

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ISMAEL PERIN**

**ELABORAÇÃO DE MANUAIS DE OPERAÇÃO E ATIVIDADES PRÁTICAS  
PARA BANCADAS DIDÁTICAS DO LABORATÓRIO DE MÁQUINAS  
ELÉTRICAS DA UTFPR - CAMPUS PATO BRANCO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2016**

ISMAEL PERIN

**ELABORAÇÃO DE MANUAIS DE OPERAÇÃO E ATIVIDADES PRÁTICAS PARA  
DUAS BANCADAS DIDÁTICAS DO LABORATÓRIO DE MÁQUINAS ELÉTRICAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica da Coordenação de Engenharia Elétrica–COELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Ms. Johnny Werner.

**PATO BRANCO**

**2016**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ELABORAÇÃO DE MANUAIS DE OPERAÇÃO E ATIVIDADES PRÁTICAS PARA DUAS BANCADAS DIDÁTICAS DO LABORATÓRIO DE MÁQUINAS ELÉTRICAS DA UTFPR CAMPUS PATO BRANCO**, do aluno **ISMAEL PERIN** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **113** de 2016.

Fizeram parte da banca os professores:

**Prof. Ms. Johnny Werner (orientador)**

**Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin**

**Prof. Ms. Jose Paulo de Barros Neto**

## DEDICATÓRIA

À minha família, que acreditou em mim mesmo nos momentos mais difíceis e nunca me deixou desistir. Mas em especial à minha mãe, que apesar de não poder presenciar esta vitória, estará eternamente em meu coração.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus caros mestres orientadores Ósis Eduardo Silva Leal, Beatriz Fontana de Vargas e Johnny Werner, pela orientação competente e pela disponibilidade de tempo no auxílio deste projeto.

Aos meus irmãos e cunhadas, com ou sem laços sanguíneos, pela acolhida e paciência nestes anos de graduação.

Aos meus pais, Idemar e Rosalina, por além de possibilitarem a vida, haverem me dado amor, incentivo e auxílio em diversos aspectos essenciais para que eu chegasse até aqui.

Aos meus colegas acadêmicos, pelo apoio mútuo, pela partilha de experiências e conhecimento, tornando momentos difíceis mais alegres.

A Aline, minha namorada, pela ajuda e paciência. Por não me deixar desanimar e estar comigo em todos os momentos. De coração, muito obrigado!

## RESUMO

PERIN, Ismael. Elaboração de manuais de operação e manuais de atividades práticas para bancadas didáticas do laboratório de Máquinas Elétricas. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

O presente trabalho foi elaborado a partir da necessidade de se utilizar bancadas didáticas em desuso na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco. Além da preparação para uso das mesmas, buscou-se elaborar manuais para uso para docentes e discentes do Campus, bem como produzir atividades práticas que possam nortear aulas que utilizem as bancadas de apoio, com o intuito de tornar as aulas mais dinâmicas e perceber durante o exercício a aplicabilidade das teorias. Após elaboração de um projeto teórico aprovado dos benefícios de tal aplicação, foi realizado um mapeamento das bancadas, seu estado de conservação, suas funções, para em seguida elaborar os manuais de utilização das mesmas, assim como os roteiros para aulas práticas. Dentro deste trabalho ainda constam detalhadamente as partes que constituem às bancadas, suas funções e aplicabilidades. Tal projeto se faz importante por utilizar equipamentos já presentes na instituição, que possam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, possibilitando conhecimentos práticos aos alunos sem maiores custos ao Campus.

**Palavras-chave:** Manuais. Máquinas Elétricas. Bancada Didática.

## ABSTRACT

PERIN, Ismael. Development of operating manuals of practical activities for two didactic bench from the laboratory of Electrical Machines. Monograph (Graduation in Electrical Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2016.

The presented project was produced based on the need of using of the disused didactic bench of the Electrical Machines lab of the Federal Technological University of Paraná - Campus Pato Branco. Besides including the preparation for using them, it was sought to develop practical activities using the didactic bench for the teachers and students of the Campus. Those activities provides dynamic classes and applicability of the course. Since the studies proves the benefits of these practical classes, it was studied the arrangement of the elements of the benches, as well as their conditions, functions, in order to prepare the manuals and the scripts for the practical classes. The value of this project corresponds to the use of equipment already available in the university. Furthermore, those practical activities can assist on the teaching-learning process, enabling practical knowledge to the students without higher costs to campus.

**Keywords:** Manuals. Electrical Machines. Didactic Bench.

## LISTA DE SIGLAS

A	Ampère
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CPU	Unidade Central de Processamento
CV	Cavalo Vapor
D/A	Digital/Analógica
Hz	Hertz
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos)
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i> (Transistor Bipolar de Porta Isolada)
IHM	Interface Homem Máquina
MIT	Motor de Indução trifásico
PTC	<i>Positive temperature coefficient</i> (coeficiente de temperatura positiva)
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> (Modulação por Largura de Pulso)
RPM	Rotação Por Minuto
SCR	<i>Silicon Controlled Rectifier</i> (Retificador controlado de silício)
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volts
Vca	Tensão de Corrente Alternada
Vcc	Tensão de Corrente Contínua



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Motores elétricos .....	17
Figura 2 – Placa de especificação da bancada .....	26
Figura 3 – Vista da bancada didática modelo CFW 07 .....	27
Figura 4 – Bancada didática modelo CFW 07, vista Posterior .....	28
Figura 5 – Dados de Placa do motor .....	29
Figura 6 – Dados do Termistor PTC fixado no MIT .....	30
Figura 7 – Placa de Medição da bancada em acrílico .....	31
Figura 8 – Transformador de corrente, para medição da corrente do motor .....	32
Figura 9 – Bobinas do Freio eletromagnético e MIT .....	33
Figura 10 – Dados de placa Autotransformador trifásico .....	34
Figura 11 – Placa de identificação da bancada .....	35
Figura 12 – Bancada didática, modelo controle de velocidade CC vista de frente .....	37
Figura 13 – Bancada Didática, modelo controle de velocidade CC vista de trás .....	38
Figura 14 – Painel de Acrílico, placa de medição .....	39
Figura 15 – Parâmetros de regulação do conversor .....	40
Figura 16 – Dados de Placa do Motor CC .....	41
Figura 17 – Corte Lateral do Motor CC, com Ventilação Forçada .....	42
Figura 18 – Dados de Placa do Tacogerador .....	43
APENDICE A – MANUAL DA BANCADA COM INVERSOR CFW07	
Figura 1 – Vista Frontal da Bancada, Controles Manuais .....	53
Figura 2 – Vista Frontal, Controles e Placa de Medição .....	54
Figura 3 – Quadro do Simulador de Defeitos, Bancada com CFW07 .....	56
APENDICE B – MANUAL DA BANCADA COM CONTROLE DE VELOCIDADE CC	
Figura 1 – Vista Frontal, Controles Manuais .....	67
Figura 2 – Painel de Acrílico com Bornes Para Medição .....	68
Figura 3 – Quadro de Simulador de Defeitos, Chaves Seletoras .....	70
Figura 4 – Corrente de Armadura em Função da Velocidade do Motor .....	74

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 MOTORES ELÉTRICOS.....	16
2.2 CONTROLE DE VELOCIDADE.....	19
2.3 TACOGERADOR.....	23
2.4 FREIO ELETROMAGNÉTICO.....	24
3 ASPECTOS GERAIS DAS BANCADAS.....	25
3.1 BANCADA DIDÁTICA MODELO COM INVERSOR CFW 07.....	25
3.1.1 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO - MIT.....	29
3.1.2 PLACA DE MEDIÇÃO EM ACRILICO.....	30
3.1.3 FREIOS ELTROMAGNÉTICOS.....	33
3.1.4 AUTO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.....	33
3.2 BANCADA DIDÁTICA DE CONTROLE DE VELOCIDADE CC COM SIMULADOR.....	35
3.2.1 ASPECTOS GERAIS DA BANCADA DIDÁTICA COM CONTROLADOR DE VELOCIDADE CC.....	35
3.2.2 PAINEL DE ACRÍLICO E PLACA DE MEDIÇÃO.....	39
3.2.3 MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA (CC).....	41
3.2.4 TACOGERADOR.....	43
4 TRABALHO DESENVOLVIDO.....	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46
APENDICE A – MANUAL DA BANCADA COM INVERSOR CFW 07.....	48
APENDICE B – MANUAL DA BANCADA DE CONTROLE DE VELOCIDADE CC...62	
APENDICE C – ATIVIDADE PRÁTICA I BANCADA CFW07.....	76
APENDICE D – ATIVIDADE PRÁTICA II BANCADA CFW07.....	80
APENDICE E – ATIVIDADE PRÁTICA DA BANCADA COM CONTROLE DE VELOCIDADE CC.....	84
APENDICE F – DIAGRAMA ELÉTRICO DA BANCADA COM INVERSOR DE FREQUÊNCIA CFW07.....	88

APENDICE G – DIAGRAMA ELETRICO DA BANCADA DE CONTROLE DE VELOCIDADE CC COM CONVERSOR CA/CC CTW A03 .....	93
--	----

## 1. INTRODUÇÃO

O Curso de graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, contempla um conjunto amplo de atividades dentro das áreas da Engenharia Elétrica. Dentre as atividades abordadas destacam-se circuitos elétricos, eletrônica analógica e digital, máquinas e instalações elétricas e eletrônicas, controle e simulação digital de máquinas, conversores e cargas especiais, introdução a sistemas de comunicação, controle, automação e supervisão de processos industriais.

Para garantir uma formação generalista, o curso propicia ao aluno uma forte formação nos conteúdos científicos e nos conhecimentos específicos que caracterizam o Engenheiro Eletricista, permitindo ainda a futura extensão de competências e atribuições profissionais no próprio curso. (Catálogo de Cursos, UTFPR)

Destaca-se que o mercado de trabalho exige que o engenheiro eletricista possua uma formação de cunho generalista com sólida formação, capaz de levar o engenheiro a se adaptar às mudanças socioeconômicas, gerando métodos ou produtos que satisfaçam às novas mudanças. (PPC do curso de Engenharia Elétrica)

Para atender aos objetivos do curso, o campus Pato Branco dispõe de uma boa estrutura de laboratórios que permite atender às atividades práticas do curso de Engenharia Elétrica durante todos os períodos letivos. Além disso a estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica foi elaborada de modo que o futuro egresso apresente um bom desempenho nas aplicações práticas de sua vida profissional resultante do grande número de aulas de laboratório desenvolvidas durante o curso. (PPC do curso de Engenharia Elétrica)

Neste contexto, o foco do trabalho encontra-se voltado para a área de acionamentos elétricos, pois em toda atividade industrial, ações são empregadas no acionamento dos mais diversos tipos de máquinas e equipamentos, que se utiliza de diversos componentes elétricos, tais como: contadores, botoeiras, relés térmicos, temporizadores, fusíveis, sendo montado o sistema de controle das máquinas com uma variedade de peças e componentes.

Visando o uso dos presentes recursos, entende-se que proporcionar-se-á uma melhora na formação acadêmica, preparando os alunos para o mercado de trabalho, uma vez que diversos instrumentos iguais ou versões mais recentes aos que

são encontrados em ambas as bancadas, estão em uso nas indústrias. Desta forma, possibilitar-se-á aos acadêmicos noções de uso e empregabilidade de tais instrumentos.

Borges (2002) alerta para o ensino nacional deficiente, que não prepara os alunos para o mercado de trabalho, por não possibilitar situações que possam ser vivenciadas fora do ambiente escolar. Assim como não contribui para a formação de cidadãos críticos e autônomos, que seriam capazes de resolver problemas de forma mais independente, além de não estimular o trabalho em equipe, tão importante na vivência cotidiana e do trabalho.

Para tanto, se faz necessário buscar formas práticas de se trabalhar que retirem os alunos de sua figura passiva e estática, e os possibilitem participar da construção do seu conhecimento. O uso de laboratórios e materiais de apoio se faz muito importante, pois auxilia o educador na tarefa de trazer aulas mais dinâmicas, que possibilitem um conhecimento mais significativo aos alunos (Borges, 2002).

Ao buscar colocar em funcionamento bancadas didáticas presentes na instituição, assim como a elaboração de manuais de utilização e roteiros para atividades práticas, auxilia docentes da instituição a buscarem outras formas de ministrarem suas aulas, relacionando teoria e prática. Da mesma forma, será possibilitado aos estudantes do campus a visualização do conhecimento que apreendem, amenizando sua complexidade e abstração.

Após os objetivos terem sido traçados, buscou-se iniciar tal empreitada. Assim sendo, buscou-se uma familiarização com as bancadas. Houve o mapeamento das mesmas, buscando entender seu funcionamento e perceber se após o tempo em desuso houve danificação ou se haviam pontos a serem reparados.

Em seguida, foram estudadas as bancadas e estipulado como seriam úteis em sala de aula, para enfim produzir-se os manuais de utilização e roteiros de atividades práticas.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como intuito desenvolver manuais de utilização e roteiro de atividades práticas para duas bancadas didáticas do Laboratório de Máquinas Elétricas (atualmente, na sala I-001), com o principal objetivo de colocar em uso as bancadas por professores da área de Máquinas Elétricas e Acionamentos, bem como

contribuir com o processo de ensino oportunizando ao acadêmico e familiarização com equipamentos que podem ser encontrados na indústria. Ressalta-se que vários acadêmicos e docentes da instituição mostraram interesse quanto a funcionalidade e aplicabilidade desses recursos disponíveis.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a composição das bancadas;
- Elaborar manual do usuário de bancada didática controlador de velocidade CC (Conversor CA/CC CTW 03) com simulador;
- Elaborar roteiro de atividade para bancada didática controlador de velocidade CC (Conversor CA/CC CTW 03) com simulador;
- Definir procedimentos da atividade para bancada didática controlador de velocidade CC (Conversor CA/CC CTW 03) com simulador;
- Elaborar manual do usuário bancada didática controlador de velocidade CA (inversor de frequência CFW-07) com simulador, e seu diagrama trifilar;
- Elaborar roteiro de atividade para bancada didática controlador de velocidade CA (inversor de frequência CFW-07) com simulador;
- Definir procedimentos de atividade prática bancada didática controlador de velocidade CA (inversor de frequência CFW-07) com simulador;
- Desenvolver roteiros dos ensaios, testar os mesmos e apresentar os resultados obtidos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para ensinos técnicos superiores exigem uma abordagem teórica e prática que sejam correlacionadas, as quais necessitam de ferramentas e equipamentos que permitam essa flexibilidade para entrelaçar as seus métodos pedagógicos. A solução para tais necessidades nem sempre provem de investimentos, e sim de melhor aplicação e utilização do que se encontra em uma instituição de ensino.

Por exemplo, em bancadas didáticas há acesso a equipamentos elétricos, que permitem o uso com segurança, confiabilidade e proteção com a possibilidade de observar seus funcionamentos, aspectos físicos e controle. Nas bancadas analisadas possuem diversos equipamentos como: motores CC, MIT, inversor de frequência e conversor CA-CC.

Os motores elétricos, sejam de CC ou CA, são equipamentos responsáveis pela transformação de energia elétrica em energia mecânica (MAMEDE, 2002). Sendo que o motor CC é alimentado por uma fonte de corrente contínua, enquanto os motores CA são alimentados através da tensão da rede fornecida pela distribuidora de energia.

Em relação à utilização dos mesmos, há infinitas possibilidades de utilização e aplicação, seja na indústria, na agricultura ou residencial. Neste sentido, podem ser necessários métodos de variação de velocidade do motor controlada ou fixada, por instrumentação eletroeletrônica ou mecânica (FILIPPO-FILHO, 2010).

Com uma grande variedade de aplicações e crescimentos de vários setores das indústrias, assim como, suas necessidades de melhorias e economia de energia, foram desenvolvidos equipamentos que possibilitassem controles de motores e suas respectivas velocidades. Entre os equipamentos destacam-se os dispositivos lógico programável (CLP) (que não será abordado nesse trabalho de conclusão de curso), Conversor CA/CC e inversor de frequência (FRANCHI, 2009).

Para o controle de velocidade e torque de motores CC, utiliza-se normalmente conversor CA/CC, o qual tem por objetivo controlar tensão e corrente fornecida ao motor de acordo com a necessidade de aplicação. O conversor CA/CC também conhecido como retificador. Conversores CA/CC ou retificadores, hoje são encontrados em fontes de computadores, notebooks, TVs, celulares, entre outros (FRANCHI, 2009).

O inversor de frequência se mostrou um equipamento versátil, dinâmico e prático, o que permitiu o controle de motor de indução e sua velocidade, possibilitando a obtenção de economia de energia junto aos processos industriais (FRANCHI, 2009).

Será discutido os aspectos construtivos e funcionais de alguns equipamentos das bancadas didáticas, sendo eles: motor de corrente contínua, motor de indução trifásico, conversor CA/CC, inversor de frequência, freio eletromagnético, tacogerador e controle de velocidade.

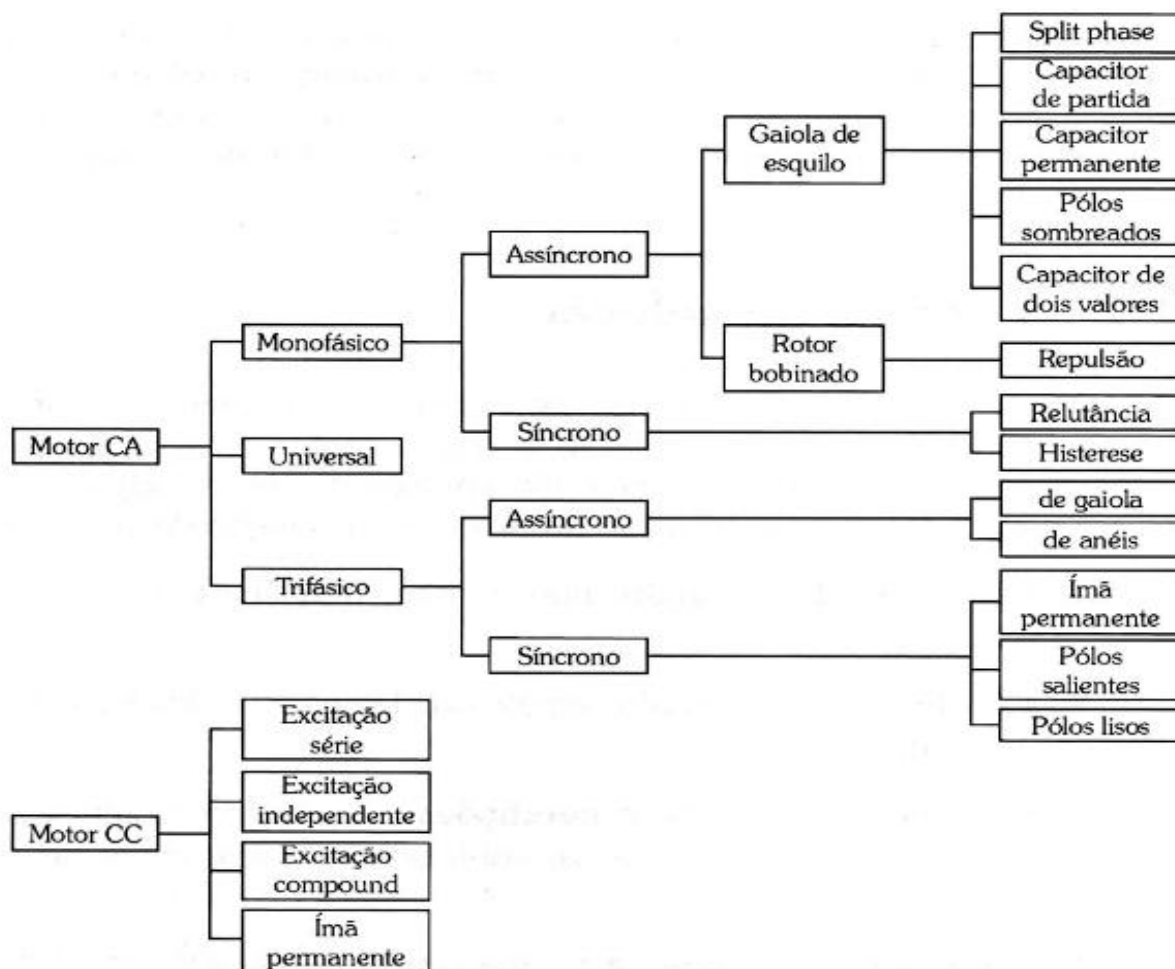
## 2.1 MOTORES ELÉTRICOS

A maior parcela de energia elétrica consumida no Brasil pelas indústrias, é utilizada na conversão de energia mecânica através de motores elétricos. Os motores elétricos podem ser desenvolvidos dentro de uma gama de possibilidades e, por isto, são divididos em várias categorias. A Figura 1 descreve as várias categorias em que se enquadram os motores elétricos onde o início da “árvore” é estabelecido de acordo com a tensão de alimentação (MAMEDE, 2002).

Ainda em relação a Figura 1, destaca-se que a mesma descreve os diferentes tipos de motores elétricos em função da tensão de alimentação e dos aspectos construtivos, onde muitos deles são usados nas mais diversas aplicações. Os acionamentos através de motores são utilizados em vários tipos e modelos tanto de máquinas, quanto de equipamentos. Como, por exemplo, no transporte de fluídos, processamento de matérias, manipulação de cargas e transportes (FILIPPO-FILHO, 2010).

Destaca-se que dentre as diversas categorias de motores apresentadas na Figura 1, neste trabalho, dar-se-á ênfase aos motores de corrente alternada trifásicos, também conhecido por motor de indução trifásico (MIT), e aos motores de corrente contínua em virtude do objetivos apresentados.





**Figura 1: Tipos de Motores elétricos.**  
 Fonte: VIEIRA, L., 2010, p.03.

Como visto na Figura 1, os motores de corrente alternada são divididos em dois grupos: monofásicos e trifásicos, sendo que ambos os grupos são subdivididos em assíncrono e síncrono, enfatizando para os trifásicos assíncronos, do qual ainda podemos obter dois modelos com anéis coletores e com rotor gaiola de esquilo (VIEIRA, 2010).

O MIT assíncrono com rotor tipo gaiola possui um estator com enrolamento trifásico e o rotor com gaiola de esquilo. O enrolamento do estator é construído com bobinas independentes por fase posicionadas estrategicamente espaçadas em um ângulo de  $120^\circ$ , de forma a produzir um campo girante que induza uma corrente no rotor que por efeito inversos dos campos magnéticos adquirir velocidade na tentativa de "acompanhar" sua velocidade com a velocidade do campo girante formado no estator. No entanto, a velocidade do rotor tende a ser sempre menor que a velocidade

do campo girante, e a diferença percentual entre essas duas velocidades é chamada de escorregamento (CARVALHO, 2012).

Os motores de indução trifásicos (MIT) assíncrono é amplamente utilizado na indústria, por sua robustez, alto torque de partida e fácil manutenção, atendendo a maioria das necessidades, variando de modelos e potência que suprem a necessidade desejada (CARVALHO, 2011). Sendo que a utilização MIT vem ganhando, cada vez mais, aplicações na indústria com o crescimento e evolução de eletrônica de potência, principalmente com a possibilidade do controle de velocidade dos motores de corrente alternada (FITZGERALD, 2006).

Por outro lado tem-se as máquinas de corrente contínua (CC) que, segundo Fitzgerald et al (2006):

Caracterizam-se por sua versatilidade, por meio de diversas combinações de enrolamentos de campo, excitações em derivação, serie ou independente, [...]. Devido à facilidade com que podem ser controladas, sistemas de máquinas CC têm sido usados frequentemente em aplicações que exigem ampla faixa de velocidades ou de controle de saída do motor (p. 343).

As máquinas CC são máquinas com grande aplicação nas indústrias, devido à facilidade de controle de sua velocidade, baixa relação peso/potência, alta eficiência, baixo nível de ruído e torque elevado. Possuem aplicações e uso nas áreas de automação e controle de processos que necessitam de precisão de medidas em quantidades e giro, como, por exemplo, máquinas de papel, elevadores, máquinas de impressão e extrusoras (CARVALHO, 2012).

Os aspectos construtivos deste motor são considerados bastantes complexos, tanto no que tange a manutenção, quanto as peças. Uma descrição sucinta das partes que constituem o presente motor são: estator, armadura, comutador, escovas e interpólos de compensação (CARVALHO, 2012).

Os motores CC são projetados para acionamentos e controle através de conversores, com aspectos construtivos para operar com tensões de 110 a 1000 em corrente contínua, com possibilidades de variação de peso, potência, tamanho, tipo de ventilação, entre outros (Manual WEG, Motor CC). No entanto, os equipamentos de controle e acionamento necessitam de manutenção específica, além de um cuidado e habilidade de manuseio de peças, com o intuito de manter em melhor conservação e durabilidade de vida útil (CARVALHO, 2012).

## 2.2 CONTROLE DE VELOCIDADE

Até as últimas décadas do século XX, a grande maioria das máquinas CA destinavam-se a ser empregadas como equipamentos de velocidade fixa. Comumente a fonte de energia que alimenta as mesmas, provem das redes de distribuição de energia elétrica de concessionárias com frequência fixa de 50 ou 60Hz (FITZGERALD, 2006).

Entre as possibilidades de controle e variação da velocidade de máquina CA, especificamente um motor em funcionamento, a maneira mais fácil e eficaz de se obter esse controle e variação é através de equipamentos com saída de frequência variável, os quais ainda não estavam disponíveis com facilidade no mercado nas últimas décadas do século XX (WOOLLACOTT, 2003).

Quando havia a necessidade de aplicação de motores com controle e variação da velocidade, utilizavam-se de motores CC, que permitem um controle de velocidade com grande confiabilidade, precisão e flexibilidade. No entanto, essas máquinas CC tem um custo mais elevado por seus aspectos construtivos complexos, trabalhosas e exigem mais ações de manutenção comparadas as máquinas CA. (FITZGERALD, 2006)

Segundo Franchi (2009):

Existem inúmeras razões para o uso de dispositivos para controle de velocidade. Algumas aplicações, como em indústrias de papel e celulose, não podem operar sem o controle de velocidade, enquanto outras, como bombas centrifugas, podem ser beneficiadas com a redução de energia. Enfim, o uso de dispositivos para o controle de velocidade em motores tem uma extensa gama de aplicações na indústria (p. 17).

Com o advento da eletrônica de potência, juntamente com o crescimento de sistemas micro-controlados, aumentaram as possibilidades de acionamentos e controle de máquinas CA, com a variação de tensão, corrente e frequência para se obter uma velocidade e/ou torque desejado. Devido a essas possibilidades, as máquinas CA praticamente dominaram o mercado, com grandes variações de tipos, modelos e aplicações que vem se desenvolvendo cada vez mais (FITZGERALD, 2006). Certos dispositivos de controle de velocidade são empregados para se obter

variações de no máximo 0.1% para mais ou para menos do valor desejado na saída de velocidade das máquinas (FRANCHI, 2009).

Entre os métodos possíveis para controle de velocidade dos motores de corrente contínua, os principais modelos de equipamentos empregados são do tipo que permitem ajustar o fluxo de campo magnético do motor CC, normalmente utilizando o controle da corrente ou tensão de campo, por meio de variação da resistência do circuito de armadura através de terminais do motor CC (FITZGERALD, 2006).

O controle de motor CC por corrente de campo é normalmente utilizado em motores que possuem o seu enrolamento de campo de forma independente ou em derivação tipo *shunt*, pois a corrente de campo é uma parcela considerada pequena de potência que é inserida na corrente de armadura do motor CC. Por se tratar de uma potência pequena, é normalmente utilizado um controle de chaveamento por modulação de largura de pulso (PWM) para controlar a corrente de campo fornecida ao enrolamento de campo (CARVALHO, 2012).

O controle de velocidade de motor CC com variação de resistência do circuito de armadura, é um método comum e simples, que utiliza a inserção de uma resistência externa em série e/ou em derivação, que podem ser combinadas, de modo a se obter velocidades reduzidas, onde, dependendo do valor da resistência a ser inserida, a velocidade pode ter uma variação maior, e dependendo também da carga a que o motor for submetido. Isso ocorre devido à queda de tensão na resistência inserida e a corrente da armadura do motor quando submetido a carga (WOOLLACOTT, 2003).

A potência dissipada na resistência externa pode ser muito elevada, principalmente quando a velocidade desejada for muito pequena em relação à velocidade nominal. Tal fato representa uma das desvantagens desse método.

O controle por variação de tensão no terminal de armadura do motor CC utiliza circuitos eletrônicos de potência, com sistema de controle PWM, o qual permite uma confiabilidade de controle maior, onde a tensão a ser aplicada ao terminal de armadura pode variar significativamente dentro de um intervalo pré-determinado. Como a velocidade do motor é diretamente proporcional a tensão aplicada ao terminal de armadura, quando a corrente no enrolamento de campo for constante, para tal faz-se necessário manter o fluxo eletromagnético do campo constante (FITZGERALD, 2006). Comumente o controle de tensão e controle de corrente de campo são

utilizados de maneira conjunta para a obtenção de uma variação de velocidade mais precisa, com um maior intervalo entre velocidade mínima e máxima desejada (WOOLLACOTT, 2003).

Os equipamentos para controle e variação de velocidade de Motores CC são largamente utilizados como fonte de CC através de um circuito retificador alimentado por uma fonte de CA trifásica, chamado de conversor CA/CC. Comumente a eficiência de conversores CA/CC gira em torno de 98%, ou seja, bastante alta. Porém ao considerar a eficiência englobando todo o dispositivo e o motor, este valor diminui para próximo dos 90%, a qual pode diminuir ainda mais dependendo da carga e tamanho do motor (FRANCHI, 2013).

Os motores de indução são largamente utilizados nas indústrias e áreas rurais. Alimentados por fontes de energética com frequência fixa, suprem muitas necessidades, com acionamentos que permitem sua utilização com velocidade fixa (CARVALHO, 2012). No entanto, muitas aplicações necessitam de diversas velocidades. Segundo FITZGERALD (2006), as possíveis formas de variar a velocidade síncrona do motor de indução são:

- a) Variação do número de pólos;
- b) Variação da frequência de armadura;
- c) Variação de tensão de linha;
- d) Variação da resistência do rotor ou variação da tensão e frequência adequada aplicada ao circuito do rotor;

Para os motores de pólos variáveis, o aspecto construtivo do enrolamento do estator é desenvolvido de certa forma que se permite por meio de alterações simples entre as conexões das bobinas, que se altere o número de pólos em uma proporção dois para um (2:1) podendo, assim, escolher entre duas velocidades síncronas fixas (FITZGERALD, 2006).

O rotor de motores de polos variáveis, é obrigatoriamente do tipo gaiola de esquilo, o qual possui número fixo de pólos que produz um campo eletromagnético contrário ao campo eletromagnético do estator. Logo, alterando o número de polos do estator o fluxo induzido através do rotor também irá ser alterado, e a velocidade de giro do mesmo irá aumentar ou diminuir de acordo com o esquema de ligação escolhido. As principais velocidades utilizadas em motores de pólos variáveis quando ligado à redes de alimentação com frequência de 60Hz são: 600, 900, 1200 e 1800 RPM (FITZGERALD, 2006).

O método mais difundido é o controle de velocidade de motores de indução por variação de frequência da tensão armadura fornecida ao motor. Esse é o método mais simples possível de se controlar a velocidade motor, com o uso de um inversor polifásico que alimenta motor. Porém, deve-se controlar a tensão juntamente com a frequência, de modo a evitar faixas de frequência com tensão constante, onde o fluxo do motor torna-se inversamente proporcional à frequência (WOOLLACOTT, 2003).

Com o método de controle por tensão de linha, são normalmente utilizados em motores de gaiola de esquilo que possuem pequena potência, utilizados geralmente em ventiladores e exaustores, onde, os mesmos tem um rendimento muito baixo e com o custo elevado (WOOLLACOTT, 2003).

Os motores citados no parágrafo anterior, por possuírem um escorregamento elevado, o controle por tensão de linha proporciona um intervalo considerado pequeno para variação de velocidade dos mesmo, no entanto como a carga para ventiladores e exaustores é considerada constante, esse método se torna bastante eficaz (WOOLLACOTT, 2003).

Já o controle com variação da resistência do rotor aplica-se a motores com rotor bobinado, onde há a possibilidade de variar a resistência do circuito do rotor. Esse método é semelhante ao método de controle de motor CC que possibilita controlar a velocidade do mesmo por variação de resistência em série com o circuito da armadura do motor visto anteriormente. Entretanto, esse método possui desvantagens significativas, já que possui um baixo rendimento em velocidades baixas, e a variação da velocidade se mostra de forma ineficiente durante o funcionamento. Além disso, o valor para adquirir o motor de rotor bobinado e sua manutenção é muito elevado se comparado com motor de gaiola de esquilo, assim como as necessidades da manutenção do mesmo são maiores, mais complexas e mais frequentes (FITZGERALD, 2006).

Atualmente, uma opção muito vantajosa para se obter um controle de velocidade de MIT é o uso de inversores e conversores de frequência, devido a valor mais acessível, fácil operação e uso (WOOLLACOTT, 2003).

“O avanço da eletrônica permitiu o desenvolvimento de conversores de frequência com dispositivos de estado sólido, como os Tiristores SCRs, e transistores de potência” (FILLIPO-FILHO, 2010, p. 109).

O inversor frequência CFW 07, é do tipo PWM, permitindo, assim, o controle de velocidade de motores de indução trifásico. O mesmo trabalha com

alimentação de energia a partir de 220 V de linhas monofásicas ou trifásicas (Manual CFW 07 WEG).

A placa de controle de potência do inversor é constituída de transistores do tipo IGBT, o que permite acionamento do motor de indução com eficiência de forma silenciosa. Em sua placa de controle, o inversor é constituído por micro controlador que trabalha com 16 bits, permitindo a visualização dos parâmetros desejados através da IHM. (Manual CFW 07).

### 2.3 TACOGERADOR

O tacogerador se assemelha em muito com um gerador eletromagnético, diferindo no seu tamanho já que o mesmo é fixado no eixo de motores elétricos. Devido a seu pequeno tamanho, ele é muito suscetível a danos provenientes de forças axiais em seu acoplamento direto com o eixo dos motores, ou até mesmo de danos mecânicos externos (FRANCHI, 2009).

Segundo o manual de tacogeradores da WEG, o tacogerador foi desenvolvido para aplicação de servo controle de aceleradores, freio de elevadores, acionamento de máquinas têxteis, entre outras aplicações, as quais requerem comando e ajustes sensíveis que dependem da variação da velocidade ou torque com controle da velocidade de forma contínua e criteriosa.

Comumente o tacogerador possui ímãs permanentes no estator, que produz em um campo magnético que induz uma tensão através do rotor bobinado. O tacogerador pode ser CC ou CA. Ambos os aspectos construtivos são muito similares, onde a tensão gerada proporcional a velocidade de giro do motor ao qual ele se encontra fixado (FRANCHI, 2009). Porém o tacogerador CC possui vantagens em relação ao CA:

- Fornece tensão contínua com polaridade positiva se o sentido de rotação do eixo do motor for sentido horário, e tensão negativa sendo o giro do motor no sentido anti-horário;
- A amplitude da tensão CC fornecida pelo tacogerador varia de acordo com a velocidade de giro do eixo do motor CC, sendo diretamente proporcional à velocidade de giro, e possui estabilidade de tensão de saída;
- Estabilidade em sua saída de tensão, já que mesmo produz uma tensão de *ripple* muito pequena;

- Sua manutenção do mesmo raramente é necessária, e seu grau de proteção é compatível com diversos motores, podendo, assim, ser utilizado em indústrias sem grandes problemas ou preocupações.

Mesmo sendo muitos similares, comumente a tensão de saída de um tacogerador CA é retificada para tensão CC para a conexão com o bloco de controle, já que o sinal de saída CA do mesmo possui um *ripple* muito elevado, podendo ocasionar erro de leitura no bloco de controle. Por isso, raramente são utilizados com conversores CC/CA ou inversores de frequência (CARVALHO, 2012).

## 2.4 FREIO ELETROMAGNÉTICO

O freio eletromagnético ou freio de Foucault é semelhante ao sistema de funcionamento de um motor CA. Consiste em um rotor, no caso o disco acoplado ao eixo do motor da bancada, que tem o giro dentro do campo magnético induzido sobre ele, gerado por bobinas alimentadas em tensão de corrente contínua, que pode ser representadas como o estator do motor. Devido ao campo magnético projetado pelas bobinas sobre o disco de alumínio, surge uma corrente induzida no disco, onde a mesma gera um campo magnético de sentido contrário a variação do campo que a induziu, causando a frenagem eletromagnética (PEREIRA, 2006).

As correntes de Foucault, também conhecida por correntes parasitas, são induzidas em condutores através de variações de campos magnéticos, criados propositalmente ou acidentalmente. O sistema de frenagem eletromagnética por corrente de Foucault é o de menor custo e manutenção, onde pode ser acionado através de um comando com botão de pulsar, ou ainda com a utilização de inversores de frequência, esse tipo de frenagem pode fazer parte de um conjunto instalado (CARVALHO, 2011).

Segundo ROSA; WOHLGEMUTH, cita a NBR 8152 (1982), o Freio de Foucault é sistema eletromagnético que causa a frenagem por esforço oposto ao sentido de giro causado por indução sobre um induzido linear, ou sobre uma peça rotativa, como, por exemplo, sobre um disco, semelhante ou igual aos disponíveis nas bancadas da UTFPR – Pato Branco.



### **3 ASPECTOS GERAIS DAS BANCADAS**

As bancadas didáticas da marca WEG, que estão sendo estudadas, contam com uma estrutura metálica, equipamentos e ferramentas técnicas e práticas que visam auxiliar no processo de ensino/aprendizado dos futuros profissionais no mercado de trabalho. As bancadas trazem linhas semelhantes, mas com aplicações diferenciadas.

Ambas as bancadas possuem simulador de defeitos, que podem ser utilizadas em atividades acadêmicas acionadas pelo professor. Na alimentação de energia das mesmas, consta um autotransformador de trifásico com potência de 5 KVA. A diferença básica entre as bancadas consiste no equipamento de controle do motor e o tipo de motor presente, onde na bancada modelo CFW 07 tem como principal equipamento o inversor de frequência CFW 07, e na bancada com controle de velocidade CC, o principal equipamento é o conversor CA/CC CTW A03.

A utilização dessas bancadas permitem medições e acompanhamentos de dados de frequências inseridas ou controladas por equipamentos para acionamentos de motores e cargas, a fim de se obter controle de torque e velocidade dos mesmos. Da mesma forma, pode-se direcionar os estudos dos acadêmicos a possíveis erros e soluções de problemas que modelos iguais ou similares, podem apresentar em uma planta industrial, possibilitando experiência em situações semelhantes às que ocorrem em sua área de atuação no mercado de trabalho.

Nos próximos tópicos serão discutidos com mais detalhes as funcionalidades dos equipamentos de ambas as bancadas, com foco maior para o estudo do inversor e conversor, por se tratarem dos dois principais componentes das bancadas.

#### **3.1 BANCADA DIDÁTICA MODELO COM INVERSOR CFW 07**

Ao iniciar a abordagem sobre a bancada didática modelo CFW-07, observa-se que os equipamentos tem acesso visual, sendo eles: motor de indução trifásico, freios magnéticos, auto transformador trifásico (com três tensões possíveis, 220V, 380V e 440V), dinamômetros, botoeiras no painel, bornes para medição e um inversor de frequência.

A bancada ainda consta com entradas de tensão CA trifásica (440/380/220 V), com as respectivas correntes 5/6/10 A na frequência de 60 Hz, que podem ser verificadas nos dados de placa da Figura 2. No caso da bancada didática em questão, foi avaliada para a tensão de 220 V trifásico de alimentação, com frequência de 60 Hz.



**Figura 2 – Placa de especificação da bancada.**  
**Fonte: Autoria Própria.**

Nas Figura 3 e 4, tem-se as vistas frontal e posterior a bancada modelo CFW 07, respectivamente. Nestas, são destacados os principais componentes da bancada.

Onde:

1. Indicador luminoso de motor ligado;
2. Inversor CFW 07;
3. Chave de controle de giro do motor em sentido horário e anti-horário;
4. Chave para Girar/Parar o motor, onde corresponde respectivamente ao mesmo que ligar e desligar;
5. Potenciômetro para controle de carga aplicada ao eixo do MIT;
6. Botão de emergência;
7. Painel de acrílico com bornes para medição, (Placa de medição);
8. Freios eletromagnéticos;
9. Simulador de defeitos;

- 10. MIT;
- 11. Auto transformador trifásico.

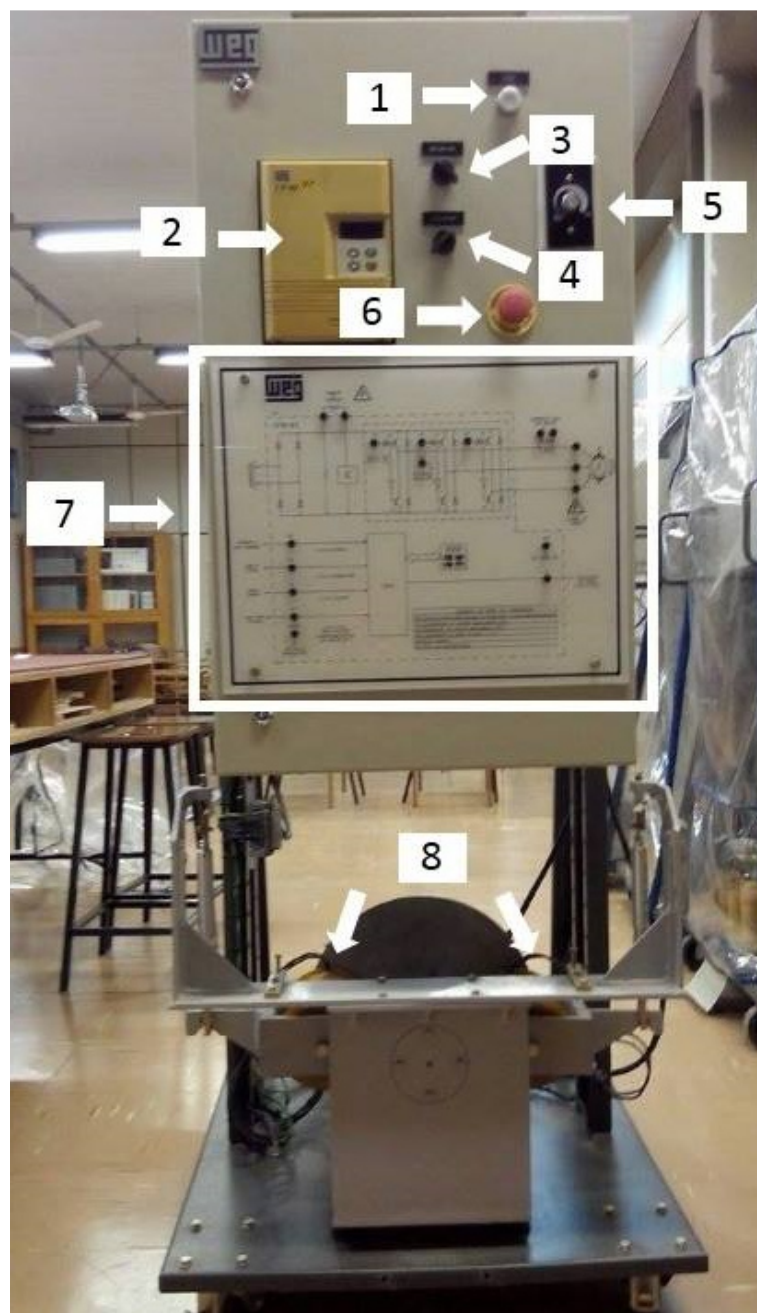
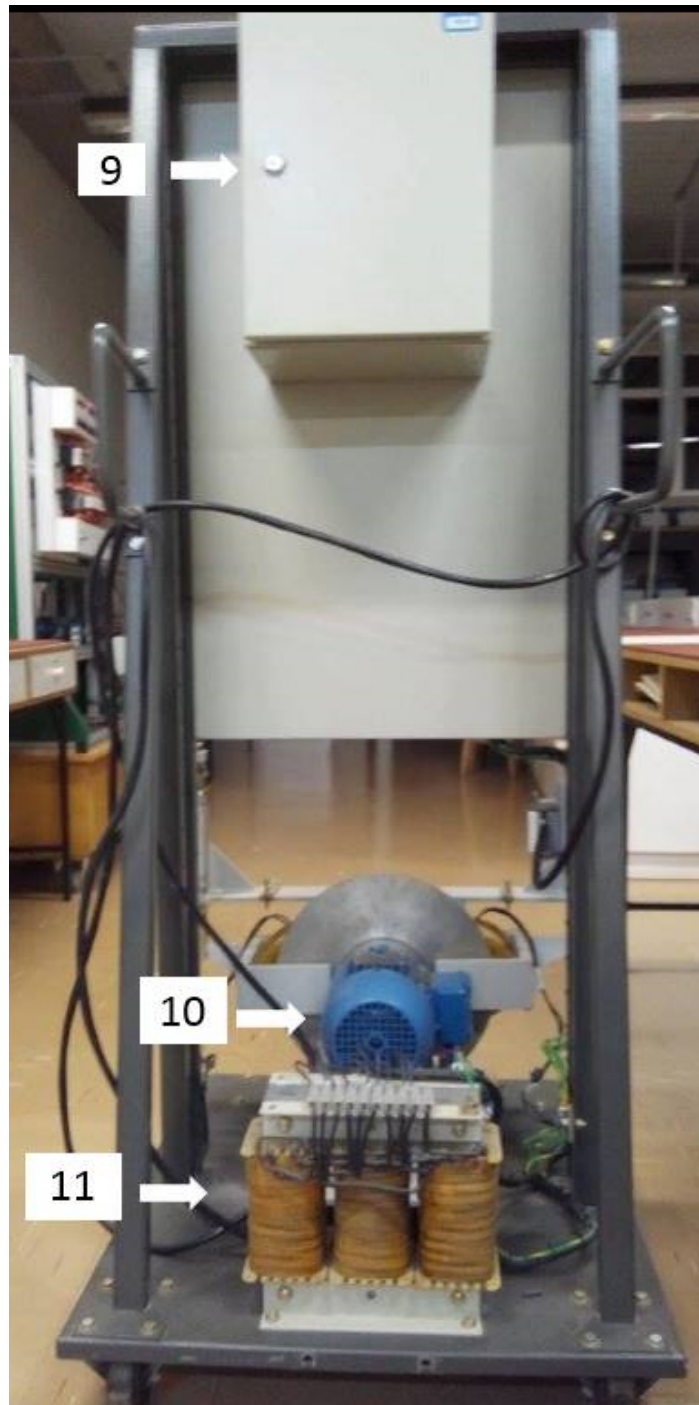


Figura 3: Vista da bancada didática modelo CFW 07.  
Fonte: Autoria própria



**Figura 4: Bancada didática modelo CFW 07, vista Posterior.  
Fonte: Autoria própria.**

O inversor de frequência é constituído de uma unidade central de processamento (CPU), interface homem máquina (IHM), etapa de potência e interfaces com duas entradas analógicas com resolução de 10 bits, cinco entradas digitais, com uma saída analógica com resolução de 8 bits e duas saídas através de reles normal aberto. Todas as entradas e saídas analógicas ou digitais possuem uma ou mais função programável (Manual do Inversor CFW07).

Com o bloco de interface homem máquinas (IHM), existente no inversor, constituída por um *display* de led com quatro dígitos de sete segmentos e quatro teclas, há a possibilidade de ativar ou desativar o inversor. É possível, também, entrar no modo de regulação dentro de várias funções incorporada ao inversor, permitindo, assim, alterar o modo de operação e funcionamento do inversor e o motor acionado pelo mesmo (Manual do Inversor CFW07). Além disso, é possível usar a IHM para visualizar várias grandezas do motor durante o seu acionamento ou funcionamento, como, por exemplo, a tensão, a corrente e a frequência.

Destaca-se que é possível parametrizar no inversor de frequência diferentes tipos de controle em rampa de aceleração e desaceleração, corrente de sobre carga do motor, limitação da corrente de saída e escolha de frequência de chaveamento, frequência máxima e mínima (FRANCHI, 2009).

### 3.1.1 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO - MIT

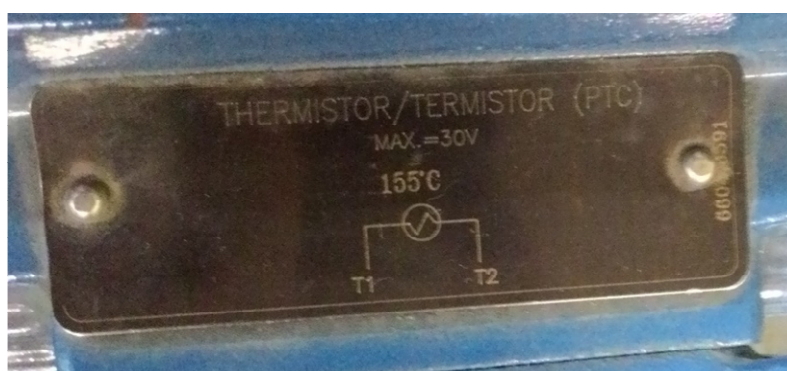
O MIT fixado na bancada didática é um motor assíncrono com quatro polos, corrente nominal 4,48/2,59 A e pode trabalhar com frequência de 5 a 100 H e o esquema de ligação de alimentação está em triangulo 220 volts. Tais dados são apresentados em sua placa de identificação (conforme Figura 5).



Figura 5: Dados de Placa do motor.  
Fonte: Autoria própria.

O MIT conta, ainda, com um termistor PTC para proteção do motor contra sobre-aquecimento. PTC (*Positive temperature coefficient*) é um termistor semicondutor, onde sua resistência varia proporcionalmente conforme a variação da temperatura do motor.

Na Figura 5, são apresentados os dados do PTC presente no MIT da bancada, onde, verifica-se que a alimentação máxima através do PTC é de 30 V, e que o mesmo deixará de conduzir energia se o motor atingir a temperatura de 155°C. Assim, seria acionada proteção através da abertura de uma contactora.



**Figura 6: Dados do Termistor PTC fixado no MIT.**  
Fonte: Autoria própria.

### 3.1.2 PLACA DE MEDIÇÃO EM ACRILICO

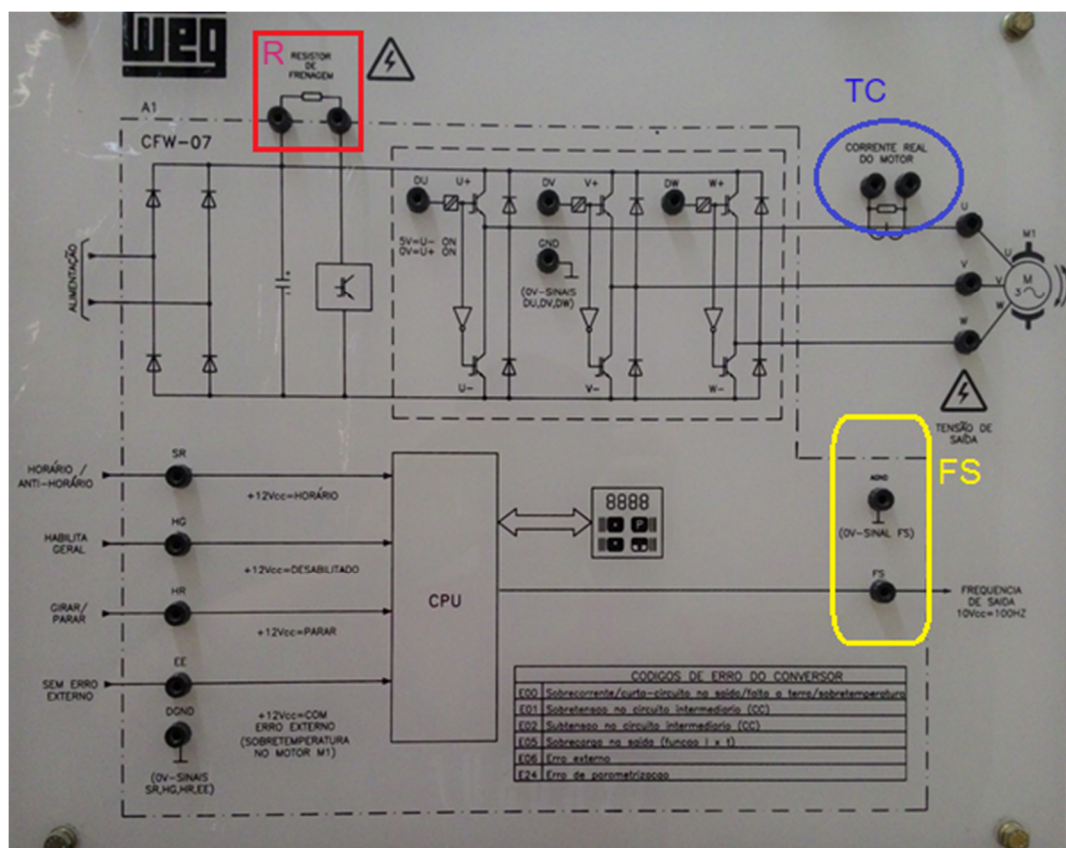
Na parte frontal da bancada didática, é possível ter acesso a uma placa de acrílico com bornes de medição, assim como uma visão de um diagrama elétrico que exemplifica quais partes da bancada estão sendo medidas ou se tem acesso através dos bornes, além de uma pequena tabela com os códigos de erros mais prováveis e usuais do inversor de frequência para auxiliar o processo de ensino/aprendizado durante as atividades com a bancada.

Através dos bornes disponíveis no painel de acrílico, pode-se efetuar medições de tensão, frequência de saída e de corrente. Na Figura 7 têm-se a placa de acrílico, onde pode se visualizar os bornes de medição e um pequeno diagrama elétrico.

Na parte superior da Figura 7 verifica-se dois pares de bornes que se destacam por suas funções. O primeiro par de bornes destacado na área retangular “R” pode ser conectado a um resistor externo chamado de resistor de frenagem do MIT. O outro par de bornes que se tem à disposição, destacado na área elíptica “TC”,

possibilita a medição aproximada da corrente real que é fornecida ao MIT. Isso se torna possível devido a um transformador de corrente (TC), mostrado na Figura 8, o qual fornece a tensão de corrente alternada, proporcional a corrente que passa pelo fio enrolado ao TC. O fio é uma das fases que estão ligadas ao motor, onde são necessárias 15 voltas do fio em torno do TC afim de se obter uma medição de maior confiabilidade com o mesmo fluxo magnético. Com o uso de um multímetro, medindo em tensão CA, pode se medir a tensão fornecida aos bornes, pelo transformador de corrente, onde 4,7 VCA corresponde à aproximadamente 5A.

Ainda com relação a Figura 7, a área retangular denominada FS há dois bornes que disponibiliza a medição da frequência de saída do inversor que alimenta o MIT, onde tem-se próxima uma indicação na própria placa de medição, que apresenta e considera a tensão de saída nos bornes de 10Vcc corresponde a 100Hz.



**Figura 7: Placa de Medição da bancada em acrílico.**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Figura 8: Transformador de corrente, para medição.**  
**Fonte: Autorial Própria**

No diagrama mostrado na placa de medição, tem-se a representação do MIT e as três fases que alimentam as bobinas do estator do MIT, com bornes com a opção para medir a tensão fornecida ao MIT. Os valores de tensão, corrente e frequência podem ser acompanhados através dos parâmetros de leitura do inversor de frequência afim de se verificar e comparar com as medidas que são realizadas.

Na parte frontal da bancada tem-se duas chaves, sendo uma para seleção de girar (ligar) e parar (desligar) motor e outra para escolha do sentido de giro do motor, em horário e anti-horário. Essas chaves utilizam sinal tensão de corrente contínua nas entradas do inversor de frequência, sendo o mesmo responsável pelo acionamento e sentido de giro do motor. Tendo o mesmo princípio de funcionamento das chaves anteriores, a bancada possui uma chave geral que fica no quadro do simulador de defeitos, que deve ser ativada, sendo assim habilitara as outras funções na parte frontal da bancada. No entanto, pode ser verificado através de bornes no painel se as mesmas estão ativadas e como estão ativadas, dependendo da tensão medida nos bornes, +12Vcc e -12Vcc, possibilitando o acompanhamento e funcionalidade das chaves sem mesmo ver se estão ativadas ou como estão ativas.



### 3.1.3 FREIOS ELTROMAGNÉTICOS

Nas bancadas didáticas, as quais se destinam esse trabalho, dispõe-se de freio eletromagnético por corrente de Foucault. Na Figura 9 é possível visualizar as duas bobinas do freio eletromagnético, destacadas por um elipse, demarcadas por “FE”. O freio eletromagnético pode ser representados por indutor ou indutância, onde essas bobinas podem ser alimentadas por tensão nominal de 190Vcc. A alimentação de tensão para as bobinas é acionada e controlada através de um potenciômetro de ajuste de carga, que fica na parte frontal da bancada próximo indicado com o número 5 na Figura 12.



**Figura 9: Bobinas de freio eletromagnético, e MIT**  
**Fonte: Autoria Própria.**

### 3.1.4 AUTO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Na composição de ambas as bancadas, existe um autotransformador trifásico. Na Figura 10 observa-se os dados de placa do mesmos assim como os *taps*

suas respectivas tensões. Ele tem esquema de ligação para 440 V no enrolamento primário e taps de tensão para 380V e 220V (440/380/220V), com potência de 5 KVA, para frequência de 50 ou 60 hertz, com grau de proteção IP00. A alimentação da bancada em rede trifásica pode ser feita em tensões variadas por causa do autotransformador na entrada. Isso se torna apropriado, não havendo a necessidade de modificar estrutura ou equipamentos que constituem cada bancada por mudança de tensão de alimentação, já que a rede trifásica pode variar a tensão nominal de distribuição. Um exemplo, é o Paraná que para se obter 220V necessita-se de duas fases e Santa Catarina possui 220V monofásico.

O esquema de ligação do autotransformador é em estrela, e a alimentação do inversor de frequência existente na bancada, ocorre após a passagem por um contator. Tem-se também uma botoeira de emergência, a qual, sendo acionada, causa abertura do contator de energização da bancada. Sendo assim, o autotransformador continuará energizado, uma que os *taps* do mesmo possuem uma isolação afim de evitar contato direto.

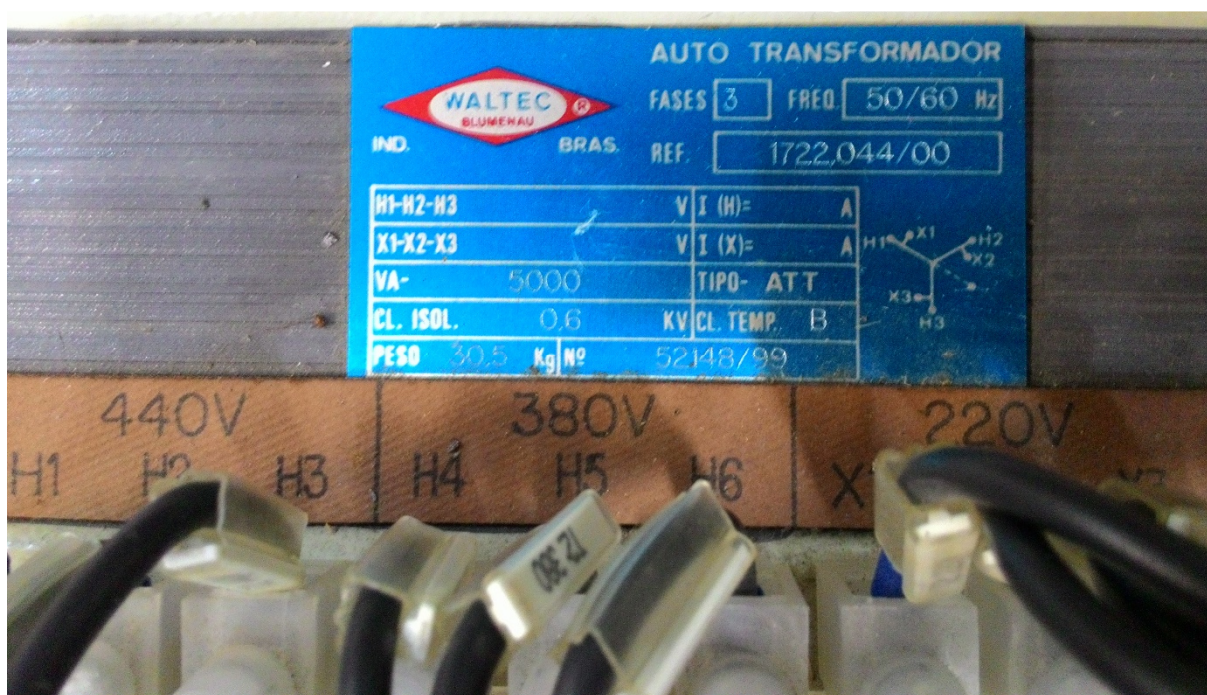


Figura 10: Dados de placa Auto transformador trifásico.  
Fonte: Autoria Própria.

### 3.2 BANCADA DIDÁTICA DE CONTROLE DE VELOCIDADE CC COM SIMULADOR

A bancada de controle de velocidade CC, assim como a bancada do inversor de frequência, possui na entrada de alimentação de energia um autotransformador trifásico com as mesmas características. Na Figura 11 tem-se os dados de placa da bancada e do motor CC existente na mesma.



**Figura 11: Placa de identificação da bancada**  
**Fonte: Autoria Própria.**

#### 3.2.1 ASPECTOS GERAIS DA BANCADA DIDÁTICA COM CONTROLADOR DE VELOCIDADE CC

Com o advento da eletrônica de potência, avanços nos métodos de controle de velocidade no modo vetorial são alcançados, aumentando a confiabilidade e precisão de controle de velocidade do MIT. Devido a isso entre outros fatores, diminuiu-se o uso de motores de corrente contínua na indústria. No entanto sempre há exceções, como por exemplo, máquinas bobinadeiras e máquinas de impressão onde se utiliza os motores de corrente contínua.

No período anterior ao surgimento e uso em grande escala de inversores de frequência para controle de velocidade de motores de indução, os motores de corrente contínua eram indicados para aplicações industriais, que exige ou necessita

de controle mais preciso de posição ou velocidade através do uso de conversores CA/CC. O conversor, comumente chamado de retificador, pode ser classificado como controlado ou não controlado. Conversor não controlado possui uma tensão de saída fixa e normalmente é constituído de diodos. O conversor controlado é formado com uso de SCRs, que pode ser projetado para se obter na tensão de saída para alimentação do motor CC seja ela positiva ou negativa.

A utilização de motor CC normalmente engloba fontes CC ou conversores de corrente alternada para corrente contínua CA/CC. Na bancada didática com controlador de velocidade CC, que pode ser visualizada nas Figuras 12 e 13, sendo respectivamente vista de frontal e posterior, tem-se os seguintes componentes:

1. Instrumentos de medições analógicos;
2. Indicadores luminosos;
3. Botoeiras de pulso (liga e desliga);
4. Botoeira de emergência;
5. Potenciômetro de controle de carga;
6. Botoeira de emergência;
7. Potenciômetro de fio 5K Ohms para regulação de velocidade;
8. Chave geral;
9. Painel de acrílico com bornes para medição (placa de medição);
10. MIT para ventilação forçada;
11. Freio eletromagnético;
12. Simulador de defeitos;
13. Motor CC;
14. Tacogerador;
15. Auto transformador trifásico;

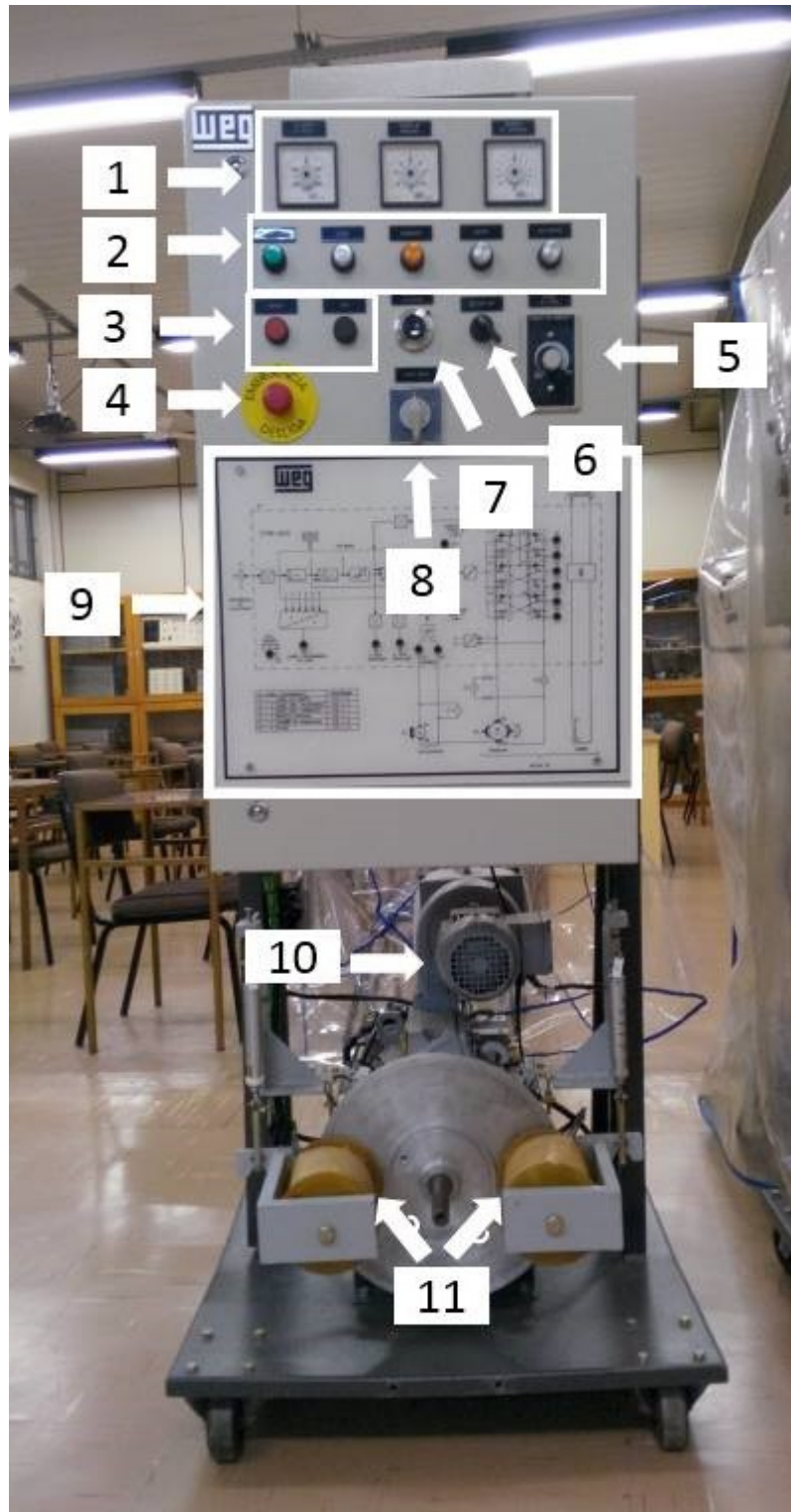
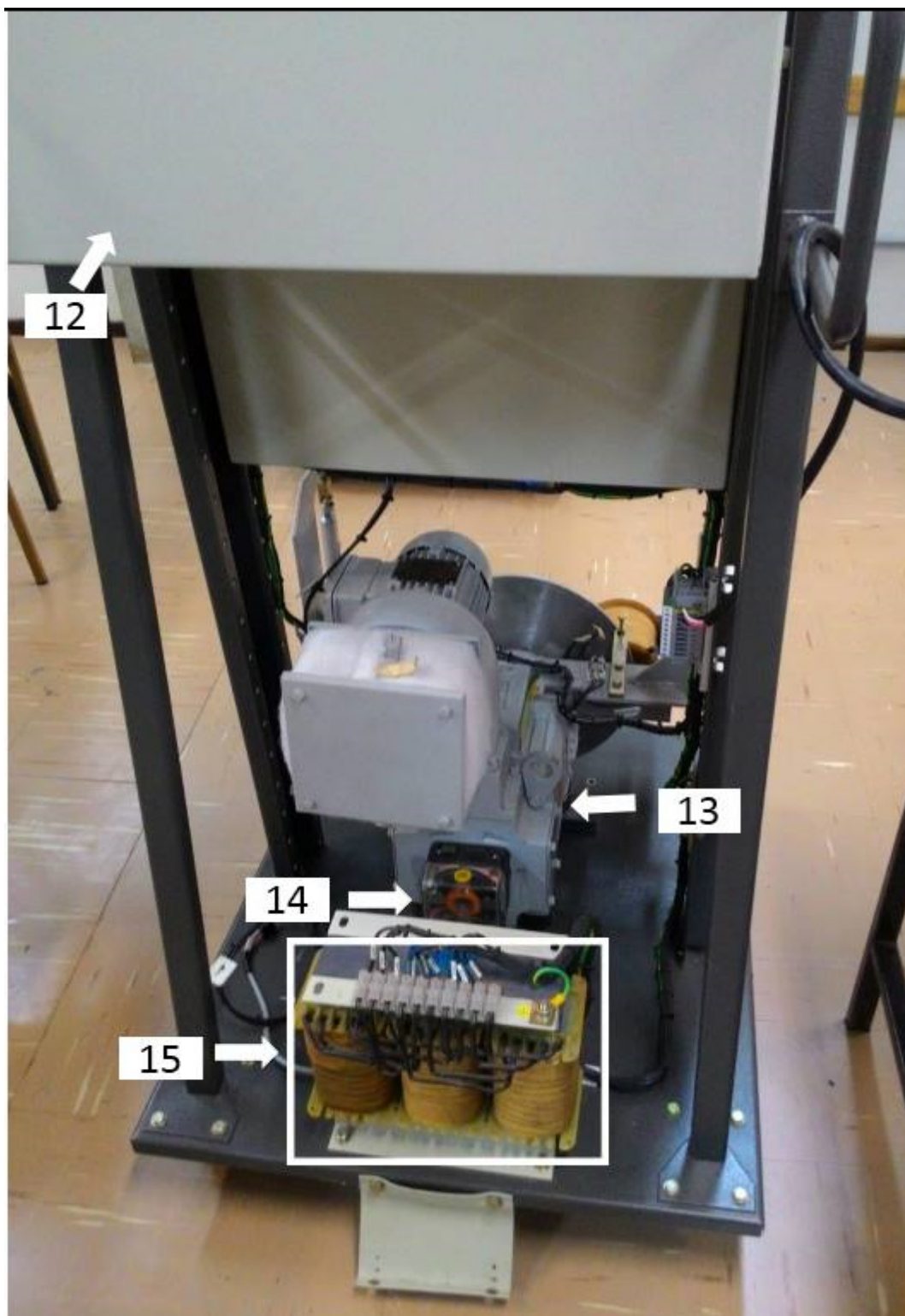


Figura 12: Bancada didática, modelo controle de velocidade CC  
Vista Frontal.  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 13: Bancada Didática, modelo controle de velocidade CC  
Vista Posterior.  
Fonte: Autoria própria.**

Nos subitens subsequentes, descreve-se algumas características de configuração, modo de operação e utilização conversor CA/CC, e as principais configurações da bancada didática de controle de velocidade CC.

### 3.2.2 PAINEL DE ACRÍLICO E PLACA DE MEDIÇÃO.

O painel de acrílico (Figura 14) é uma placa com bornes na parte frontal da bancada didática, sendo de fácil acesso para uso da bancada no processo da atividade prática, possibilitando uma melhor aproximação entre teoria e prática para professores e acadêmicos.

Para as medições feitas através dos bornes no painel em acrílico, tem-se algumas possibilidades de medir sinais de saídas de controle do conversor CA/CC. Por exemplo, a saída PX, que se encontra dentro da área retangular definida como “PX” na Figura 14, é configurada através do parâmetro P30, e pode ser programada conforme o manual do conversor para que o sinal medido represente uma das grandezas de saída do conversor. Na Figura 15 e Tabela 01 são apresentadas as possíveis configurações de saída que pode ser programadas no parâmetro P30 para o borne PX.

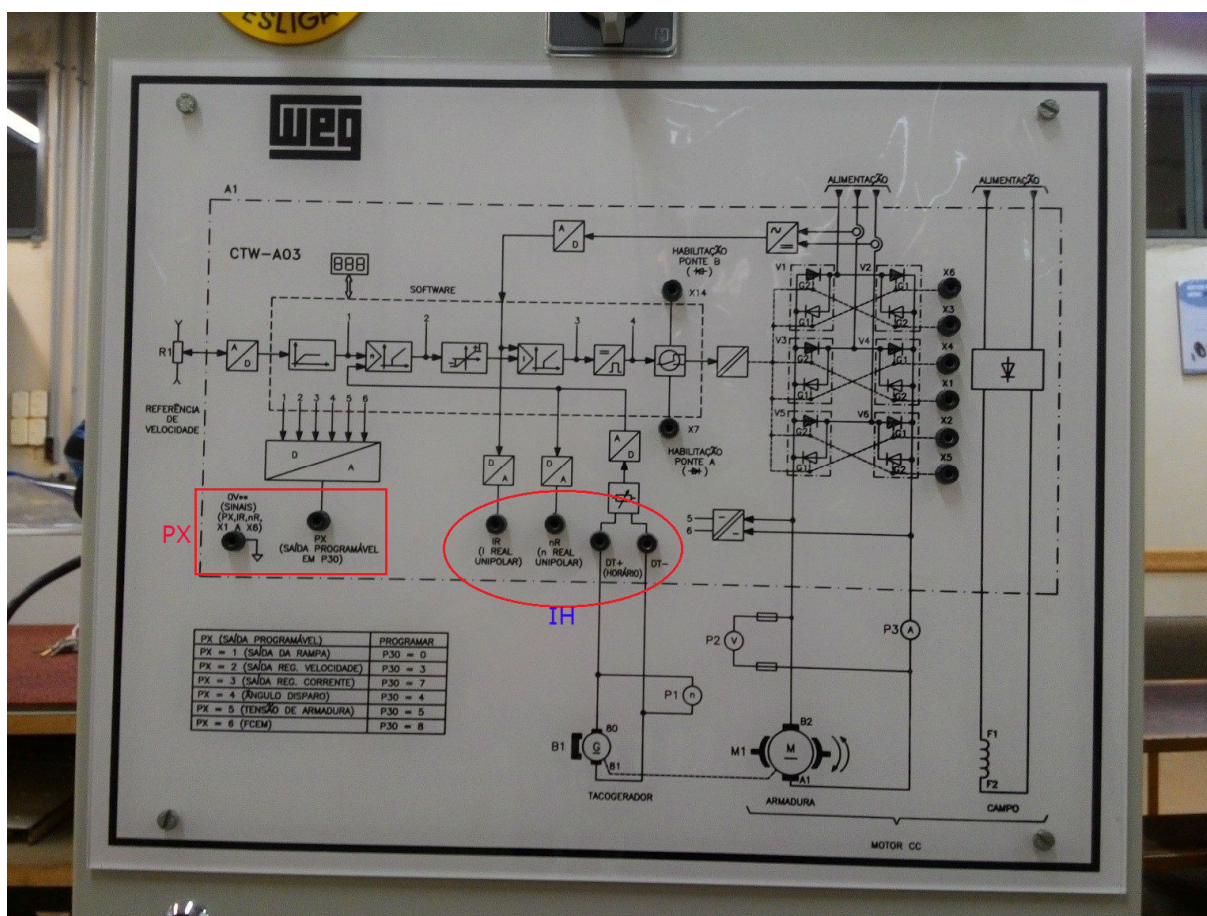


Figura 14: Painel de Acrílico, placa de medição.  
Fonte: Autoria Própria.

Ainda, no painel de acrílico da bancada didática, tem-se escrito um diagrama eletroeletrônico da mesma para exemplificar e auxiliar no entendimento, de quais grandezas estão sendo medidas. Além disto, este painel facilita a localização de qual o ponto da bancada está sendo feitas as medidas. Há uma pequena tabela na parte inferior esquerda da placa de medição que pode ser vista na Figura 14, mostrada no detalhe na Figura 15, que exalta os principais tipos de saída a serem medidos, assim como o valor do parâmetro P30 a ser programado no conversor.

PX (SAÍDA PROGRAMÁVEL)	PROGRAMAR
PX = 1 (SAÍDA DA RAMP)	P30 = 0
PX = 2 (SAÍDA REG. VELOCIDADE)	P30 = 3
PX = 3 (SAÍDA REG. CORRENTE)	P30 = 7
PX = 4 (ÂNGULO DISPARO)	P30 = 4
PX = 5 (TENSÃO DE ARMADURA)	P30 = 5
PX = 6 (FCEM)	P30 = 8

Figura 15: Tabela da saída PX, Placa de medição da bancada.  
Fonte: Autoria Própria.

As medidas a serem realizadas através do borne PX, são realizadas com o auxílio de multímetro, selecionando a medição de tensão contínua.

Tabela 1: Parâmetros de regulação do conversor.

Parametro	Função	Faixa de valores
P30	Programar a saída Digital/Analógica de 8 bits	0 – Referência de velocidade após rampa (10 V = velocidade máxima)
		1 – Referência após rampa. (10 V = velocidade máxima)
		2 – Diferença entre valor desejado e o valor real da velocidade (10 V = 100% da velocidade máxima)
		3 – Valor desejado de corrente (10 V = corrente máxima do inversor)
		4 – Ângulo do disparo, 8 V = 150° ; 0,5 V = 12,0°.
		5 – Tensão de armadura (9.1 V = tensão nominal)
		6 – Sequência de interrupções
		7 – Saída do regulador de corrente (9.9 V = ângulo de disparo de 12,0° )
		8 – FCEM – Força contra eletromotriz (10 V = valor nominal)
9 limitação de corrente em função da velocidade (10 V = Corrente máxima)		

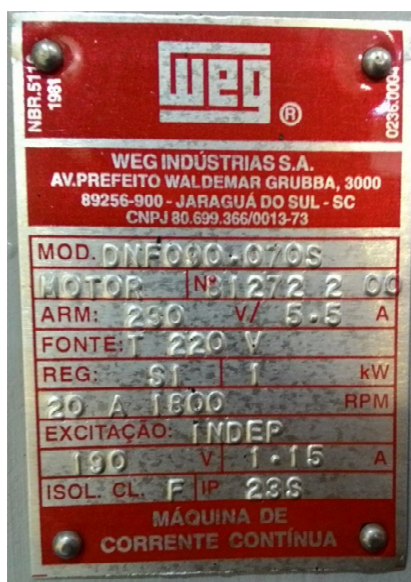
Fonte: Manual do conversor CA/CC



### 3.2.3 MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA (CC)

Motores de corrente contínua da marca WEG podem ser construídos com a finalidade de se obter potências que variam de 0,5 a 10.000 KW, com torque que variam de 2 a 200.000 Nm. Esses motores têm a nomenclatura do modelo de acordo com os seu aspectos construtivos, e tipos de refrigeração. (Catálogo Motores de Corrente contínua, WEG)

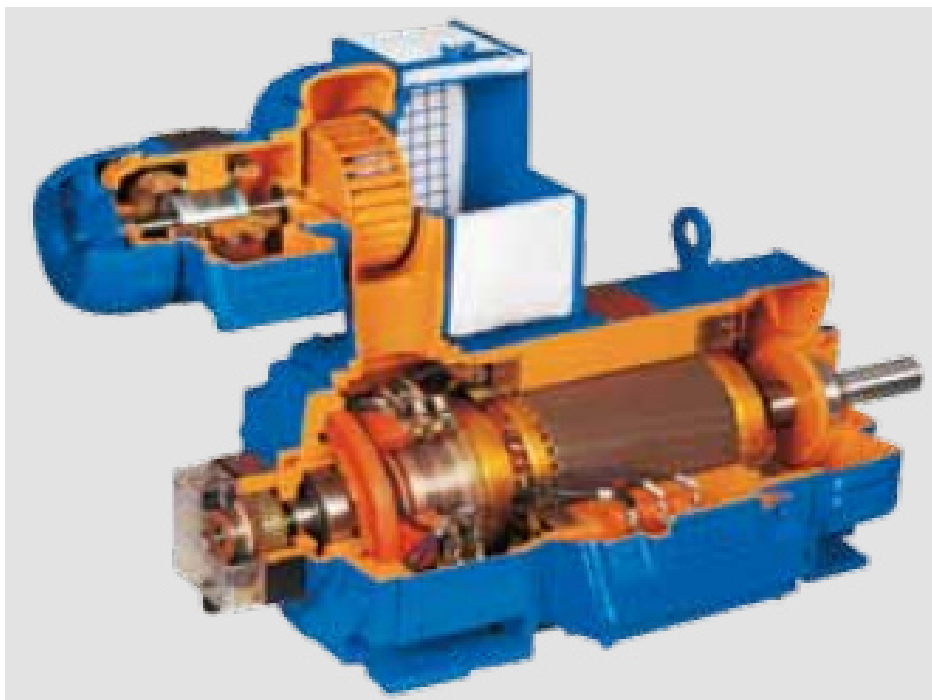
Na Figura 16 tem-se os dados de placa do motor CC disponível na bancada, onde obtém-se a tensão de armadura nominal de 230 Vcc, corrente nominal de 5,5 A, potência de 1kW, excitação de campo independente com 190 Vcc, e corrente de 1,15 A.



**Figura 16: Dados de Placa do Motor CC.**  
**Fonte: Autoria Própria**

Além disso, o motor da bancada dispõe de uma ventilação forçada independente, através de um MIT, que é acionado no mesmo momento que em que se aciona o botão de pulsar LIGAR, do Motor CC.

Na Figura 17 tem-se a vista de corte lateral de um motor CC semelhante ao que tem-se à disposição na bancada didática, com a ventilação forçada acoplada ao mesmo através do MIT com 0,12kW de potência, Fator de Serviço 1,15, e tensão de alimentação de 220V, corrente nominal de 0,77A com 3380 RPM, que faz a ventilação passar pelas escovas de alimentação do rotor, saindo pela parte de traz do motor CC. O motor CC disponível na bancada possui sensor PTC de temperatura, que faz parte do sistema de proteção contra superaquecimento do motor.



**Figura 17: Corte lateral de um Motor CC com ventilação Forçada independente.**

**Fonte: Copiado e adaptado do Catalogo de Motores CC, marca WEG.**

A bancada didática possui alguns instrumentos de medição para acompanhar duas grandezas elétricas fornecidas ao motor CC pelo conversor e a velocidade de giro do mesmo, assim como o sentido de giro.

A sequência em que se encontram na parte frontal da bancada que pode ser visualizada na Figura 12, e indicada pela seta número 1, iniciando da esquerda para a direita, dispostos da seguinte maneira: velocidade em RPM por um tacômetro analógico, um voltímetro analógico medindo a tensão de armadura em Volts (V) e amperímetro analógico em Ampère (A). Os três instrumentos de medição tem devido ao seus aspectos construtivos (tipo galvanômetro), tem-se ponteiro marcando o zero central, possibilitando assim medir as grandezas positivas e negativas.

O tacômetro possui entradas e limites de alimentação de tensão de  $-40 - 0 - +40$  Vcc que representa a velocidade do motor de  $-2000 - 0 - +2000$  RPM, essa tensão é proveniente do tacogerador fixador no eixo do motor CC.

O voltímetro analógico para medir a tensão de armadura, ou seja, a tensão que é aplicada ao estator do motor, que pode variar de  $-300 - 0 - +300$  Vcc, esse mesmo intervalo de tensão é existente no voltímetro.

Já para o amperímetro, ele recebe uma tensão que varia de  $-10 - 0 - +10$  Vcc que corresponde em sua resolução respectivamente a  $-10 - 0 - +10$  Acc, ou seja, para

cada 1 Vcc é designado 1 Acc. Ressaltando que esses valores de tensões e indicações do tacômetro, voltímetro e amperímetro pode ser acompanhado via bornes de medição no painel de acrílico, conforme descrito anteriormente.

### 3.2.4 TACOGERADOR

O tacogerador disponível na bancada de controle velocidade CC está fixado ao eixo do motor CC e possui ímãs permanentes no estator, que induz campo magnético nos enrolamentos do rotor, fornecendo, através das escovas do rotor, uma tensão contínua, correspondente à velocidade do motor CC, para o sistema de controle eletrônico de velocidade.

Na Figura 18, tem-se os dados de placa do tacogerador, modelo TCW 20, o qual fornece com precisão a medição de rotação a partir 1000 RPM, e o máximo 8000 RPM. Porém a velocidade mínima possível para início de operação do motor CC fixado na bancada é de aproximadamente 500 RPM, que pode ser acompanhada com tacômetro digital externo, de modo a comparar com o valor medido no tacômetro analógico existente na bancada, uma vez que, de 500 a 1000 RPM a precisão do tacogerador é menor, sendo ele responsável por fornecer a tensão ao tacômetro analógico.



**Figura 18: Dados de placa do Tacogerador**  
**Fonte: Autoria Própria.**

## 4 TRABALHO DESENVOLVIDO

Neste trabalho foram desenvolvidos três roteiros de atividades práticas, sendo dois roteiros para a bancada com o inversor de frequência CFW07 e um roteiro para a bancada de controle de velocidade CC com o conversor CTW A03. Os mesmos possuem por objetivo auxiliar professores na utilização das bancadas didáticas. Da mesma forma, foram elaborados dois manuais didáticos, sendo um para a bancada denominada como inversor de frequência CFW 07 e outro para a bancada denominada controle de velocidade CC com conversor CA/CC CTW A03.

Nos apêndices A e B tem-se os manuais das bancadas, onde descreve-se como realizar a energização das mesmas, suas funcionalidades, sugestões e observações de seus principais equipamentos, suas configurações e seus funcionamentos para facilitar o entendimento e uso.

Já nos apêndices C e D, respectivamente tem-se os roteiros 1 e 2 para atividades para a bancada com inversor de frequência, visando a utilização da melhor maneira possível o MIT e o inversor com múltiplas velocidades, modos de operação, controle de carga, e simulação algumas das possíveis falhas e erros que podem ocorrer em ligações elétricas e eletrônicas.

No apêndice E encontra-se um roteiro de aula prática para a bancada de controle de velocidade CC com conversor CA/CC. Neste roteiro é possível demonstrar a ação da corrente de campo no motor CC, variação de velocidade, controle de carga e possíveis falhas que podem ser simuladas através do simulador de defeitos para o motor CC e a fonte que o alimenta.

E, nos apêndices F e G, tem-se os diagrama elétrico da bancada com inversor de frequência e bancada de controle de velocidade CC respectivamente, onde mostra os principais cabeamentos elétricos das bancadas, desde a entrada de energia através do autotransformador trifásico até as chaves dos simuladores de defeitos, conforme a nomenclatura das anilhas que se encontram nos cabeamentos de ambas as bancadas, facilitando, assim, o entendimento, sua utilização e/ou a localização para manutenções futuras.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

A principal preocupação ao iniciar o estudo das bancadas surgiu da necessidade de utilização de recursos existentes na instituição que não vinham sendo adotados por professores e acadêmicos, tanto em sala de aula quanto em laboratórios, sendo que, em muitas empresas, espera-se de seus colaboradores que os mesmos saibam trabalhar e desenvolver suas atividades adaptando-se as suas necessidades e equipamentos disponíveis.

Demonstrou-se bastante trabalhoso o processo de estudo, uma vez que desconhecia-se informações importantes devido ao fato das mesmas não estarem disponíveis. Da mesma forma, não se tinha conhecimento se os equipamentos ainda estavam em condições de desempenho pleno. Porém, observou-se que, apesar do fato de estarem desativas por longo período de tempo, as bancadas apresentaram um bom estado de conservação e funcionamento.

Um dos grandes desafios veio ao se levantar informações de erros, diagramas elétricos, métodos de programação e parametrização. Com o auxílio de alguns instrumentos de medição e muita pesquisa, foi possível levantar um grande número de informações sobre seus principais equipamentos e forma de funcionamento. Da mesma forma, se fez possível desenvolver um manual com informações, dicas e diagramas elétricos que irão auxiliar o uso desses equipamentos em sala de aula.

Foi elaborado também algumas rotinas de atividades práticas como sugestão para professores que desejarem utilizá-las, sendo que as mesmas encontram-se nos apêndices do presente projeto.

Para trabalho futuro, propõe-se o desenvolvimento de uma IHM para o conversor CA/CC, de maneira a possibilitar o uso do mesmo de forma mais segura e simples, e que proporcione sua utilização para visualização de parâmetros, sua edição e leitura de grandezas elétricas fornecidas pelo equipamento.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, E. L. PIZZATTO, R. Acionamentos de Motores de Indução com um Conversor Estático Regenerativo. 2011. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco 2011. Disponível em:

Catálogo de Cursos, UTFPR, disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/estrutura-universitaria/pro-reitorias/prograd/catalogo-de-cursos-da-utfpr/pato-branco/engenharia-eletrica>

Catálogo Motores de Corrente Contínua WEG, Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-corrente-continua-50005370-catalogo-portugues-br.pdf>

CARVALHO, G. Máquinas Elétricas: Teoria e Ensaio. 4º Edição, 4º Reimpressão. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2012.

FILIPPO-FILHO, G. Motor de Indução. 1º Edição, 5º Reimpressão. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2010.

FRANCHI, C. M. Acionamentos Elétricos. 4º Edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2008.

FRANCHI, C. M. Inversores de Frequência Teoria e Aplicações. Editora Érica Ltda, 2ª edição. São Paulo, 2009.

KINGSLEY, C.; UMANS, S. D.; FITZGERALD, A. E.; Máquinas Elétricas. 6ª Ed. São Paulo: Bookman, V.1, 2006.

Manual Conversor CA/CC CTW-A03, V3. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/1-64.pdf>

Manual de tacogeradores WEG, disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-tacogerador-manual-portugues-br.pdf>; acessado em 30 de Abril de 2016.

Manual do Inversor de frequência CFW-07. Disponível em: <http://www.instrutec.ind.br/docs/downloads/CFW%2007.pdf>

PEREIRA, A. H. Freio eletromagnético para ensaios de Motores Elétricos de Indução. Universidade Federal do Ceará, 2006.

PPC Engenharia Elétrica: <http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/diretorias/dirgrad/cursos/coelt/curso/ppc-engenharia-eletrica>

ROSA, M. K.; WOHLGEMUTH, A. Aprimoramento de uma bancada automatizada de um Freio de Foucault utilizada para ensaios de motores de indução. 2012. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012. Disponível em:

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/835/1/MD\\_COMIN\\_2012\\_1\\_05.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/835/1/MD_COMIN_2012_1_05.pdf). Acesso em 30 de abril de 2016.

VIEIRA, L. Motores Elétricos, princípios e fundamentos, apresentação na Universidade Estadual de Maringá, Departamento engenharia agrícola, campus do Arenito, 2010. Disponível em: [http://gcitech.com.br/fcp\\_professional/Materias%20Diversos/PDF/motoreseltricos.pdf](http://gcitech.com.br/fcp_professional/Materias%20Diversos/PDF/motoreseltricos.pdf)

WOOLLACOTT, M. H.; COOK, A. S. Controle Motor: Teoria e aplicações práticas. 3ª edição. Editora Manole. 2003.

**APENDICE A – MANUAL DA BANCADA COM INVERSOR CFW 07**



**UNIVERSIDADE TECNOLOGIA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CAMPUS PATO BRANCO**

MANUAL DA BANCADA MODELO CFW 07 PARA AULAS PRÁTICAS

Autor: Ismael Perin

Orientador: Prof. Osis Eduardo Silva Leal

**PATO BRANCO 2016**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	51
2. INSTALAÇÃO.....	52
3. FUNCIONALIDADES.....	53
4. SUGESTÕES E OBSERVAÇÕES.....	57
4.1.1 INTERFACE HOMEM X MÁQUINA.....	57
4.1.2 CONFIGURAÇÃO DOS PARÂMETROS DE REGULAÇÃO.....	57
4.1.3 FREQUÊNCIA MÁXIMA E MÍNIMA.....	58
4.1.4 RAMPA DE VELOCIDADE.....	59
4.1.5 CORRENTE MÁXIMA DE SOBRECARGA.....	59
4.1.6 TEMPO PARA RESET AUTOMÁTICO.....	60
4.1.7 CONFIGURAÇÃO DE COMPENSAÇÃO I X R.....	60

## 1. INTRODUÇÃO

Esse manual visa descrever, de maneira simples e prática, a bancada didática modelo CFW07 de forma a oportunizar o uso de seus instrumentos e equipamentos, possibilitando o máximo aproveitamento dos recursos disponíveis. Da mesma forma pretende-se proporcionar ao acadêmico o conhecimento e capacitação prática, desenvolvendo a aplicação dos conhecimentos teóricos abordados no curso, uma vez que entende-se que teoria e prática, bem como sua inter-relação são de essencial importância no processo de ensino aprendizagem.

Neste manual encontra-se roteiros de como instalar e utilizar tal bancada, do mesmo modo que, o processo de uso das ferramentas para atividades práticas.

## 2. INSTALAÇÃO

Para o correto funcionamento da bancada, alguns pontos devem ser observados quanto à instalação física e elétrica:

- A bancada didática possui pequenas rodas para deslocamento da mesma, porém deve-se evitar, quando deslocá-la, choques mecânicos na estrutura física, evitando danificar os diversos componentes presentes.
- A bancada deve ser instalada em superfície estável;
- A ligação elétrica deve ser realizada pela tomada trifásica padrão 3 fases + neutro, com trava;

Antes de realizar a ligação elétrica da bancada certifique-se de que:

- A fonte de alimentação seja de 220 volts (fase-fase);
- A chave controle de “girar/parar” esteja na posição de parar;
- Ao energizar a bancada, automaticamente será energizado o inversor, ligando o mesmo;
- Chave Geral S6 que está localizada dentro do quadro de simulador de defeitos está em ‘0’ (zero) sendo assim está desabilitada
- Caso se fizer necessário alterar, trocar modificar ou simplesmente tocar no circuito elétrico ou eletrônico após o uso da bancada, aguardar um intervalo de tempo em torno de 2 a 5 minutos para que o as placas de potência estejam eletricamente descarregadas.

### 3. FUNCIONALIDADES

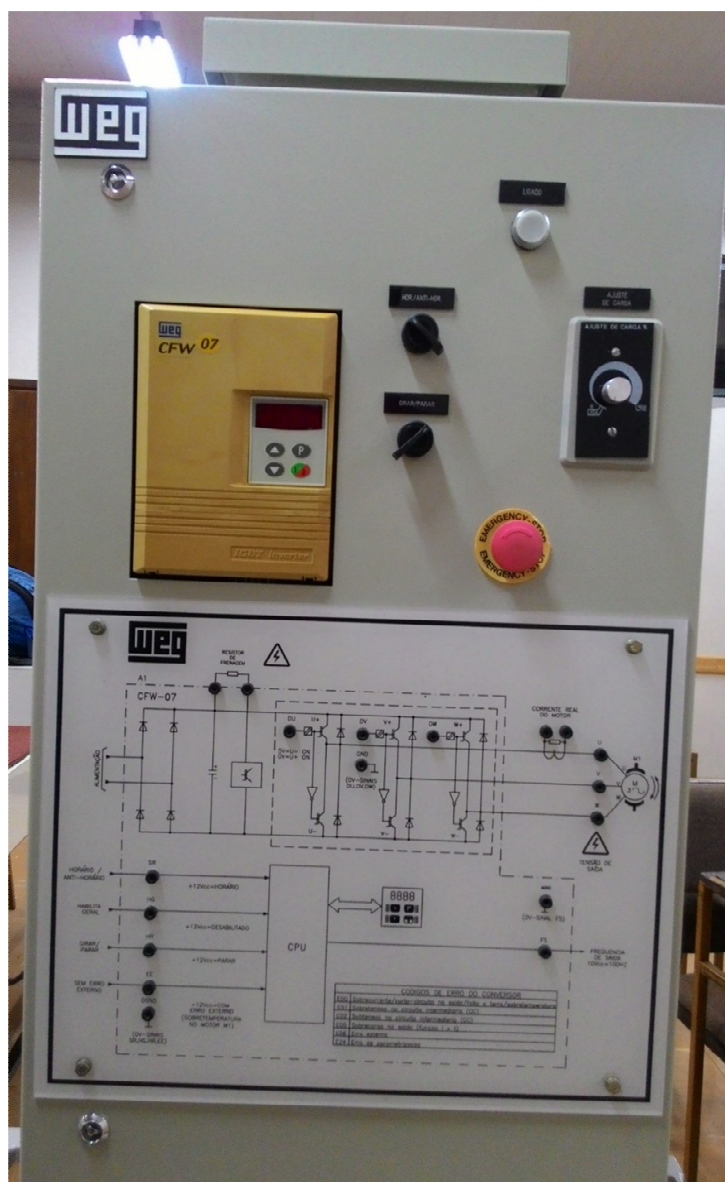
Na Figura 1 tem-se a vista frontal do painel, onde a chave seletora número 1 possibilita selecionar o sentido de giro. Ao posicionar a chave seletora número 2 em girar, acionará o MIT, o qual irá para sua rotação nominal. O potenciômetro disponível no painel de controle da bancada denominado AJUSTE DE CARGA permite simular carga aplicada ao motor, girando o mesmo no sentido horário para aumento da carga aplicada ao eixo do motor.



Figura 1 – Vista da Frontal da Bancada, Controles Manuais.  
Fonte: Autoria Própria.

Além disso, é previsto na bancada um botão de emergência para parada imediata do motor e uma lâmpada que sinaliza se a bancada se encontra ligada (lâmpada acesa), e ficando apagada quando desligada, ou quando o botão de emergência se encontra acionado.

Já a Figura 2 apresenta a vista do painel de controle e do painel em acrílico com bornes para medição de grandezas de comando e acionamento do MIT. A medição com a bancada ligada deve ser realizada utilizando-se o multímetro sempre em tensão, exceto para os borne de resistor de frenagem, no qual deve ser inserido um resistor externo, previamente dimensionado.



**Figura 2: Vista Frontal, Controles e placa de medição.**  
**Fonte: Autoria Própria.**

Quanto à Figura 3, tem-se a parte interna do quadro de simulador de defeito, onde se encontram chaves de habilitação da simulação de falha. Sendo assim, fica a critério do professor responsável a seleção de qual falha ativar, podendo essas falhas/defeitos serem ativadas enquanto o motor estiver em funcionamento sem que o freio magnético esteja acionado. Na Tabela 1 são descritas quais falhas são acionadas, em suas respectivas chaves.

É importante ressaltar que não se pode acionar/ativar duas falhas simultâneas, e que ao final de cada atividade prática deve-se voltar a chave do defeito selecionada para a posição desativada.

Iniciando pela chave S6 – Habilita Geral: caso essa chave estiver habilitada, não permitirá ligar o motor se estiver parado, ou irá parar se estiver em funcionamento, e a IHM do inversor deverá indicar o erro E06.

A Chave Q2 – Fuga Fase Terra: novamente, se o motor estiver em funcionamento, o mesmo deve parar, e, se estiver parado, não deve girar. A IHM do inversor deve indicar o erro E00.

Chave Q5 – Sobrecorrente na Saída do Inversor: assim como a falha anterior, se o motor estiver em funcionamento, o mesmo deve parar, e se estiver parado, não deve girar. A IHM do inversor deve indicar o erro E00.

A chave Q7 – Sobretensão no Circuito Intermediário: para ocasionar essa falha, o responsável pela atividade prática deverá acioná-la com o motor **PARADO**, acionar o motor, e, com o motor em funcionamento, inverter seu giro ou acionar chave “GIRAR/PARAR”. A IHM do inversor deverá indicar o E01.

**OBS:** Para essa última falha de sobretensão no circuito intermediário, deve-se verificar a rampa de desaceleração, a qual deve constar um tempo pequeno.

**Tabela 1: Simulador de Defeito**

Chave	Erro
S6	E06
Q2	E00
Q5	E00
Q7	E01



**Figura 3: Quadro do simulador de defeitos bancada Modelo CFW 07.**  
**Fonte: Autoria Própria.**



## 4. SUGESTÕES E OBSERVAÇÕES

### 4.1.1 INTERFACE HOMEM X MÁQUINA - IHM

Ao iniciar a abordagem sobre a bancada didática, observa-se que os equipamentos tem acesso visual, sendo: motor de Indução trifásico; freios magnéticos; auto transformador trifásico (com três tensões possíveis, 220V, 380V e 440V); dinamômetros; botoeiras no painel; bornes para medição no painel; e com ênfase ao inversor de frequência seguindo alguns passos:

- Para controle de tensão e frequência de saída, os inversores de frequência utilizam controle por PWM para controlar a velocidade de motores de indução trifásicos, onde pode se ter a variação de tensão e frequência, adicionando isso ao que os acadêmicos tem de conhecimento sobre modulação PWM. Em sala de aula poderá se levantar o questionamento sobre o conhecimento de que cada acadêmico possui sobre esse tipo de modulação, orientando o mesmo se necessário com aspectos essenciais para o manuseio do inversor.
- A utilização das teclas da IHM, para selecionar e modificar o conteúdo dos parâmetros segundo o manual do inversor de frequência, a partir da página 46 (uso da IHM);

### 4.1.2 CONFIGURAÇÃO DOS PARÂMETROS DE REGULAÇÃO

No inversor de frequência tem-se diversos parâmetros onde o manual do mesmo os discrimina como sendo de leitura, regulação e parametrização do inversor. Exceto os parâmetros de leitura podem de alterados através da IHM do inversor, que possui acesso rápido e fácil entendimento. A seguir os procedimentos a serem tomados:

- Consultar o manual na página 48, item “seleção/alteração de parâmetro” e na página seguinte “Fluxograma para leitura/alteração de parâmetros”;
- Explicar a função do parâmetro “P000”, onde o mesmo, quando estiver com valor igual a 5, permite a alteração dos parâmetros. Se o mesmo apresentar qualquer valor diferente, não permitirá alterações que podem ser indevidas durante o funcionamento do inversor. Vale ressaltar que após todas configurações terem

sido realizadas, é preciso voltar ao parâmetro “P000” e colocar qualquer valor diferente de 5;

- Explicar os significados dos parâmetros P002, P005 e P208, onde: P202 grandeza proporcional à frequência; P005 valor da frequência de saída do inversor que é aplicada ao motor; P208 fator de escala da referência, o qual permite que o parâmetro de leitura P002 indique a velocidade do motor em RPM ou em outra unidade de medida (Obs.: Ver página 62 do manual do inversor de frequência);

**OBSERVAÇÃO:** os parâmetros P202, P204, P221, P224, P227, P264, P265, P266, P277 e P295 poderão ser alterados se o inversor estiver bloqueado na tecla I/O, ou a chave GIRAR/PARAR estiver em PARAR.

Na Tabela 2, são apresentados os valores padrões para alguns parâmetros do inversor de frequência que se encontram configurados no inversor.

**Tabela 2: Valores Parâmetros Inversor.**

Parâmetro	Valores
P101	5 s
P133	5 Hz
P134	100 Hz
P156	4.4 A
P169	4.4 A
P206	5 s
P222	0
P224	1
P227	0
P252	~0,61 ganho
P265	4

#### 4.1.3 FREQUÊNCIA MÁXIMA E MÍNIMA

Uma frequência funcionando com modulação PWM, haverá saídas analógicas, sendo que algumas podem ter seus respectivos valores de saída alterado. Esse é o caso da saída analógica (A01), onde seus parâmetros relacionados são: frequência de saída; frequência de entrada, rampa e corrente de saída. As mesmas são relacionadas ao parâmetro P251-Função de saída A01, da página 67 do manual do inversor de frequência.

Os procedimentos para alterar as frequência máxima e mínima (parâmetros P133 e P134) encontrados no fluxograma da página 49 do manual do inversor de frequência, tem por objetivo estabelecer a faixa de velocidade a qual motor irá trabalhar, dependendo da aplicação do motor na indústria. Ainda sobre frequência,

pode-se incrementar ao parâmetro P202, que condiz com a frequência nominal do motor, que pode ser alterado entre 60 e 50 hertz.

#### 4.1.4 RAMPA DE VELOCIDADE

Uma breve introdução sobre a rampa de velocidade deve ser direcionada aos acadêmicos, falando sobre o que é a rampa de aceleração, e que a configuração da mesma pode ser através de frequência, da tensão ou corrente é normalmente determinada e relacionada com carga inicial a qual motor será acionado a rampa é habilitada através do parâmetro 104. Um exemplo que pode ser feito é o acionamento do motor em vazio ou com uma carga abaixo de sua potência nominal do motor. Para a função multispeed varia a frequência de 5 Hz até a frequência de 66Hz, onde as frequências intermediárias são definidas nos parâmetros 124 a 131. No parâmetro P202 é estabelecido a frequência nominal do motor que pode ser 50 ou 60Hz.

A rampa de aceleração é denominada rampa S ou rampa linear, e tem por objetivo reduzir choques mecânicos durante acelerações e desacelerações do motor.

Pode se alterar o tempo de aceleração e tempo de desaceleração nos parâmetros P100 e P101, respectivamente, os quais definem o tempo para acelerar e desacelerar linearmente o motor. Mais informações podem ser encontradas na página 52 do manual do inversor de frequência.

#### 4.1.5 CORRENTE MÁXIMA DE SOBRECARGA

Assim como os parâmetros de frequência mínima e máxima, os parâmetros P156 e P169 visam proteger o motor contra sobrecarga, evitando danos ao motor e ao inversor, assim, impedindo que a corrente aplicada ao motor ultrapasse o valores calculados e levantados através da curva de atuação.

É possível fazer o levantamento da curva de atuação da proteção aplicando um conjugado resistente ao eixo do motor (através dos freios magnéticos), utilizando a relação (corrente de saída( $I_s$ )/P156) até que a relação anterior atinja os valores 1.0, 1.5 e 2.0, cronometrando os tempos de atuação da proteção.

Através da IHM do inversor, utilizando o parâmetro de leitura P003, pode ser observada a corrente de saída que está sendo aplicada ao motor. (Em caso de

dúvida, nas páginas 59 e 60 do manual do inversor podem ser encontrado maiores detalhes).

Ressaltando que para o uso em condições de carga variável o é essencial calcular e parametrizar a limitação da corrente para sobrecarga através do parâmetro P156, para evitar a atuação da proteção, ou até mesmo danos ao motor ou ao inversor. Ao inserir carga no eixo do motor a corrente de saída ( $I_s$ ), se ela atingir valores igual ou superior à corrente máxima de saída configurada no parâmetro P169, a saída rampa S do inversor é suprimida até que o valor da corrente diminua e volte a ser menor que a do parâmetro P169.

#### 4.1.6 TEMPO PARA RESET AUTOMÁTICO

No manual do inversor, na página 61, obtém-se informações sobre o que é auto reset. Se faz interessante explicar aos alunos quais as vantagens de ter à disposição essa opção em uma indústria ou equipamento.

Feito isso, há a possibilidade de simular junto aos alunos uma sobrecarga com os freios magnéticos ao eixo do motor até a proteção atuar. Então, aguardar o tempo de auto reset, que é determinado no parâmetro P206.

Se o mesmo erro ocorrer por três vezes consecutivas, a função auto reset é bloqueia o inversor e ira acusa erro E24 devido ao erro recorrente.

**OBSERVAÇÃO: O erro E24 não é corrigido automaticamente pelo auto reset.**

#### 4.1.7 CONFIGURAÇÃO DE COMPENSAÇÃO I X R

A compensação I x R é utilizada nos casos em que se deseja partir um motor com carga elevada aplicada ao eixo do mesmo, utilizando-se de baixas frequências para se obter uma tensão de saída maior em relação à frequência. Através do parâmetro P136 é possível modificar a relação de tensão/frequência (U/F) para valores de frequência abaixo do valor nominal, aumentando, assim, o nível de tensão na saída para o motor.

Caso pretenda-se ou seja solicitado, há a possibilidade de fazer o levantamento da curva da compensação I x R ou solicitar aos acadêmicos que façam isso, com diversos valores de frequência. No entanto, é um trabalho demorado, já,



**APENDICE B – MANUAL DA BANCADA DE CONTROLE DE VELOCIDADE CC**

**UNIVERSIDADE TECNOLOGIA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CAMPUS PATO BRANCO**

MANUAL DA BANCADA MODELO CTW A03 PARA AULAS PRÁTICAS

Autor: Ismael Perin

Orientador: Prof. Osis Eduardo Silva Leal

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	65
2. INSTALAÇÃO.....	66
3. FUNCIONALIDADES.....	67
4 SUGESTÕES E OBSERVAÇÕES.....	71
4.1.1 DIMENSIONAMENTO DO CONVERSOR CA/CC.....	71
4.1.2 LEITURA DA SAIDA D/A.....	72
4.1.3 CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS E GRAVAÇÃO NA EEPROM.....	72
4.1.4 RAMPA DE VELOCIDADE.....	73
4.1.5 FUNÇÃO I X T.....	73
4.1.6 CORRENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE.....	74



## 1. INTRODUÇÃO

Esse manual visa descrever, de maneira simples e prática, o funcionamento da bancada didática modelo CTW A03, de forma a oportunizar o uso de seus instrumentos e equipamentos, permitindo aproveitar o máximo possível dos recursos disponíveis. Com a finalidade de direcionar o acadêmico um melhor entendimento sobre motor CC e Conversor CA/CC, assim como a capacitação prática promovendo a aplicação na prática dos conhecimentos teóricos abordados no curso.

Nesse manual encontram-se roteiros de como instalar, utilizar e os processos de uso das ferramentas para atividades práticas.

## 2. INSTALAÇÃO

Para o correto funcionamento da bancada, alguns pontos devem ser observados quanto à instalação física e elétrica:

- A bancada didática possui roldanas para deslocamento, porém, deve-se evitar, quando deslocá-la, choques mecânicos na estrutura física, evitando danificar os diversos componentes presentes.
- A bancada deve ser instalada em superfície estável;
- A ligação elétrica deve ser realizada pela tomada trifásica padrão 3 fases + neutro, com trava;

Antes de realizar a ligação elétrica da bancada certifique-se de que:

- A fonte de alimentação seja de 220 volts (fase-fase);
- A chave controle de girar e parar esteja na posição de parar;
- Caso for necessário trocar, modificar ou simplesmente encostar no circuito elétrico ou eletrônico após o uso da bancada, aguardar um intervalo de tempo em torno de 2 a 5 minutos para que o as placas de potência estejam descarregadas eletricamente.

### 3. FUNCIONALIDADES

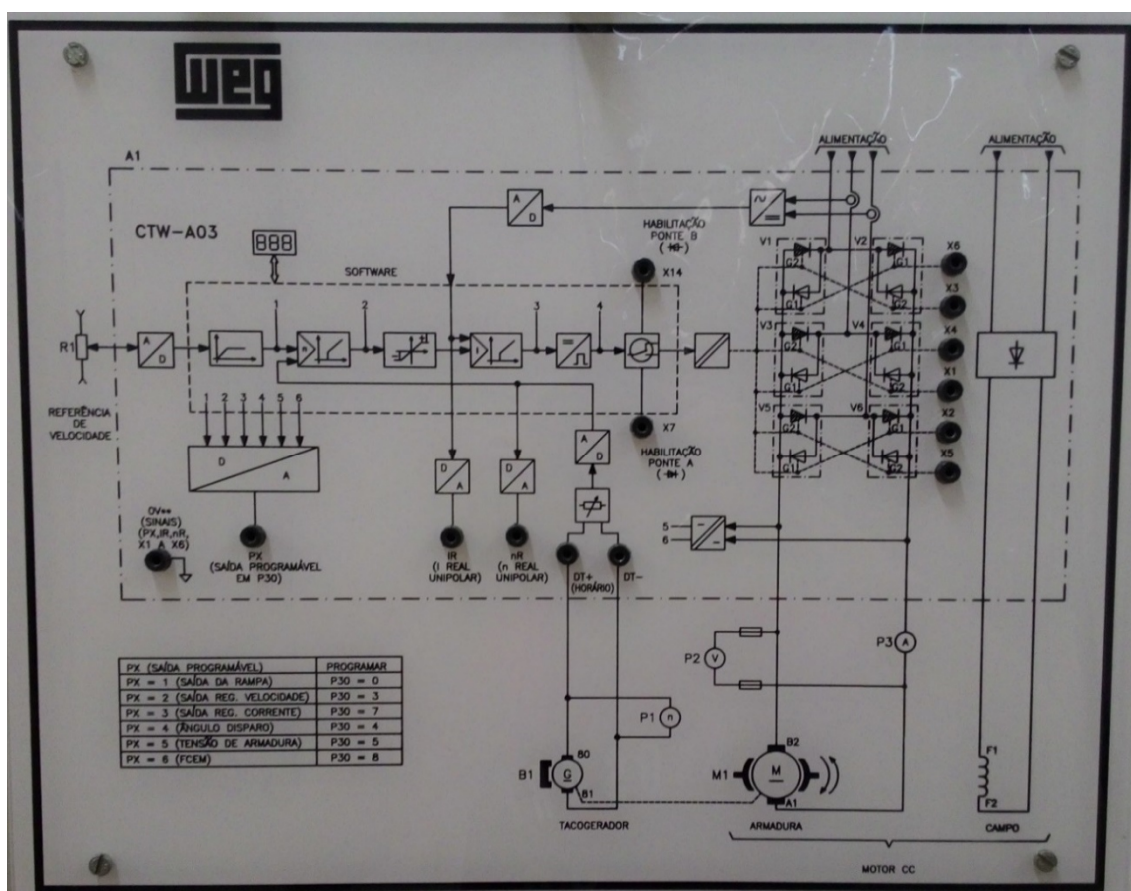
Na Figura 1 tem-se a vista frontal, onde a parte superior da bancada possui três medidores analógicos, tipo galvanômetro, que informam a velocidade, tensão e corrente de armadura do Motor CC. Logo abaixo dos medidores analógicos, a bancada dispõe de um conjunto de indicadores luminosos que indicam, da esquerda para direita, as seguintes informações todos referentes ao motor CC: Desligado; Ligado; Bloqueado; sentido de giro horário e anti-horário. Para a indicação luminosa de BLOQUEADO em alguns casos é devido ao conversor CTW A03 estar bloqueado para acionamento do motor CC.

Na Figura 1, tem-se a o painel de comando que fica na parte frontal da bancada, a chave geral que energiza e ativa o conversor CTW A03 assim como os controles disponíveis no painel, tem-se a chave seletora de sentido de giro (HORÁRIO/ANTI-HORÁRIO), botoeiras de pulsar para ligar e desligar ao motor CC, indicado na área retangular denominada “RV” o ajuste de velocidade do motor CC com o uso de um potenciômetro de 10 voltas central, e indicado na área elíptica denominada “R5” o ajuste de carga utilizando o potenciômetro linear.



**Figura 1 – Vista Frontal, controles manuais.**  
Fonte: Autoria Própria.

A Figura 2 apresenta o painel de acrílico, cuja a função é disponibilizar ao usuário a possibilidade de realizar medições de algumas grandezas de comando e acionamento do Motor CC, disponíveis através dos bornes. Essas medições, com a bancada ligada, devem ser realizadas utilizando o multímetro sempre no modo de medição de tensão contínua.



**Figura 2 – Painel de acrílico com bornes para medição.**  
**Fonte: Autoria Própria**

A Figura 3 mostra o quadro de simulador de defeito e a parte interna onde se encontram as chaves de habilitação da simulação de falha. No caso das falhas, ficará a critério do responsável durante a atividade prática qual defeito ativar, podendo essas falhas/defeitos serem ativadas enquanto o motor estiver em funcionamento, desde que o freio magnético não esteja acionado. Ressalta-se para não acionar/ativar dois defeitos simultâneos e lembrar ao final de cada atividade prática voltar a chave do defeito para a posição desativada.

No quadro de simulador de defeitos da bancada de controle de velocidade CC, tem-se cinco chaves seletoras para ativar e desativar cinco defeitos. Cada chave tem o nome do defeito a ser utilizado.

Abaixo estão detalhados esses cinco defeitos:

Defeito **Falta de Fase**: esse defeito pode ser ativado com o motor em movimento ou parado. O display na IHM do conversor deve indicar F03 sem mostrar nenhuma indicação luminosa no painel de controle da bancada de defeito.

Defeito **Falha na Cadeia de Defeitos**: esse defeito pode ser ativado com o motor em movimento ou parado. O display na IHM do conversor deve indicar F02 e mostrar indicação luminosa no painel de controle da bancada de defeito, que o conversor ou o motor CC está bloqueado.

Defeito **Falta De Taco**: esse defeito pode ser ativado com o motor em movimento ou parado. O display na IHM do conversor deve indicar F08 e mostrar indicação luminosa no painel de controle da bancada de defeito, que o conversor está bloqueado.

Defeito **Falta De Campo**: esse defeito pode ser ativado com o motor em movimento ou parado. O display na IHM do conversor deve indicar F06 e mostrar indicação luminosa no painel de controle da bancada de defeito, que o motor CC ou o conversor está bloqueado.

Defeito **Subtensão na Eletrônica**: esse defeito pode ser ativado com o motor em movimento ou parado. O display na IHM do conversor deve indicar F05 e mostrar indicação luminosa no painel de controle da bancada de defeito o conversor está bloqueado.

A Tabela 01 apresenta as chaves seletoras e defeitos e suas respectivas siglas que se encontram no diagrama elétrico da bancada.

**Tabela 01: Defeitos e Erros no conversor.**

<b>Chaves seletoras</b>	<b>Erros</b>
Falta de Fase (S4)	F03
Falha na Cadeia de defeitos	F02
Falta de Taco (S7)	F08
Falta de Campo (Q2)	F06
Subtensão na Eletrônica (Q3)	F05



**Figura 3: Quadro de simulador de defeitos, chaves seletoras.**  
**Fonte: Autoria própria**

## 4 SUGESTÕES E OBSERVAÇÕES

### 4.1.1 DIMENSIONAMENTO DO CONVERSOR CA/CC

Antes de iniciar os trabalhos com a bancada didática, há a necessidade de aprender sobre o princípio de funcionamento e as características do conversor CA/CC que ali se encontra.

O dimensionamento do conversor CA/CC e suas especificações inicia-se a partir da página 10 do manual do conversor com exemplificações de fatores que precisam ser levados em consideração no período que antecede a aquisição do mesmo, para se obter um melhor desempenho com o melhor custo x benefício possível. No entanto, para o presente trabalho, já tem-se o mesmo presente na bancada definido previamente pela empresa que desenvolveu a mesma. De qualquer maneira, deve se inserir uma pequena introdução de como se definir o equipamento desejado dependendo da sua aplicação. Deve-se realçar alguns fatores, por exemplo, o cálculo para a corrente eficaz do conversor, calculando para o pior ciclo de carga por 10 minutos, utilizando a equação (1).

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{I_1^2 * T_1 + I_2^2 * T_2}{T_1 + T_2}} \quad (1)$$

Faz-se necessário levar em consideração que o pico máximo da corrente durante o período de carga não pode exceder a corrente nominal de armadura dividida pelo fator 0,8.

O manual do conversor CTW A03, possui um anexo mais precisamente o anexo 2 na página 61, onde o mesmo apresenta uma tabela que descreve os tipos de conversores fornecidos pela WEG de acordo com corrente, tensão e potência de saída, da série CTW – A(03) – V3. Que serve para comparar os resultados obtidos durante o processo de dimensionamento do conversor, e qual o melhor equipamento se ajusta ao dimensionamento realizado. Os modelos presente nesse anexo apresentam algumas possibilidade de tensão de alimentação do conversor, assim como corrente de saída, tensão de campo e potência que o conversor pode fornecer e controlar a um motor CC.

#### 4.1.2 LEITURA DA SAÍDA D/A

No conversor, tem-se alguns parâmetros de regulação que permitem leitura de sinais ou dados. Destaca-se o parâmetro P30 que permite programá-lo para ler dados de saída digital ou analógica específicas determinadas pelo usuário através do borne XC6:14 do conversor. No entanto, na bancada didática tem-se acesso ao borne de medição (PX saída programável em P30) na placa frontal de acrílico, que permite ter acesso à leitura sem estar usando diretamente o borne do conversor.

#### 4.1.3 CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS E GRAVAÇÃO NA EEPROM

O conversor CTW A03 possui vários parâmetros de leitura e parâmetros de operação. Os parâmetros de operação são valores calculados e dimensionados conforme o motor e modo de operação desejado.

Com o término do dimensionamento do conversor CA/CC, utilizando o manual do conversor (Capítulo 3 – Colocação em operação, a partir da página 39), iniciam-se os passos para alterar e gravar a programação na EEPROM.

Com o fluxograma da página 41 do manual do conversor, exemplifica-se as possibilidades de uso da IHM, bem como alteração de parâmetros.

Para gravação de dados na EEPROM, a primeira coisa a ser feita é localizar junto à placa do conversor. É possível visualizar a placa retirando a tampa frontal de acrílico do conversor. Se o jumper não estiver sendo feito (1-2), os dados e valores a serem alterados não serão gravados.

O jumper XJ4 tem por finalidade habilitar a escrita e gravação da EEPROM, assim como o parâmetro P00, o qual deve constar o número 5. Qualquer outro número diferente de 5, não permitirá a gravação na EEPROM. Somente será possível a gravação com o jumper e com P00 igual a 5.

A Tabela 02 demonstra alguns parâmetros com seus respectivos valores programados de fábrica especificados para o conversor CTW A03 da presente bancada.



**Tabela 02: Valores de Parâmetros Conversor**

Parâmetro	Valor
P05	1
P24	0
P25	1
P26	0 = 230V
P27	0 = 10A
P32	10
P33	10
P54	62
P55	62
P60	88% (1,1 A)
P67	62
P68	56
P69	30

#### 4.1.4 RAMPA DE VELOCIDADE

A velocidade do motor CC pode ser acompanhada pelo parâmetro de Leitura P88.

É possível observar as rampas de velocidade de saída do conversor com auxílio de osciloscópio, através da régua de bornes do conversor CTW A03, bem como, medir a corrente de armadura no borne XC6:10 e a velocidade real do motor no borne XC6:12:

**Observação:** Deve se programar previamente a saída D/A do borne XC6:14 para, através do osciloscópio, observar a diferença entre o valor real e o valor desejado da velocidade. Isso é possível, pois considera-se que o motor alcance 100% da sua rotação. Informações adicionais podem ser obtidas na página 29 do manual do conversor CTW A03.

#### 4.1.5 FUNÇÃO I X T

A função I x t objetiva a proteção térmica do conversor ou do motor acionado, conforme os parâmetros de ajustes configurados previamente, levando em consideração a corrente nominal do motor.

O parâmetro P67 do conversor corresponde a corrente de sobrecarga ( $I_s$ ) permitida durante um intervalo de tempo ( $t_s$ ), sem ativar o bloqueio do motor ou do conversor. A corrente  $I_s$  pode variar de 0 a 125% da corrente nominal. O parâmetro P68 ( $I_l$ ) é a corrente máxima de saída do conversor para o motor sem que ocorra a sobrecarga do mesmo, e o parâmetro P69 ( $t_s$ ) tempo para a atuação da proteção do

conversor. A configuração padrão que vem de fábrica segue os seguintes valores dos parâmetros: P67=125%; P68=100% e P69=384 segundos, sendo considerada, assim, a proteção do conversor, levando em consideração que a partida do motor é a vazio, ou seja, sem carga, atingindo a carga máxima configurada que é 125% da corrente nominal.

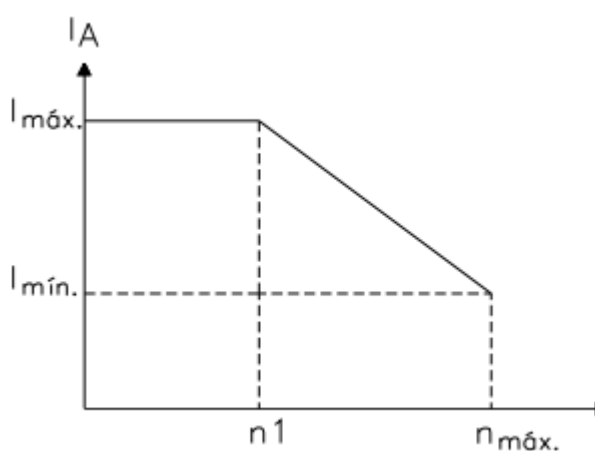
Através do borne XC7:10 é possível, com o uso de um osciloscópio, acompanhar o gráfico da corrente de saída em função do tempo, sendo que a corrente pode ser visualizada através do borne XC6:10 ou através do parâmetro de leitura na IHM do conversor.

A partir do momento em que a corrente de armadura atingir seu valor máximo da corrente para o qual o conversor se encontra configurado, durante o tempo de 2 segundos, ocorre a proteção do conversor acionando o bloqueio do mesmo, por um período de 5 minutos. Transcorrido esse tempo ocorre a liberação automática do conversor.

Esse bloqueio do conversor ocorre devido a possível condição de rotor bloqueado ou sobrecarga aplicada ao eixo do motor. Após a atuação da proteção e bloqueio do inversor, a IHM do conversor deve indicar a falha F07.

#### 4.1.6 CORRENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE

A corrente de armadura pode ser limitada em função da velocidade do motor a ser acionado, de acordo com a figura 4 abaixo:



**Figura 4: Corrente de Armadura em função da Velocidade do motor.**  
Fonte: Adaptado de Manual do conversor CA/CC.

Onde, os parâmetros de regulação são:

$n_1$ : velocidade do motor onde se inicia a redução da limitação de corrente, programável no parâmetro P75;

$n_{m\acute{a}x}$ : velocidade máxima do motor, cujo valor padrão é 100%;

$I_{m\acute{a}x}$ : limitação de corrente máxima, configurada através dos parâmetros P54 e P55;

$I_{m\acute{i}n}$ : limitação da corrente mínima, com motor na rotação máxima, ajustada através do parâmetro P74, sendo o valor padrão como 125%.

Pode-se acompanhar e observar a limitação da corrente com uso do osciloscópio através do borne XC6:14 que deve ser programado para essa opção de saída.

Na bancada didática de controle de velocidade CC, tem-se o controle de velocidade através de um potenciômetro linear, que permite precisão no controle da velocidade. Isso é possível de ser feito através do conector XC9 do módulo expansão de funções MEF05, que funciona como condicionamento de sinal para o conversor.

**APENDICE C – ATIVIDADE PRÁTICA I BANCADA CFW07**

## **ATIVIDADE PRÁTICA 1: BANCADA DIDÁTICA MODELO CFW 07 COM INVERSOR DE FREQUENCIA**

### **1 OBJETIVO**

Essa atividade prática tem por objetivo familiarizar o acadêmico com equipamentos como o inversor de frequência CFW 07, auto transformador trifásico, motor de indução trifásico e transformador de corrente. Com a finalidade de desenvolver as capacidades e habilidades individuais e em grupo dos acadêmicos, através de ações de trabalho e pesquisa para solucionar possíveis problemas e falhas de equipamentos, possibilitar assim, aplicar na prática conteúdos abordados teoricamente em sala de aula.

Possui como objetivo principal configurar o inversor de frequência, a fim de familiarizar o acadêmico com equipamentos que possuem IHM, assim como o inversor de frequência. De maneira a parametrizar e configurar o inversor conforme o motor e a ser acionado, e também observar a atuação do freio Eletromagnético por corrente de Foucault.

### **2 EQUIPAMENTOS MATERIAIS UTILIZADOS**

Serão utilizados os seguintes equipamentos:

- Inversor de frequência CFW07 marca WEG;
- Motor de indução trifásico (MIT), assíncrono;
- Freio magnético
- Dinamômetros;
- Um multímetro;
- Cabos de conexão tipo Pino – Pino;
- Tacômetro Digital com sensor óptico.

### 3 PROCEDIMENTO

Passo 1) – Liga-se a bancada à tomada da rede trifásica, energizando o circuito e o inversor de frequência. Destaca-se que o inversor é ligado automaticamente após a energização de seus contatos de força;

Passo 2) – Com o auxílio do manual do inversor, configurar os parâmetros do inversor presente na Tabela 1, para acionar o motor que se encontra na bancada no modo remoto Multispeed;

**Tabela 1 – Parâmetros do inversor a ser configurados**

Parâmetro	Configuração
P121	
P122	
P124	
P125	
P126	
P127	
P128	
P129	
P130	
P131	
P133	
P134	
P156	
P169	
P202	
P220	
P221	
P222	
P295	
P296	
P401	

Passo 3) – Certifique-se que a velocidade regulada no painel da bancada esteja no mínimo possível (5Hz);

Passo 4) – Selecionar o sentido de giro do motor na chave “Horário/Anti-horário”. Em seguida, acionar o motor, por meio da chave “Girar/Parar”;

Passo 5) – Acompanhar a velocidade de rotação do MIT, utilizando o tacômetro digital com o leitor óptico; Valor Medido \_\_\_\_\_

Passo 6) - Usando o multímetro, medição de tensão de CA, verifique a tensão fornecida pelo inversor de frequência ao MIT, através dos bornes U, V e W no painel acrílico de medição; Valor medido: U-V \_\_\_\_\_; V-W \_\_\_\_\_

Passo 7) – Acompanhar a tensão de saída do inversor que alimenta o MIT utilizando o inversor de frequência (parâmetro P007); Valor Medido \_\_\_\_\_

Passo 8) – Medir a tensão nos bornes “Corrente Real do Motor” fornecida pelo TC; Valor Medido \_\_\_\_\_

Passo 9) – Pela relação de transformação  $4,7V \cong 5A$ . Calcule a corrente aplicada no motor; Valor medido \_\_\_\_\_

Passo 10) – Usando a IHM do inversor de frequência, verifique a corrente aplicada no motor (parâmetro de leitura P003); Valor medido \_\_\_\_\_

Passo 11) – Acionar os freios magnéticos através do potenciômetro no painel de controle da bancada, elevando a carga aplicada ao eixo do motor lentamente de forma a acompanhar a corrente e tensão fornecida ao motor pelo inversor (parâmetros P003 e P007 respectivamente). Fazer medição através dos bornes no painel da bancada da corrente e tensão aumentando gradativamente a carga até a proteção do inversor atuar. Anotar os valores e estimar a corrente medida, lembrando da relação de transformação do TC  $4,7V \cong 5A$  (caso desejar, pode ser acompanhada a frequência do motor apenas pelo parâmetro P005 na IHM do inversor).

P003 (A)	P007 (V)	Bornes U V e W (V)	Bornes do TC (V)

Passo 12) – Análise os resultados obtidos explicando, com base na teoria vista em sala de aula, as diferenças e/ou igualdades nos valores medidos com os valores fornecidos pelo inversor.

**APENDICE D – ATIVIDADE PRÁTICA II BANCADA CFW07**



## **ATIVIDADE PRÁTICA 2: BANCADA DIDÁTICA MODELO COM INVERSOR DE FREQUENCIA CFW 07**

### **1 OBJETIVO**

Essa atividade prática tem por objetivo familiarizar o acadêmico com equipamentos como o inversor de frequência CFW 07, auto transformador trifásico, motor de indução trifásico e transformador de corrente. Desenvolvendo as capacidades e habilidades individuais e em grupo dos acadêmicos, através de ações de trabalho e pesquisa para solucionar possíveis problemas e falhas de equipamentos, possibilitando assim, uma experimentação prática de conteúdos abordados teoricamente em sala de aula

Tendo como objetivo principal acionar o motor de indução trifásico, do mesmo que identificar falhas do inversor, analisá-las posteriormente, bem como, localizar defeitos e erros indicados pelo mesmo.

### **2 EQUIPAMENTOS MATERIAIS UTILIZADOS**

Serão utilizados os seguintes equipamentos:

- Inversor de frequência CFW07 marca WEG;
- Motor de indução trifásico (MIT), assíncrono;
- Freio magnético
- Dinamômetros;
- Um multímetro;
- Um tacômetro digital com sensor óptico;
- Cabos de conexão tipo Pino – Pino.

### 3 PROCEDIMENTO

Passo 1) – Liga-se a bancada à tomada da rede trifásica, energizando o circuito e o inversor de frequência. Destaca-se que o inversor é ligado automaticamente após a energização de seus contatos de força;

Passo 2) – Com o auxílio do manual do inversor, configurar os parâmetros do inversor na Tabela 1, para os valores nominais motor que se encontra na bancada, no modo de acionamento modo remoto pelas entradas digitais;

**Tabela 1 – Parâmetros do inversor a ser configurados**

Parâmetro	Configuração
P121	
P122	
P133	
P134	
P156	
P169	
P202	
P220	
P221	
P222	
P295	
P296	
P401	

Passo 3) – Utilizando multímetro verifique as tensões fornecidas nos bornes U, V e W antes de acionar o motor; Valor Medido\_\_\_\_\_.

Passo 4) – Selecionar o sentido de giro do motor na chave “Horário/Anti-horário”. Em seguida, acionar o motor, por meio da chave “Girar/Parar, colocando em girar, repetir o passo 3, com medições de tensões nos bornes; Valor Medido\_\_\_\_\_

Passo 5) – Acompanhar o velocidade do MIT com o uso do tacômetro digital utilizando o sensor óptico do mesmo; Valor Medido\_\_\_\_\_.

Passo 5) – Medir a tensão nos bornes “Corrente Real do Motor” fornecida pelo TC; Valor Medido \_\_\_\_\_.

Passo 6) – Pela relação de transformação  $4,7V \cong 5A$ . Calcule a corrente aplicada no motor; Valor medido\_\_\_\_\_

Passo 7) – Chamar o professor, para acionar uma falha qualquer da bancada, com o motor em funcionamento;

Passo 8) – O display do inversor, deverá indicar um erro devido a falha acionada, indicar a falha que ocorreu e localizar o defeito ou provar o que ocasionou a parada do motor, com o auxílio de um multímetro e do manual do inversor de Frequência.

**APENDICE E – ATIVIDADE PRÁTICA DA BANCADA COM CONTROLE DE VELOCIDADE CC**

## **ATIVIDADE PRÁTICA DA BANCADA DIDÁTICA MODELO COM CONVERSOR CA/CC CTW – A03**

### **1 OBJETIVO**

Essa atividade prática tem por objetivo familiarizar o acadêmico com equipamentos como Conversor CA/CC CTW A03, auto transformador trifásico, motor de corrente contínua motor de indução trifásico utilizado para ventilação forçada do motor CC, tacogerador. Com a finalidade de desenvolver as capacidades e habilidades individuais e em grupo dos acadêmicos, através de ações de trabalho e pesquisa para solucionar possíveis problemas e falhas de equipamentos, possibilitar assim, uma experimentação prática de conteúdos abordados teoricamente em sala de aula

Observar da atuação do freio Eletromagnético por corrente de Foucault.

### **2 EQUIPAMENTOS MATERIAIS UTILIZADOS**

Serão utilizados os seguintes equipamentos disponíveis na bancada didática:

- Conversor CA/CC marca WEG;
- Motor de corrente contínua;
- Motor de indução trifásico (MIT), assíncrono 2 pólos;
- Freio magnético
- Dinamômetros;
- Um multímetro;
- Um tacômetro digital;
- Cabos de conexão tipo Pino – Pino.

### **3 PROCEDIMENTO**

Passo 1) – Liga-se a bancada à tomada da rede trifásica;

Passo 2) - Ativar a Chave Geral na parte frontal da bancada. Feito isso o conversor deverá ligar-se automaticamente.

Passo 3) - Certifique-se de que a velocidade regulada no painel da bancada esteja no mínimo possível, e o ajuste de carga desligado;

Passo 4) – Selecionar o sentido de giro do motor na chave “Horário/Anti-horário”. Em seguida, acionar o motor por meio da chave do botão de pulsar “LIGA”;

Passo 5) – Usando o tacômetro digital, verifique a velocidade do motor; Valor medido \_\_\_\_\_

Passo 6) - Usando o multímetro, verifique a tensão fornecida para o motor CC, através dos bornes IR e 0V++; nR e 0V++ e entre DT+ e DT-, no painel acrílico de medição. As tensões fornecidas através dos bornes são exatamente a mesma tensão que chega aos terminais do medidores analógicos tipo galvanômetro existentes na parte frontal da bancada, onde mede-se a corrente de armadura, tensão de armadura e velocidade do motor:

Valores medidos:

Bornes	Valores (Volts)
IR e 0V++	
nR e 0V++	
DT+ e DT-	

Passo 7) – Usando o potenciômetro de ajuste de velocidade do motor CC no painel frontal da bancada, elevar a velocidade do motor até atingir velocidade nominal do motor, e repetir as medições do passo anterior para as velocidades de 600, 1200 e 1800 RPM:

Bornes	Valores (Volts) 600 RPM	Valores (Volts) 1200 RPM	Valores (Volts) 1800 RPM
IR e 0V++			
nR e 0V++			
DT+ e DT-			

Passo 8) – Usando a IHM do conversor CA/CC, verifique a corrente armadura aplicada no motor CC (parâmetro de leitura P89); Valor medido \_\_\_\_\_

Passo 9) – Acionar os freios magnéticos através do potenciômetro no painel de controle da bancada, elevando a carga aplicada ao eixo do motor lentamente de forma a acompanhar a corrente de armadura fornecida ao motor CC pelo conversor através dos instrumentos analógicos e através dos bornes de medição no painel da bancada, assim como a velocidade do motor com o tacômetro;

Passo 10) – Continuar aumentando a carga até a proteção do conversor atuar. Comparar os valores medidos pelo instrumento analógico e multímetro nos bornes do painel de acrílico com o valor que o conversor fornece através do parâmetro

de leitura P89. Anotar os valores e comparar com os valores medidos pelo tacômetro analógico da bancada e o digital no eixo, conforme tabela abaixo:

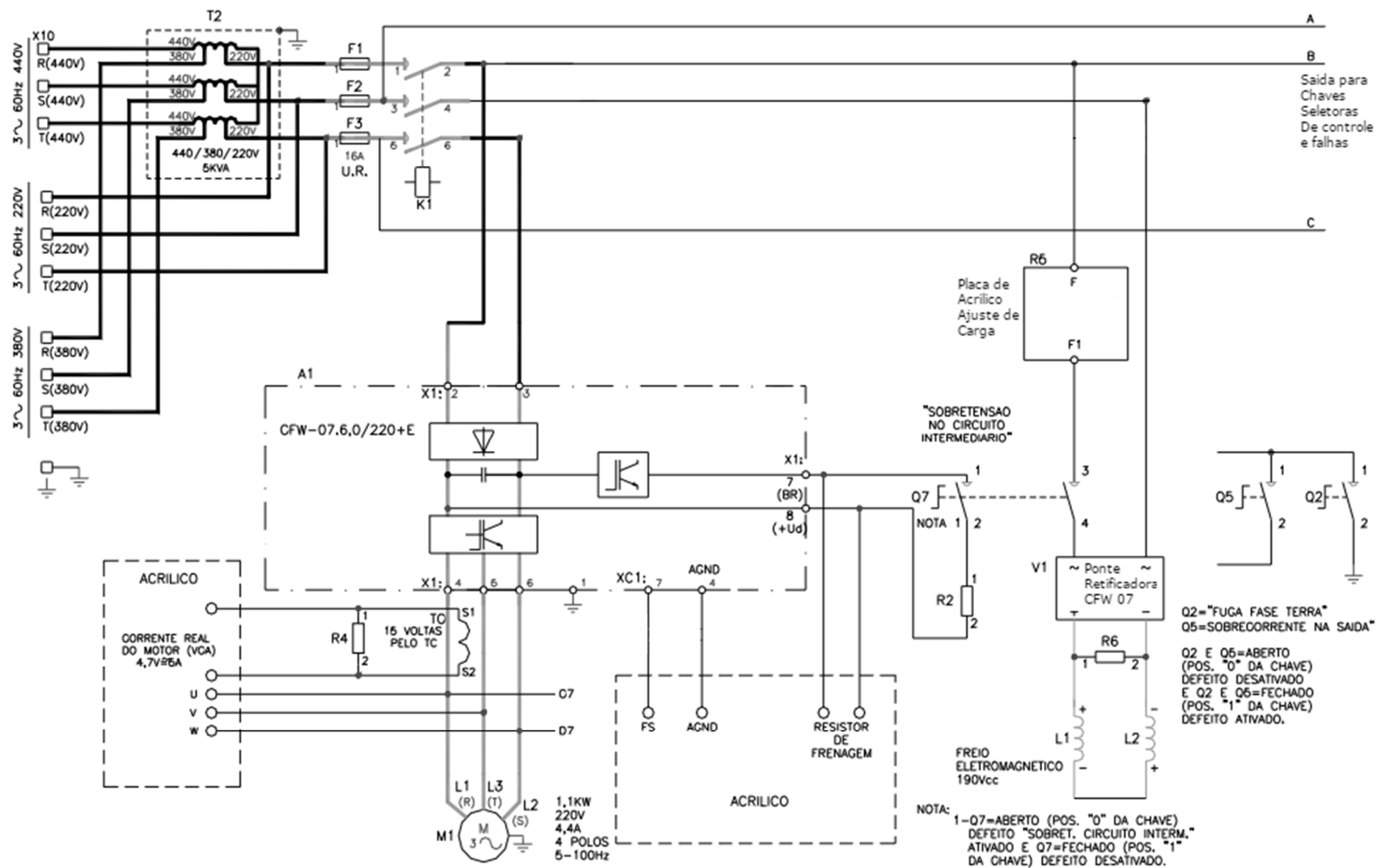
Conversor (P89) (A)	Amperímetro Analógico (A)	Bornes painel acrílico (Vca)

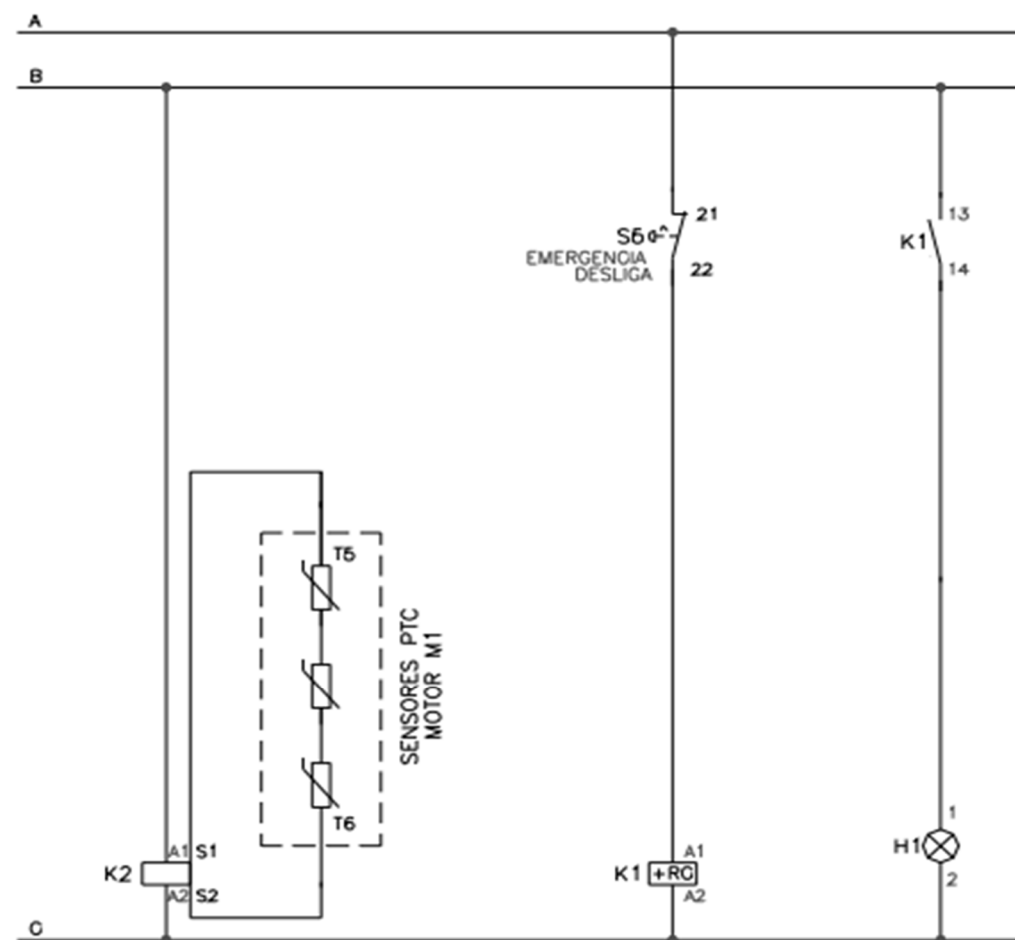
Tacômetro analógico	Tacômetro Digital

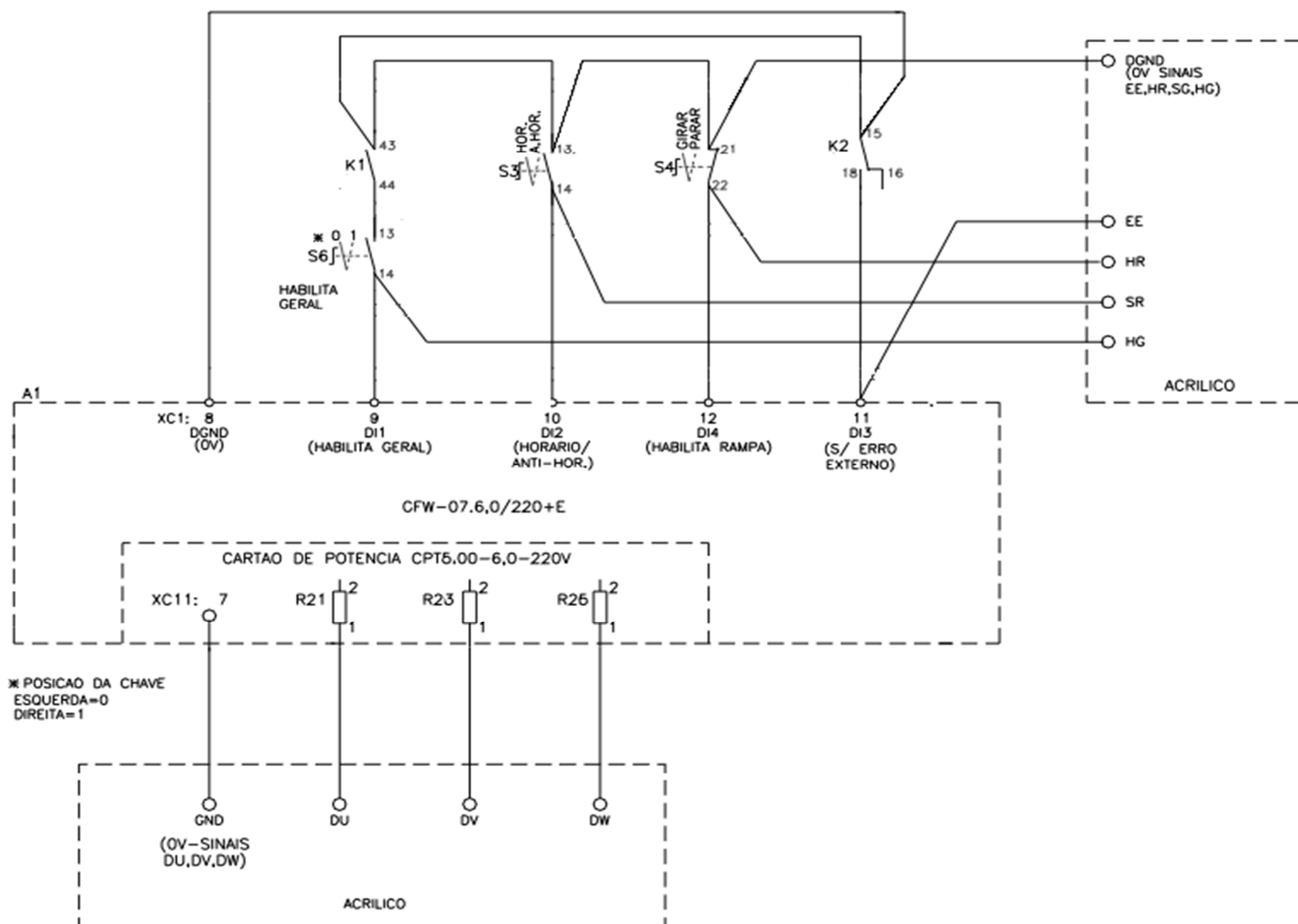
Passo 11) – Repetir os passos 3 e 4. Elevar a rotação do motor até 1500 RPM. Chamar o professor para acionar uma falha no quadro de simulação. Os acadêmicos devem localizar ou provar o defeito com auxílio do manual do conversor e multímetro.

**APENDICE F – DIAGRAMA ELÉTRICO DA BANCADA COM INVERSOR DE  
FREQUÊNCIA CFW07**



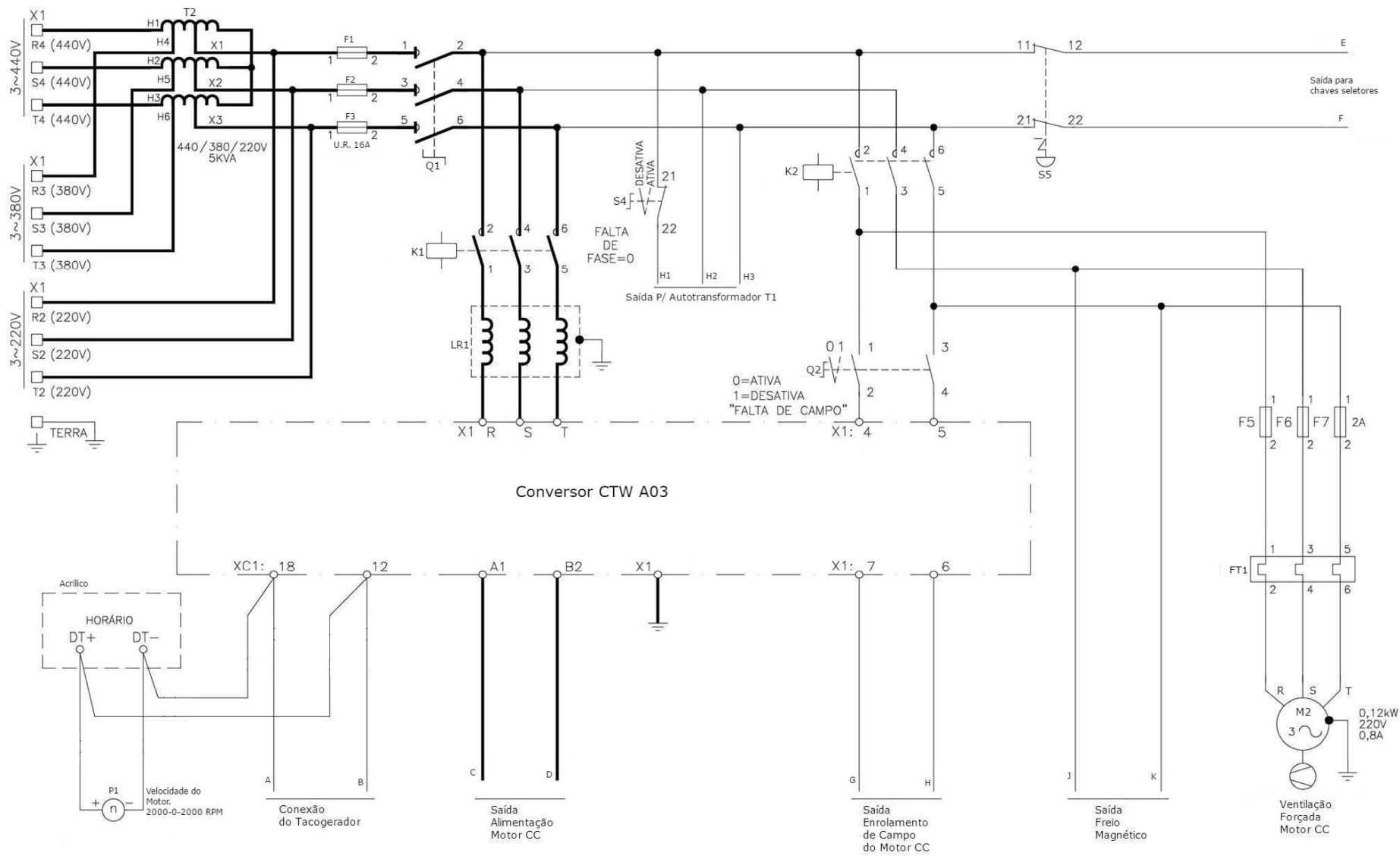


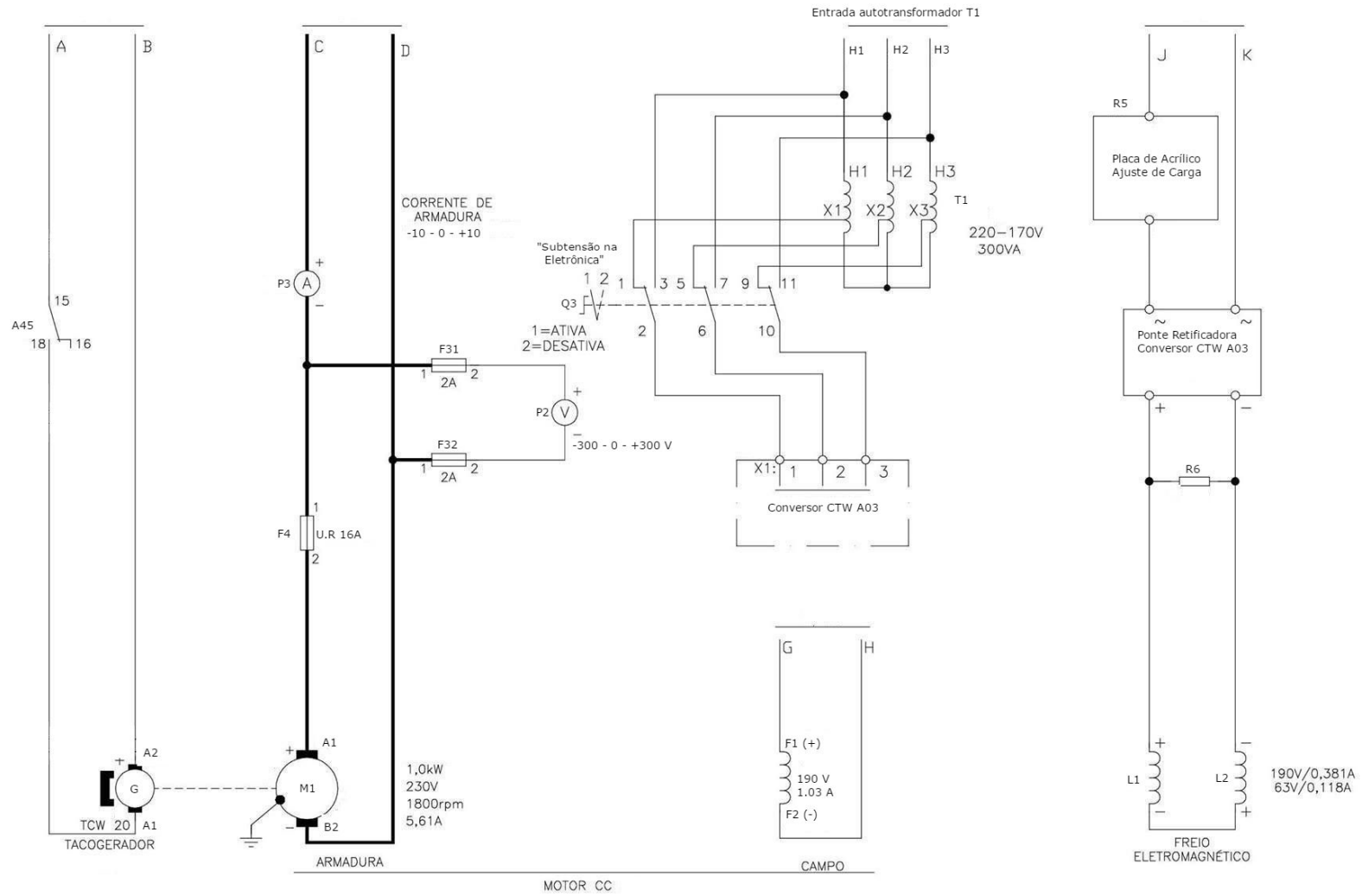


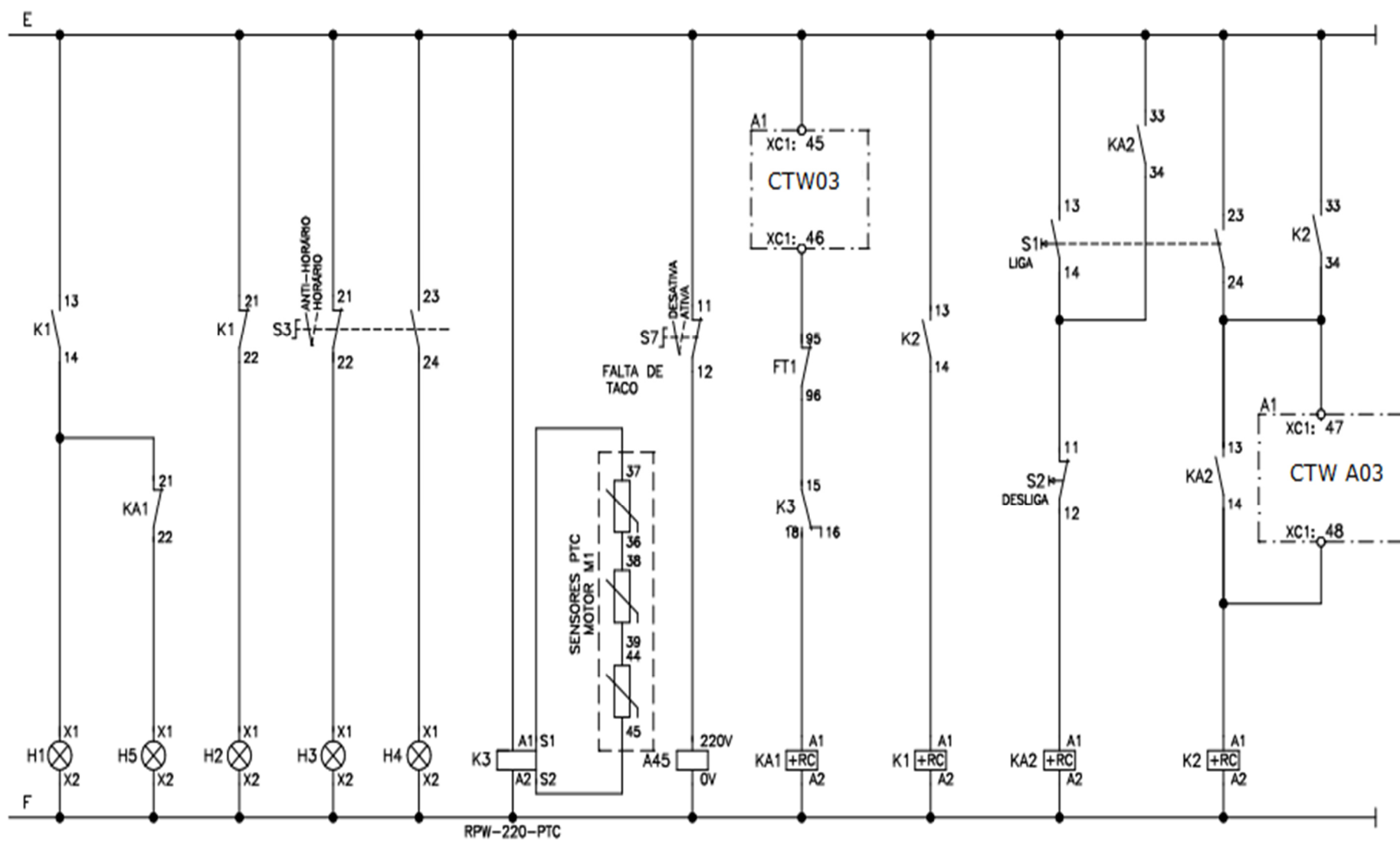


SIGLAS	DESCRIÇÃO
A1	INVERSOR DE FREQUÊNCIA CFW 07
F1, F2, F3	FUSÍVEL ULTRA RÁPIDO 16 A
H1	SINALIZAÇÃO TIPO: VSP-222 (220X130VCA)
J1, J2	DINAMÔMETRO CROWN TIPO: AT-2
K1	CONTATOR TRIPOLAR 220V 60HZ TIPO: CW2.2
K2	RELÉ DE PROTEÇÃO TÉRMICA TIPO: RPW-220-PTC
M1	MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMENTO (PLUS), COR PADRÃO AZUL, COM FREIO ELETROMAGNÉTICO, PARA SIMULAÇÃO DE CARGA, CONTENDO AS SEGUINTE CARACTERÍSTICAS: POTÊNCIA 1,5 CV; TENSÃO 220/380, VENTILAÇÃO TVFE; NÚMERO DE PÓLOS 4; REGIME DE TRABALHO S; GRAU DE PROTEÇÃO IP-54; ISOLAMENTO CLASSE F (155°); DETECTOR DE TEMPERATURA PTC (UM POR FASE); FREIO ELETROMAGNÉTICO ALIMENTADO EM 190VCC; DISCO DE FOUCAULT EM ALUMÍNIO.
Q7	CHAVE SECCIONADORA 16A, TIPO: A2/16E
R2	RESISTOR DE POTÊNCIA 50R 300W
R4	RESISTOR DE FIO 4R7 11W
R5	VARIADOR DE TENSÃO ROTATIVO 220V 60HZ
R6	RESISTOR DE FIO VITRIFICADO 1315R 75W
S3, S4, S6	CHAVE SELETORA 2 POSIÇÕES, TIPO: KP-2/01(1X90°) C
S5	BOTÃO EMERGÊNCIA COGUMELO, COM TRAVA GIRATÓRIA, TIPO EP-2/03
T2	AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO 440V, COM TAPES DE 380V E 220V (440/380/220V) POTÊNCIA 5KVA, 50/60HZ; IP00.
TC	TRANSFORMADOR DE CORRENTE 0,6KV, 60HZ, RELAÇÃO 75 - 1A CARGA. ABNT: 12,5 VA, PRECISÃO: 1,2% TIPO: KR-74

**APENDICE G – DIAGRAMA ELETRICO DA BANCADA DE CONTROLE DE VELOCIDADE CC COM CONVERSOR CA/CC CTW A03**









<b>SIGLAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
A1	CONVERSOR ESTÁTICO CA/CC, TIPO CTW A03
A45	MODULO DE CHAVEAMENTO DE SINAIS, TIPO MC-01
F1, F2, F3, F4	FUSÍVEL ULTRA RÁPIDO 16 A 500V
F31, F32, F5, F6, F7	FUSÍVEL DE PROTEÇÃO 2A, TIPO FDW
FT1	RELÉ DE SOBRE CARGA, AJUSTE DE 0,8 A 1,2 A, TIPO RW27D.
H1, H3, H4	SINALIZAÇÃO INCOLOR DIFUSA ALIMENTADA POR 220 CA/CC TIPO: SD0 + BIRD.
H2	SINALIZAÇÃO VERDE DIFUSA ALIMENTADA POR 220 CA/CC TIPO: SD2 + BIRD.
H5	SINALIZAÇÃO VERMELHA DIFUSA ALIMENTADA POR 220 CA/CC TIPO: SD2 + BIRD.
J1, J2	DINAMÔMETRO CROWN TIPO: AT-2
K1, K2	CONTATOR TRIPOLAR 220V 60HZ TIPO:CWM 9.11
K3	RELÉ RPW 220VCA - PTC, RELÉ DE PROTEÇÃO, CONTATO 250V - 5A, CARGA RESISTIVA.
KA1, KA2	CONTATOR AUXILIAR 220V 60HZ, TIPO: CAWM4.31
LR1	REATÂNCIA TRIFÁSICA 60HZ, INDUTÂNCIA 1640 MICRO H, 8A.
M1	MOTOR CC 1KW, UA=230VCC, VELOCIDADE DE 20 - 1800RPM; COM TACOGERADOR TCW20, SENSOR PTC, FREIO ELETROMAGNÉTICO ALIMENTADO POR 190VCC, E VENTILAÇÃO FORÇADA PELO MOTOR M2.
M2	MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO, 220VCA, 0,8 A; 0,12 KW; FAZ A VENTILAÇÃO FORÇADA DO MOTOR CC
P1	TACÔMETRO ANALÓGICO, TCW 20, ENTRADA (-40) -0- (+40) VCC, INDICAÇÃO (-2000) -0- (+2000) RPM, TIPO BK72
P2	VOLTÍMETRO ANALÓGICO ENTRADA (-300) - 0 - (+300) VCC, ESCALA (-300) - 0 - (+300) VCC
P3	AMPERÍMETRO ANALÓGICO ENTRADA (-10) - 0 - (+10) VCC, ESCALA (-10) - 0 - (+10) ACC, TIPO BK72
Q1	CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR 20A, TIPO: CA10
Q2	CHAVE SECCIONADORA BIPOLAR 12A, TIPO: CB8
Q3	CHAVE REVERSORA 12 A; TIPO CB8
Q7	CHAVE SECCIONADORA 16A, TIPO: A2/16E
R1	POTENCIÔMETRO DE FIO 5K OHMS, 10 VOLTAS, TIPO 7286.

SIGLAS	DESCRIÇÃO
R2	RESISTOR DE POTÊNCIA 50R 300W
R4	RESISTOR DE FIO 4R7 11W
R5	VARIADOR DE TENSÃO ROTATIVO 220V 60HZ
R6	RESISTOR DE FIO VITRIFICADO 1315R 75W
S1	BOTÃO PULSADOR TIPO: BF5, 2NA+2NF PRETO (LIGA)
S2	BOTÃO PULSADOR TIPO: BF1, 1NA+1NF VERMELHO (DESLIGA)
S3, S4, S6, S7	CHAVE SELETORA 2 POSIÇÕES, FIXAS, (CENTRAL 90°), TIPO: CA2F90
S5	BOTÃO EMERGÊNCIA COGUMELO, COM TRAVA GIRATÓRIA, TIPO EP-2/03 1NA+1NF
T1	AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO SECO 0,6 KV, RELAÇÃO 220 -170 V, POTÊNCIA 300 VA.
T2	AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO 440V, COM TAP'S DE 380V E 220V (440/380/220V) POTÊNCIA 5KVA, 50/60HZ; IP00.
TC	TRANSFORMADOR DE CORRENTE 0,6KV, 60HZ, RELAÇÃO 75-1A CARGA. ABNT: 12,5VA, PRECISÃO: 1,2% TIPO: KR-74
V1	PONTE RETIFICADORA MONOFÁSICA, INTEGRADA AO CONVERSOR