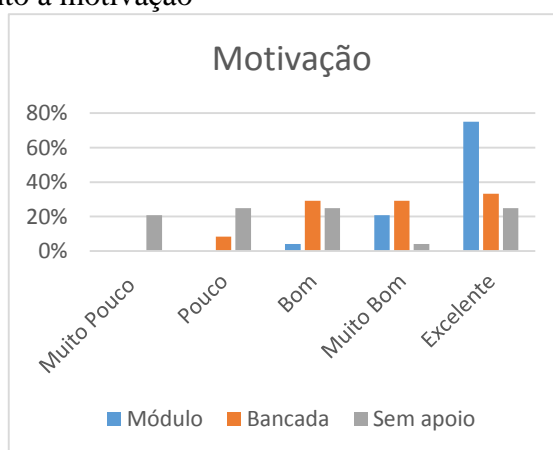
Figura 35- Comparativo quanto à assimilação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Respondendo ao último critério, motivação, para o módulo didático as respostas foram na opinião de 4% bom, muito bom para 21% dos alunos e 75% afirmaram ser excelente. Respondendo a respeito das bancadas convencionais 8% consideraram que atende pouco ao critério motivação, para 29% foi bom, muito bom para outros 29% e excelente para 34%. Sobre motivação, as aulas tradicionais sem a utilização de métodos de apoio similares aos outros dois propostos, atende muito pouco para 21% dos alunos, pouco para 25%, mais 25% acharam bom, 4% consideraram muito bom e os 25% restantes respondeu excelente.

Figura 36- Comparativo quanto à motivação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Também foi solicitado no questionário através da questão 08, uma avaliação sobre a compreensão a respeito do funcionamento dos equipamentos mediante a apresentação do módulo didático. Dentre as alternativas propostas apenas dois tipos receberam qualificação, 79%

respondeu que gostou do módulo e este melhorou o entendimento a respeito dos equipamentos, os outros 21% disseram ter gostado muito e sentiam-se motivados a aprofundar os estudos a respeito.

Ainda foi solicitado ao grupo que a partir da apresentação do módulo didático, na questão 09, avaliassem a interferência no processo de ensino-aprendizagem a respeito dos equipamentos específicos utilizados e demonstrados. As respostas quanto ao tipo de avaliação de cada equipamento pode ser vista em percentuais na Tabela 1.

Tabela 1- Entendimento dos equipamentos

Equipamento	Indiferente	Conheci agora		Já conhecia mas agora melhorou meu entendimento
		Não entendi	Entendi bem	
<b>Relé</b>	<b>0%</b>	<b>13%</b>	<b>58%</b>	<b>29%</b>
<b>Válvula direcional eletropneumática</b>	<b>0%</b>	<b>8%</b>	<b>58%</b>	<b>34%</b>
<b>Sensores</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>42%</b>	<b>58%</b>
<b>Fim de curso</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>29%</b>	<b>71%</b>
<b>Atuador pneumático</b>	<b>0%</b>	<b>4%</b>	<b>17%</b>	<b>79%</b>
<b>Sistema pneumático</b>	<b>0%</b>	<b>4%</b>	<b>17%</b>	<b>79%</b>
<b>Circuito elétrico</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>42%</b>	<b>42%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quando mencionada a utilização do módulo (ou similares) em outros componentes curriculares do curso de Engenharia de Produção, na questão 10, 100% considerou interessante a proposta. Num critério avaliativo de zero a dez a nota média do módulo didático foi 9,6.

Finalizando o questionário, na questão 11, os entrevistados tiveram um espaço para expressar suas considerações a respeito do módulo. 92% dos entrevistados deixaram alguma mensagem, todas com parabenizações e algumas com palavras que são válidas destacar:

“Muito boa a exposição, melhorou a visão quanto ao funcionamento dos componentes e comandos dos circuitos.”

“Consegui associar as ferramentas utilizadas no chão de fábrica, como o poka-yoke.”

“Muito interessante, motivadora e ajudou muito na compreensão do funcionamento.”

“Muito interessante, pois se torna uma forma mais tangível para compreender os circuitos pneumáticos, também estimula mais, visto que é um sistema mais próximo da realidade.”

“Gostei muito e achei muito interessante, pois mostrou na prática a real utilização dos assuntos abordados em sala de aula.”

“Parabéns pela iniciativa, certamente será útil para todos que cursarem esta componente curricular no futuro.”

“Essa atividade facilitou muito a compreensão dos equipamentos.”

“De grande importância para a visualização da sequência de comandos e ações ao ligar o sistema. Na bancada fica ruim de imaginar. Muito bacana para ser usado nas primeiras aulas afim de elucidar o funcionamento.”

“A atividade colaborou muito para o aprendizado facilitando o entendimento de um caso próximo ao real.”

“Com a experiência realizada pode-se associar com mais facilidade a realidade.”

“Ótima demonstração, satisfatório e respondeu muitas dúvidas quanto a utilização na vida real.”

“Ótimo modelo didático, que possibilita a visualização de conceitos na prática.”

“O módulo didático é muito interessante e o dinamismo do sistema chama a atenção dos alunos, tornando mais compreensível os conceitos da disciplina.”

“Ajuda em muito, pois, com o módulo foi possível observar equipamentos que são usados na indústria como sensores, então faz com que o discente veja na disciplina através do módulo partes práticas que muitas vezes não são vistas em outras disciplinas.”

### **4.3 Determinação da efetividade**

Segundo Ferreira (1967), efetividade é a qualidade de algo que é efetivo e efetivo é algo que tem efeito, é real, verdadeiro, algo que existe realmente. Então é a qualidade do que atinge seu objetivo, é a capacidade de funcionar regularmente, funciona de modo satisfatório.

Com base na análise da síntese dos dados obtidos com o questionário chegou-se a elaboração de um mecanismo capaz de quantificar a efetividade através de uma formulação matemática.

Levando-se em consideração os comparativos dos três modelos de ensino abordados, módulo didático, bancada convencional e aula dissertativa tradicional, julgando que são efetivos no atendimento aos critérios avaliativos contextualização, completude, atenção, assimilação e motivação quando avaliados pelo grupo de alunos como excelente, ou seja num nível de significância entre 90% e 100%, os resultados obtidos foram os seguintes, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Percentuais de excelência por critério

Critério	Módulo	Bancada	Aula tradicional
Contextualização	67%	13%	21%
Completude	79%	25%	33%
Atenção	67%	25%	21%
Assimilação	46%	13%	17%
Motivação	75%	33%	25%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Um comparativo dos dados da Tabela 2 proporciona os valores demonstrados na Tabela 3, onde são expressos as respectivas diferenças entre o módulo didático e as bancadas convencionais e também o mesmo comparativo com relação ao módulo didático e o modelo de aula dissertativa tradicional.

Tabela 3- Percentuais de comparativos em relação aos critérios

Critério	Módulo x Bancada	Módulo x Aula tradicional
Contextualização	54%	46%
Completude	54%	46%
Atenção	42%	46%
Assimilação	33%	29%
Motivação	42%	50%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Na Tabela 3 pode ser observada a diferença entre os modelos de ensino quanto aos critérios, levando em consideração apenas os valores referentes à consideração de excelência. Na comparação entre o módulo didático e as bancadas convencionais, no critério contextualização o módulo didático possui uma diferença de 54% a mais de alunos submetidos ao questionário que o consideram eficiente, já em comparação ao modelo de aula dissertativa tradicional essa diferença foi de 46%.

Quanto a completude na comparação entre o módulo didático e as bancadas convencionais o módulo didático possui uma diferença de 54% a mais de alunos que afirmam a excelência do módulo, no comparativo com aula dissertativa tradicional a diferença encontrada foi de 46%.

A avaliação referente a atenção a diferença entre o módulo didático e as bancadas convencionais foi 42% escolhendo o módulo didático como mais eficiente e 46% os que disseram o módulo didático ser mais efetivo que o modelo de aula dissertativa tradicional.

Na comparação entre o módulo didático e as bancadas convencionais, no critério assimilação o módulo didático possui uma diferença de 33% a mais de alunos submetidos ao questionário que o consideraram eficiente, já em comparação ao modelo de aula dissertativa tradicional essa diferença foi de 29%.

Em relação a motivação a diferença entre o módulo didático e as bancadas convencionais foi 42% escolhendo o módulo didático como mais eficiente e 50% os que disseram o módulo didático ser mais efetivo que o modelo de aula dissertativa tradicional.

Frente a essas constatações pode-se dizer que a efetividade do módulo foi obtida com a utilização da seguinte equação:

$$E.m.d. = ((\text{Cont. (M.d - B.c)} + (\text{Cont. (M.d - A.d.t)}) + (\text{Comp. (M.d - B.c)} + (\text{Comp. (M.d - A.d.t)}) + (\text{At. (M.d - B.c)} + (\text{At. (M.d - A.d.t)}) + (\text{Ass. (M.d - B.c)} + (\text{Ass. (M.d - A.d.t)}) + (\text{Mot. (M.d - B.c)} + (\text{Mot. (M.d - A.d.t)}))) / N.c$$

$$\text{Efetividade do módulo didático} = E.m.d.$$

$$\text{Módulo didático} = M.d$$

$$\text{Bancada convencional} = B.c$$

$$\text{Aula dissertativa tradicional} = A.d.t$$

$$\text{Contextualização} = \text{Cont.}$$

$$\text{Completeness} = \text{Comp.}$$

$$\text{Atenção} = \text{At.}$$

$$\text{Assimilação} = \text{Ass.}$$

$$\text{Motivação} = \text{Mot.}$$

$$\text{Número de critérios} = N.c$$

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Utilizando os valores obtidos com o questionário, substituindo as variáveis da fórmula tem-se:

$$E.m.d. = \frac{(54 + 46) + (54 + 46) + (42 + 46) + (33 + 29) + (42 + 50)}{5}$$

5

$$E.m.d = 88,4 \%$$

Sendo assim, com a efetividade do módulo didático considerada de 88,4%, tem-se a segurança para afirmar que este apresentou um resultado altamente significativo quando na busca de qualificar o processo de ensino aprendizagem.

Ainda que este estudo envolveu um componente curricular específico, entende-se que este tipo de resultado possa ser alavancado em outras áreas do ensino tecnológico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal investigar o processo de ensino aprendizagem a partir da aplicação de um módulo didático na área de automação industrial que simulasse uma situação real, visando estabelecer sua efetividade no apoio de atividades de ensino. Os objetivos específicos foram o desenvolvimento de um módulo didático para a simulação de um processo de automação industrial utilizando a eletropneumática, o diagnóstico do efeito da utilização do módulo didático desenvolvido no processo de ensino aprendizagem e a determinação da efetividade do modelo no processo de ensino aprendizagem.

Durante a realização do trabalho foram encontradas dificuldades, tais como: falta de literatura específica relacionada ao assunto, por ser uma atividade relativamente nova são raras as experiências similares relatadas para se ter uma noção de procedimentos ou até mesmo uma base de consultas. Na busca por equipamentos em descartes de oficinas e empresas de reciclagem para o reaproveitamento, também encontrou-se dificuldade na disponibilidade de peças úteis.

Este trabalho apresentou uma investigação sobre a efetividade de um módulo didático no processo de ensino aprendizagem, frente a obtenção desse resultado é possível afirmar que o trabalho alcançou um considerável nível de significância quanto à efetividade baseando-se na avaliação dos alunos.

Ainda é válido sugerir que o módulo didático seja avaliado por outros grupos de amostra a fim de se obter uma base estatística mais consistente. Também uma continuidade no trabalho pode ser a implementação de uma unidade CLP, etapa que não foi atendida devido ao tempo para os discentes do grupo submetidos a aplicação do módulo didático estarem acompanhando tal aplicação e pode-la relacionar com o conteúdo programático do componente curricular de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática.

Por fim, a proposição de medidas que visam a melhoria do ambiente didático buscando o rendimento do ensino aprendizagem, são necessárias para tornar o cada vez mais frequentes trabalhos nessa área e conseqüentemente acarretar em mérito para docentes e discentes.

Finalizando, sobre a significância da realização deste trabalho para um profissional de Engenharia de Produção, no decorrer de toda a atividade foram possibilitadas experiências que trouxeram a utilização de conceitos contemplados no decorrer da graduação, desde às técnicas para elaboração e construção do módulo didático até sua aplicação como atividade de ensino e



os métodos necessários para a análise dos dados obtidos. A partir da identificação de uma situação problema foi pensada e proposta uma solução, função considerada primordial na atuação de um engenheiro de produção.

## REFERÊNCIAS

AEBLI, Hans. **Prática de ensino, formas fundamentais de ensino elementar, médio e superior**. 1 ed. – Petrópolis: Vozes, 1970.

ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos**. 2 ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2010.

Alfamatec, 2016 <<http://www.alfamatec.com.br/valvulas-direcionais-pneumaticas.php>> Acesso em 08/11/2016

Amhigo, 2016 <<http://amhigo.com.br/compressor-csv-10-100-schulz>> Acesso em 08/11/2016

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 3 ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

Belair, 2016 <<http://www.belair.ind.br/belair/index.php?pag=9&id=34> > Acesso em 08/11/2016

BONACORSO, N. G; NOLL, V. **Automação Eletropneumática**. 9 ed. – São Paulo: Érica, 2006.

COUTO, Francisco Pazzini. **Atividades experimentais em aulas de física: Repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem**. 2009. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/FAEC-83WRY2/pazzini\\_final.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/FAEC-83WRY2/pazzini_final.pdf?sequence=1)> Acesso em: 01 out. 2016

Comatreleco, 2016 <<https://www.comatreleco.com.br/rees-de-interface-rees-modulares-de-interface/> > Acesso em 08/11/2016

Directindustry, 2016 <<http://www.directindustry.com/prod/gardner-denver-thomas/product-7127-447562.html> > Acesso em 08/11/2016

Ergmotoreselétricos, 2016 <<http://www.ergmotoreselétricos.com.br/produtos-eg/drives/clps-weg/clp-linha-clic02.php> > Acesso em 08/11/2016

Estudo prático, 2015 <<http://www.estudopratico.com.br/modos-de-producao-capitalista-escrevista-feudal-e-mais/> > Acesso em 08/11/2016

Explicatorium, 2016 < <http://www.explicatorium.com/biografias/james-watt.html> > Acesso em 08/11/2016

FERREIRA, Aurelio Buarque de Hollanda. **Pequeno dicionário brasileiro da língua portuguesa**. 11 ed. Rio de Janeiro: Civilização brasileira. S.A, 1967.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7 ed. São Paulo: Érica, 2011.

FluidSim-Pneumática – Software de simulação de circuitos pneumáticos e eletropneumáticos.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas técnicas para o trabalho científico**. 17 ed. Porto Alegre: Dáctilo Plus, 2014.

G1, 2016 <<http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2016/11/hyundai-reduz-producao-do-hb20-em-piracicaba-apos-quedas-nas-vendas.html>> Acesso em 08/11/2016

GIL, Antonio Carlos. **Didática do Ensino superior**. 1 ed. – São Paulo: Atlas, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GOMES, Luiz Vidal Negreiros. **Criatividade: projeto < desenho > produto**. 1 ed. – Santa Maria: Schds, 2004.

GROOVER, Mikell.P. **Automação industrial e processos de manufatura**. 3 ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

Klein automação, 2016 <<http://www.kleinautomacao.com.br/br/produtos/pneumatica/>> Acesso em 13/11/2016

Manutenserv, 2016 <<https://www.manutenserv.com.br>> Acesso em 08/11/2016

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. – São Paulo: Atlas, 2009.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2009.

MEDEIROS, João Bosco. **Redação Científica A prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 11 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Museu virtual, 2016 < <http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/1622tjacquard.html>> Acesso em 20/11/2016

Plástico, 2102 <<http://www.plastico.com.br/automacao-sinonimo-de-maior-productividade-e-melhor-qualidade-a-automacao-e-irreversivel-na-industria-plastica/>> Acesso em 08/11/2016

Portuguese.pipeweldingrotators, 2016 <<http://portuguese.pipeweldingrotators.com/sale-2113011-single-phase-auto-wind-tower-production-line-cnc-flame-oxy-fuel-cutting-machine.html>> Acesso em 08/11/2016

R7, 2016 <<http://www.coladaweb.com/fisica/mecanica/energia-hidraulica>> Acesso em 08/11/2016

SEVERO, Rodrigo Barros; COSTA, Vânia Medianeira Flores; FIALHO, Camila Borges; BITENCOURT, Betina Magalhães; **Avaliação do curso de graduação em administração presencial da ufsm e a distância da ufsm/ufrgs quanto ao processo de ensino aprendizagem em relação às dimensões: aluno/aluno, aluno/professor e aluno/conteúdo.** Xxix encontro nacional de engenharia de produção. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STP\\_098\\_663\\_14172.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_098_663_14172.pdf)> Acesso em: 01 out. 2016

SILVA, Hitalo de Jesus Bezerra da; COSTA, Marta Surama Vieira; MOURA, Kerllyson Carvalho; MAGALHÃES, Lucas Wendell Gonzaga; **Instrumentação e controle de processos os impactos da automação industrial sobre o operador da “linha vidro” de uma indústria de bebidas no maranhão.** Xxxv encontro nacional de engenharia de produção. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_215\\_271\\_28415.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_215_271_28415.pdf)> Acesso em: 01 out. 2016.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson E. dos; **Automação e controle discreto.** 3 ed. São Paulo: Érica, 1998.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert; **Administração da Produção.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Sncompressores, 2016 <<http://www.sncompressores.com.br/compressor-parafuso>> Acesso em 08/11/2016

## APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO

### Trabalho de Conclusão de Curso – TCC

**Aluno: Guilherme de Souza Heck**

### DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DIDÁTICO PARA ENSINO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

#### Questionário de avaliação por discentes da utilização do módulo didático

Levando-se em consideração a utilização do módulo didático numa atividade de ensino-aprendizagem pergunta-se:

1- Em relação aos equipamentos e componentes eletropneumáticos apresentados, qual seu nível de conhecimento anterior à apresentação?

0 a 2,4 – Muito pouco       2,5 a 5,9 – Pouco       6 a 7,4 – Bom

7,5 a 8,9 – Muito bom       9 a 10 – Excelente

2- Em sua visão, o módulo apresentado contribuiu para a melhoria da compreensão a respeito dos componentes e sistema apresentados? Em que nível você classifica essa melhoria?

de 0 a 24% - Muito pouco     de 25% a 59% - Pouco     de 60% a 74% - Bom

de 75% a 89% - Muito bom     de 90% a 100% - Excelente

3- Em comparação com as bancadas convencionais disponíveis no laboratório de Automação Industrial, o módulo didático proposto representou alguma melhoria no processo de ensino aprendizagem?

Se SIM, em que nível % você classifica essa melhoria:  de 0 a 24% - Muito pouco

de 25% a 59% - Pouco     de 60% a 74% - Bom     de 75% a 89% - Muito bom     de 90% a 100% - Excelente

Se NÃO, justifique objetivamente sua resposta:.....

.....

- 4- Em comparação com o modelo de aulas tradicionais dissertativas, mesmo que como a utilização de recursos áudio visuais, o módulo didático proposto representou alguma melhoria no processo de ensino aprendizagem?

Se SIM, em que nível % você classifica essa melhoria: ( ) de 0 a 24% - Muito pouco

( ) de 25% a 59% - Pouco ( ) de 60% a 74% - Bom ( ) de 75% a 89% - Muito bom ( ) de 90% a 100% - Excelente

Se NÃO, justifique objetivamente sua resposta:.....

.....

Considere para as questões 5, 6 e 7 as seguinte definições dos indicadores:

- Contextualização: o quanto a atividade foi capaz de adicionar a visão de um ambiente real.
- Completude: o quanto a atividade demonstrou ser completa em relação aos conteúdos abordados.
- Atenção: o quanto a atividade foi capaz de manter o foco na apresentação e explicações.
- Assimilação: referente a compreensão do que foi apresentado e a integração aos saberes prévios possuídos.
- Motivação: o quanto a atividade foi inspiradora

- 5- Avalie segundo os critérios a seguir sua compreensão dos conceitos a partir da utilização do Módulo didático apresentado:

Critérios	Muito Pouco (até 24%)	Pouco (25% a 59%)	Bom (60% a 74%)	Muito Bom (75% a 89%)	Excelente (90% a 100%)
Contextualização					
Completude					
Atenção					
Assimilação					
Motivação					

- 6- Avalie segundo os critérios a seguir sua compreensão dos conceitos a partir da utilização das bancadas convencionais disponíveis no laboratório de Automação Industrial:

Critérios	Muito Pouco (até 24%)	Pouco (25% a 59%)	Bom (60% a 74%)	Muito Bom (75% a 89%)	Excelente (90% a 100%)
Contextualização					
Completude					
Atenção					
Assimilação					
Motivação					

- 7- Avalie segundo os critérios a seguir sua compreensão dos conceitos a partir da utilização de um modelo de aulas tradicionais dissertativas, mesmo que como a utilização de recursos áudio visuais:

Crítérios	Muito Pouco (até 24%)	Pouco (25% a 59%)	Bom (60% a 74%)	Muito Bom (75% a 89%)	Excelente (90% a 100%)
Contextualização					
Compleitude					
Atenção					
Assimilação					
Motivação					

- 8- Como você descreveria sua compreensão a respeito do funcionamento dos equipamentos mediante a apresentação do módulo didático?

Não ajudou.

Dificultou a compreensão.

Gostei do módulo, melhorou meu entendimento a respeito dos equipamentos.

Gostei muito e me sinto motivado a aprofundar meus estudos a respeito.

Outros:.....

.....

- 9- A partir da apresentação do módulo didático, avalie a interferência no seu processo de ensino aprendizagem a respeito dos equipamentos:

Equipamento	Indiferente	Conheci agora		Já conhecia mas agora melhorou meu entendimento
		Não entendi	Entendi bem	
<b>Relé</b>				
<b>Válvula direcional eletropneumática</b>				
<b>Sensores</b>				
<b>Fim de curso</b>				
<b>Atuador Pneumático</b>				
<b>Sistema pneumático</b>				
<b>Circuito elétrico</b>				

- 10- Considera interessante a utilização do módulo (ou similares) em outros componentes curriculares da Engenharia de Produção?

SIM

NÃO

11- No geral, que nível você qualifica a utilização do módulo didático no apoio às atividades de sala de aula?

0( ) ( )1 ( )2 ( )3 ( )4 ( )5 ( )6 ( )7 ( )8 ( )9 ( )10

12- Expresse aqui sua manifestação, se achar conveniente, quanto a experiência realizada na atividade:

.....  
.....  
.....  
.....



## APÊNDICE B: PLANO DE AULA



### Plano de Aula

<b>PLANO DE AULA</b>
<b>TEMA:</b> Eletropneumática aplicada na automação de uma linha de inspeção
<b>OBJETIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contextualizar a utilização da eletropneumática na automação de um sistema produtivo (linha de inspeção).</li> <li>• Possibilitar, a partir da simulação computacional, entendimento sobre o funcionamento do sistema eletropneumático.</li> <li>• Promover, a partir de exposição dialogada a compreensão sobre o funcionamento básico dos componentes utilizados no sistema.</li> <li>• Avaliar o processo de ensino aprendizagem através de questionário direcionado aos participante da aula.</li> </ul>
<b>CRONOGRAMA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstração de funcionamento do sistema de automação eletropneumático em uma linha de inspeção (módulo didático).</li> <li>• Simulação do circuito utilizando o software FluidSim-Pneumática.</li> <li>• Fundamentos básicos dos componentes eletropneumáticos utilizados.</li> <li>• Aplicação do questionário de avaliação.</li> </ul>
<b>AVALIAÇÃO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário com perguntas abertas e fechadas</li> </ul>
<b>REFERÊNCIAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>BONACORSO, N. G; NOLL, V. Automação Eletropneumática. 9 ed. – São Paulo: Érica, 2006.</b></li> <li>• <b>Software FluidSIM - Fluidics Simulation Program</b></li> <li>• <b><a href="https://www.mecanicaindustrial.com.br">Htts://www.mecanicaindustrial.com.br</a></b></li> <li>• <b><a href="https://www.citisystems.com.br">htts://www.citisystems.com.br</a></b></li> <li>• <b><a href="http://www.mecaweb.com.br">http://www.mecaweb.com.br</a></b></li> <li>• <b><a href="http://www.newtoncbraga.com.br">http://www.newtoncbraga.com.br</a></b></li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

**APÊNDICE C: CRONOGRAMA CONTEMPLADO**

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	
Agosto 2016	Reunião com provável orientador
	Definição do tema / orientador / coorientador
	Reuniões para orientação
Setembro 2016	Estudos e pesquisa sobre o tema abordado
	Reunião com orientador
Outubro 2016	Desenvolvimento do trabalho
	Orientações sobre o andamento do trabalho
Novembro 2016	Revisão do trabalho
	Definição da banca
	Revisão final
Dezembro 2016	Defesa do PTCC
Janeiro	Busca por materiais em ferro velho
Fevereiro	Busca por materiais em ferro velho
Março	Reunião com a coordenação de TCC
	Definição das especificações do Módulo e sua construção
	Apresentação do andamento das atividades para o orientador
	Orientações
Abril	Apresentação do andamento das atividades para o orientador
	Orientações
Maio	Finalização da construção do módulo didático
	Desenvolvimento do Questionário de pesquisa
	Desenvolvimento da parte escrita do trabalho
	Orientações
Junho	Apresentação do Módulo didático ao grupo de amostra
	Aplicação do questionário
	Tratamento dos dados obtidos e finalização da parte escrita
	Orientações e revisão do trabalho
	Defesa do TCC

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

## **APÊNDICE D: MÍDIA DA APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO**