

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Engenharia de Energia

**ESTUDO E ANÁLISE DO USO DO
EQUIPAMENTO SOFT-STARTER EM
PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE
ELETRICIDADE**

Autor: Lais Lima Ribeiro

Orientador: Dr.^a Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Coorientador: Eng.^o Gilvanson Costa Cavalcante

Brasília, DF

2017



Lais Lima Ribeiro

ESTUDO E ANÁLISE DO USO DO EQUIPAMENTO SOFT-STARTER EM PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE ELETRICIDADE

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Dr.^a Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Coorientador: Eng.^o Gilvanson Costa Cavalcante

Brasília, DF

2017

Lais Lima Ribeiro

ESTUDO E ANÁLISE DO USO DO EQUIPAMENTO SOFT-STARTER EM PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE ELETRICIDADE / Lais Lima Ribeiro. – Brasília, DF, 2017-

93 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Dr.^a Suélio de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA , 2017.

1. Palavra-chave01I. Dr.^a Suélio de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa . II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. ESTUDO E ANÁLISE DO USO DO EQUIPAMENTO SOFT-STARTER EM PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE ELETRICIDADE

CDU 02:141:005.6

Lais Lima Ribeiro

ESTUDO E ANÁLISE DO USO DO EQUIPAMENTO SOFT-STARTER EM PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE ELETRICIDADE

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Trabalho aprovado Brasília - DF, 20 de junho de 2017

**Dr.^a Suélia de Siqueira Rodrigues
Fleury Rosa**
Orientador

Eng.^o Gilvandson Costa Cavalcante
Coorientador

Bruno Motta
Eng.^o Eletrônico

Joziane Porcino da Silva
Eng.^a Eletrônica

Yasmim Carneiro Lobo Macedo
Eng.^a Eletrônica

Brasília, DF
2017

Agradecimentos

Agradeço:

Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos.

Meus pais e familiares, pelo apoio logístico e por terem me oferecido uma boa formação moral e ética.

Amigos, pela paciência e apoio durante este processo, por entenderem quando não era possível nos divertirmos juntos e acreditarem nos frutos de todos os meus esforços.

Minha orientadora, Profa. Dra. Suélia Siqueira Rodrigues Fleury Rosa, por ter acreditado no trabalho e me orientado com tanta paciência e dedicação, possibilitando-me chegar à reta final.

Mestre Eg. Gilvanson Costa Cavalcante que me transmitiu conhecimentos e esteve presente(s) na minha caminhada acadêmica.

Agradeço a todos que, de alguma forma, estiveram presentes nesse longo percurso, me ajudando com palavras de incentivo e carinho.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

Resumo

No atual processo de ensino-aprendizagem dos cursos de Engenharia da Faculdade UNB Gama e, também, no que diz respeito à capacitação e treinamento de alunos, é de suma importância o uso de ferramentas que auxiliem no aprendizado da disciplina Eletricidade Aplicada. São extremamente relevantes procedimentos práticos no processo de melhor entendimento da parte teórica. Para isso, foram aplicadas enquetes e questionários e uma aula de explanação sobre o equipamento foi ministrada pela autora. O presente trabalho propõe, por meio de estudos e análise, elaborar três experimentos com a *Soft-Starter*, equipamento elétrico da WEG, no laboratório didático (AT-46/7) da Universidade de Brasília do Gama dos cursos de engenharia. Os experimentos pretendem abordar os assuntos relacionados com a *Soft-Starter*, uma chave de partida tiristorizada, para motores de indução trifásica de corrente alternada, tendo como particularidade o controle de partida e parada suave aos motores. Outro tópico abordado está relacionado à Segurança do Trabalho, com o propósito de despertar o interesse dos alunos em aprender e aplicar, sempre, em suas atividades laborais, de acordo com a Norma Regulamentadora NR – 10, objetivando despertar a consciência de realizar atividades, sem riscos de acidentes. O trabalho se propõe, portanto, a ser uma ferramenta de aprendizagem, com fundamentação teórica em autores que escreveram sobre o equipamento elétrico *Soft-Starter*. Os resultados permitiram constatar que o trabalho atingiu os objetivos propostos. Além de despertar, nos alunos, de forma prática, os conteúdos já vistos na teoria, foi destacada a eficácia e funcionalidade da atuação do equipamento *Soft-Starter*, em motores de indução trifásica de corrente alternada.

Palavras-chave: Equipamento Elétrico *Soft-Starter*, laboratório.

Abstract

With regard to the students' training, in the current teaching-learning process of the Engineering courses of the UNB, Gama Faculty, it is important the use of tools that aid in the learning of the discipline Applied Electricity. Practical procedures in the process of better understanding the theoretical part are extremely relevant. For that, polls and questionnaires were applied, besides an explanation lesson, by the author, about the equipment. The present work proposes, through studies and analysis, to elaborate three experiments with the *Soft-Starter*, electrical equipment of WEG, in the didactic laboratory (AT-46/7) of University of Brasilia of Gama of engineering courses . The experiments are intended to address issues related to the *Soft-Starter*, a thyristor starter for AC three-phase induction motors, with particularity in the starting and soft-stop control of the motors. Another topic addressed is related to Work Safety, with the purpose of arousing the students' interest in learning and applying, always, in their work activities, in accordance with the Norma Regulamentadora NR - 10, aiming to awaken the awareness of carrying out activities, without risk of accidents. The work proposes, therefore, to be a learning tool, with theoretical foundation in authors who wrote about the Soft-Starter electrical equipment. The results showed that the work reached the proposed objectives. In addition to awakening in students, in a practical way, the contents already seen in theory, the efficiency and functionality of the *Soft-Starter* equipment performance in AC three-phase induction motors was highlighted.

Keywords: Electrical Equipment Soft-Starters, laboratory.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Fechamento em Triângulo, o motor "recebe o menor nível de tensão de alimentação 220V", com isso, a tensão nas bobinas é reduzida em 127V, gerando redução da corrente de partida no motor (MORAES, 2017).	24
Figura 2 – Configuração em Estrela, o motor "recebe maior nível de tensão de alimentação 380V", ou seja, após a comutação as tensões das bobinas do motor passam a ser 220V, pelo fato do motor "não poder permanecer longos períodos funcionando com tensão reduzida"(MORAES, 2017).	25
Figura 3 – Gráfico comparativo: Partida Direta, Chava de Partida Y - Δ e <i>Soft-Starter</i> . Dentre os três tipos de acionamento, com a chave estática <i>Soft-Starter</i> , a corrente de partida sofre uma variação suave, ocasionando parada mais suave, nos motores de indução trifásico (ROSSI, 2012).	27
Figura 4 – A forma representativa dos componentes que compreendem o equipamento <i>Soft-Starter</i> são: tiristores, componentes de 4 camadas semicondutoras p-n-p-n, com três conjuntos condutores o ânodo, cátodo e o gate (porta de controle da corrente), e um sistema de controle de disparo (ROSA, 2003) e (PELISSON, 2009)	33
Figura 5 – Representação simbólica das chaves diodos e tiristores: a) Diodo de junção: formado pela junção PN de semicondutores (+)Ânodo e (-) Cátodo. Tem-se que, quando polarizado na forma direta, há a condução de corrente do sentido (+)Ânodo para (-) Cátodo. Caso seja polarizado na forma inversa, não haverá a condução de corrente atuando como um circuito aberto b) Tiristores	34
Figura 6 – Gráfico ábaco: descreve o comportamento da onda de tensão do SCR, relacionando-a aos ângulos de disparos. Ou seja, para um ângulo de 150°, a intensidade da corrente e tensão aplicada no motor é pequena; para um ângulo de disparo a 15°, a intensidade de corrente e tensão aplicada ao motor é grande. Contudo, a relação do ângulo de disparo, com a intensidade da corrente e tensão, são inversamente proporcionais. Adaptado de (AMARAL, 2013).	34

Figura 7 – Descrição da Interface do <i>Soft-Starter</i> composto por elementos determinantes para o funcionamento adequado do equipamento. Dentre os elementos, os principais para a realização dos experimentos são: o Display de Leds (programação dos parâmetros), o Display de LCD (mostra o conteúdo dos parâmetros programados), (I) momento em que o motor começará a girar de forma gradativa, e (0) essa tecla tem como função o regresso da velocidade do motor até o momento de estacionar; PROG (selecionar os parâmetros e valores desejados) e, outra tecla de suma importância, é o ajuste de parâmetros que, a partir dela, serão estabelecidos os parâmetros e valores desejados pelo usuário (WEG, 2009)	37
Figura 8 – Bancada didática no Laboratório de Eletricidade para a execução dos experimentos, compreendendo as seguintes placas: P001 (energização da bancada), P025 (<i>Soft-Starter</i> para realização dos experimentos), P012 (Fusíveis- proteção de sobrecarga), motor trifásico (para realização dos acionamentos sugestivos pelo usuário) e P007 (Quadro de comandos + sim. defeitos). Concomitantemente há riscos de acidente, tais como, queda do motor devido a estar solto em cima de uma mesa frágil; e choque elétrico, na bancada. Fonte: A autora	38
Figura 9 – A tabela é uma representação do risco de acidente, no ambiente de trabalho. Os riscos físicos, riscos de acidentes, riscos químicos e riscos ergonômicos são representados por círculos coloridos nas suas respectivas cores verde, azul, vermelho e amarelo, com três tamanhos variados, representando o grau de risco grande, médio e pequeno. Fonte: A autora	40
Figura 10 – A ilustração mostra o motor solto sobre a bancada. Quando ligado, provoca ruído e vibração, podendo ocasionar deslizamento, ou seja, um risco físico de grau pequeno que, no entanto, sem monitoramento, pode até ocasionar a queda do motor. Fonte: A autora	40
Figura 11 – A solda metálica é um risco químico de grau pequeno, gera fumos metálicos através do aparelho de solda, gerando desconforto através da respiração ao usuário. Fonte: A autora	41
Figura 12 – Os bancos do laboratório da FGA não possuem encosto, configurando um risco ergonômico de grau pequeno. E, como consequência direta, podem ocasionar doenças relacionadas à postura inadequada. Fonte: A autora	41

- Figura 13 – Riscos de acidentes, a) A bancada para realização dos experimentos gera grau de risco elevado, devido ao agente ser o choque elétrico. Um exemplo para uma ocorrência é a operação dos arranjos dos elementos com circuitos energizados. Para a manobra dos experimentos, deve-se contar com a supervisão do professor, ou técnico responsável, para certificar e orientar quanto ao funcionamento de forma correta. b) Tendo em vista que, no laboratório de eletricidade da FGA, onde acontecem os experimentos com a utilização dos motores, não há suporte adequado para fixação do motor à bancada, corre-se o risco de, ao manuseá-lo, ocasionar a queda do equipamento, comprometendo a segurança e (sendo um problema grave para a) saúde dos alunos. c) O piso escorregadio gera um risco de queda de mesmo nível, para isso se faz a necessidade da utilização de sapatos emborrachados e d) Tendo em vista a probabilidade de incêndio causado por equipamentos elétricos, faz-se necessária a utilização de extintores e outros elementos que não sejam condutores de eletricidade, tais como abafadores. Fonte: A autora 42
- Figura 14 – A ilustração mostra os comandos de ajuste dos parâmetros no display SSW 06. Portanto, ao manusear o equipamento, é possível visualizar o parâmetro programado e seu significado. Fonte: A autora 46
- Figura 15 – Forma de montagem do circuito para ligar o equipamento elétrico *Soft-Starter*. Para isso é necessário fazer as ligações dos terminais de conexão da (Placa 001) com os terminais de conexão da Placa 012 e, posteriormente, fazer a ligação com terminais de saídas do Fusível, com os terminais de conexão da rede de alimentação da *Soft-Starter* (R,S,T). Por fim, conectar um fio saindo do terminal R para X_{1A} ; e um fio saindo do X_{2A} , para o neutro da (Placa 001). Fonte: A autora 48
- Figura 16 – Forma de conexão do *Soft-Starter* com o motor trifásico. Contudo é necessário fazer as ligações dos terminais de conexão da (Placa 001) com os terminais de conexão da (Placa 012). Posteriormente, fazer a ligação com terminais de saídas do Fusível com os terminais de conexão da rede de alimentação da *Soft-Starter* (R,S,T). Em seguida, conectar um fio saindo do terminal R para X_{1A} e um fio saindo do X_{2A} para o neutro da Placa 001. E, por fim, fazer as ligações dos terminais (U,V, W) com (U1, V1, W1) do motor e realizar a ligação, dependendo da configuração desejável. Ou seja: Estrela ou triângulo. Fonte: A autora 49

Figura 17 – Ilustração das ligações do equipamento <i>Soft-Starter</i> com o motor trifásico. Para isso é necessário realizar as conexões da fonte de alimentação para os fusíveis, depois para o bone de conexão da rede de alimentação do equipamento elétrico <i>Soft-Starter</i> e por fim a conexão para o motor. As conexões para alimentação do <i>Soft-Starter</i> é X_{1A} com a fase R e X_{2A} com neutro da (Placa 001) Fonte: A autora	50
Figura 18 – Ilustração do funcionamento do equipamento <i>Soft-Starter</i> , quando acontece o acionamento de motores trifásicos: partida suave utilizada para controle de potência em motores trifásicos. Fonte: WEG	52
Figura 19 – Ilustração das ligações do equipamento <i>Soft-Starter</i> com a carga - motor acoplado a um redutor com amperímetro Fonte: A autora	52
Figura 20 – Tela inicial do Matlab. Ilustração do tutorial criado para evidenciar o desenvolvimento da função de transferência, no MatLab. Foi criado um exemplo para mostrar como obter uma função de transferência baseada em dados oriundos de experimentos. Fonte: A autora	55
Figura 21 – Após o comando <code>ident</code> programado no Matlab, aparecerá o <i>toolbox</i> para realizar a execução da ferramenta de extração da função de transferência. Fonte: A autora	55
Figura 22 – Sobre como importar os dados de uma variável. Ao clicar em <i>import data</i> e na opção <i>time domain data</i> , aparecerá a ilustração representada na Figura 22. Fonte: A autora	56
Figura 23 – Após clicar nos parâmetros de entrada e saída da função, clicar em <code>import</code> para visualizar a caixa de diálogo, conforme ilustração, obtendo os parâmetros para extração da função de transferência. Fonte: A autora	56
Figura 24 – A tela evidencia que é possível repetir tentativas várias vezes, alterando o número de pólos e zeros, para obter a melhor função de transferência. Fonte: A autora	57
Figura 25 – Tela que evidencia o grau de confiança da função de transferência e permite, após tentativa e erro, visualizar que se extraiu do Matlab a função mais próxima do ideal. Fonte: A autora	57
Figura 26 – Ilustração de um gráfico resultante de análise de pólos e zeros, que mostra, resposta em frequência, resposta transiente e gráfico <i>output</i> . Fonte: A autora	58
Figura 27 – A ilustração evidencia o resultado comparativo entre métodos de acionamento (partida direta, representado em vermelho; partida estrela-triângulo, representado em azul) e o acionamento da chave estática <i>Soft-Starter</i> (conforme demonstra a linha verde). (ROSSI, 2012)	58

Figura 28 – Ilustração das ligações do painel da (Placa 007) com o motor trifásico seguindo as cores, como por exemplo, laranja com laranja, verde com verde assim por diante. Fonte: A autora	59
Figura 29 – Ilustração da conexão ao amperímetro: representação de como ligar a (Placa 036) à (Placa 007). Para isso realizar a conexão da saída do fusível com o borner (+) do amperímetro e o (-) do amperímetro com o borner R da (Placa 007) Fonte: A autora	60
Figura 30 – Forma de montagem do circuito para ligar o equipamento elétrico <i>Soft-Starter</i> . Para isso é necessário fazer as ligações dos terminais de conexão da (Placa 001) com os terminais de conexão da Placa 012 e, posteriormente, fazer a ligação com terminais de saídas do Fusível, com os terminais de conexão da rede de alimentação da <i>Soft-Starter</i> (R,S,T). Por fim, conectar um fio saindo do terminal R para X_{1A} ; e um fio saindo do X_{2A} , para o neutro da (Placa 001). Fonte: A autora	61
Figura 31 – Quadro representativo do Mapa de Risco, evidenciando tipos de risco e o nível de gravidade. Destaques importantes para possibilitar prevenir ocorrências de acidentes dentro do Laboratório de Eletricidade. Fonte: A autora	63
Figura 32 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Existe diferença de motores trifásicos para monofásicos?” Fonte: A autora	66
Figura 33 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “O <i>Soft-Starter</i> é utilizado em motores trifásicos?” Fonte: A autora	66
Figura 34 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Você conhece o equipamento elétrico <i>Soft-Starter</i> ?” Fonte: A autora	66
Figura 35 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: (a) “Sabe a finalidade dos tiristores?” (b) “Você sabe ligar o equipamento <i>Soft-Starter</i> ?” Fonte: A autora	67
Figura 36 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Conhece o significado de parâmetros?” Fonte: A autora	67
Figura 37 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Você tem alguma dúvida sobre o equipamento <i>Soft-Starter</i> ?” Fonte: A autora	68

Figura 38 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Quanto à funcionalidade, o equipamento elétrico <i>Soft-Starter</i> preenche as expectativas?” Fonte: A autora	69
Figura 39 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Para atual conjuntura tecnológica você considera o <i>Soft-Starter</i> moderno? Fonte: A autora	69
Figura 40 – Gráfico resposta transiente (comportamento dinâmico do sistema associado aos pólos e zeros): ilustra a atuação dos alunos referente à resposta transiente, no segundo experimento (realizado em grupos de 4 a 5 alunos) , feito com o objetivo de extrair a função de transferência de uma planta, utilizando o equipamento <i>Soft-Starter</i> . (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003)	72
Figura 41 – Gráfico resposta de frequência (Resposta à entrada senoidal)- É denominada como variação da onda de saída que depende da frequência de entrada, no sistema "motor". A resposta de frequência pode ser representada no ganho (amplitude de oscilação), ou na fase. O gráfico do ganho é representado na primeira imagem da Figura 41 e a o gráfico de fase é representado na segunda imagem da Figura 41 (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003).	72
Figura 42 – Pólos e o zeros - Analisando o gráfico da Figura 42, constata-se que ele revela o lugar geométrico das raízes do sistema, e observa-se o comportamento dos pólos da função de transferência. E suas posições definem a estabilidade, o tempo de acomodação e o erro do sistema. Porém, o sistema é estável para pólos no semi-plano esquerdo, e marginalmente estável para pólo unitário no eixo $j\omega$ (parte real = 0), e instável para polos múltiplos no eixo $j\omega$ (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003).	73
Figura 43 – Extração da função da função de transferência - A equação de transferência rege o comportamento do sistema, relacionando o sinal de entrada com o de saída (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003).	74
Figura 44 – Dados importados - Inserção dos valores para a extração dos gráficos da função de transferência, pólos e zeros, confiabilidade, resposta transiente e resposta de frequência.	74
Figura 45 – Gráfico <i>output</i> , com 98,38% de confiabilidade, uma estimativa do matlab que representa a similaridade da função de transferência, com o comportamento do motor.	75

Figura 46 – Gráfico resposta transiente, ou seja, resposta dinâmica do sistema. O comportamento dinâmico do sistema está associado aos pólos e zeros. Portanto, após novos experimentos para o comportamento da resposta transiente da Figura 46, tem-se que os pólos são reais e negativos (SANTOS, 2017).	75
Figura 47 – Gráfico resposta de frequência - Com o novo ensaio, o gráfico obteve uma alteração. Porém, a resposta da frequência se manteve em ganho (variação da amplitude) e fase.	75
Figura 48 – Pólos e Zeros - Após novos experimentos os pólos estarão gerando as seguintes raízes $p_1 = -a_1$. Isso ocasiona o comportamento dinâmico, como mostrado na Figura 46. Portanto, com pólos no eixo complexo, no gráfico, tem-se a representação do regime oscilatório, que é esperado no motor (SANTOS, 2017).	76
Figura 49 – Exemplos de entrada – Rampa. No controle de partida e parada suave do motor, o equipamento elétrico <i>Soft-Starter</i> opera em um sistema de entrada tipo rampa, ou seja, a tensão e corrente aumentará linearmente, de forma suave e contínua, até atingir valores próximos à corrente nominal do motor (BOJORGE, 2013)	77
Figura 50 – Bancada para a realização do terceiro experimento. Para a realização do terceiro experimento, é necessário seguir a seguinte forma de conexão: ligações dos terminais de conexão da Placa 001 com os terminais de conexão da Placa 012 e, posteriormente, fazer a ligação com terminais de saídas do Fusível com os terminais de conexão (R,S,T) da Placa 007 (Quadro de comando + sim de defeitos). Por fim, conectar um fio saindo do terminal da Placa 007 (U1,V1,W1) com os terminais (U1,V1, W1) do motor e (U2,V2,W2) com (U2,V2,W2) do motor. Fonte: A autora	78
Figura 51 – Corrente da partida direta. A figura à esquerda, no momento da partida, mostra que a corrente atingiu o valor máximo do amperímetro 10 A. A figura, à direita, mostra que a corrente do amperímetro estabilizou-se próxima à corrente nominal do motor; a aproximadamente 1,5 A.	78
Figura 52 – Medição da corrente no tempo de 1 a 13 segundo. Na imagem, com a amperagem de 2,192, ocorre o momento da partida em estrela. Após oito segundos, a configuração estrela sofre uma comutação para delta e sua corrente se eleva para 2,161. Depois, estabiliza-se próximo à corrente nominal.	79

Figura 53 – Medição da corrente com o equipamento elétrico *Soft-Starter*, tempo de 1 a 5 segundos. É um tipo de partida que não ocasiona tranco em motores, devido à inserção de potência ocorrer aos poucos, ou seja, suavizando a partida. 80

Lista de tabelas

Tabela 1 – Característica da corrente e a Potência Aparente de partida segundo ABNT e NEMA	23
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da chave de partida Y - Δ	27
Tabela 3 – Parâmetros do <i>Soft-Starter</i>	36

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AT	Acidentes de trabalho
AT-46/7	Laboratório de Eletricidade UnB Gama
DIAC	<i>Diode for Alternating Current</i>
EPI's	Equipamento de Proteção individual
FGA	Faculdade UnB Gama
HMI	<i>Man-machine interface</i>
IN	<i>Nominal Chain</i>
I_ϕ	Corrente de Fase
I_L	Corrente de Linha
$I_{Y\Delta}$	Corrente Estrela-Triângulo
I_{LY}	Corrente de linha em Estrela
$I_{L\Delta}$	Corrente de linha em Delta
I_P	Corrente de partida
KVA	Quilovoltampere - É uma potência aparente
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
MIT	Motor de Indução Trifásico
MATLAB	Matrix Laboratory
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i>
NR 10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
SCR	<i>Silicon Controlled Rectifier</i>
SSW-06	<i>Soft-Starter</i>

TRIAC	<i>Triode for Alternating Current</i>
UnB	Universidade de Brasília
V_ϕ	Tensão de Fase
V_L	Tensão de Linha
Z_ϕ	Impedância
WEG	<i>Werner Eggon Geraldo</i>

Lista de símbolos

A	Ampere
α	Alfa
β	Beta
Δ	Delta
ϕ	Phi
R	Terminal de alimentação da potência
S	Terminal de alimentação da potência
T	Terminal de alimentação da potência
U	Terminal de conexão para o motor
V	Terminal de conexão para o motor
W	Terminal de conexão para o motor
U1, V1, W1, U2, V2 e W2	Terminais do motor trifásico
V	Volt
s	Segundos
∞	Infinito
t	Tempo
P001	Placa - Energização da bancada
P007	Placa - Quadro de comando + sim. defeitos
P012	Placa - Fusíveis
P025	Placa - <i>Soft-Starter</i>
P036	Placa - Amperímetro
X_{1A}	Conector Fase
X_{2A}	Conector Neutro

Sumário

	Lista de ilustrações	8
I	INTRODUÇÃO	22
1	INTRODUÇÃO	23
1.1	MOTIVAÇÃO DO ESTUDO DO EQUIPAMENTO <i>SOFT-STARTER</i>	23
1.2	OBJETIVOS	29
1.2.1	Objetivo Geral	29
1.2.2	Objetivos Específicos	29
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	30
II	ASPECTOS GERAIS	31
2	ASPECTOS GERAIS	32
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
2.2	ESTADO DA ARTE	32
2.3	EQUIPAMENTO ELÉTRICO <i>SOFT-STARTER</i>	33
2.3.1	Parâmetros do <i>Soft-Starter</i>	35
2.3.2	Principais Funções do <i>Soft-Starter</i>	36
2.3.3	Tipos de programação para partida e parada de motores	36
2.3.4	HMI (<i>Man - Machine Interface</i>) - Interface Homem - Máquina	36
2.4	ACIDENTE DE TRABALHO	37
2.4.1	Equipamento de proteção individual EPI	38
2.4.2	Mapa de Risco	39
2.4.3	Norma Regulamentadora (NR 10) – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	43
III	METODOLOGIA	44
3	METODOLOGIA	45
3.1	Metodologia Experimental	45
3.1.1	APRESENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO <i>SOFT-STARTER</i>	46
3.1.2	FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO <i>SOFT-STARTER</i>	47
3.1.3	ACIONAMENTO DO MOTOR VIA <i>SOFT-STARTER</i>	49
3.2	ENSAIOS COM O EQUIPAMENTO ELÉTRICO <i>SOFT – STARTER</i>	49

3.2.1	Primeira Experiência - Estudar os princípios de funcionamento do componente eletrônico Tiristorizado	49
3.2.2	Segunda Experiência – Partindo com controle de Bombas	51
3.2.3	Terceiro Experimento	58
3.3	ACÕES PARA ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO	63
IV	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1	RESULTADOS DAS ENQUETES	65
4.2	RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS	70
4.2.1	Primeiro Experimento	70
4.2.2	Segundo Experimento	71
4.2.3	Terceiro experimento	77
V	CONCLUSÃO	81
5	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	83
	ANEXOS	85
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO	86
	ANEXO B – FOTOS	87
C	– TESTE	90
D	– ENQUETES	92

Parte I

Introdução

1 Introdução

1.1 MOTIVAÇÃO DO ESTUDO DO EQUIPAMENTO *SOFT - STARTER*

O uso constante de tecnologia e a necessidade de sistemas confiáveis têm exigido a utilização de equipamentos sofisticados, para reduzir esforços sobre acoplamentos mecânicos e elevar a vida útil em motores de indução trifásicos. Para tanto, a empresa WEG desenvolveu o *Soft-Starter*, equipamento elétrico para controlar e estabilizar a potência de motores de indução trifásica, protegendo-os contra picos de correntes e tensões, no momento da partida (ROSA, 2003).

Para entender como o *Soft-Starter* opera nos motores de indução trifásicos, deve-se diferenciá-los dos motores à indução monofásicos. Nos modelos monofásicos, os motores têm elevado custo, sua aplicação é em baixas potências e para seu acionamento há necessidade de um capacitor, justificando a não utilização deste equipamento, em larga escala, pelas indústrias (DIAS., 2010). De outro modo, os motores de indução trifásicos, muito utilizados nas indústrias, ocorre a compensação do uso de tal equipamento, uma vez que esses motores utilizam altas potências, são mais baratos, fortes e robustos diminuindo os gastos com manutenção (NASCIMENTO, 2013). Nos motores de Indução Trifásicos os métodos mais usuais de partida são: Partida Direta e chave de Partida Estrela-Triângulo. Seguindo normas da ABNT, a corrente de partida direta pode chegar a até seis vezes a sua corrente nominal, e sua potência aparente requer de 0 a 3,14 kVA para partida direta, conforme explicitado na Tabela 1 (CLAUDIO, 2015).

Tabela 1 – Característica da corrente e a Potência Aparente de partida segundo ABNT e NEMA

Letra Código	Característica	Corrente de partida direta	KVA
A	ALTA	Até 6 x IN	0,00 a 3,14
B	NORMAL	3,80 a 6,00 x IN	3,15 a 3,54
C	NORMAL	3,80 a 6,00 x IN	3,55 a 3,99
D	NORMAL	3,80 a 6,00 x IN	4,00 a 4,49
E	BAIXA	Até 4 x IN	4,50 a 4,99

Fonte: Adaptada, Claudio (2015)

Em alguns motores de indução, a corrente de partida - corrente necessária para acionar o motor à indução - pode chegar de 7 a 8 vezes a corrente nominal – é a corrente que trabalha dentro dos parâmetros do motor, especificada no equipamento. Por exemplo,

um motor com uma corrente com 30A de IN (*Nominal Chain*) pode aumentar em até 240A, causando uma queda de tensão nesse motor. Também pode gerar outros fatores, a exemplo do pico de corrente na rede. Quando a chave *Soft-Starter* é provocada para o acionamento do motor, de forma suave, ocorre uma redução dos esforços, sobre os rotores e os estatores, favorecendo maior vida útil do motor (CLAUDIO, 2015).

Nos motores de indução trifásicos com partida de Estrela -Triângulo – partida indireta – existem duas configurações: estrela e triângulo. No fechamento em Triângulo, a V_L (Tensão de Linha) = V_ϕ (Tensão de Fase), conforme Figura 1, porque se comporta como um circuito em paralelo. A Corrente de Fase - I_ϕ sofre uma redução em cada um dos seus enrolamentos conforme a Equação 1.1 (BEZERRA, 2010).

$$I_\phi = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad (1.1)$$

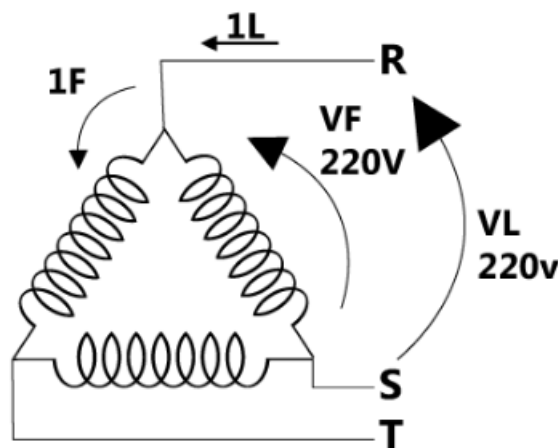


Figura 1 – Fechamento em Triângulo, o motor "recebe o menor nível de tensão de alimentação 220V", com isso, a tensão nas bobinas é reduzida em 127V, gerando redução da corrente de partida no motor (MORAES, 2017).

A Configuração estrela, representada na Figura 2, mostra que o comportamento do fechamento em estrela tem a peculiaridade de um circuito em série, ou seja, a corrente de fase será igual à corrente de linha e a tensão de fase sofre uma redução em cada uma de suas bobinas, conforme a Equação 1.2 (BEZERRA, 2010).

$$V_\phi = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad (1.2)$$

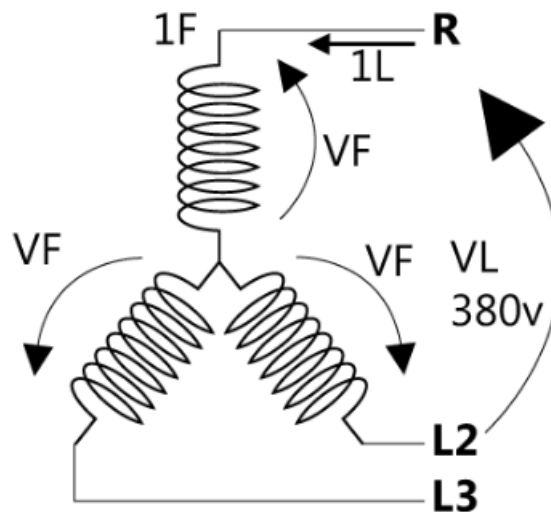


Figura 2 – Configuração em Estrela, o motor "recebe maior nível de tensão de alimentação 380V", ou seja, após a comutação as tensões das bobinas do motor passam a ser 220V, pelo fato do motor "não poder permanecer longos períodos funcionando com tensão reduzida" (MORAES, 2017).

O acionamento do motor, na Configuração Y- Δ ocorre no fechamento em estrela. Logo a corrente de partida em Y é um terço menor que a corrente de partida direta, como observado na Equação 1.3.

$$I_{Y\Delta} = \frac{1}{3} I_p(\text{direta}) \quad (1.3)$$

Na Configuração Y – Δ a corrente de linha em Y é $\frac{1}{3}$ da corrente de linha em Δ , como observado na Equação 1.4, que faz esse tipo de chave de partida ser útil. A explicação dela ser útil em um motor, é o custo reduzido e a corrente de linha em estrela é três vezes menor que a corrente de linha em triângulo, ou seja, para um motor com acionamento em estrela, a corrente em um período de tempo trabalha próxima a corrente nominal do motor, suavizando a partida. Para se chegar à Equação 1.4, as etapas seguintes deverão ocorrer:

$$I_{LY} = \frac{I_{L\Delta}}{3} \quad (1.4)$$

Na Configuração estrela, temos:

$$V_{\phi} = Z_{\phi} * I_{\phi} \quad (1.5)$$

$$V_\phi = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ e } I_L = I_\phi \quad (1.6)$$

Substituindo Eq. 1.6 em Eq. 1.5, temos que a corrente de linha é:

$$I_L = \frac{V_L}{\sqrt{3} * Z_\phi} \quad (1.7)$$

Na configuração em Triângulo, temos:

$$V_\phi = Z_\phi * I_\phi \quad (1.8)$$

$$V_\phi = V_L \text{ e } I_\phi = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad (1.9)$$

Substituindo Eq. 1.9 em Eq. 1.8, temos que a corrente de linha é:

$$I_L = \frac{V_L}{Z_\phi} * \sqrt{3} \quad (1.10)$$

Comparando a $I_{L\Delta}$ e I_{LLY} , observa - se que corrente de linha em estrela é três vezes menor que a corrente de linha em triângulo.

$$\frac{I_{LD}}{I_{L\Delta}} = \frac{\frac{V_L}{z_\phi} * \sqrt{3}}{\frac{V_L}{\sqrt{3} * Z_\phi}} \quad (1.11)$$

$$I_{LY} = \frac{I_{L\Delta}}{3} \quad (1.12)$$

A Tabela 2 revela as vantagens e desvantagens em relação a chave de partida Estrela-Triângulo (SOUZA, 2009).

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da chave de partida Y - Δ

VANTAGENS	DESVANTAGENS
A corrente de partida é reduzida a 1/3 da nominal, redução de 33 %	O motor deve ter pelo menos seis terminais acessíveis
Baixa queda de tensão na partida	Recomenda-se partir sem carga
Custo reduzido (em relação a compensadora e as chaves eletrônicas)	Se o motor não atingir pelo menos 90 % da velocidade nominal na comutação para Δ o pico de corrente é quase o mesmo da partida
Elevado número de manobra	A tensão da rede deve coincidir com a tensão da ligação Δ

Fonte: Partida do Motor de Indução Trifásico. Adaptado de (SOUZA, 2009)

As vantagens enumeradas são os requisitos para promover o aumento da vida útil do motor. Em contrapartida, as desvantagens representam possibilidades de quebra e desajuste do motor. A Figura 3 apresenta o gráfico comparativo entre os métodos de Partida Direta, Chave de Partida Y- Δ e *Soft-Starter* (ROSSI, 2012).

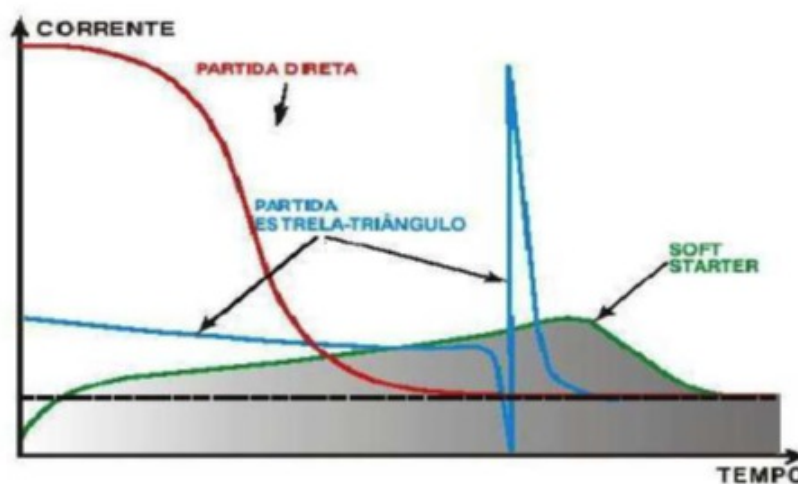


Figura 3 – Gráfico comparativo: Partida Direta, Chave de Partida Y - Δ e *Soft-Starter*. Dentre os três tipos de acionamento, com a chave estática *Soft-Starter*, a corrente de partida sofre uma variação suave, ocasionando parada mais suave, nos motores de indução trifásico (ROSSI, 2012).

Na comparativa entre os métodos de acionamento corrente versus tempo da partida, no momento inicial, a corrente pode chegar a sete ou oito vezes a corrente nominal e, após algum tempo, estabilizar-se na corrente nominal do motor. Na configuração Y - Δ , a partida é no fechamento estrela, onde a corrente começa de forma quase linear, passando por um instante de pico, pois comutou para a configuração triângulo e, em seguida, trabalhando na corrente nominal do motor, e, com a chave estática *Soft-Starter*, a corrente sofre uma variação suave, gerando um controle de partida e parada mais suave,

nos motores de indução trifásicos (ROSSI, 2012).

Quando em partida direta, os motores de indução trifásicos apresentam elevado nível de corrente indesejável, podendo comprometer, diretamente, a vida útil e o desempenho do motor. No acionamento em $Y-\Delta$, a corrente de partida é reduzida. Porém na sua comutação para Δ , o motor precisa atingir "90% de sua velocidade de regime para que, durante a comutação, a corrente de pico não atinja valores elevados, próximos, portanto, da corrente de partida com acionamento direto."(SOUZA, 2009). Ou seja, sem a velocidade adequada, a corrente de partida, mesmo na comutação para Δ , também tem afetada a sua vida útil e seu desempenho.

A chave estática *Soft-Starter*, no entanto, contribui para que, durante o acionamento, seja delimitada a corrente de pico no motor, tornando-se um método de acionamento e parada suave, evitando trancos, estendendo a vida útil desse motor. Sem comprometer, portanto, a rede de alimentação.

A execução dos ensaios com o equipamento *Soft-Starter*, para fins acadêmicos, pode possibilitar um melhor aprendizado, tendo em vista a associação dos conhecimentos teóricos com os conhecimentos práticos. Para (VASQUEZ, 1968), as atividades teórica e prática são transformadoras da natureza e da sociedade. A atividade prática é orientada na teoria, que lhe serve como guia da ação, permitindo a atividade humana. E a teórica é transformadora, na medida em que a ação é consciente. A essência da atividade docente é o ensino-aprendizagem. Como a aprendizagem se realiza, é problemática inerente à atuação do professor que observa quando um conteúdo demanda maior conhecimento teórico, ou, maior conhecimento prático. Esse fator é o que torna a presente proposta útil para a disciplina de Eletricidade Aplicada da Universidade de Brasília.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor três experimentos didático-pedagógicos, utilizando o equipamento elétrico *Soft-Starter* da marca WEG. As etapas de realização dos ensaios serão realizadas na bancada didática do laboratório de Eletricidade, visando facilitar o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos relacionados à área de Conversão Eletromecânica de Energia e Eletricidade Aplicada.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar ensaios e manuais existentes relacionados ao equipamento elétrico *Soft-Starter*;
- Destacar descrição e grau de fatores de risco concernentes à elaboração de Mapa de Risco, em laboratório que conta com o equipamento *Soft-starter*;
- Propor metodologia de execução de três ensaios;
- Executar os ensaios propostos com estudantes da disciplina Eletricidade Aplicada dos cursos de Engenharia da Universidade de Brasília.
- Apresentar a função de transferência do motor, o local geométrico das raízes e os pólos e os zeros da função.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta a seguinte organização:

Capítulo 1- Parte introdutória: a motivação do trabalho, objetivos gerais e específicos.

Capítulo 2 – Revisão bibliográfica: Estado da arte; conceitos do equipamento elétrico ; Acidentes de Trabalho no laboratório de Eletricidade abrangendo a necessidade dos EPI's – Equipamento de Proteção individual; Mapa de Risco; Norma Regulamentadora NR- 10.

Capítulo 3 – Metodologia de criação dos experimentos do equipamento elétrico *Soft- Starter* SSW 006 da marca WEG.

Capítulo 4 – Resultados das enquetes aplicadas a priori e posteriori sobre o equipamento, e também dos experimentos com o *Soft-Starter*.

Capítulo 5 – Considerações finais

Referências Bibliográficas

Parte II

Aspectos Gerais

2 Aspectos Gerais

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, constará uma explanação do uso do equipamento *Soft-Starter* SSW 006, da marca WEG, no laboratório AT-46/7 da Universidade de Brasília - Gama, bem como sua utilização, na prevenção de acidentes, nesse ambiente. Para tanto, serão expostos conceitos e definições encontrados no manual da (SSW - 006), e em monografias sobre o assunto.

2.2 ESTADO DA ARTE

A grande problemática, que permeia o uso do laboratório pelos alunos, tem relação direta com a dificuldade que eles possuem de harmonizar o conteúdo aprendido, em sala de aula, com a *praxi* do manuseio dos equipamentos.

Muitas são as situações de perigo a que se submetem alunos despreparados, quando se deparam com equipamentos estranhos ao seu cotidiano. A falta de conhecimento e competência, por boa parte dos discentes, evidencia que não é dada importância e significado a esses equipamentos, demonstrando inabilidade de aliar teoria à prática.

Os docentes do ensino superior no Brasil são “extremamente teóricos”, dificultando que os alunos se sintam preparados para aplicar o conteúdo de forma prática. Isso provoca retardamento na aquisição de habilidades no uso dos equipamentos com que irão se deparar, no mercado de trabalho (FABRI, 2015).

O aluno, portanto, ao adentrar no laboratório, traz consigo muito conteúdo visto em sala de aula e pouca experiência de uso de equipamentos. Em certos momentos, pode manifestar a capacidade de ligar a bancada, ou até montar o circuito conforme o roteiro apresentado. Porém, falta-lhe o discernimento acerca das vantagens e desvantagens do uso de certos equipamentos, como é o caso do *Soft-Starter*, ignorando muitas vezes o risco que ele oferece para a integridade física e psicológica do aluno.

Para melhor compreensão do que representa o *Soft-Starter* em um laboratório, será feita uma explanação sobre seu funcionamento e sua importância, além dos riscos existentes encontrados num ambiente de laboratório de eletricidade.

2.3 EQUIPAMENTO ELÉTRICO *SOFT-STARTER*

O equipamento elétrico *Soft-Starter* é uma chave de partida eletrônica para motores de indução trifásicos de corrente alternada, destinada ao controle da potência (ROSA, 2003). O equipamento elétrico caracteriza-se por apresentar um conjunto de tiristores e um dispositivo de controle, conforme Figura 4.

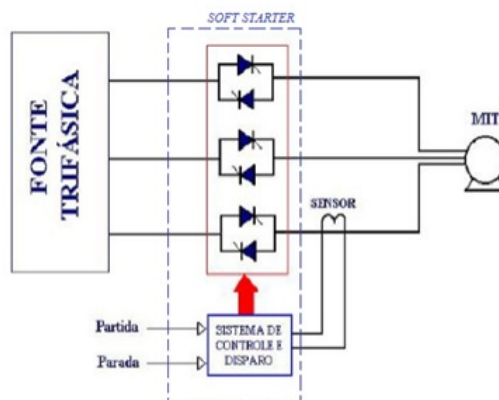


Figura 4 – A forma representativa dos componentes que compreendem o equipamento *Soft-Starter* são: tiristores, componentes de 4 camadas semicondutoras p-n-p-n, com três conjuntos condutores o ânodo, cátodo e o gate (porta de controle da corrente), e um sistema de controle de disparo (ROSA, 2003) e (PELISSON, 2009)

Conforme se observa na Figura 4, os componentes estáticos - tiristores - controlam a intensidade da corrente e tensão que sai da fonte trifásica e chega ao motor – MIT. Seu acionamento tem relação com o controle do ângulo de disparo. Esse controle é feito de forma harmônica, por meio de um sistema, de modo que, à medida que se altera o ângulo de disparo, a corrente e a tensão variam (ROSA, 2003).

Os chamados tiristores, descritos acima, assemelham-se a um diodo, ou seja, uma chave contendo duas camadas, sendo um polo positivo e outro negativo conforme mostrado na Figura 5 que conduzem a corrente em um único sentido, do Ânodo (+) → Cátodo (-), dentre uma variedade de tiristores DIAC (*Diode for Alternating Current*), TRIAC (*Triode AC - Triodo de Corrente Alternada*) o mais utilizado no *Soft-Starter* são os SCR (*Silicon Controlled Rectifier - Retificador Controlado de Silício*), possuem três camadas, uma camada intermediária (Gate), aparece entre os dois polos e serve para habilitar o momento em que o diodo vai conduzir, ou seja, controlar quando o sinal irá propagar-se (MELO, 1939).

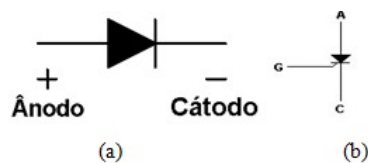


Figura 5 – Representação simbólica das chaves diodos e tiristores: a) Diodo de junção: formado pela junção PN de semicondutores (+) Ânodo e (-) Cátodo. Tem-se que, quando polarizado na forma direta, há a condução de corrente do sentido (+) Ânodo para (-) Cátodo. Caso seja polarizado na forma inversa, não haverá a condução de corrente atuando como um circuito aberto b) Tiristores

A Figura 6 apresenta o comportamento da onda de tensão, quando da atuação dos SCR em 4 situações: esse comportamento é inversamente proporcional á mudança do ângulo de disparo. Quanto menor o ângulo, maior o valor da tensão que se aplicará ao motor. De outra forma, à medida que o ângulo aumentar, o valor da tensão diminuirá (AMARAL, 2013).

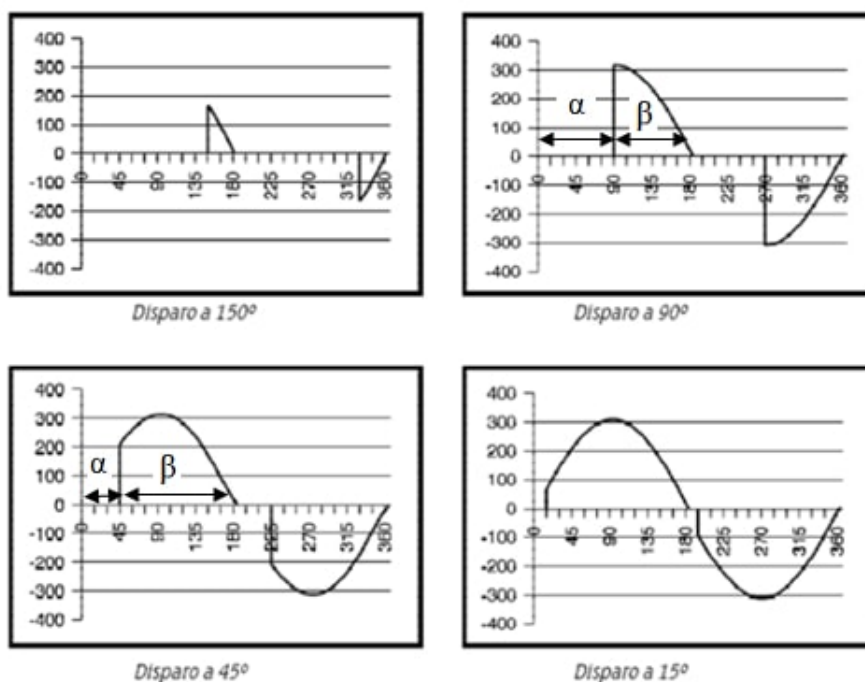


Figura 6 – Gráfico ábaco: descreve o comportamento da onda de tensão do SCR, relacionando-a aos ângulos de disparos. Ou seja, para um ângulo de 150° , a intensidade da corrente e tensão aplicada no motor é pequena; para um ângulo de disparo a 15° , a intensidade de corrente e tensão aplicada ao motor é grande. Contudo, a relação do ângulo de disparo, com a intensidade da corrente e tensão, são inversamente proporcionais. Adaptado de (AMARAL, 2013).

Ainda seguindo a linha de raciocínio, ao observar a onda de tensão, temos α (ângulo de disparo), ou seja, o ângulo que libera a senoide para começar a conduzir, e β (ângulo

de condução), intervalo angular entre o ângulo de disparo do SCR (*Silicon Controlled Rectifier* - Retificador Controlado de Silício) e a sua comutação natural - passagem da corrente "naturalmente" pelo SCR até o zero. Pode-se assim resumir: toda a área percorrida pela senoide que aparece no gráfico (ALMEIDA, 1999).

A relação matemática entre α e β , vale a relação pela Equação 2.1:

$$\alpha + \beta = 180^\circ \quad (2.1)$$

No gráfico ábaco da Figura 6, descreve-se o comportamento da onda do *Soft-Starter* que tem o propósito de suavizar a curva, controlando a quantidade de potência entregue à carga, através do ângulo de disparo. Ou seja, quando se tem uma quantidade de potência entregue ao motor, acontece que o equipamento elétrico *Soft-Starter* controla essa potência para que não ocorra pico de corrente. Então a potência entregue ao motor é realizada de forma gradativa, garantindo o acionamento do motor de forma suave, e, permitindo que a velocidade do motor aumente, gradativamente.

Como, por exemplo, se um motor necessita de 10 A para seu acionamento, com a partida direta o motor recebe todos os 10 A em um período de tempo muito curto. Porém, com o *Soft-Starter*, a corrente entregue ao motor é gradativa, em um período de tempo maior. Ou seja, a corrente é injetada aos poucos no motor e sua velocidade aumenta progressivamente.

2.3.1 Parâmetros do *Soft-Starter*

Para melhor compreender como foi desenvolvida a plataforma do desenvolvimento do *Soft-Starter*, é importante uma análise dos parâmetros utilizados para essa finalidade, cujas características vão determinar qual a funcionalidade para a carga.

A Tabela 3 de parâmetros apresenta as possibilidades de acordo com a funcionalidade de cada item (WEG, 2009).

Tabela 3 – Parâmetros do *Soft-Starter*

Parâmetros de leitura	Variáveis que podem ser visualizadas no display de 0 - 99, mas não podem ser alteradas pelo usuário
Parâmetros de Regulação	São os valores ajustáveis a serem utilizados pelas funções do <i>Soft-Starter</i> SSW-06
Parâmetros de configuração	Definem as características do <i>Soft-Starter</i> SSW-06, as funções a serem executadas, bem como as funções das entradas/saídas do cartão de controle.
Parâmetro do motor	São os dados de catálogo, ou de placa do motor.
Parâmetros das Funções Especiais	Inclui os parâmetros relacionados às funções especiais.
Parâmetros de Proteção	Inclui os parâmetros relacionados aos níveis e tempo de atuação das proteções do motor

Fonte: Manual WEG

2.3.2 Principais Funções do *Soft-Starter*

As principais funções do *Soft-Starter* são: rampa de tensão na aceleração, rampa de tensão na desaceleração, *Kick Start*, limitação de corrente, *Pump Control*, redução do golpe de ariete, economia de energia, parada por inércia (WEG, 2014).

2.3.3 Tipos de programação para partida e parada de motores

Dentre os mais variados tipos de programação, os principais são:

“Partindo com limite de corrente, partindo com rampa de corrente inicial mais alta, partindo com rampa de corrente inicial mais baixa, partindo com controle de bombas, partindo com controle de torque, carga com torque constante, carga com torque inicial mais alto, carga com torque constante com uma curva s em velocidade, carga com torque quadrático com uma curva s em velocidade, carga com torque quadrático com uma curva linear em velocidade, carga com torque quadrático, torque inicial mais alto e carga tipo bomba hidráulica” (WEG, 2009).

2.3.4 HMI (*Man - Machine Interface*) - Interface Homem - Máquina

A interface do equipamento *Soft-Starter* SSW - 06 possui um conjunto de elementos para viabilizar ao usuário a operação das teclas e a programação. A Figura 7 apresenta os elementos com a respectiva função do equipamento *Soft-Starter*.



Figura 7 – Descrição da Interface do *Soft-Starter* composto por elementos determinantes para o funcionamento adequado do equipamento. Dentre os elementos, os principais para a realização dos experimentos são: o Display de Leds (programação dos parâmetros), o Display de LCD (mostra o conteúdo dos parâmetros programados), (I) momento em que o motor começará a girar de forma gradativa, e (0) essa tecla tem como função o regresso da velocidade do motor até o momento de estacionar; PROG (selecionar os parâmetros e valores desejados) e, outra tecla de suma importância, é o ajuste de parâmetros que, a partir dela, serão estabelecidos os parâmetros e valores desejados pelo usuário (WEG, 2009)

2.4 ACIDENTE DE TRABALHO

Para melhor explicar o que significa acidentes de trabalho (AT) é preciso definir conceitos básicos relacionados à Segurança do Trabalho. Nesse caso, fez-se a opção pelo conceito prevencionista (ou da prevenção): os acidentes acontecem sem que haja uma previsão para que ocorram, causando (1) danos materiais e/ou (2) pessoais. Os primeiros podem ocorrer devido a equipamentos que possam vir a se quebrar, ou máquinas e ferramentas que comprometam o bom andamento das atividades laborais. Já os danos pessoais podem ser lesões, ou até a morte do trabalhador, provocando a interrupção do trabalho (TAVARES C.R. 2009,).

Conforme dispõe a lei nº 8.213/91, art. 19 e com o art. 139 do Decreto nº 357/91, Acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta lei, provocando lesão

corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (OLIVEIRA J. D. 1997,).

2.4.1 Equipamento de proteção individual EPI

Os profissionais que desempenham tarefas no laboratório de eletricidade estão expostos a alguns tipos de risco de acidente de trabalho, podendo sofrer lesões graves, de acordo com a especificidade de cada atividade. O simples contato de uma pessoa com uma tensão, em torno de 220 Volts, pode causar danos irreversíveis.

Os principais riscos no laboratório de Eletricidade são:

- Queda de Equipamentos - Como observado na Figura 8, o motor elétrico é exposto sobre uma mesa, sem qualquer segurança. Para exemplificar o risco de acidentes, uma perícia registrada em 27/09/2016, em laboratório de eletricidade da UnB, relatou a ocorrência da queda de um motor, sem vítimas.



Figura 8 – Bancada didática no Laboratório de Eletricidade para a execução dos experimentos, compreendendo as seguintes placas: P001 (energização da bancada), P025 (*Soft-Starter* para realização dos experimentos), P012 (Fusíveis- proteção de sobrecarga), motor trifásico (para realização dos acionamentos sugeridos pelo usuário) e P007 (Quadro de comandos + sim. defeitos). Concomitantemente há riscos de acidente, tais como, queda do motor devido a estar solto em cima de uma mesa frágil; e choque elétrico, na bancada. Fonte: A autora

- Incêndios

O principal risco com o Equipamento Elétrico *Soft-Starter* é:

- Choque elétrico – O equipamento *Soft-Starter* “possui componentes sensíveis a descarga eletrostática”, (WEG, 2009). O risco de acidente só se manifestará em caso de manuseio do equipamento, sem a caixa de proteção, e, se estiver conectado a uma fonte de energia. No caso do HMI (*Man - Machine Interface*) - Interface Homem - Máquina, não há ocorrência de risco ao usuário.

Para prevenir tais riscos, é necessária a utilização de Equipamentos de Proteção Individual – EPI’s. Segundo a Norma Regulamentadora NR6, EPI’s significa “todo dispositivo ou produto, de uso individual, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde do trabalhador” (NR-6, 2001).

Na prática laboral são obrigatórios os seguintes EPI’s: calça comprida e calçados fechados.

2.4.2 Mapa de Risco

É utilizado para medir os riscos em um ambiente de trabalho. O Mapa de Risco pode estar relacionado ao processo de produção, sendo obrigatória sua exposição, em local de fácil visualização dos usuários. Para elaborar o Mapa de Risco, devem-se considerar cinco fatores com sua respectiva descrição do risco (SEGPLAN, 2012).

Riscos Físicos – Identificado no mapa pela cor verde, tais como: “ruídos, vibração, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como, o infra-som e o ultra-som”.

Riscos Químicos – Identificado no mapa pela cor vermelha, tais como: “gases, vapores e névoas; aerodispersóides (poeiras e fumos metálicos)”.

Riscos Biológicos - Identificado no mapa pela cor marrom, tais como: “bacilos, bactérias, fungos, protozoários, parasitas, vírus”.

Riscos Ergonômicos – Identificado no mapa pela cor amarela, tais como: “trabalho físico pesado, posturas incorretas, posições incômodas, repetitividade, monotonia, ritmo excessivo, trabalho em turnos e trabalho noturno, jornada prolongada”.

Riscos Acidentais - Identificado no mapa pela cor azul, tais como: “arranjos físicos inadequados ou deficientes, máquinas e equipamentos, ferramentas defeituosas, inadequadas ou inexistentes, eletricidade, sinalização, perigo de incêndio ou explosão, transporte de materiais, edificações, armazenamento inadequado”.

As indicações dos riscos são feitas através de círculos de cores e tamanhos diferentes, apontando qual o risco e o seu tamanho conforme a Figura 9.













Tipo de risco	Risco Físico	Risco de Acidente	Risco Químico	Risco Ergonômico
Grande				
Médio				
Pequeno				

Figura 9 – A tabela é uma representação do risco de acidente, no ambiente de trabalho. Os riscos físicos, riscos de acidentes, riscos químicos e riscos ergonômicos são representados por círculos coloridos nas suas respectivas cores verde, azul, vermelho e amarelo, com três tamanhos variados, representando o grau de risco grande, médio e pequeno. Fonte: A autora

Os riscos existentes no laboratório de eletricidade - UnB Gama são:

- Risco Físico;
 - ✓ Agentes – ruído e vibração.
 - ✓ Grau de risco - Pequeno
 - ✓ Fonte geradora – motor
 - ✓ Medidas preventivas – Uso obrigatório de EPIs (Protetor auricular tipo plug e luva)



Figura 10 – A ilustração mostra o motor solto sobre a bancada. Quando ligado, provoca ruído e vibração, podendo ocasionar deslizamento, ou seja, um risco físico de grau pequeno que, no entanto, sem monitoramento, pode até ocasionar a queda do motor. Fonte: A autora

- Risco Químico;
 - ✓ Agentes – Fumos metálicos.
 - ✓ Grau de risco - Médio.
 - ✓ Fonte geradora – Aparelho de solda.
 - ✓ Medida preventiva – Uso obrigatório de EPIs (Máscara e protetor facial).



Figura 11 – A solda metálica é um risco químico de grau pequeno, gera fumos metálicos através do aparelho de solda, gerando desconforto através da respiração ao usuário. Fonte: A autora

- Risco Ergonômico;
 - ✓ Agente – Postura inadequada
 - ✓ Grau de risco - Pequeno
 - ✓ Fonte geradora – O banco que utilizam para sentar na bancada não tem encosto
 - ✓ Medidas preventivas - Adaptar o encosto no banco



Figura 12 – Os bancos do laboratório da FGA não possuem encosto, configurando um risco ergonômico de grau pequeno. E, como consequência direta, podem ocasionar doenças relacionadas à postura inadequada. Fonte: A autora

- Risco de Acidente.

- ✓ Agentes – Choques elétricos, queda de equipamento, queda de mesmo nível e probabilidade de incêndio.

- ✓ Grau de risco – Grande

- ✓ Fonte geradora – Painel elétrico, motor, piso escorregadio e eletricidade.

- ✓ Medidas preventivas – Usar luva específica, usar suporte para transportar, usar calçado de segurança e sempre realizar manutenção na rede elétrica.

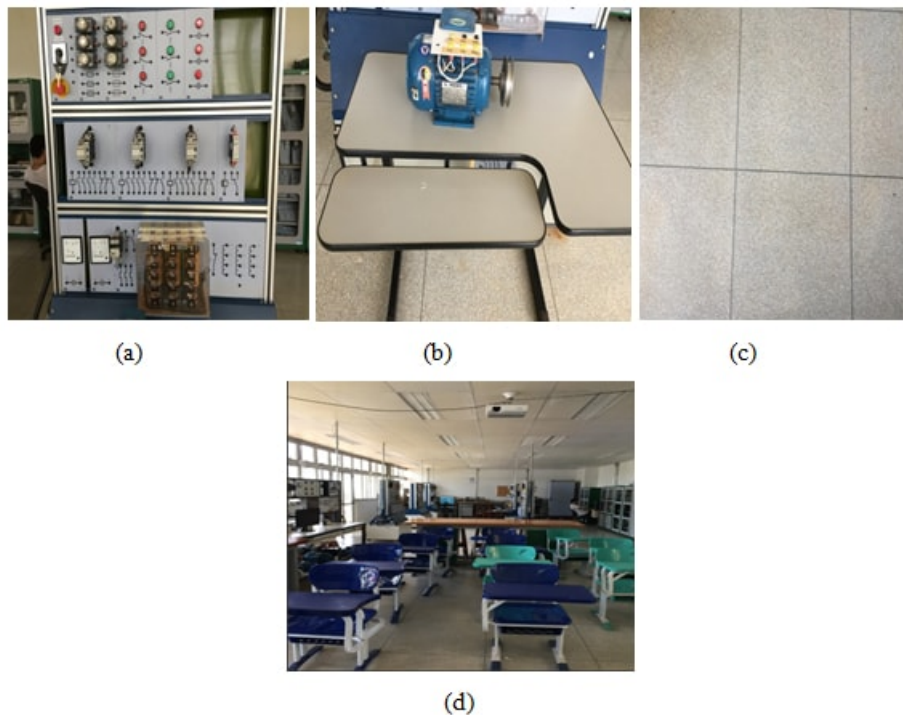


Figura 13 – Riscos de acidentes, a) A bancada para realização dos experimentos gera grau de risco elevado, devido ao agente ser o choque elétrico. Um exemplo para uma ocorrência é a operação dos arranjos dos elementos com circuitos energizados. Para a manobra dos experimentos, deve-se contar com a supervisão do professor, ou técnico responsável, para certificar e orientar quanto ao funcionamento de forma correta. b) Tendo em vista que, no laboratório de eletricidade da FGA, onde acontecem os experimentos com a utilização dos motores, não há suporte adequado para fixação do motor à bancada, corre-se o risco de, ao manuseá-lo, ocasionar a queda do equipamento, comprometendo a segurança e (sendo um problema grave para a) saúde dos alunos. c) O piso escorregadio gera um risco de queda de mesmo nível, para isso se faz a necessidade da utilização de sapatos emborrachados e d) Tendo em vista a probabilidade de incêndio causado por equipamentos elétricos, faz-se necessária a utilização de extintores e outros elementos que não sejam condutores de eletricidade, tais como abafadores. Fonte: A autora

2.4.3 Norma Regulamentadora (NR 10) – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

Os equipamentos elétricos, em um laboratório, possuem características inerentes a Sistemas Elétricos cujas finalidades são: geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Esses equipamentos, por suas características elétricas, são abordados pela NR10, que é a norma que:

Estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade (NR-10,).

Os principais riscos, no setor elétrico, segundo a Norma Regulamentadora NR 10, seguem as seguintes classificações:

Riscos em instalações e serviços com eletricidade:

- o Choque elétrico, mecanismos e efeitos;
- o Arcos elétricos; queimaduras e quedas;
- o Campos eletromagnéticos.

Riscos adicionais:

- o altura;
- o Ambientes confinados;
- o Áreas classificadas;
- o Umidade;
- o Condições atmosféricas.

Riscos típicos no Sistema Elétrico de Potência – SEP:

- o Proximidade e contato com partes energizadas;
- o Indução;
- o Descargas atmosféricas;
- o Estática;
- o Campos elétricos e magnéticos;
- o Trabalho em altura (PEREIRA JOAQUIM GOMES; SOUSA, 2011).

Parte III

Metodologia

3 Metodologia

3.1 Metodologia Experimental

As aulas práticas da disciplina de Eletricidade Aplicada da FGA-UNB GAMA oportunizaram o aprimoramento do aprendizado e das competências, permitindo novas experiências, além de capacitar o aluno a uma análise experimental, como estratégia de ensino em compreender um assunto trabalhado em aulas teóricas. Além disso, experimentos com o equipamento elétrico *Soft-Starter* deram, aos alunos, a oportunidade de unir teoria com elementos práticos, para a montagem do equipamento, na bancada, garantindo a execução das atividades de forma eficaz .

O primeiro passo, antes da criação dos experimentos, foi a preparação e elaboração de instrumentos de sondagem e aprendizagem como enquête, questionário, e aulas, que serviram de instrumento facilitador de manuseio do equipamento *Soft-Starter*. O público alvo foram os alunos de laboratório de eletricidade aplicada da Universidade de Brasília – FGA, onde se encontram alunos de Automotiva, Eletrônica, Energia e Aeroespacial.

A enquête foi elaborada com o objetivo de sondar conhecimentos prévios dos alunos sobre o equipamento *Soft-Starter* e motores.

Durante a aula de laboratório de Eletricidade Aplicada, após a apresentação oral, expliquei o objetivo da aplicação da 1ª enquête (ANEXO D) e pedi que respondessem às questões a seguir:

1- Existe diferença de motores trifásicos para monofásicos? Marque sua opção:

Sim Não

2-O *Soft-Starter* é utilizado em motores trifásicos? Marque sua opção:

Sim Não

3-Você conhece o Equipamento Elétrico *Soft-Starter*? Marque sua opção:

Sim Não

4- Sabe a finalidade dos tiristores? Marque sua opção:

Sim Não

5- Você sabe ligar o equipamento *Soft-Starter*? Marque sua opção:

Sim Não

6- Conhece o significado de Parâmetros? Marque sua opção:

Sim Não

7-Você sabe o significado das teclas do Equipamento *Soft-Starter*? Marque sua opção:

Sim Não

Os resultados obtidos permitem uma reflexão para que sejam desenvolvidos métodos que sejam eficazes e que gabaritem alunos para a realização dos experimentos com o *Soft-Starter*. Pois, o que se obteve como resultado foi que a grande maioria dos estudantes do total de 48 homens e 19 mulheres, 90% teve dificuldades sobre os conceitos relativos ao equipamento elétrico *Soft-Starter*. Para facilitar o entendimento, quanto ao uso do equipamento elétrico *Soft-Starter*, foram planejadas aulas teóricas com o objetivo de, também, complementar o assunto com a parte prática, na bancada. Essas aulas abordaram os seguintes itens: Objetivos do trabalho, Equipamento elétrico *Soft-Starter* e os seguintes sub-itens: O que significa *Soft-Starter*; Componentes do equipamento *Soft-Starter*; Tipos de acionamento para o motor e HMI - Interface Homem-Máquina.

Para o melhor entendimento sobre o equipamento *Soft-Starter* nas práticas laboratoriais, faz-se necessária uma explanação detalhada sobre o equipamento *Soft-Starter*, dando ênfase aos seguintes tópicos:

- i. Apresentação do Equipamento *Soft-Starter*.
- ii. Funcionamento do equipamento *Soft-Starter*.
- iii. Acionar o Motor via *Soft-Starter*.

3.1.1 APRESENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO *SOFT-STARTER*

O equipamento elétrico *Soft-Starter* é uma chave de partida eletrônica que controla a potência do motor de forma a suavizar a partida e parada.

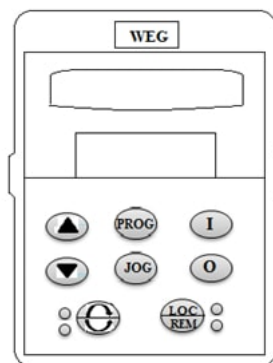




Figura 14 – A ilustração mostra os comandos de ajuste dos parâmetros no display SSW 06. Portanto, ao manusear o equipamento, é possível visualizar o parâmetro programado e seu significado. Fonte: A autora


Display de Leds – Os parâmetros são programados no display, ex. P101. 

Display LCD – Exibe o parâmetro programado e seu significado. 

Ajuste dos parâmetros no display de Led. 


PROG - Seleciona os parâmetros desejados. 

Opera o motor – Partida. 

Desativa o motor – Parada. 

Sentido de rotação do motor – Horário e anti-horário. 

Opção dos comandos Local na (SSW 06) ou Remoto (via software). 

Quando ativado P510 =1, ao pressionar a tecla JOG faz o motor girar até a frequência de JOG. 

3.1.2 FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO *SOFT-STARTER*

Material Necessário:

✓01 *Soft-Starter* SSW-06 (Placa 025) - Chave de partida estática para controle da potência que será entregue ao motor.

✓03 Fusíveis 16A (Placa 012) - Os fusíveis têm como característica a proteção contra picos de corrente.

✓01 Chave de Segurança (Placa 001) - Trata-se da chave de segurança que irá energizar e desenergizar a bancada.

Procedimentos:

Observe a Figura abaixo:

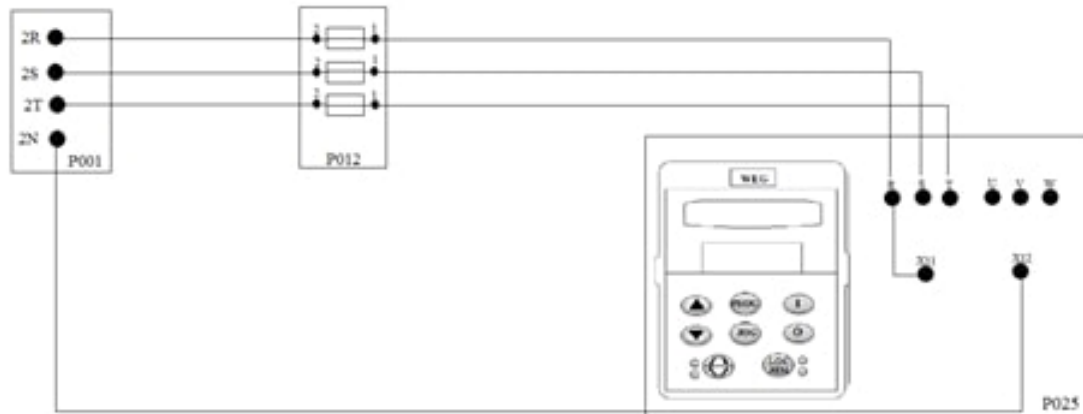


Figura 15 – Forma de montagem do circuito para ligar o equipamento elétrico *Soft-Starter*. Para isso é necessário fazer as ligações dos terminais de conexão da (Placa 001) com os terminais de conexão da Placa 012 e, posteriormente, fazer a ligação com terminais de saídas do Fusível, com os terminais de conexão da rede de alimentação da *Soft-Starter* (R,S,T). Por fim, conectar um fio saindo do terminal R para X_{1A} ; e um fio saindo do X_{2A} , para o neutro da (Placa 001). Fonte: A autora

A. Monte o circuito como na Figura 15 .

B. Energize a bancada e observe se o display acendeu.

Os próximos itens apresentam um exemplo de como proceder a uma programação, no equipamento *Soft-Starter*.

C. Selecione o parâmetro P000, pressione a tecla PROG, selecione 5, e aperte PROG, novamente, para permitir as alterações dos parâmetros.

D. Parâmetros P001 a P099 são apenas parâmetros de leitura.

E. Selecione o parâmetro P101 (Tensão inicial), pressione a tecla PROG, use a tecla de ajuste de parâmetros, programe para o valor 60, pressione a tecla PROG.

F. Selecione o parâmetro P102 (Tempo de aceleração), pressione a tecla PROG, use a tecla de ajuste de parâmetros, programe para o valor 15s, pressione a tecla PROG.

3.1.3 ACIONAMENTO DO MOTOR VIA *SOFT-STARTER*

Efetuar a montagem, segundo o diagrama da Figura 16.

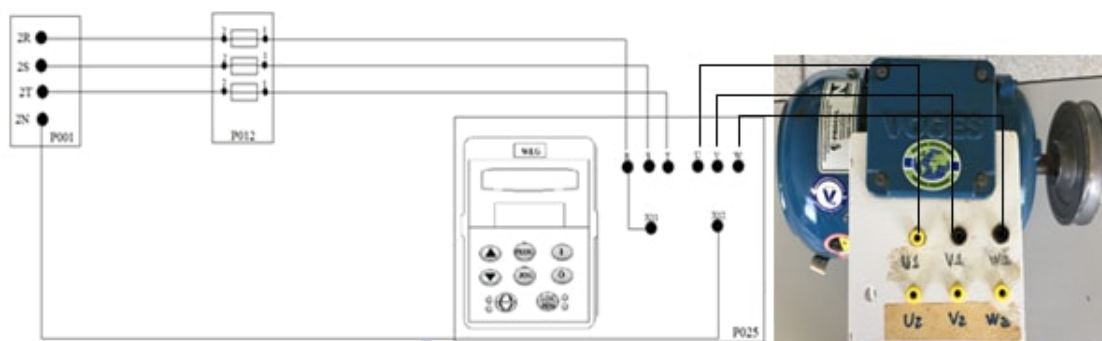


Figura 16 – Forma de conexão do *Soft-Starter* com o motor trifásico. Contudo é necessário fazer as ligações dos terminais de conexão da (Placa 001) com os terminais de conexão da (Placa 012). Posteriormente, fazer a ligação com terminais de saídas do Fusível com os terminais de conexão da rede de alimentação da *Soft-Starter* (R,S,T). Em seguida, conectar um fio saindo do terminal R para X_{1A} e um fio saindo do X_{2A} para o neutro da Placa 001. E, por fim, fazer as ligações dos terminais (U,V, W) com (U1, V1, W1) do motor e realizar a ligação, dependendo da configuração desejável. Ou seja: Estrela ou triângulo.
Fonte: A autora

- A. Monte o circuito na configuração Delta ou Estrela.
- B. Energize a bancada e observe se o display acendeu.
- C. Selecione o parâmetro P000, pressione a tecla PROG, selecione 5, e aperte a tecla PROG, novamente, para permitir as alterações dos parâmetros.
- D. Selecione o parâmetro P400, pressione a tecla PROG, ajuste a tensão conforme o tipo de ligação Delta = 220 V ou Estrela = 380, e aperte a tecla PROG.
- E. Pressione a tecla, (I) partida.

3.2 ENSAIOS COM O EQUIPAMENTO ELÉTRICO *SOFT – STARTER*

3.2.1 Primeira Experiência - Estudar os princípios de funcionamento do componente eletrônico Tiristorizado

Material Necessário:

- ✓01 *Soft-Starter* SSW-06 (Placa 025)
- ✓03 Fusíveis 16A (Placa 012)
- ✓01 Chave de Segurança (Placa 001)

✓01 Motor trifásico

Objetivos e metodologia

Utilização do equipamento elétrico *Soft- Starter*, para acionamento de motores trifásicos, com o objetivo de compreender as noções básicas da HMI e seu princípio de funcionamento.

a. Monte o circuito como na figura abaixo

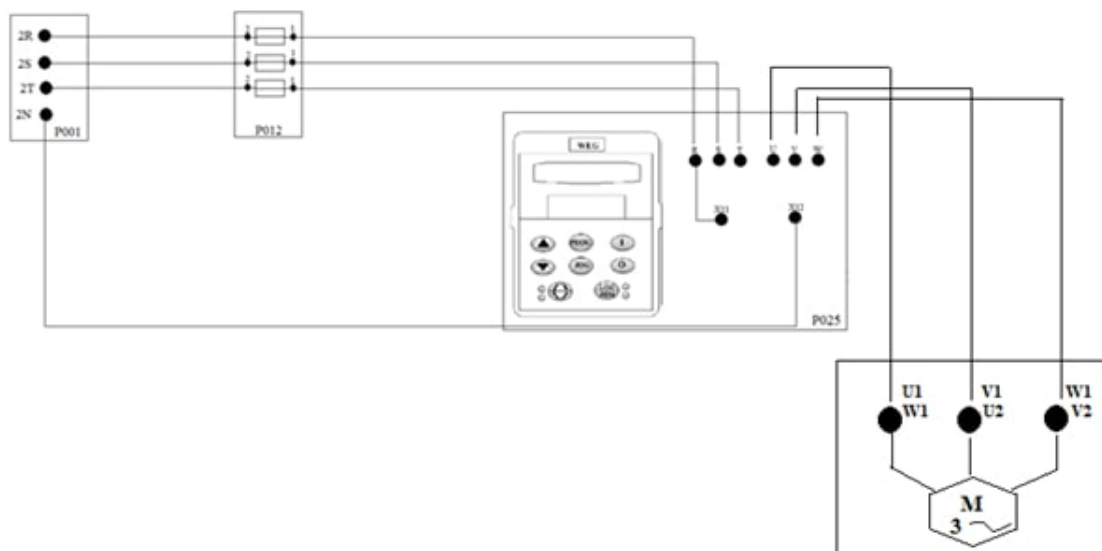


Figura 17 – Ilustração das ligações do equipamento *Soft-Starter* com o motor trifásico. Para isso é necessário realizar as conexões da fonte de alimentação para os fusíveis, depois para o bone de conexão da rede de alimentação do equipamento elétrico *Soft-Starter* e por fim a conexão para o motor. As conexões para alimentação do *Soft-Starter* é X_{1A} com a fase R e X_{2A} com neutro da (Placa 001) Fonte: A autora

- A. Energize a bancada e observe se o display acendeu.
- B. Selecione o parâmetro P000, pressione a tecla PROG, selecione 5, e aperte a tecla PROG, novamente, para permitir as alterações dos parâmetros.
- C. Selecione o parâmetro P102 (tempo de aceleração), pressione a tecla PROG, selecione 10s, e aperte a tecla PROG.
- D. Selecione o parâmetro P104 (tempo de desaceleração), pressione a tecla PROG, selecione 10s, e aperte a tecla PROG.
- E. Selecione o parâmetro P101 (tensão inicial), pressione a tecla PROG, selecione 35, e aperte a tecla PROG.
- F. Ajuste, em seguida, para o parâmetro de leitura da corrente do motor P003.
- G. Pressiona a tecla (I), partida.

- Importante: Quais são os valores de corrente de partida e de trabalho do motor (obs: os valores visualizados no display de LED da *Soft-Starter*)

H. Selecione a tecla (O), Parada.

Análise dos Resultados:

a. Descrever detalhadamente cada parâmetro de leitura.

P001 – Corrente do *Soft-Starter* % Ln da *Soft-Starter*;

P002 – Corrente do Motor % Ln do Motor;

P003 – Corrente do Motor;

P004 – Tensão da rede de alimentação;

P005 – Frequência da rede de alimentação;

P006 – Estado da *Soft-Starter*;

P007 – Tensão de saída;

P008 – Fator de Potência;

P009 – Torque do motor % Tn do Motor;

P010 – Potência de saída;

b. Explicar através de cálculo a diferença da configuração Delta e Estrela.

c. Faça um resumo da importância do Equipamento Elétrico *Soft-Starter* e justifique com um desenho ou uma equação, mostre o livro ou a fonte que utilizou para a construção do conhecimento.

d. A partir dos dados obtidos no item G, o que se pode concluir?

3.2.2 Segunda Experiência – Partindo com controle de Bombas

Em muitos momentos na indústria é necessário projetar mecanismos para controle de acionamentos de bombas, controles de esteiras, acionamentos de foguetes e até correção de rota de ônibus espacial, para decolar e orbitar a terra. Os presentes estudos, em laboratório, visam a ensinar os discentes os princípios básicos de sistemas de controle, que consistem em obter o modelo comportamental da planta (jargão técnico que neste caso representa o motor).

Material Necessário:

✓01 *Soft-Starter* SSW-06 (Placa 025)

✓03 Fusíveis 16A (Placa 012)

✓01 Chave de Segurança (Placa 001)

- ✓01 Carga (motor trifásico acoplado a um redutor)
- ✓01 Amperímetro

Objetivos e metodologia

Utilização do *Soft-Starter* Figura 18 para acionamento de motores trifásicos e compreensão das noções básicas de sistema de controle com o objetivo de extrair a função de transferência de uma planta conforme o sinal de entrada.



Figura 18 – Ilustração do funcionamento do equipamento *Soft-Starter*, quando acontece o acionamento de motores trifásicos: partida suave utilizada para controle de potência em motores trifásicos. Fonte: WEG

Para atingir o objetivo, os principais pontos práticos serão abordados:

- ✓ Extrair informações de corrente em função do tempo
- ✓ Extrair a função de transferência do motor elétrico com eficiência mínima de 95 % usando o Matlab;

a. Monte o circuito como na figura

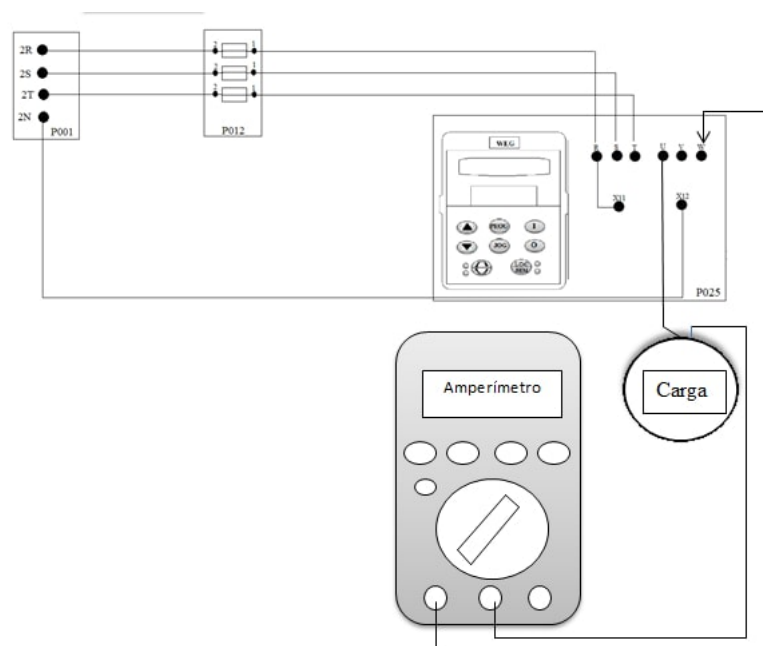


Figura 19 – Ilustração das ligações do equipamento *Soft-Starter* com a carga - motor acoplado a um redutor com amperímetro Fonte: A autora

b. Programe os parâmetros seguindo a tabela abaixo

Parâmetros	Valor	Descrição do Parâmetro
P000	5	Senha de acesso
P202	2	Controle de Bombas
P130	bomba 1	Controle de Bombas
P101	25%	Tensão inicial – escolher um valor da tensão para o motor girar suavemente
P102	15s	Tempo de aceleração-tempo necessário para uma partida suave, para que não ocorra trepidação da carga.
P103	80%	Degrau de desaceleração – “Melhorar a linearidade da queda da pressão na desaceleração” WEG.
P104	10s	Tempo de desaceleração
P400	220 V	Tensão nominal do motor – Ajustar conforme o tipo de ligação Delta = 220 V ou Estrela = 380.
P401	1.6 A	Corrente Nominal do Motor – Ajustar conforme especificado na placa do motor
P406	1.35	Fator de Serviço - – Ajustar conforme especificado na placa do motor.
P610	60 %	Subcorrente
P611	5s	Tempo de Subcorrente
P620	Inativa	Sequência de Fase
P640	Classe 40	Classe Proteção de Temperatura

a. Execute os seguintes passos:

i. Pressione a tecla PROG - *Soft-Starte* Pronta.

ii. Com uma câmera, filme os valores das correntes mostrados no amperímetro da partida e parada.

iii. Selecione a tecla (I), Partida.

iv. Selecione a tecla (O), Parada, alguns segundos, quando a corrente do motor estiver constante.

Análise dos Resultados:

a. Introdução para contextualizar a atividade realizada, com base em estudos de caso;

b. Relatar o objetivo do experimento;

c. Apresentar todos os detalhes técnicos, gráficos, desenhos, fórmulas ou qualquer outro conceito relevante;

d. Resultados e Discussão;

e. Conteúdo aprendido, com citação de vocabulário e conceitos.

Tutorial para o desenvolvimento da função de transferência no MATLAB

Para maior compreensão das atividades propostas, será desenvolvido um exemplo, mostrando como obter uma função de transferência baseados em dados oriundos de experimentos. Esse exemplo mostrará como usar o Matlab para auxiliar na tarefa.

Primeiro Passo: Após a execução do Matlab, conforme mostrado na (Figura 20), executar os seguintes comandos:

- clear all: apagar as variáveis que estão no Workspace;
- clc: limpar a tela de comando;
- $t = \text{randn}(1,10)$;
- $y = 10*t + 3$;

Obs: Em cada linha de comando pressionar o enter. As informações ficaram no *Workspace*, conforme mostra a Figura 20. Observe que, em cada versão do Matlab, apresentar-se-á uma tela diferente da exposta aqui.

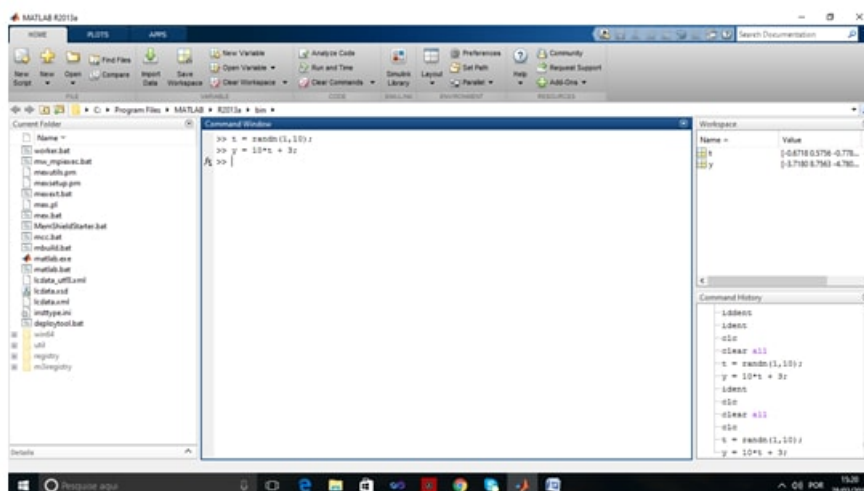


Figura 20 – Tela inicial do Matlab. Ilustração do tutorial criado para evidenciar o desenvolvimento da função de transferência, no MatLab. Foi criado um exemplo para mostrar como obter uma função de transferência baseada em dados oriundos de experimentos. Fonte: A autora

Segundo Passo: Na linha de comando digitar a palavra *ident*, em seguida, pressionar o enter. Aparecerá uma tela conforme a Figura 21. Este *toolbox* do Matlab foi desenvolvido para permitir que se extraia uma função de transferência de forma bem simples.

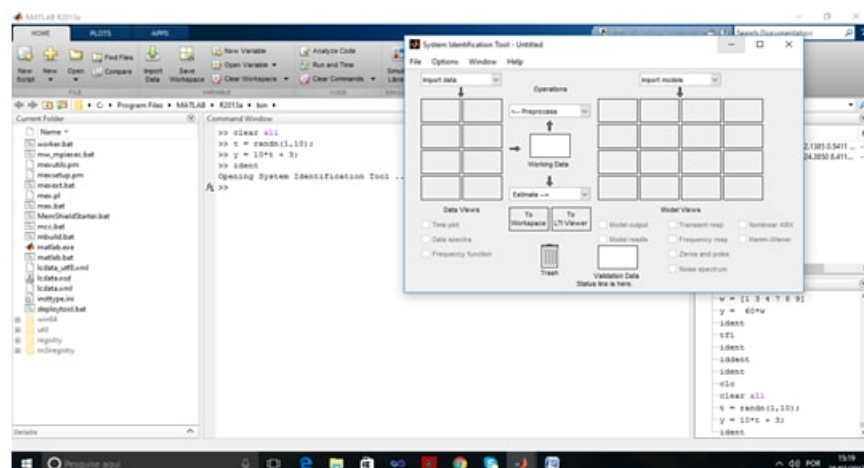


Figura 21 – Após o comando *ident* programado no Matlab, aparecerá o *toolbox* para realizar a execução da ferramenta de extração da função de transferência. Fonte: A autora

Terceiro Passo: Clique na caixa onde está escrito *import data* e escolha a opção *time domain data*. Aparecerá uma tela conforme a Figura 22. Em *Workspace Variable*, digite na caixa *input* a variável *t* que representa os parâmetros de entrada da função; e na caixa *output*, o *Y*, que representa a saída da função. Em seguida clicar em *import*, e quando aparecer uma caixa de diálogo veja a Figura 23, confirme.

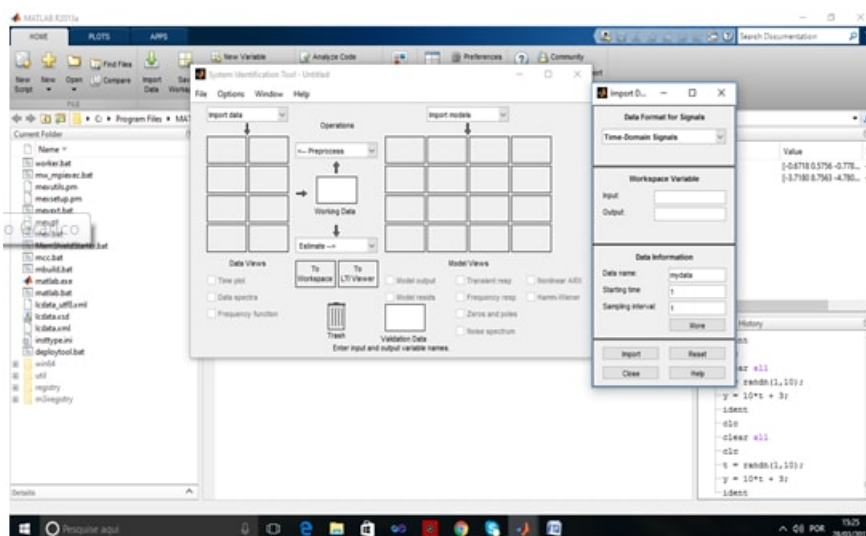


Figura 22 – Sobre como importar os dados de uma variável. Ao clicar em *import data* e na opção *time domain data*, aparecerá a ilustração representada na Figura 22. Fonte: A autora

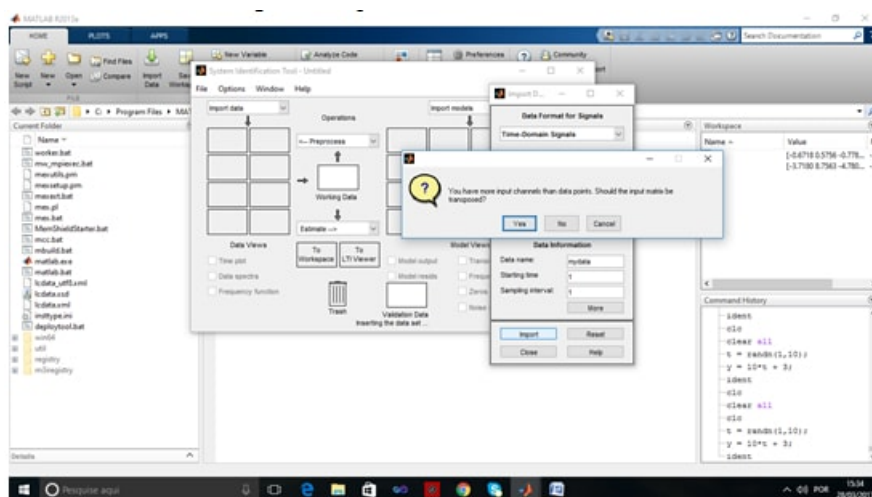


Figura 23 – Após clicar nos parâmetros de entrada e saída da função, clicar em *import* para visualizar a caixa de diálogo, conforme ilustração, obtendo os parâmetros para extração da função de transferência. Fonte: A autora

Quarto Passo: Na caixa *estimate*, selecione a opção *transfer Function model*. Nesta tela aparecerão caixas para informar o número de pólos e zeros da função, conforme a Figura 24. Neste caso, são estimativas que, neste processo, poderão ser testados alterando os números de pólos e zeros para obter a melhor função de transferência. Para extrair mais tentativas, basta repetir os procedimentos do quarto passo.

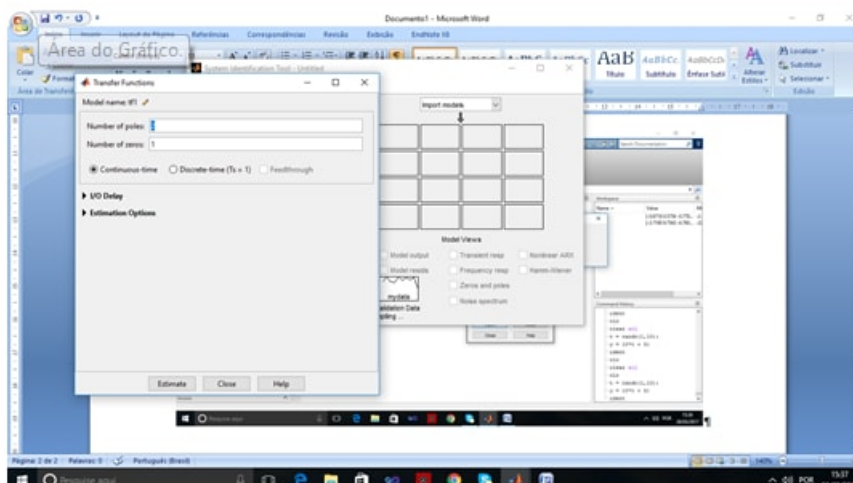


Figura 24 – A tela evidencia que é possível repetir tentativas várias vezes, alterando o número de pólos e zeros, para obter a melhor função de transferência. Fonte: A autora

Quinto Passo: Quando clicar na caixa que mostrará o gráfico da função indicada por *tfl*, verifique que as linhas poderão ficar mais grossa - ou não - conforme o *click*. A linha mais grossa representa que o gráfico foi selecionado. Se quiser verificar a função de transferência no *prompt*, do Matlab, basta arrastar para caixa *To Workspace* e, em seguida, digitar o nome da função no *prompt*, que, no caso, é *tfl*. Outra opção para visualizar a função de transferência seria clicando com o botão direito do mouse.

Sexto Passo: Marque o *checkboxlist Model Output*, e, para checar a eficiência da função, basta visualizar a área *Best Fits*. Nesta área, o valor que aparecerá é o percentual de confiança, ou seja, o quanto a função extraída no Matlab é próxima da real. Lembre-se é preciso alcançar, no mínimo 95 %. Para atingir este valor, será necessária a prática da tentativa e erro.

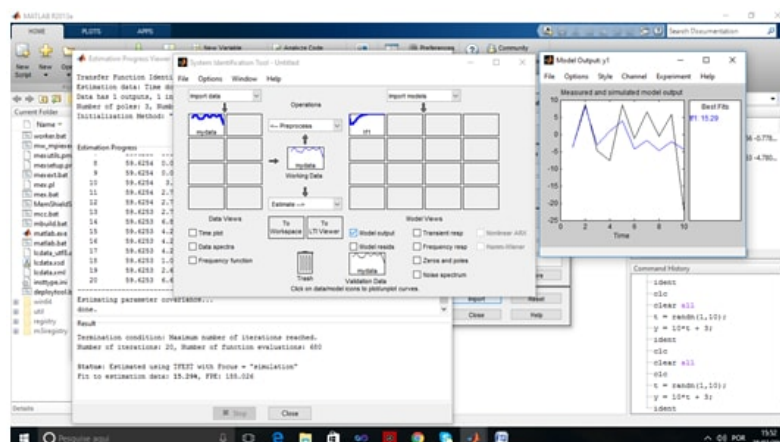


Figura 25 – Tela que evidencia o grau de confiança da função de transferência e permite, após tentativa e erro, visualizar que se extraiu do Matlab a função mais próxima do ideal. Fonte: A autora

Sétimo passo: Ao marcar os *checklists*, *Transient resp*, *Frequency resp* e *Zeros and Poles*, aparecerão os gráficos que foram pedidos nesta atividade.

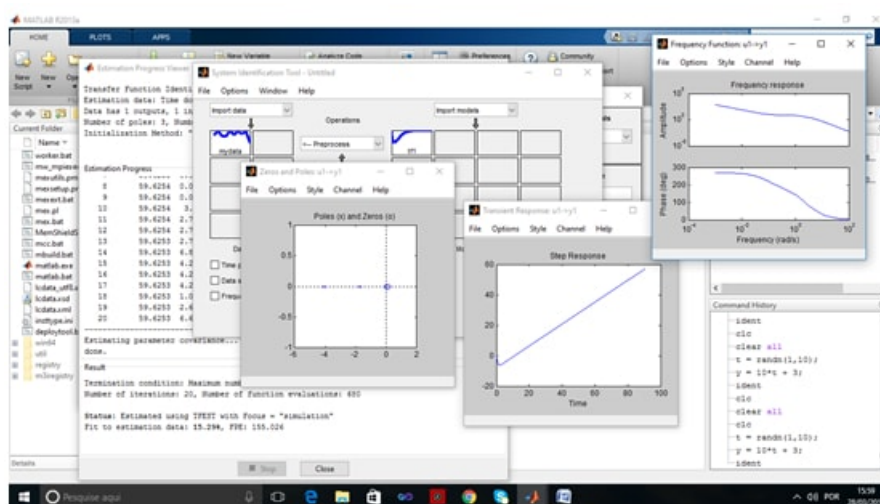


Figura 26 – Ilustração de um gráfico resultante de análise de pólos e zeros, que mostra, resposta em frequência, resposta transiente e gráfico *output*. Fonte: A autora

3.2.3 Terceiro Experimento

Quando há um acionamento de um motor, a corrente sofre uma variação em função do tempo, conforme a Figura 27. Os principais tipos de acionamentos são: acionamento em partida direta, representado em vermelho; partida estrela-triângulo, representado em azul; e o acionamento da chave estática *Soft-Starter*, conforme demonstra a linha verde. Os presentes estudos em laboratório visam ensinar aos discentes as principais características das curvas de um acionamento, que consiste em obter o modelo comportamental das partidas representada no motor.

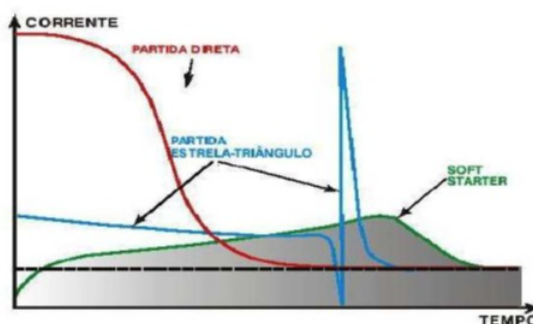


Figura 27 – A ilustração evidencia o resultado comparativo entre métodos de acionamento (partida direta, representado em vermelho; partida estrela-triângulo, representado em azul) e o acionamento da chave estática *Soft-Starter* (conforme demonstra a linha verde). (ROSSI, 2012)

Material Necessário:

- ✓01 Soft-Starter SSW-06 (Placa 025)
- ✓03 Fusíveis 16A (Placa 012)
- ✓01 Chave de Segurança (Placa 001)
- ✓01 (motor trifásico)
- ✓01 Quadro de comando + sim. de defeitos (Placa 007) - Módulo didático de simulação de partida em motores, tais como, partida direta e Y- Δ e um simulador de defeitos. Contendo fusíveis de proteção, contatores, relé temporizador e relé térmico.
- ✓01 Amperímetro (Placa 036)

Objetivos e metodologia

Utilização da (Placa 007) e (Placa 025) *Soft-Starter* SSW-06 para acionamento de motores trifásicos com o objetivo de compreender as noções básicas dos tipos de partida – partida direta; estrela-triângulo e *Soft-Starter*.

a. Monte o circuito como na figura abaixo

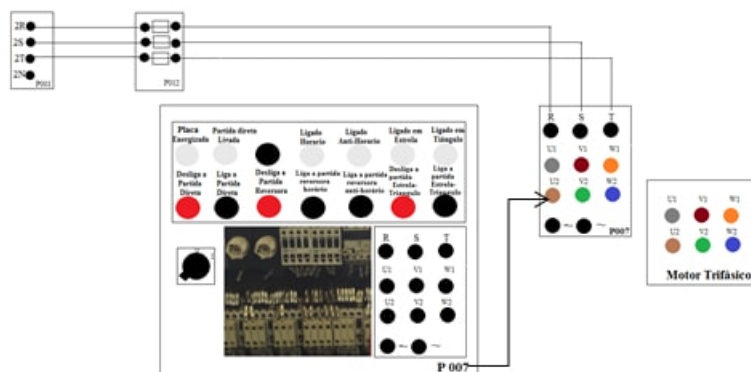


Figura 28 – Ilustração das ligações do painel da (Placa 007) com o motor trifásico seguindo as cores, como por exemplo, laranja com laranja, verde com verde assim por diante. Fonte: A autora

A. Realize a conexão do amperímetro (Placa 036) com a (Placa 007). A Figura 29 faz a representação para ligar a (Placa 036) com a (Placa 007).

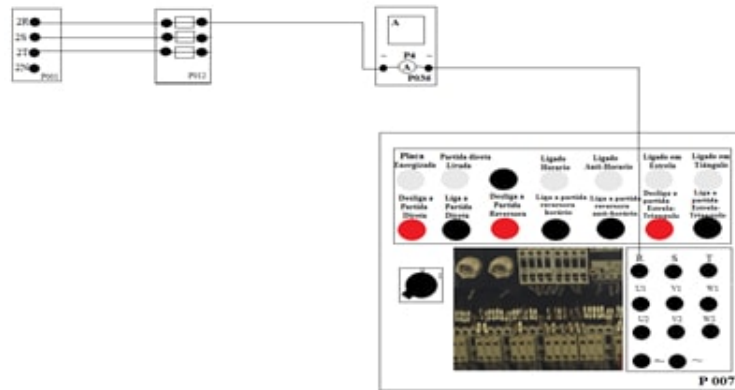


Figura 29 – Ilustração da conexão ao amperímetro: representação de como ligar a (Placa 036) à (Placa 007). Para isso realizar a conexão da saída do fusível com o borner (+) do amperímetro e o (-) do amperímetro com o borner R da (Placa 007) Fonte: A autora

B. Energize a bancada e ligue a (Placa 007).

C. Acione o botão liga "partida direta", na (Placa 007), e siga a tabela para inserir os valores do tempo com a corrente medida.

TEMPO (S)	CORRENTE (A)

D. Acione o botão liga “partida estrela-triângulo”, na (Placa 007), e siga a tabela para inserir os valores da do tempo com a corrente medida.

a. Programe os parâmetros seguindo a tabela abaixo

Parâmetros	Valor	Descrição do Parâmetro
P000	5	Senha de acesso
P101	25%	Tensão inicial – escolher um valor da tensão para o motor girar suavemente
P400	220 V	Tensão nominal do motor – Ajustar conforme o tipo de ligação Delta = 220 V ou Estrela = 380.
P401	1.6 A	Corrente Nominal do Motor – Ajustar conforme especificado na placa do motor

F. Selecione a tecla (I), Partida, na (Placa 025), e siga a Tabela para inserir os valores do tempo com a corrente medida.

TEMPO (S)	CORRENTE (A)

G. Selecione a tecla (O), Parada, e pressione-a por alguns segundos, quando a corrente do motor estiver constante.

Análise dos Resultados:

- a. Relatar o objetivo do experimento;
- b. Realizar um resumo com citação de vocabulário e conceitos dos três tipos de acionamento: “partida direta”, “estrela-triângulo” e *Soft-Starter*.
- c. A partir das tabelas preenchidas, o que se pode concluir?

3.3 ACÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO

Na matéria Segurança do Trabalho são ensinados procedimentos práticos e teóricos de como prevenir acidentes, identificar riscos e distinguir as normas que se aplicam a cada tipo de ambiente de trabalho.

Para a elaboração do Mapa de Risco do laboratório, foi necessário fazer o reconhecimento do local e, em seguida, identificar os riscos existente no local. Ou seja, físico, químico, ergonômico, biológico e de acidente e analisar o percentual - risco pequeno, médio ou grande. Pode-se observar, na Figura 31, a representação do mapa de risco do laboratório de eletricidade da Universidade de Brasília – Gama.

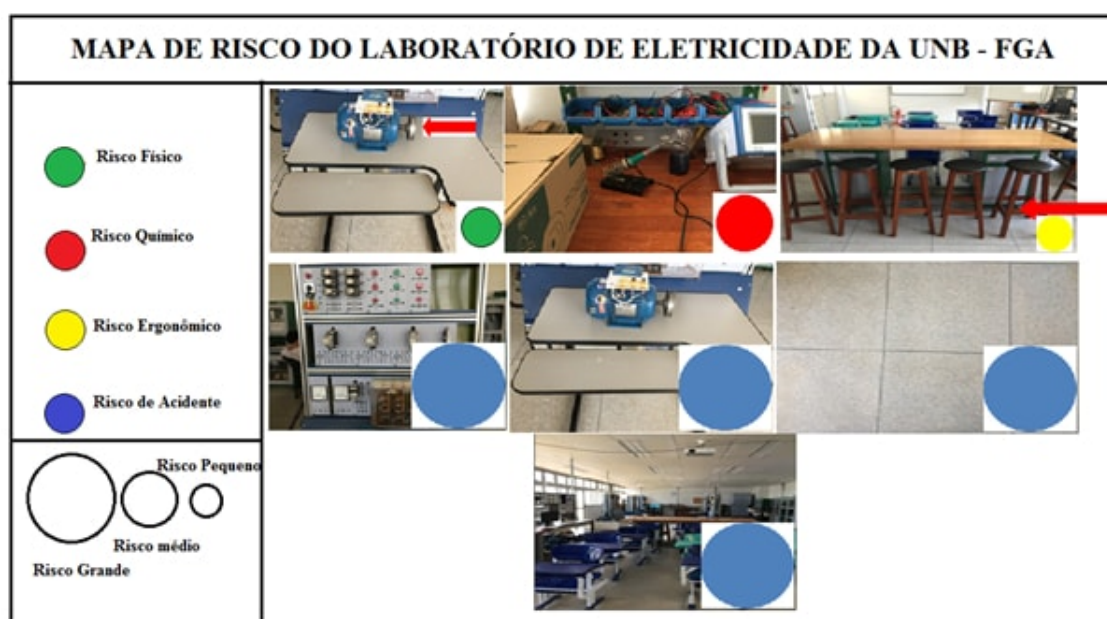


Figura 31 – Quadro representativo do Mapa de Risco, evidenciando tipos de risco e o nível de gravidade. Destaques importantes para possibilitar prevenir ocorrências de acidentes dentro do Laboratório de Eletricidade. Fonte: A autora

Parte IV

Resultados e Discussões

4 Resultados e Discussões

4.1 RESULTADOS DAS ENQUETES

No cotidiano da prática educacional, constata-se, frequentemente, o tanto que os ideais sociais, os valores e estereótipos apresentam-se de forma arraigada. O artigo “O conceito de gênero e suas representações sociais” aborda o conceito de gênero de forma empírica e analítica, para mostrar como as reflexões sobre gênero costumam ocorrer e, ainda, na tentativa de desconstruir pré-conceitos nessa área. O artigo é o relato de uma pesquisa e, na conclusão apresentada, os autores (BENEVENTO, 2013) afirmam que gênero é uma construção cultural e social.

Os resultados apresentados, no questionário e enquete deste trabalho, mostraram que ocorre um relativo distanciamento entre respostas de homens e mulheres. A abordagem aqui se refere ao fato de que o trabalho relata a distinção de gênero, pois foram destacadas respostas que evidenciaram isso. Ocorrem distanciamentos, diferenças de atitudes que podem refletir na apropriação da aprendizagem. São ocorrências que retratam resultados de construção social passíveis de serem modificados (BENEVENTO, 2013) para aprimoramento e eficácia do fazer educacional.

Antes de desenvolver os experimentos, foi elaborada e aplicada enquete a um total de 67 (sessenta e sete) alunos, dos cursos de Automotiva, Eletrônica, Energia e Aeroespacial, sendo 19 mulheres e 48 homens. E o que se observou foi a falta de correlação do estudo aprendido dentro de sala de aula com a prática nos laboratórios de eletricidade, relacionado com o equipamento *Soft-Starter*. Os resultados preliminares serão demonstrados por meio de gráficos, conforme figuras abaixo.

Na Figura 32, temos a porcentagem de respostas ao quesito: “Existe diferença de motores trifásicos para monofásicos?”. Do total de alunos consultados, 85,41% dos homens responderam corretamente e 14,58% não souberam responder. No caso das mulheres, 78,94% responderam corretamente e 21,05% não souberam a resposta.

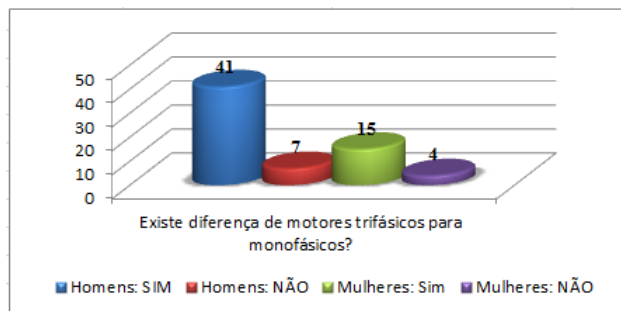


Figura 32 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Existe diferença de motores trifásicos para monofásicos?” Fonte: A autora

A Figura 33 apresenta os resultados para o quesito: “O *Soft-Starter* é utilizado em motores trifásicos? ”. Dos alunos consultados, 12,5% do sexo masculino responderam corretamente e 87,5% não souberam responder. Do público feminino, 100% não soube a resposta.

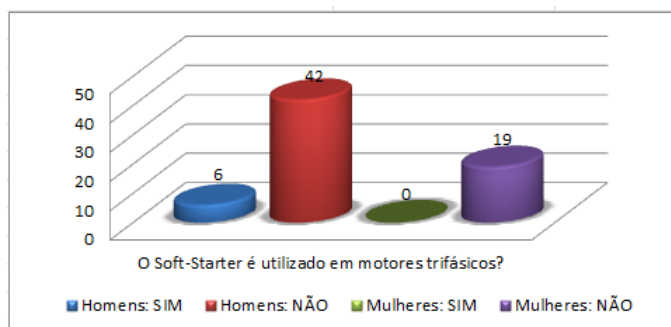


Figura 33 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “O *Soft-Starter* é utilizado em motores trifásicos?” Fonte: A autora

Figura 34, resposta ao quesito: “Você conhece o Equipamento Elétrico *Soft-Starter*?”. Do total de homens, 6,25% souberam responder e 93,75% não souberam. No caso das mulheres 100% não souberam a resposta.

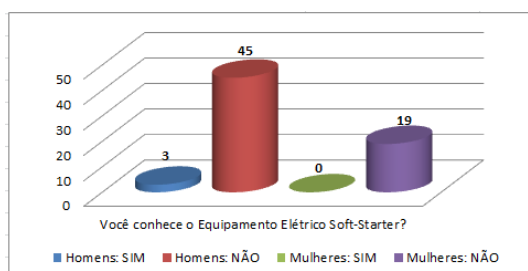


Figura 34 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Você conhece o equipamento elétrico *Soft-Starter*?” Fonte: A autora

Na Figura 35, respostas aos quesitos: “Sabe a finalidade dos tiristores” e “Você sabe ligar o equipamento *Soft-Start*?”. Tanto os homens quanto as mulheres não souberam a resposta.

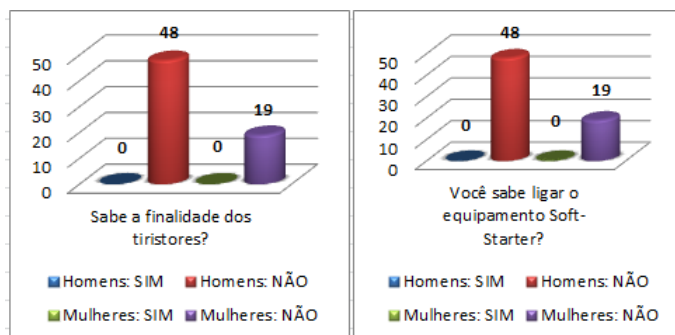


Figura 35 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: (a) “Sabe a finalidade dos tiristores?” (b) “Você sabe ligar o equipamento *Soft-Starter*?”
Fonte: A autora

Figura 36, respostas ao quesito: “Conhece o significado de Parâmetros?”. 12,5% dos homens responderam corretamente e 87,5% não souberam. No caso das mulheres, 5,26% souberam responder corretamente e 94,73% não souberam.

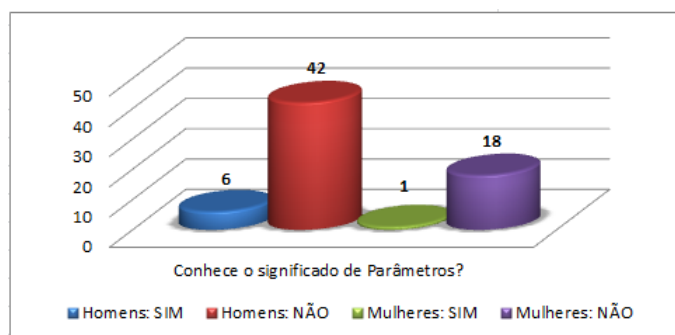


Figura 36 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Conhece o significado de parâmetros?” Fonte: A autora

Conforme apurado nas enquetes, constatou-se um nível elevado de alunos que não possuem conhecimentos suficientes sobre o uso do equipamento *Soft-Starter*. Em se tratando do público feminino, o índice foi ainda maior. Sobre o contato com motores monofásicos e trifásicos, tanto os homens como as mulheres não demonstraram possuir dificuldades, pois se trata de assunto massificado em sala de aula.

Constatou-se, ainda, uma limitação dos alunos, tanto os homens quanto as mulheres, em relação ao equipamento elétrico *Soft-Starter* do laboratório de eletricidade. A maioria desconhecia a existência do equipamento. Também foi constatada a mesma limitação, quando foi abordado o processo de controle de corrente relacionado aos tiristores.

Mesmo após a aula sobre o tema, ainda se constatou que, muitas dúvidas persistiram em relação ao ícone da tecla de acionamento do motor, e se há a possibilidade de fazer *download* dos parâmetros, diretamente, sem programar de um a um.

Após a realização da primeira enquete, foi ministrada uma aula didático-pedagógica com o intuito de aprimorar os conhecimentos sobre o equipamento elétrico *Soft-Starter*. Em seguida, a turma foi submetida a uma nova enquete e um teste para medir o conhecimento sobre o assunto abordado na aula. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos, conforme Figura 37 - Resposta ao quesito: “Você tem alguma dúvida sobre o equipamento elétrico *Soft-Start*?” Dos alunos que responderam 25% dos homens responderam possuir dúvidas, enquanto que 75% não tiveram nenhuma dúvida. Em se tratando do público feminino, 100% manifestaram não possuir dúvidas

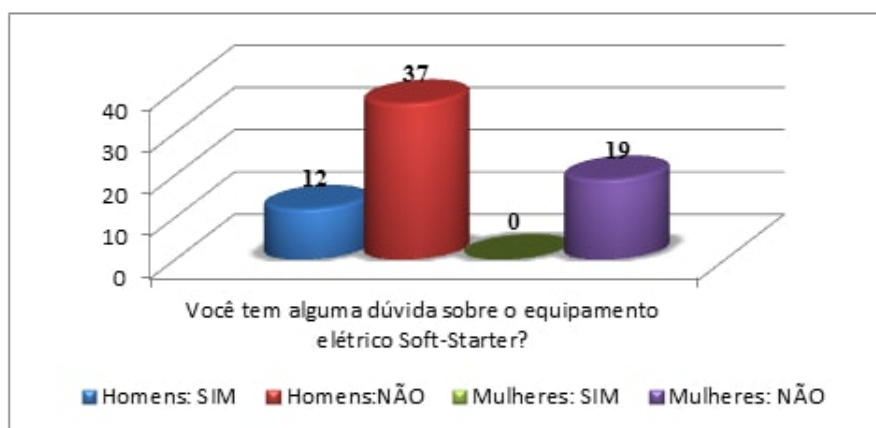


Figura 37 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Você tem alguma dúvida sobre o equipamento *Soft-Starter*?” Fonte: A autora

Na Figura 38, temos o gráfico que representa a resposta ao quesito: “Quanto à funcionalidade o equipamento elétrico *Soft-Start* preenche as expectativas?” e 100% dos entrevistados foram unânimes em responder positivamente sobre as expectativas em torno do equipamento.

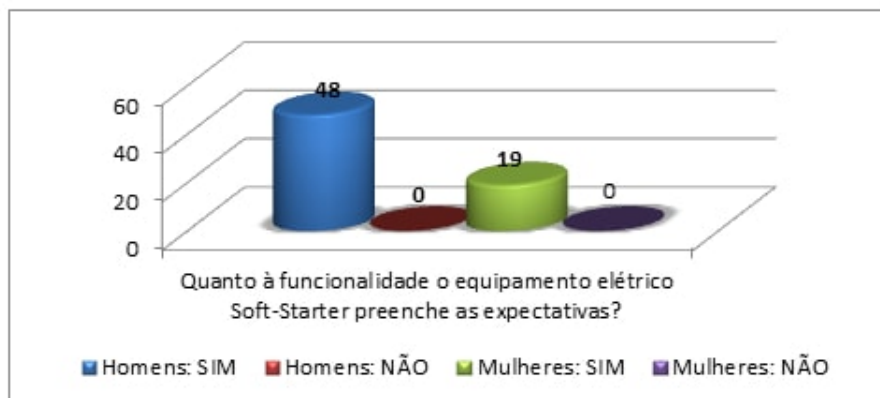


Figura 38 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Quanto à funcionalidade, o equipamento elétrico *Soft-Starter* preenche as expectativas?” Fonte: A autora

A Figura 39 evidencia um excelente resultado da relação entre a prática com a teoria, além do caráter interativo, habilidades auxiliares na construção do conhecimento e nas relações interpessoais. Dos homens, apenas 2,08% disseram não saber manusear o equipamento e todos responderam sim sobre a escolha do equipamento para eventuais trabalhos. No caso das mulheres, 100% disseram que saberiam manusear o equipamento e que o escolheriam para possíveis trabalhos.

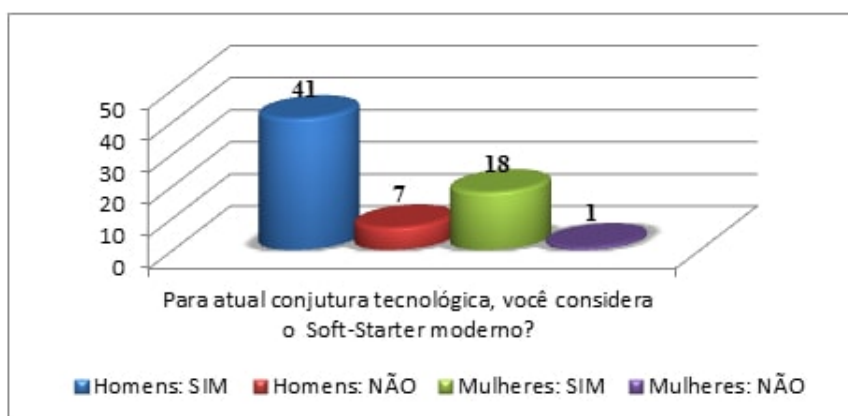


Figura 39 – Gráfico que mostra o percentual alcançado, entre os participantes (homens/mulheres), após a aplicação da seguinte pergunta da enquete: “Para atual conjuntura tecnológica você considera o *Soft-Starter* moderno?” Fonte: A autora

Após a aula sobre o equipamento elétrico *Soft-Starter*, houve uma mudança positiva, percebida após a segunda enquete. Os alunos participantes foram unânimes sobre a importância do referido equipamento e demonstraram ser favoráveis ao seu uso em possíveis trabalhos. Sobre as dúvidas que foram constatadas na primeira enquete, muitas foram dirimidas na aula expositiva, elevando o índice de respostas positivas na segunda

enquete.

4.2 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

4.2.1 Primeiro Experimento

O primeiro experimento foi desenvolvido com o propósito de o aluno aprender os conceitos fundamentais do equipamento elétrico *Soft-Starter*, na bancada. A partir do esquema elétrico, a proposta foi a de destacar se o aluno conseguirá ligar o equipamento a um motor trifásico e realizar a programação no *Soft-Starter*. O principal objetivo desse questionário é o de instigar o aluno a interessar-se pelo conhecimento do equipamento elétrico.

Após a explanação do experimento foi realizado um questionário com as seguintes perguntas:

- 1) Qual a diferença de motores trifásicos para monofásicos? Explique
- 2) O que significa o equipamento elétrico *Soft-Starter*? Explique
- 3) Elabore o diagrama de como ligar o equipamento *Soft-Starter*? Explique
- 4) Descreva o princípio de funcionamento da *Soft-Starter*? Explique

O resultado obtido foi que 97% dos alunos conseguiriam responder de forma clara o questionário. Um exemplo é o questionário respondido pela aluna Isabella Sene Santos Carneiro.

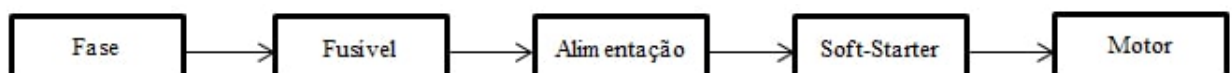
1. Qual a diferença de motores trifásicos para monofásicos? Explique

Monofásicos são motores que possui apenas um conjunto de bobina, já os motores trifásicos possuem três, necessitando mais fonte de alimentação de corrente alternada ou fase.

2. O que significa o equipamento elétrico *Soft-Starter*? Explique

Equipamento que controla a potência do motor na partida e na frenagem.

3. Elabore o diagrama de como ligar o equipamento *Soft-Starter*?



4. Descreva o princípio de funcionamento da *Soft-Starter*?

Soft-Starter é um equipamento que através dos tiristores faz uma partida suave e controlado de um motor trifásico.

A exemplificação se prendeu a uma aluna específica, como forma de destacar que 97% dos alunos (19 mulheres e 48 homens), ao alcançar ótimo padrão de respostas certas, corroboraram que é muito importante aliar a teoria à prática, quando o foco é a aprendizagem. Foi após uma explanação, na bancada do laboratório, que os alunos evidenciaram o aprendizado de excelência. A metodologia de aplicar enquete com perguntas sobre tema desconhecido e, em seguida, oferecer aula sobre o tema, com explanação sobre o equipamento, na bancada do laboratório, confirmou o que é importante o desafio, de acordo com o que afirma (BUENO R.D KOVALICZN, 2008) apud Bizzo (2002):

(...) o experimento, por si só não garante a aprendizagem, pois não é suficiente para modificar a forma de pensar dos alunos, o que exige acompanhamento constante do professor, que deve pesquisar quais são as explicações apresentadas pelos alunos para os resultados encontrados e propor se necessário, uma nova situação de desafio (BUENO R.D KOVALICZN, 2008).

É importante desafiar para instigar. Sem pesquisa, sem observação, sem comprometimento, a aprendizagem não corresponderá aos padrões básicos e propiciará uma ruptura no processo, caso o tema mal assimilado seja pré-requisito para conteúdos posteriores.

4.2.2 Segundo Experimento

O segundo experimento foi realizado com o objetivo de extrair a função de transferência de uma planta “carga – um redutor acoplado ao motor”, utilizando o equipamento *Soft-Starter*. Com o tutorial para o desenvolvimento da função de transferência, no MATLAB, a proposta foi a de constatar se os alunos conseguiriam extrair a função e dados importados, confiabilidade, gráfico resposta transiente, gráfico resposta de frequência e o gráfico pólos e zeros.

O experimento foi realizado em grupos de quatro a cinco alunos e os resultados foram satisfatórios. Ou seja, a maioria dos grupos compreendeu o tutorial e conseguiu fazer o que foi pedido. Para exemplificar, foi escolhido o grupo com os integrantes Bruno Martins, Nivaldo Pereira, Rafael Kayque, Antônio e Filipe. A atuação deles referente aos gráficos resposta transiente, gráfico resposta de frequência e o gráfico de pólos e zeros estão representados nas Figuras 40 41 42.

Para um estudo mais detalhado sobre sistema de controle, faz-se necessária a conceituação dos erros em regime permanente. Segundo (NISE, 2012), "o erro em regime permanente é a diferença entre a entrada e a saída para uma entrada de teste prescrita quando $t \rightarrow \infty$ ".

Portanto, os sinais de entradas para identificar o erro, em regime permanente, são: Rampa (Variações do sinal de forma constante e suave), degral (Variações bruscas do sinal de entrada) e parábola (Variações do sinal de entrada com intensidade progressiva) (NISE, 2012).

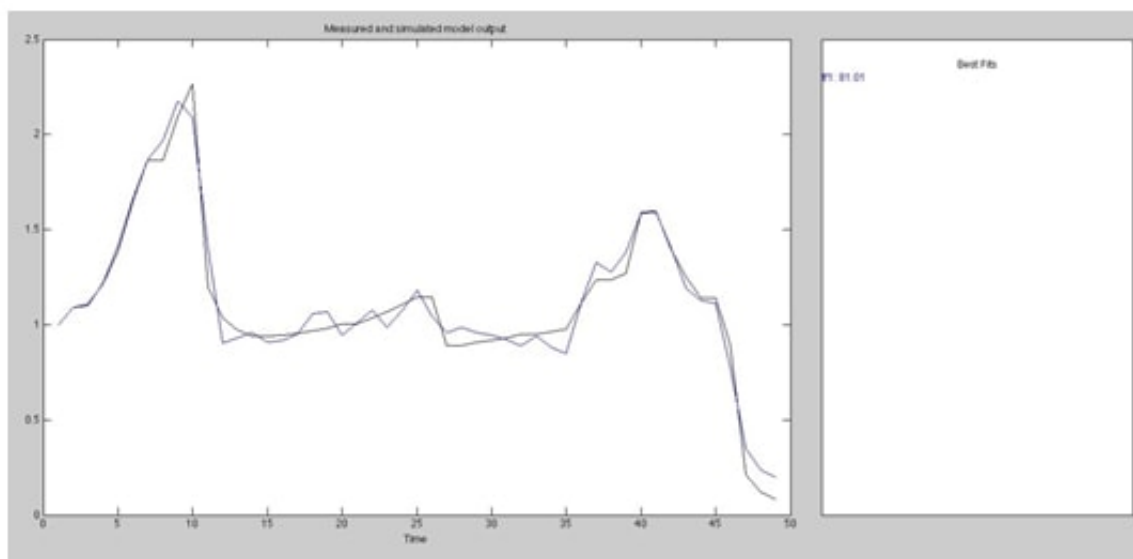


Figura 40 – Gráfico resposta transitente (comportamento dinâmico do sistema associado aos pólos e zeros): ilustra a atuação dos alunos referente à resposta transitente, no segundo experimento (realizado em grupos de 4 a 5 alunos) , feito com o objetivo de extrair a função de transferência de uma planta, utilizando o equipamento *Soft-Starter*. (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003)

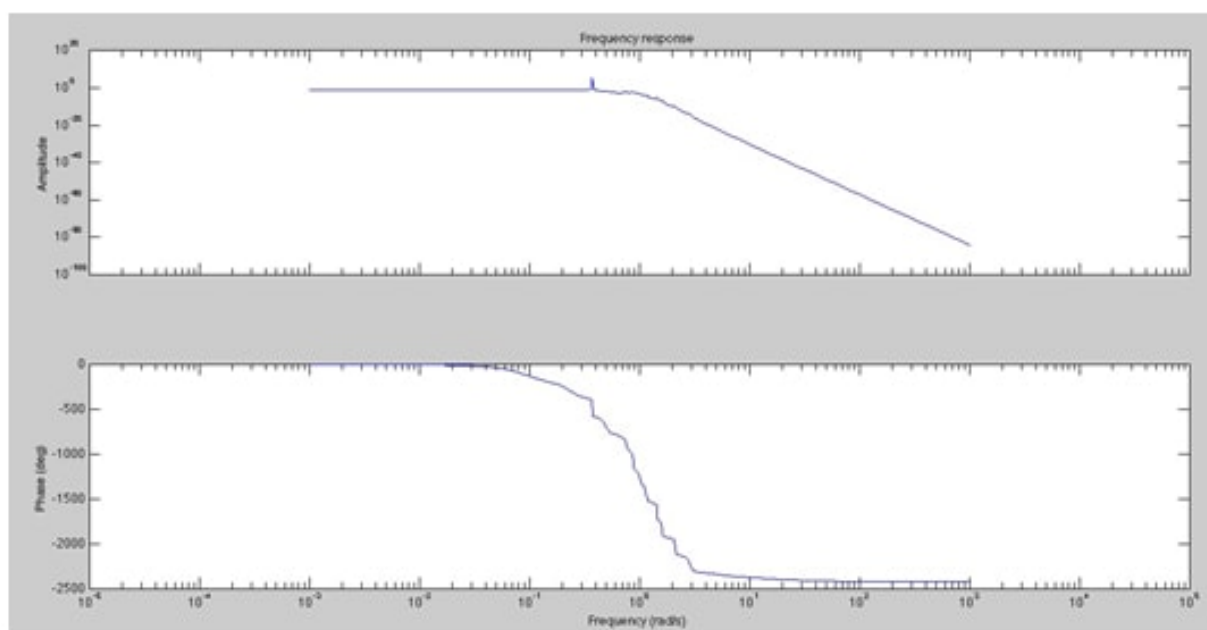


Figura 41 – Gráfico resposta de frequência (Resposta à entrada senoidal)- É denominada como variação da onda de saída que depende da frequência de entrada, no sistema "motor". A resposta de frequência pode ser representada no ganho (amplitude de oscilação), ou na fase. O gráfico do ganho é representado na primeira imagem da Figura 41 e a o gráfico de fase é representado na segunda imagem da Figura 41 (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003).

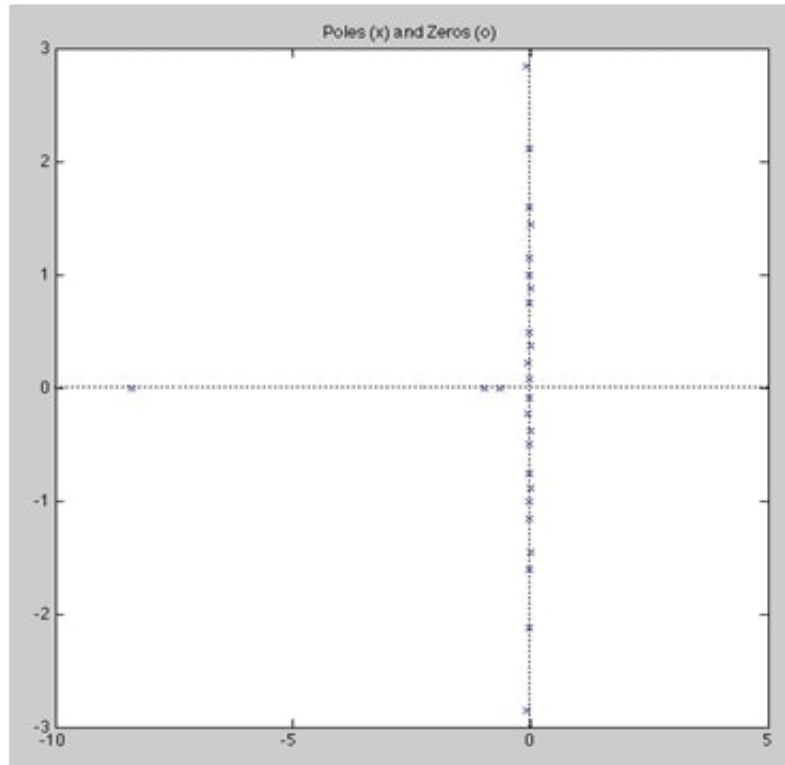


Figura 42 – Pólos e o zeros - Analisando o gráfico da Figura 42, constata-se que ele revela o lugar geométrico das raízes do sistema, e observa-se o comportamento dos pólos da função de transferência. E suas posições definem a estabilidade, o tempo de acomodação e o erro do sistema. Porém, o sistema é estável para pólos no semi-plano esquerdo, e marginalmente estável para pólo unitário no eixo $j\omega$ (parte real = 0), e instável para polos múltiplos no eixo $j\omega$ (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003).

Para outro grupo utilizou os seguintes valores de corrente e tempo.

Dados t (TEMPO) e y (CORRENTE):

T	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y	1,053	1,149	0,945	0,916	0,901	0,908	0,934	0,949	0,964

T	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Y	1,006	1,008	0,953	0,914	0,916	0,901	0,869	0,858	0,841

T	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Y	0,821	0,855	0,902	0,952	1,164	1,48	1,37	1,136	0,170

T	28	29	30
Y	0,105	0,099	0,009

Através da tabela, foi possível criar os gráficos abaixo:

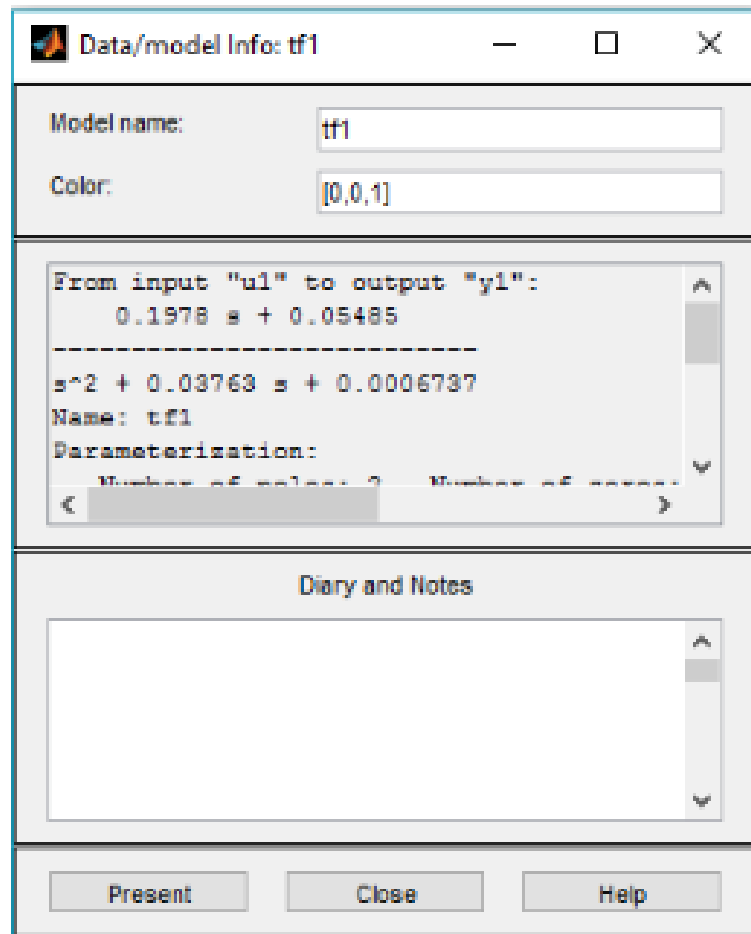


Figura 43 – Extração da função da função de transferência - A equação de transferência rege o comportamento do sistema, relacionando o sinal de entrada com o de saída (OGATA; MAYA; LEONARDI, 2003).

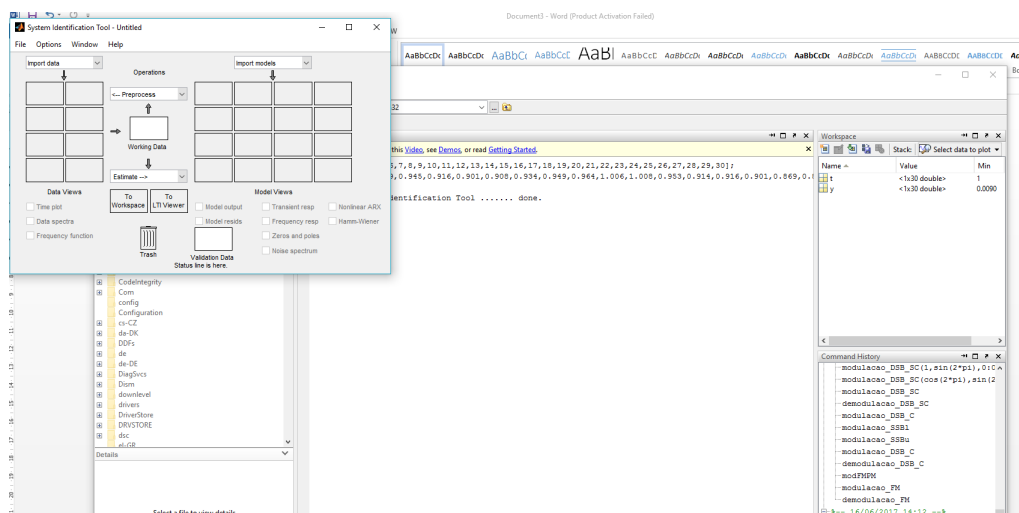


Figura 44 – Dados importados - Inserção dos valores para a extração dos gráficos da função de transferência, pólos e zeros, confiabilidade, resposta transiente e resposta de frequência.

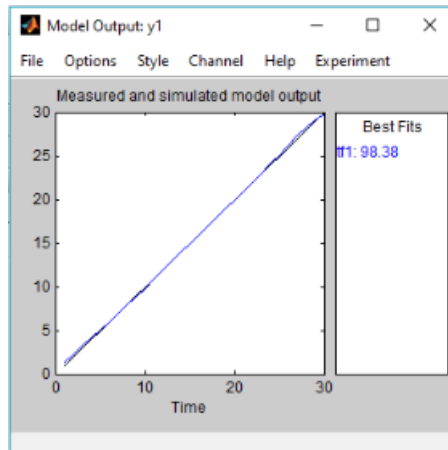


Figura 45 – Gráfico *output*, com 98,38% de confiabilidade, uma estimativa do matlab que representa a similaridade da função de transferência, com o comportamento do motor.

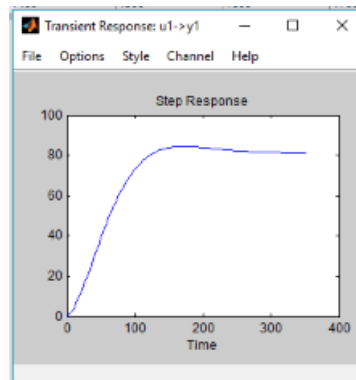


Figura 46 – Gráfico resposta transitente, ou seja, resposta dinâmica do sistema. O comportamento dinâmico do sistema está associado aos pólos e zeros. Portanto, após novos experimentos para o comportamento da resposta transitente da Figura 46, tem-se que os pólos são reais e negativos (SANTOS, 2017).

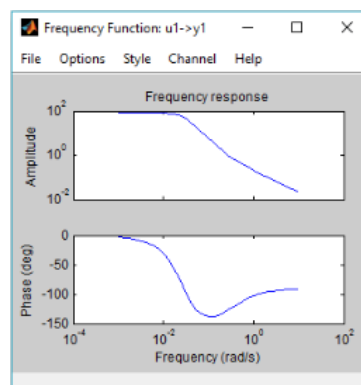


Figura 47 – Gráfico resposta de frequência - Com o novo ensaio, o gráfico obteve uma alteração. Porém, a resposta da frequência se manteve em ganho (variação da amplitude) e fase.

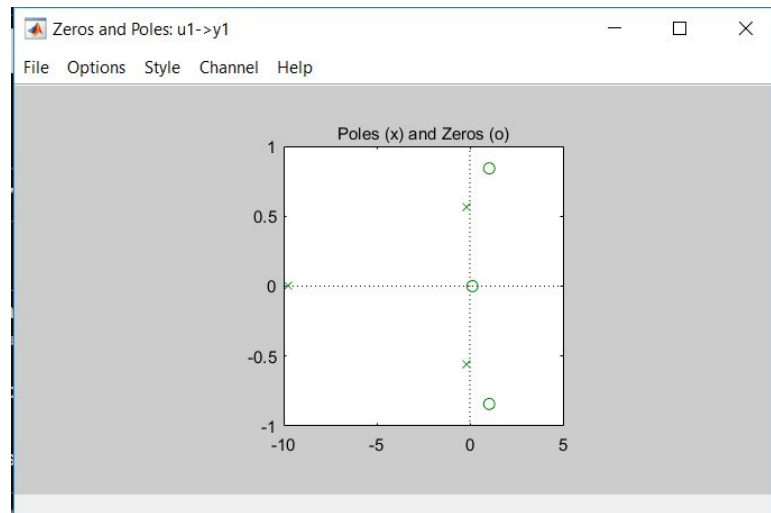


Figura 48 – Pólos e Zeros - Após novos experimentos os pólos estarão gerando as seguintes raízes $p_1 = -a_1$. Isso ocasiona o comportamento dinâmico, como mostrado na Figura 46. Portanto, com pólos no eixo complexo, no gráfico, tem-se a representação do regime oscilatório, que é esperado no motor (SANTOS, 2017).

É possível verificar, nos gráficos, as respostas transientes, o domínio do tempo e o gráfico de pólo e zeros. Nos gráficos das Figuras 40 e 46 é fácil perceber o momento da resposta do regime transitório e permanente. O período em que a função fica no regime transitório, fica compreendido no período de tempo 0 a 15 segundos. Esse período é correspondente à partida até o funcionamento linear do motor. Já o regime permanente, acima de 15 segundo até aproximadamente 30 segundos. Isso acontece pelo fato da *Soft-Starter* ampliar o tempo de partida, ocasionando que, dessa forma ela diminua o pico inicial, fazendo com que o motor suavize sua partida. Ou seja, quanto maior o tempo de partida mais suave será sua partida.

Os gráficos das Figuras 41 e 47 representam a resposta frequência x tempo, demonstrando a pouca variação de amplitude no ato do acionamento do motor. Já seu final demonstra a sua variação assim que o motor é desacionado, ou seja, desligado.

Os gráficos das Figuras 42 e 48 demonstram os pólos e zeros da função. O sistema a ser aferido é de primeira ordem, devido à entrada do sistema ser uma rampa, ou seja, “entrada varia linearmente com o tempo”, como podemos observar na Figura 49 (BOJORGE, 2013). A partir disso, quando se varia o ganho no sistema de primeira ordem o pólo vai deslocando-se para esquerda. As Figuras 42 e 48 apresentam o deslocamento do pólo.

Outro ponto a se considerar é o sinal de entrada no sistema (Motor) desse experimento, com intuito de realizar uma análise do sistema. A entrada, para esse experimento, caracteriza-se como rampa. Isso acarreta mudanças suaves e contínuas como se observa na Figura 49.

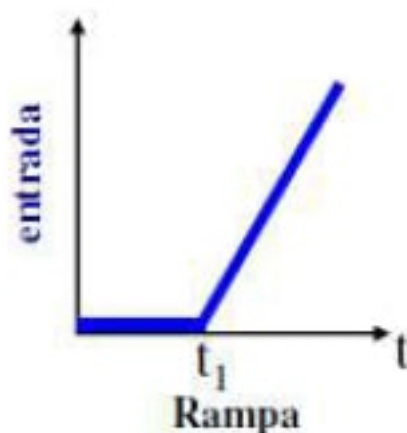


Figura 49 – Exemplos de entrada – Rampa. No controle de partida e parada suave do motor, o equipamento elétrico *Soft-Starter* opera em um sistema de entrada tipo rampa, ou seja, a tensão e corrente aumentará linearmente, de forma suave e contínua, até atingir valores próximos à corrente nominal do motor (BOJORGE, 2013)

Este experimento revelou a facilidade que os alunos tiveram para compreender o funcionamento do equipamento elétrico *Soft-Starter* com as suas aplicações, a partir do que foi apresentado. Entre os alunos, 94% conseguiram fazer os gráficos e relatar o principal objetivo do equipamento *Soft-Starter*.

4.2.3 Terceiro experimento

Durante as aulas ministradas no 2º semestre de 2016 e 1º semestre de 2017, alguns dos conceitos abordados durante as aulas foram os tipos de acionamentos em motores, tais como: partida direta, estrela – triângulo e com o equipamento elétrico *Soft-starter*. O objetivo do terceiro experimento é os discentes compreenderem os tipos de acionamento na teoria e na prática. Como pode ser verificada, a Figura 50 apresenta os elementos elétricos para a execução do experimento.

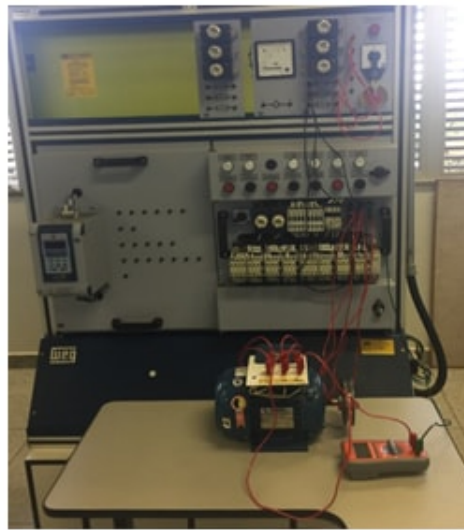


Figura 50 – Bancada para a realização do terceiro experimento. Para a realização do terceiro experimento, é necessário seguir a seguinte forma de conexão: ligações dos terminais de conexão da Placa 001 com os terminais de conexão da Placa 012 e, posteriormente, fazer a ligação com terminais de saídas do Fusível com os terminais de conexão (R,S,T) da Placa 007 (Quadro de comando + sim de defeitos). Por fim, conectar um fio saindo do terminal da Placa 007 (U1,V1,W1) com os terminais (U1,V1, W1) do motor e (U2,V2,W2) com (U2,V2,W2) do motor. Fonte: A autora

No acionamento partida direta, foram obtidos os seguintes valores de corrente e tempo, como pode ser verificado na Figura 51.

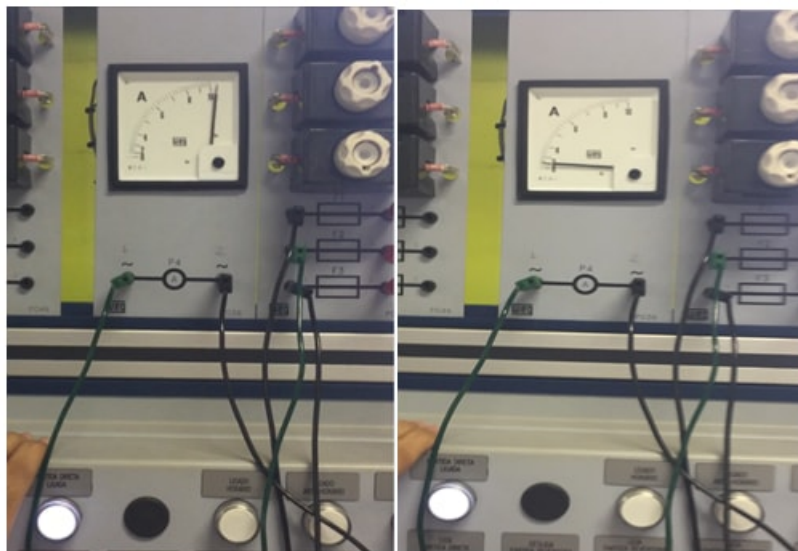


Figura 51 – Corrente da partida direta. A figura à esquerda, no momento da partida, mostra que a corrente atingiu o valor máximo do amperímetro 10 A. A figura, à direita, mostra que a corrente do amperímetro estabilizou-se próxima à corrente nominal do motor; a aproximadamente 1,5 A.

TEMPO (S)	CORRENTE (A)
1	10
2	1,5
3	1,55
4	1,5

No acionamento estrela-triângulo, foram obtidos os seguintes valores de corrente e tempo, como podem ser verificados, na Figura 52.



Figura 52 – Medição da corrente no tempo de 1 a 13 segundo. Na imagem, com a amperagem de 2,192, ocorre o momento da partida em estrela. Após oito segundos, a configuração estrela sofre uma comutação para delta e sua corrente se eleva para 2,161. Depois, estabiliza-se próximo à corrente nominal.

TEMPO (S)	CORRENTE (A)
1	2,192
2	0,597
3	0,598
4	0,513
5	0,515
6	0,514
7	0,515
8	0,517
9	0,515
10	2,161
11	1,042
12	1,044
13	1,043

No acionamento com a *Soft-Start*, foram obtidos os seguintes valores de corrente e tempo: observa-se a Medição de corrente de 1 a 5 segundos, sendo que o instante 1 segundo é o momento da partida. Percebe-se que a corrente continuou 0 e, após um segundo, foi pra 3,4. Porém, logo em seguida, ela estabilizou-se para 1,1, próximo a I_n do motor.



Figura 53 – Medição da corrente com o equipamento elétrico *Soft-Starter*, tempo de 1 a 5 segundos. É um tipo de partida que não ocasiona tranco em motores, devido à inserção de potência ocorrer aos poucos, ou seja, suavizando a partida.

TEMPO (S)	CORRENTE (A)
1	0
2	3,4
3	1,1
4	1,1
5	1,1

O objetivo do terceiro experimento foi possibilitar que os alunos tivessem a oportunidade de visualizar, na prática, os três tipos de acionamento: partida direta, estrela-triângulo e *Soft-Starter*. Na partida direta, observou-se uma corrente de 10A para o acionamento do motor, gerando um pico de corrente que acarreta prejuízos na vida útil deste. Contudo, no acionamento com estrela-triângulo, a corrente permaneceu próxima à corrente de trabalho, no motor. Contudo, na comutação para delta, a corrente se elevou. Com o acionamento com a *Soft-Starter* o desempenho se torna mais satisfatório, pois esta pode ser programada com funções de proteção, como, por exemplo, sem trancos no sistema, além de evitar picos de corrente.

Parte V

Conclusão

5 Conclusão

O presente trabalho teve por objetivo principal a elaboração de três experimentos com o equipamento *Soft-Starter*, os quais foram realizados no laboratório de eletricidade da Universidade de Brasília-Gama, bancada WEG, número 8. Os ensaios foram todos revisados e realizados de acordo com roteiros encontrados no manual da WEG, aulas ministradas na disciplina de laboratório de Eletricidade Aplicada e com bibliografia compatível com o assunto.

Para alcance dos resultados, foram feitas enquetes, questionários e aulas sobre o equipamento *Soft-Starter* foi ministrada, com o intuito de levar o conhecimento prévio do assunto aos alunos, para a realização experimental com esse equipamento elétrico. Os resultados da 1ª enquete mostraram o nível de dificuldade dos discentes em relação ao assunto abordado. Isso foi constatado devido ao fato de que, no período de capacitação acadêmica, não tiveram contato, em sala de aula, com o *Soft-Starter*. Portanto, após ministrar aulas e questionários foi possível observar que os alunos tiveram habilidades e facilidades na execução dos experimentos.

Os experimentos visaram ensinar aos alunos sobre o funcionamento do equipamento *Soft-Sarter* e proporcionar-lhes uma experiência prática, em laboratório, a real funcionalidade desse equipamento. Os resultados dos experimentos feitos mostraram ganhos, em termos teóricos e práticos, pois foram trabalhados atributos como habilidade no manuseio de equipamentos em laboratórios, além da capacidade de interação entre os alunos.

Os dois primeiros experimentos foram realizados com a participação de alunos da disciplina de laboratório, enquanto o terceiro seguiu uma didática diferente, sem a coparticipação desses. Quando ocorreu a explanação, os equipamentos encontravam-se em perfeito estado de conservação, proporcionando a excelência na utilização, de forma a não interferir, negativamente, nos resultados.

Diante das bases teóricas abordadas neste projeto, concluímos que o Mapa de Risco é uma ferramenta de trabalho eficaz quanto a sua utilização como recurso metodológico, pois através dele os professores, alunos e instrutor poderão realizar os experimentos de maneira diferenciada e segura.

Concluiu-se que o trabalho atingiu os objetivos propostos: despertar, nos alunos, de forma prática, os conteúdos já vistos na teoria; demonstrar a eficácia da atuação do equipamento *Soft-Starter*, em motores de indução trifásica de corrente alternada; e o ensinamento aos alunos sobre o equipamento *Soft-Starter*, sua funcionalidade e atuação em motores, oportunizando assimilar e praticar o aprendizado, de forma segura.

Referências

- ALMEIDA, J. L. A. d. Dispositivos semicondutores-tiristores. *Érica*, 1999. Citado na página 35.
- AMARAL, R. S. *Aplicação da Soft-Starter para acionamento de motores de indução acoplados a diferentes tipos de cargas mecânicas*. 2013. Access date: 25 set. 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1849/1/CT_CEAUT_III_2013_02.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 34.
- BENEVENTO, S. e. *O conceito de gênero e suas representações sociais*. 2013. Access date: 27 junho. 2017. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd176/o-conceito-de-genero-e-suas-representacoes-sociais.htm>>. Citado na página 65.
- BEZERRA, R. S. *Desenvolvimento de Ensaios para laboratório de Instalações Elétrica*. 2010. 15-16 p. Citado na página 24.
- BOJORGE, N. *Função de Transferência*. Departamento de Engenharia Química e de Petróleo. 2013. 04 p. Access date: 2 maio. 2017. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/controldeprocessos-eq/images/stories/Control_Aula05_FT_1sem2016r.ppt.pdf>. Citado 3 vezes nas páginas 14, 76 e 77.
- BUENO R.D KOVALICZN, R. *O ensino de ciência e as dificuldade das atividades experimentais*. 2008. 03 p. Access date: 17 nov. 2016. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/23-4.pdf>>. Citado na página 71.
- CLAUDIO, J. *Partida de motores elétricos de indução utilizando o grupo gerador como fonte de energia*. 2015. Access date: 9 set. 2016. Disponível em: <http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/correntes_de_partida.html>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- DIAS., E. C. P. d. O. E. J. C. *Rendimento nos motores monofásicos*. 2010. Citado na página 23.
- FABRI, J. A. *A relação entre a teoria e a prática no ensino de engenharia*. 2015. Access date: 20 set. 2016. Disponível em: <<https://enghariasoftware.wordpress.com/tag/teoria-e-pratica/>>. Citado na página 32.
- MELO, H. A. *Dispositivos Semicondutores*. 4º. ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1939. Citado na página 33.
- MORAES, E. *Partida Estrela Triângulo*. 2017. Access date: 26 junho. 2017. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/partida-estrela-triangulo/>>. Citado 3 vezes nas páginas 8, 24 e 25.
- NASCIMENTO, C. B. *Motores Trifásicos - Aula 6*. 2013. Disponível em: <<http://www.ppgel.net.br/rabelo/ensino/maquinasII/partida.pdf>>. Citado na página 23.
- NISE, N. S. *Engenharia de sistema de controle*. [S.l.: s.n.], 2012. Citado na página 71.

- NR-10. *NR-10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade*. [S.l.]. Access date: 6 nov. 2016. Citado na página 43.
- NR-6. *NR-6 Equipamento de Proteção Individual (EPI)*. 2001. Access date: 20 out. 2016. Disponível em: <https://www.pncq.org.br/uploads/2016/NR_MTE/NR%206%20-%20EPI.pdf>. Citado na página 39.
- OGATA, K.; MAYA, P. Á.; LEONARDI, F. *Engenharia de controle moderno*. [S.l.]: Prentice Hall, 2003. Citado 4 vezes nas páginas 13, 72, 73 e 74.
- OLIVEIRA J. D. 1997, T. . A. P. . . p. . S. V. . . [S.l.: s.n.]. Citado na página 38.
- PELISSON, R. *tiristor*. 2009. Access date: 18 mai. 2017. Disponível em: <<http://fundaoeletro.blogspot.com.br/2009/07/tiristores.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 33.
- PEREIRA JOAQUIM GOMES; SOUSA, J. J. B. *Manual de Auxílio na Interpretação e Aplicação da NR10*. 2011. Access date: 15 nov. 2016. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/328516-Manual-de-auxilio-na-interpretacao-e-aplicacao-da-nr10-nr10-comentada.html>>. Citado na página 43.
- ROSA, A. da. *SIMULAÇÃO DE UM SOFT-STARTER PARA ACIONAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO*. 2003. 13-15 p. Disponível em: <<http://www.ppgel.net.br/rabelo/ensino/maquinasII/partida.pdf>>. Citado 3 vezes nas páginas 8, 23 e 33.
- ROSSI, G. V. *Estudo da necessidade e estruturação de prática no laboratório de automação*. 2012. 21 p. Citado 5 vezes nas páginas 8, 11, 27, 28 e 58.
- SANTOS, J. *Funções de Transferência*. 2017. Access date: 13 jun. 2017. Disponível em: <<http://livrozilla.com/download/667147>>. Citado 3 vezes nas páginas 14, 75 e 76.
- SEGPLAN. *Manual de Elaboração de Mapa de Risco*. 2012. Access date: 4 nov. 2016. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2012-11/manual-de-elaboracao-de-mapa-risco.pdf>>. Citado na página 39.
- SOUZA, N. S. *Apostila de Acionamentos Elétricos*. 2009. 30 p. Access date: 12 set. 2016. Citado 3 vezes nas páginas 26, 27 e 28.
- TAVARES C.R. 2009, T. . A. P. . . V. . . [S.l.: s.n.]. Citado na página 37.
- VASQUEZ, A. S. *filosofia da Praxi*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1968. Citado na página 28.
- WEG. *Manual da Soft-Starter SSW-06. Software: versão 1.4X*. [S.l.], 2009. 26 p. Citado 5 vezes nas páginas 9, 35, 36, 37 e 39.
- WEG. *Automação Soft-Starter, Note = Access date: 19 maio. 2017, Url = <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-soft-starters-10525004-catalogo-portugues-br.pdf>*. [S.l.], 2014. Citado na página 36.

Anexos

ANEXO A – QUESTIONÁRIO

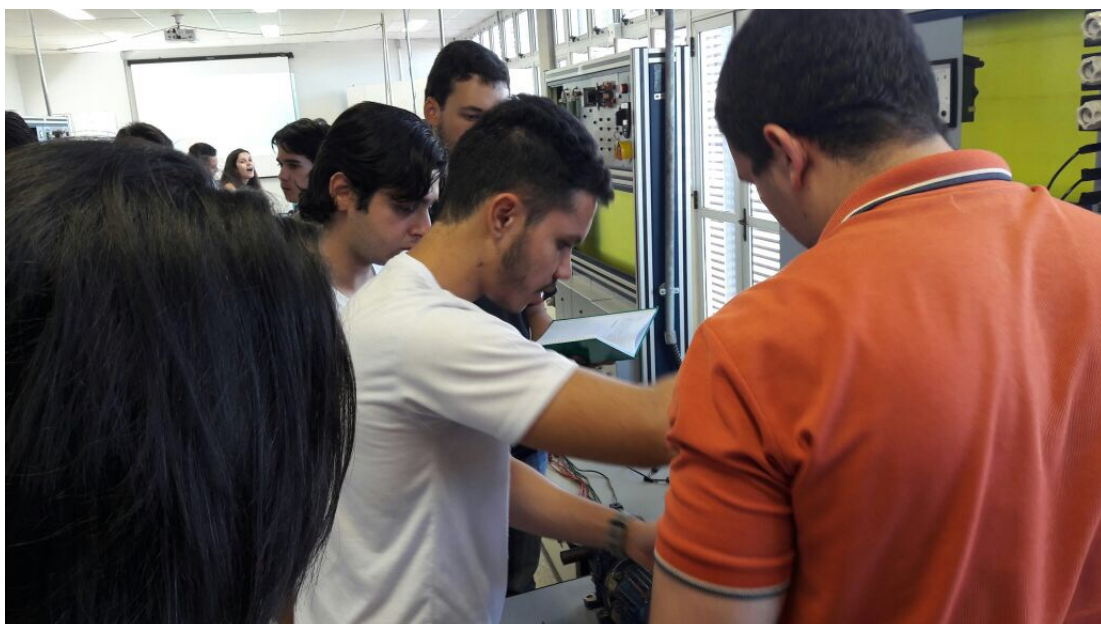
Nome (legível):		Matrícula:
Professora: <u>Suélia</u> Siqueira Rodrigues Fleury Rosa	Data:	Curso:
Aluna: Laís Lima Ribeiro	TCC1- ESTUDO E ANÁLISE DO USO DO EQUIPAMENTO SOFT-STARTER EM PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE ELETRICIDADE	Matrícula: 100033261

1. Qual a diferença de motores trifásicos para monofásicos? Explique:
2. O que significa o Equipamento Elétrico *Soft-Starter*? Explique:
3. Qual a finalidade dos tiristores? Explique:
4. Elabore o diagrama de como ligar o equipamento *Soft-Starter*
5. Para atual conjuntura tecnológica, você considera o *Soft-Starter* moderno?
6. Descreva o princípio de funcionamento da *Soft-Starter*.

ANEXO B – Fotos







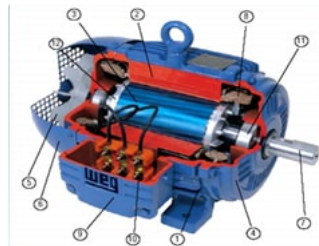
C TESTE

Nome (legível):		Matrícula:
Professora: <u>Suélia</u> Siqueira Rodrigues Fleury Rosa	Data:	Curso:
Aluna: Laís Lima Ribeiro	TCC1- ESTUDO E ANÁLISE DO USO DO EQUIPAMENTO SOFT-STARTER EM PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE ELETRICIDADE	Matrícula: 100033261

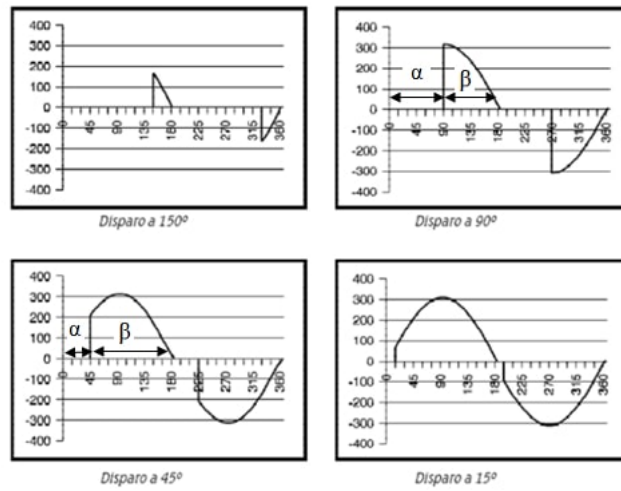
Avaliação do equipamento Soft-Starter

Questão 1. De acordo com o que foi visto, julgue os itens CERTO (C) ou ERRADO (E).

- Os motores de indução Trifásicos é composto de duas partes: Rotor parte fixa e Estator parte móvel.
- O método de acionamento do motor onde a corrente de partida é reduzida a $1/3$ da corrente nominal é: Chave Soft-Starter.
- O método de acionamento do motor mais nocivo é: Partida direta.
- Conforme a figura a composição do estator é: 1 – Carcaça, 2 - Núcleo magnético, 8 - Enrolamento trifásico.



- O Equipamento elétrico Soft-Starter é uma chave de partida eletrônica para motores de indução trifásicos de corrente alternada, destinada ao controle da potência.
- Os tiristores controla a intensidade da corrente e tensão que sai da fonte trifásica e chega ao motor – MIT. Seu acionamento não tem relação com o controle do ângulo de disparo.
- Conforme a figura de comportamento da onda de tensão, podemos afirmar: Quanto menor o ângulo, maior o valor da tensão que se aplicará ao motor.



Questão 2. Descreva no máximo 3 linhas a importância do Equipamento Elétrico Soft-Starter e justifique com um desenho ou uma equação?

D ENQUETES

1ª ENQUETE

1- Existe diferença de motores trifásicos para monofásicos? Marque sua opção:

Sim Não

2-O *Soft-Starter* é utilizado em motores trifásicos? Marque sua opção:

Sim Não

3-Você conhece o Equipamento Elétrico *Soft-Starter*? Marque sua opção:

Sim Não

4- Sabe a finalidade dos tiristores? Marque sua opção:

Sim Não

5- Você sabe ligar o equipamento *Soft-Starter*? Marque sua opção:

Sim Não

6- Conhece o significado de Parâmetros? Marque sua opção:

Sim Não

7-Você sabe o significado das teclas do Equipamento *Soft-Starter*? Marque sua opção:

Sim Não

2ª ENQUETE

1. Você tem alguma dúvida sobre o equipamento elétrico Soft-Starter ? Se sim qual?

Sim Não

2. Você saberia manusear tal equipamento?

Sim Não

3. Caso fosse desenvolver algum trabalho com motores, utilizaria o Soft-Starter?

Sim Não

4. Quanto à funcionalidade o equipamento elétrico Soft-Starter preenche as expectativas?

Sim Não

5. Para atual conjuntura tecnológica, você considera o Soft-Starter moderno?

Sim Não