

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

FRANCISCO FLÁVIO DAS CHAGAS



Departamento de
Engenharia Elétrica

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
LABORATÓRIO DE METROLOGIA - UFCG



Campina Grande
2018

FRANCISCO FLÁVIO DAS CHAGAS

ESTUDO DO CALIBRADOR MULTIPRODOTO 5520A - FLUKE

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrônica

Orientador:

Professor D.Sc. Edmar Candeia Gurjão.

Campina Grande
2018

FRANCISCO FLÁVIO DAS CHAGAS

ESTUDO DO CALIBRADOR MULTIPRODUTO 5520A - FLUKE

*Relatório de Estágio supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrônica

Aprovado em ____ / ____ / _____

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Dr. Edmar Candeia Gurjão
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Avelino José das Chagas e Maria do Céu Chagas, que tanto batalharam para que eu chegasse até aqui, dedicados ao meu crescimento como pessoa. Sem eles nada disso seria possível.

A minha irmã, Josefa Maria das Chagas e meu irmão José Wellington das Chagas que estiveram constantemente presentes durante toda a jornada do curso.

Aos meus amigos e colegas de universidade Olavo Barreto, Jordane e Gonçalves dos Santos e Cristian Reinaldo pela parceria e todo o apoio ao longo dessa jornada.

Em especial, ao professor Edmar Candeia Gurjão, pela oportunidade de realizar este trabalho sob sua orientação e, por seu auxílio e ensinamentos durante não somente o desenvolvimento deste trabalho, mas também ao longo do curso de graduação.

Ao meu supervisor Válber de Aragão Bezerra, pela paciência e por todos os ensinamentos a mim transferidos.

A Adail e Tchai, pela dedicação com que executam suas funções, pela preocupação verdadeira com o sucesso de todos os estudantes e sobretudo pelo aspecto humano com que tratam as pessoas.

À Universidade Federal de Campina Grande, em geral, por ter me proporcionado a oportunidade de adquirir uma grande carga de novos conhecimentos e ensinamentos.

A todos vocês meu muito obrigado!

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas
pensar o que ninguém ainda pensou sobre
aquilo que todo mundo vê.”
(Arthur Schopenhauer)*

RESUMO

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas durante o Estágio Supervisionado realizado no Laboratório de Metrologia de Campina Grande (LABMET), que pertence ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Federal de Campina Grande. As atividades foram desenvolvidas de 25/04/2018 até 27/07/2018 contabilizando um total de 376 horas. Para o desenvolvimento desta atividade prática de estágio foram necessários conhecimentos teóricos obtidos durante o curso de Engenharia Elétrica, especificamente dos relacionados à Instrumentação Eletrônica e Segurança do trabalho. O instrumento utilizado para desenvolver as atividades de estágio foi o Calibrador Multiproduto 5520A – Fluke. Instrumento cuja finalidade é calibrar outros instrumentos a partir da geração de parâmetros internos confiáveis, que serão utilizados como base para calibrar as mais diversas grandezas dos equipamentos em processo de calibração.

Palavras-chave: Metrologia, Calibrador Multiproduto 5520A, Instrumentação Eletrônica.

ABSTRACT

This report aims to describes the activities of the Supervised Internship, carried out at the Laboratory of Metrology of Campina Grande (LABMET), which belongs to the of Electrical Engineering Department (DEE) of the Federal University of Campina Grande. The activities were realized from 04/25/2018 until 07/27/2018 in a total of 376 hours. For the development of this practical training activity, it was necessary to acquire theoretical knowledge obtained during the Electrical Engineering undergraduate course, specifically those related to electronic instrumentation and Work Safety. The instrument used to develop the activities was the Multiproduct Calibrator 5520A - Fluke. This instrument, whose purpose is to calibrate other instruments from the generation of reliable internal parameters, which will be used as basis to calibrate the most diverse quantities of the equipment in the process of calibration.

Keywords: Multiproduct Calibrator 5520A, Electronic Instrumentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Painel Frontal.....	15
Figura 2 - Painel Frontal.....	16
Figura 3 - Painel Frontal.....	18
Figura 4 - Painel Posterior.....	19
Figura 5 – Setup.....	22
Figura 6 - Menu UTILITY FUNCTIONS.....	23
Figura 7 - INSTMT SETUP.....	23
Figura 8 – Menu de seleção do processo de ajuste de ZERO e OHMS ZERO.....	24
Figura 9 – Processo de ajuste de zero completo.....	25
Figura 10 - Multímetro analógico, ET-3021B.....	26
Figura 11 - Multímetro digital U1233A da KEYSIGHT.....	28
Figura 12 - Multímetro digital U1233A, conexão com o Multicalibrador 5520A da Fluke.....	28
Figura 13 - Multímetro digital 34401A da Agilent.....	30
Figura 14 – Seleção de compensação.....	30
Figura 15 – Ligações, calibração à quatro fios.....	31
Figura 16 - Calibração à quatro fios, com compensação.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Continua
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only
RTD	Detector Termométrico de Resistência
UUT	Unit Under Test
UAP	Unidad a Prueba
TC	Thermocouple (Termopar)
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
LABMET	Laboratório de Metrologia
DEE	Departamento de Engenharia Elétrica
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
LCD	Liquid Crystal Display

SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
1.1	Objetivos.....	12
1.2	Estrutura do Trabalho.....	12
2	Fundamentação Teórica.....	13
2.1	Especificações técnicas.....	14
2.1.1	Painel Frontal.....	14
2.1.2	Painel Posterior.....	19
3	Operando o Calibrador Multiproduto.....	21
3.1	Ligando o Calibrador Multiproduto 5520A.....	21
3.2	Teclas de Navegação.....	21
3.3	Menu de Configuração.....	22
3.4	Ajuste de Zero do Calibrador Multiproduto.....	24
4	Atividades Desenvolvidas.....	25
4.1	Calibração de Multímetro.....	26
4.1.1	Calibração à Dois Fios.....	27
4.1.2	Calibração à Quatro Fios.....	29
5	Considerações Finais.....	32
	Referências.....	33

1 INTRODUÇÃO

É sabido que todos os instrumentos de medição após um determinado período perdem sua calibração e, conseqüentemente, a confiabilidade dos valores medidos. Por outro lado, profissionais do seguimento elétrico fazem uso de vários instrumentos os quais devem estar devidamente calibrados, de modo a proporcionar maior fidelidade dos valores obtidos.

Para isso, existem equipamentos que mantêm os instrumentos calibrados e aptos a realizar seu trabalho de forma eficiente. Quando os calibradores podem ser usados para diversos parâmetros, são chamados de multicalibradores.

Os multicalibradores são equipamentos que têm internamente valores de referência que foram devidamente gravados e certificados, e que são utilizados para certificar outros aparelhos.

Neste trabalho, as atividades foram desenvolvidas usando Calibrador Multiproduto 5520A, fabricado pela Fluke. Esse equipamento possibilitou efetuar a calibração de multímetros, embora o mesmo esteja apto a uma vasta gama de equipamentos, como, multímetros, termopares, osciloscópios dentre outros. Neste contexto, esse relatório apresenta as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado, o qual foi realizado nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), mais precisamente no Laboratório de Metrologia de Campina Grande (LabMet) faz parte da UFCG sendo um laboratório de pesquisa que tem como finalidade promover a criação, o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de atividades de referência em ensaio e calibração de sistemas elétricos.

O LabMet tem pesquisas em diversas áreas, como: medição de energia, qualidade de energia e fontes renováveis de energia elétrica e calibração de equipamentos que foi a área de desenvolvimento do estágio.

1.1 Objetivos

Estudar o manual do Calibrador multiproduto 5520A - Fluke e fazer o levantamento das suas funcionalidades. E a partir destes estudos, desenvolver uma metodologia de teste. E de posse do conhecimento necessário, efetuar a calibração de equipamentos através das metodologias estudadas.

A seguir temos a sequência de atividades desenvolvidas.

- Estudo dos manuais do calibrador multiproduto 5520a – Fluke.
- Levantamento de metodologia de teste e calibração.
- Calibração de equipamento através das metodologias estudadas.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho, está organizado em cinco capítulos, além destes capítulos introdutórios, da seguinte forma:

No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica do funcionamento do calibrador multiproduto seguido das principais especificações técnicas.

Em seguida, são descritos no Capítulo 3 os procedimentos a serem seguidos para a operação do multicalibrador com segurança.

No capítulo 4 temos as atividades desenvolvidas, que consistiram basicamente na calibração de produtos.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A calibração de equipamentos é um dos processos mais importantes no mercado de medição, pois é um serviço que estabelece a relação entre valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes a um padrão. Portanto, a calibração de certos aparelhos, como, a calibração de multímetro, osciloscópio e termopares dentre outros equipamentos faz-se mais do que necessária. (adaptado de INTERMETRO, 1998)

Neste cenário, temos o Calibrador Multiproduto 5520A, que é um calibrador multifuncional da Fluke. Este equipamento é indispensável para o bom funcionamento dos instrumentos, pois o mesmo é usado como uma fonte de referência segura para calibrar ou servir de parâmetros confiáveis para outros instrumentos, tais quais: osciloscópios, multímetro e termopares. De forma que as grandezas fornecidas por ele são usadas para calibrar equipamentos.

O calibrador Multiproduto 5520A da Fluke pode calibrar desde fontes de tensão e corrente CA, tensão e corrente CA com múltiplas formas de onda e harmônicas. Ele possui duas saídas simultâneas de tensão ou tensão e corrente para simular CC e CA com controle de fase, resistência, capacitância, termopares e RTD.

O 5520A também pode medir a temperatura do termopar, a umidade (com a sonda) e a pressão usando outros módulos de pressão da série 700 da Fluke. Esse instrumento possui três funcionalidades adicionais que podem ser adquiridas através da compra da licença, que seria a capacidade de calibrar os osciloscópios até 1,1 GHz. A opção de qualidade de energia 5520A-PQ permite que o 5520A calibre instrumentação de qualidade de energia para os padrões do IEC (*International Electrotechnical Commission*).

2.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Apesar de sua multifuncionalidade, este equipamento tem seu manuseio intuitivo, e através dos seus displays frontais fornece todas as informações necessárias organizadas em dois displays LCD. Suas faixas de trabalho são bem extensas, as quais são listadas abaixo.

- Faixa de tensão CC: 0 a ± 1020 V;
- Faixa de corrente CC: 0 a $\pm 20,5$ A;
- Faixa de resistência: 0 a 1100 M Ω ;
- Faixa de tensão CA: 1 mV a 1020 V;
- Faixa de corrente CA: 29 mA a 20,5 A;
- Faixa de capacitância: 0,19 nF a 110 mF;
- Fonte de termopar e faixa de medição: -250 °C a $+ 2316$ °C;
- Faixa de fonte de RTD: -200 °C a $+ 630$ °C;
- Faixa de potência CC: 10,9 mW a 20,5 KW;
- Faixa de potência CA: 10,9 mW a 20,5KW;
- Faixa de fase: 0 ° a $\pm 179,99$ °;
- Faixa de frequência: 0,01 Hz a 2,0 MHz;

2.1.1 PAINEL FRONTAL

A seguir serão abordadas as funcionalidades contidas no painel frontal. Esse painel apresenta todos os controles, telas, indicadores e terminais, de modo que para evitar excesso de informações nas imagens, as funcionalidades foram divididas nas Figuras 1, 2 e 3, as quais são exibidas a seguir.

Figura 1 – Painel Frontal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 1 Tela de saída**

Um display de cristal líquido (LCD) com duas linhas que apresenta as amplitudes das saídas, frequência e o Status do calibrador.
- 2 Tela de controle**

Visor de cristal líquido (LCD), que apresenta os dados inseridos, configurações de erro no UAP, os rótulos das teclas programáveis, ângulos de fase, watts, fatores de potência instruções e avisos.
- 3 Botão STD**

Coloca o calibrador no modo *standby*. Os Terminais de saída NORMAL, AUX e 20A são desligados internamente.
- 4 Botão OPR**

Define o calibrador para o modo de operação e ilumina o indicador na tecla.
- 5 Botão EARTH**

Abre e fecha uma conexão entre o terminal LO normal e terra física. Quando o indicador está aceso a conexão é fechada.

6 Botão SCOPE

Ativar ou desativar a opção de calibração dos osciloscópios, quando essa funcionalidade está habilitada. Um indicador na tecla anuncia quando a opção está ativa.

7 Botão EXGROUD

Abre e fecha uma conexão interna entre o sinal interno de retorno à terra NORMAL LO e a proteção interna. Quando o indicador está aceso a conexão é aberta.

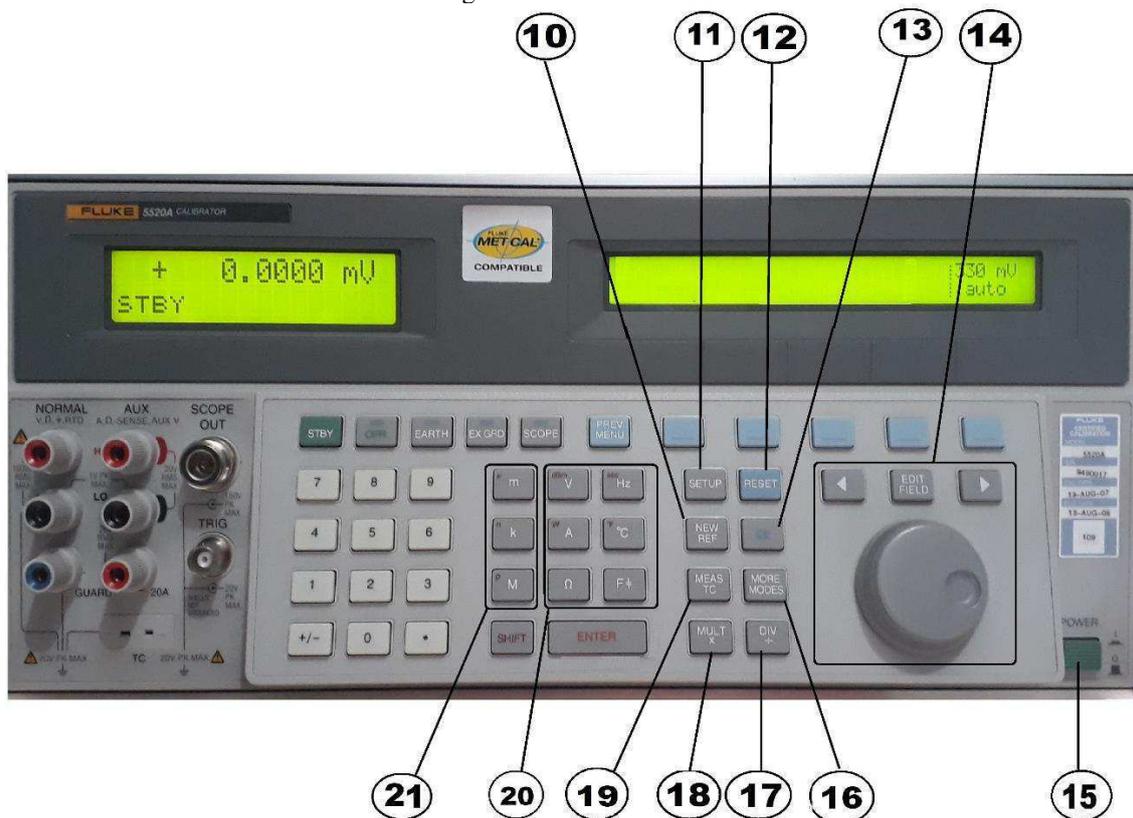
8 Botão PREV MENU

Retrocede as seleções do menu, cada vez que tecla for pressionada volta um nível na árvore de menus.

9 Teclas Programáveis

As teclas programáveis são identificadas por rótulos na tela de controle localizada diretamente em cada chave.

Figura 2 - Painel Frontal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 10 Botão NEW REF**
Define o valor atual da saída como uma nova referência para os cálculos dos erros.
- 11 Botão SETUP**
Apresenta o menu de configuração na tela de controle. As opções para configurações podem ser selecionadas com as teclas programáveis.
- 12 Botão RESET**
Retorna ao estado operacional inicial, exceto quando é operado remotamente.
- 13 Botão CE**
Apaga uma informação indesejada introduzida através do teclado.
- 14 Botões**   
Permite ajustar a magnitude dos sinais de saída de forma gradativa.
- 15 Botão ON/OFF**
Liga e desliga o Calibrador Multiproduto.
- 16 Botão MORE MODES**
Seleciona a função de medição de pressão.
- 17 Botão DIV ÷**
Altera a saída para 1/10 do valor de referência (não necessariamente o valor de saída atual).
- 18 Botão MULT x**
Altera a saída para 10 vezes o valor de referência (não necessariamente o valor atual de saída).
- 19 Botão MEAS TC**
Permite a conexão de entrada do termopar (TC) e faz com que o 5520A calcule uma temperatura da referida entrada.
- 20 Botões**       
Seleciona a função do calibrador. Algumas teclas selecionam uma segunda função, pressione-as simultaneamente com tecla **SHIFT**.
- 21 Botões**   
Eles selecionam os múltiplos dos valores de saída, essas teclas selecionam valores múltiplos alternativos quando você pressiona simultaneamente com a tecla **SHIFT**.

Figura 3 - Painel Frontal



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 22** **ENTER**
Carrega no calibrador um valor de saída inserido recentemente e apresentado na tela de controle, que aparecerá na tela de saída.
- 23** **SHIFT**
Seleciona as funções alternativas presentes nas teclas multiplicadoras e nas teclas de unidade.
- 24** **TECLADO NUMÉRICO**
Teclado numérico usado para introduzir os valores de amplitude e de frequência.
- 25** **+ -**
Altera a polaridade da saída das funções de tensão CC ou corrente contínua.
- 26** **SCOPE TRIG**
Conector de saída para gatilhar o osciloscópio durante a calibração.
- 27** **ESCOPE OUT**
Conector de saída para calibração de osciloscópios.
- 28** **TC**
Conector de entrada/saída para a simulação de termopares na calibração de medidores de temperatura e para medições de termopares.
- 29** **20A**
Terminal de alta capacidade para fornecer faixas de correntes (3A a 20A).

30

AUX

Ele é usado para as saídas CA e CC, para a segunda saída de tensão nos modos de dupla tensão, para a detecção de ohms em medições compensadas de resistência e capacitância em dois e quatro fios e para a simulação de RTD.

31

GUARD

Terminal que está conectada internamente a blindagem interna de proteção.

32

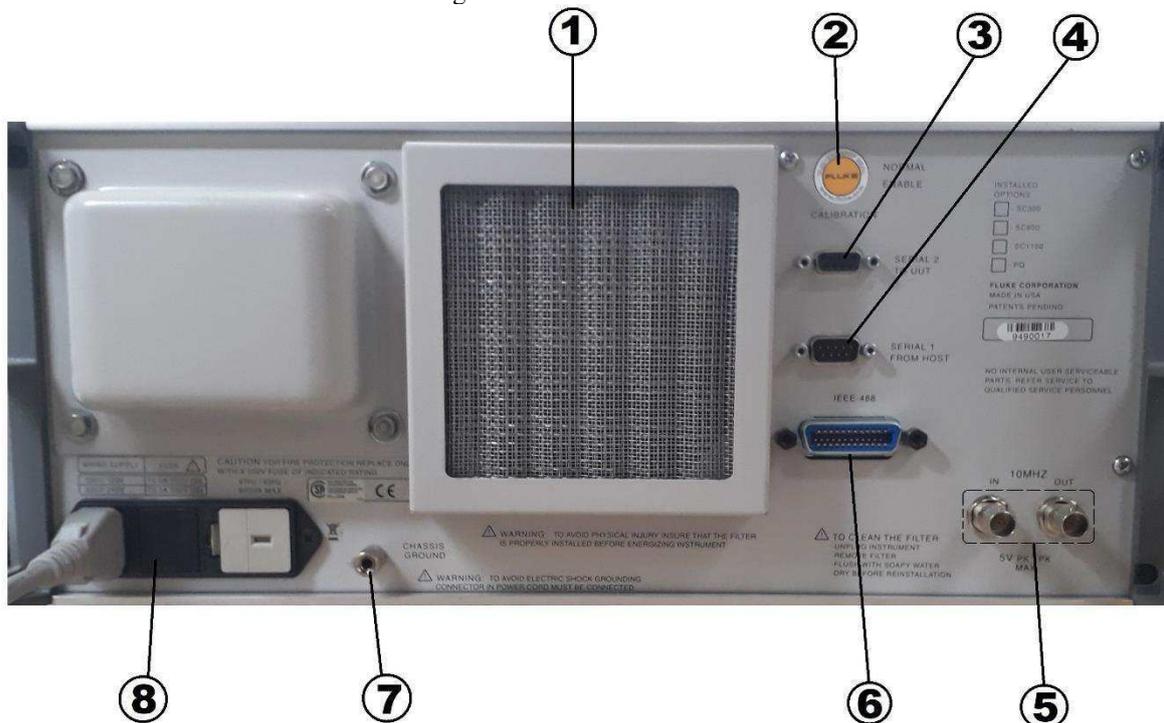
NORMAL

Terminais usados como uma fonte para a tensão CA e CC, saídas para resistência e capacitância e para simulação do detector termométrico de resistência (RTD).

2.1.2 PAINEL POSTERIOR

Neste tópico serão abordadas as funcionalidades encontradas no painel posterior, este painel encontra-se ilustrado na Figura 4, a qual mostra o painel posterior com suas principais funcionalidades destacadas.

Figura 4 - Painel Posterior



Fonte: Elaborado pelo autor.

1

FILTRO DO VENTILADOR

Utilizado para proteger a entrada de ar de poeira e detritos.

2 CALIBRAÇÃO NORMAL / ATIVAR

Switch que ativa ou desativa a capacidade de gravar na memória não volátil que armazena constantes de calibração.

3 SERIAL 2 PARA O UUT

Conector usado para transmissão / recepção dados seriais entre o calibrador e uma unidade em teste (UUT). Este é também o conector para os módulos de pressão da série Fluke 700.

4 SÉRIE 1 DO HOST

Conector usado para controle remoto do calibrador com um *host*, impressora ou terminal.

5 10 MHz IN

Conector para aplicar um sinal de *clock* externo opcional. Isso substituindo o sinal de 10 MHz *clock* normal interno.

10 MHz de OUT

Conector que passa o sinal do *clock* de 10 MHz internos ou externos a outro 5520A para sincronizar um ou mais Calibradores Multiproduto 5520A.

6 IEEE-488

Interface paralela padrão para operar o calibrador remotamente via barramento IEEE-488.

7 CHASSI GROUND

Terminal aterrado internamente conectando ao *chassi*.

8 Módulo de alimentação CA

Conector de três pinos para o cabo força; chave de comutação para selecionar a tensão de operação; fusível de proteção.

3 OPERANDO O CALIBRADOR MULTIPRODUTO

Neste tópico serão descritos os procedimentos a seguir para operação com segurança do calibrador multiproduto 5520a da Fluke.

3.1 LIGANDO O CALIBRADOR MULTIPRODUTO 5520A

Inicialmente, antes de ligar o Calibrador Multiproduto 5520A devem ser tomados alguns cuidados que serão listados a seguir:

- Verificar se os cabos utilizados para alimentação são adequados;
- Verificar se a instalação elétrica fornece um aterramento de qualidade;
- Verificar se a tensão de alimentação está selecionada corretamente;

Ao pressionar o botão de POWER, o equipamento irá iniciar mostrando a mensagem "Starting Up..." e executará a rotina de auto teste. Caso ocorra algum erro no processo de auto teste, na tela de controle, será exibida uma mensagem com o código de erro. Deve-se salientar que após ligar o equipamento, deve-se aguardar um período de aquecimento de 30 minutos, caso o calibrador multiproduto seja desligado após esse período de aquecimento e for ligado novamente deverá passar um novo período de aquecimento igual ao dobro do tempo que permaneceu desligado, tendo como tempo máximo de aquecimento 30 minutos, fazendo isso para o calibrador multiproduto atinja o equilíbrio térmico.

3.2 TECLAS DE NAVEGAÇÃO

São cinco teclas apresentadas horizontalmente no painel frontal à direita do botão **PREVMENU**. Estas teclas são encarregadas de possibilitar a navegação nos menus e submenus juntamente com a tecla **PREVMENU**, a qual viabiliza o acesso ao estágio anterior durante a navegação. Os estados funcionais ou operacionais das teclas programáveis são apresentados diretamente na tela de controle.

Elas são utilizadas para várias utilidades e aplicações. A seguir serão descritas as principais funções encontradas nos menus.

3.3 MENU DE CONFIGURAÇÃO

O menu de configuração é acessado através da tecla **Setup**. Nele encontramos os parâmetros modificáveis e as operações, conforme observado na Figura 5. A seguir, serão abordados, de forma sucinta, os parâmetros e operações encontradas no **Setup**.

Figura 5 – Setup.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Dentro do **Setup** pode ser visto a opção **UTILITY FUNCTIONS**, a qual nos permite acessar ao menu de utilidade conforme pode ser visualizado na Figura 6. Que nos possibilita, o acesso as funções **SELFTEST**, **FORMAT NV MEM** e **INSTMT CONFIG**.

- **SELFTEST**

Ao selecionar essa função teremos acesso às ferramentas de auto testes (ZERO completo e ZERO OHMS).

- **FORMAT NV MEM**

Selecionando essa função, abrirá o menu para redefinir os vários parâmetros, os quais já vieram definidos de fábrica por padrão na memória não volátil (EEPROM). Deve-se ressaltar o cuidado ao se manusear essa função, pois ela possibilita apagar permanentemente as constantes de calibração, descalibrando o calibrador multiproduto por completo.

- **INSTMT CONFIG**

Esta opção permite que operador revise as versões do *software* instalado no Calibrador Multiproduto, bem como os relatórios introduzidos pelo mesmo.

Figura 6 - Menu UTILITY FUNCTIONS.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda dentro do **Setup** temos a opção **INSTMT SETUP**, essa opção possibilita o acesso ao menu de configurações do instrumento, o qual pode ser visto na Figura 7. Dentro do **INSTMT SETUP** permite o acesso às funções **OTHER SETUP**, **OUTPUT SETUP**, **DISPLAY SETUP** e **REMOTE SETUP**.

Figura 7 - INSTMT SETUP .



Fonte: Elaborada pelo autor.

- **OTHER SETUP**

Esse menu permite selecionar a temperatura padrão, configurar o relógio, alterar os valores predefinidos para as unidades de erro e permite alterar parâmetros para opção de osciloscópio.

- **OUTPUT SETUP**

Abre um menu para alterar os valores predefinidos para os limites de tensão e corrente, os tipos de termopar e RTD, a referência da fase, a fonte de referência interna ou externa da fase e as unidades de pressão.

- **DISPLAY SETUP**

Permite ajuste referente ao display (brilho, contraste).

- **REMOTE SETUP**

Possibilita configurar as duas portas seriais e a porta IEEE-488 essas portas encontram-se na parte posterior do equipamento. Essas portas seriais são vistas na Figura 4, exibida anteriormente.

3.4 AJUSTE DE ZERO DO CALIBRADOR MULTIPRODUTO

Como o calibrador multiproduto é equipamento com significativa sensibilidade aos efeitos térmicos, de forma que variações na temperatura ambiente influenciará nos resultados finais. Sendo assim para cumprir as especificações, faz-se necessário o ajuste do zero do calibrador a cada 7 dias ou quando a temperatura variar em mais de 5°C. Existem duas formas de efetuar o ajuste de zero, que seriam por completo (ZERO) ou ajustar apenas os ohms (OHMS ZERO). É aconselhável efetuar os ajustes de ohms a cada 12 horas ou sempre que a temperatura variar em mais ou menos 1°C. A seguir serão descritas as etapas para o procedimento de ajuste dos zeros.

- Esperar o calibrador aquecer por 30 minutos.
- Pressionar a tecla RESET.
- Pressionar a tecla SETUP, para abrir o menu de configuração.
- No menu de configuração selecione CAL.
- No menu seguinte selecione CAL novamente.
- Na próxima tela estarão as opções de ZERO e OHMS ZERO, Figura 8.
- Caso for selecionada a função ZERO, a tela de controle apresentará uma mensagem pedindo para desconectar todos os cabos dos terminais e curto-circuitar as saídas 20A e AUX LO, em seguida inicialize o processo de ajuste de ZERO selecionando a opção GO ON na tela de controle, como mostrado na Figura 9.
- Caso for selecionada a opção de ajuste de OHMS ZERO, o processo de ajuste de OHMS ZERO iniciará automaticamente após a opção ser selecionada. Na figura 8 temos o menu de seleção de ajustes.

Figura 8 – Menu de seleção do processo de ajuste de ZERO e OHMS ZERO.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 – Processo de ajuste de zero completo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Vale salientar que os processos de ajuste de zeros levam alguns minutos para sua conclusão, sendo o processo de ajuste ZERO o mais demorado. Outro ponto a ser levantado é que, a cada intervalo de 7 dias, o calibrador irá sugerir que o mesmo passe pelo processo de calibração, em outras palavras, o ajuste de ZERO completo.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O Calibrador Multiproduto 5520A da Fluke é um equipamento amplamente funcional que possui as mais variadas aplicações, tais quais: calibração de multímetros, termopares, osciloscópios. Pode-se dizer que ele funciona como uma fonte de referências segura, já que os valores salvos internamente foram devidamente certificados pelo fabricante. Em outras palavras, o multicalibrador fornecerá parâmetros seguros para que outros instrumentos possam utilizá-lo como referência para ajustar assim as suas grandezas corrigindo-as caso não estejam calibradas. Embora o Calibrador Multiproduto seja um equipamento que possibilita a calibração de vários produtos, durante o estágio só foi possível a calibração de multímetros através dos processos de dois, e a quatro fios, pois o processo de calibração de osciloscópio requer a compra de uma licença para essa funcionalidade, a qual não estava disponível.

4.1 CALIBRAÇÃO DE MULTÍMETRO

O multímetro, também conhecido no mercado como multiteste, trata-se de um equipamento que tem como objetivo medir e avaliar grandezas elétricas. Ele pode ter dois modelos; o primeiro e original é o analógico (Figura 10), de ponteiro, já o outro trata-se do mostrador digital (Figura 11). O multímetro é muito utilizado em laboratórios ou ainda em serviços de campo, e incorpora diversos instrumentos de medidas elétricas num único aparelho, como, voltímetro, amperímetro e ohmímetro por padrão, termômetro entre outros, e justamente por se tratar de um produto tão importante a calibração de multímetro é quase que obrigatória (Adaptado de INTERMETRO, 1998).

Figura 10 - Multímetro analógico, ET-3021B



Fonte: Proposta técnica - Minipa, 2017

Os padrões utilizados para a calibração do multímetro e outros instrumentos têm de ser de alta qualidade, por isso é recomendável que se faça a calibração do multímetro por meio de um laboratório que seja especializado na área, pois, assim, ele terá uma série de vantagens, por exemplo, processo e produto de alta qualidade (adaptado de INTERMETRO, 1998).

Um aparelho bem calibrado assegura que os instrumentos usados para controlar o produto irão de fato garantir sua qualidade final, o que é muito importante. Por isso, o serviço de calibração de multímetro e demais equipamentos deve ser aplicado a todo instrumento que faça medições de controle de qualidade, independente da etapa de produção na qual o instrumento de medição é utilizado, somente assim o consumidor terá garantia de uma eficiência máxima do instrumento utilizado (adaptado de INTERMETRO, 1998).

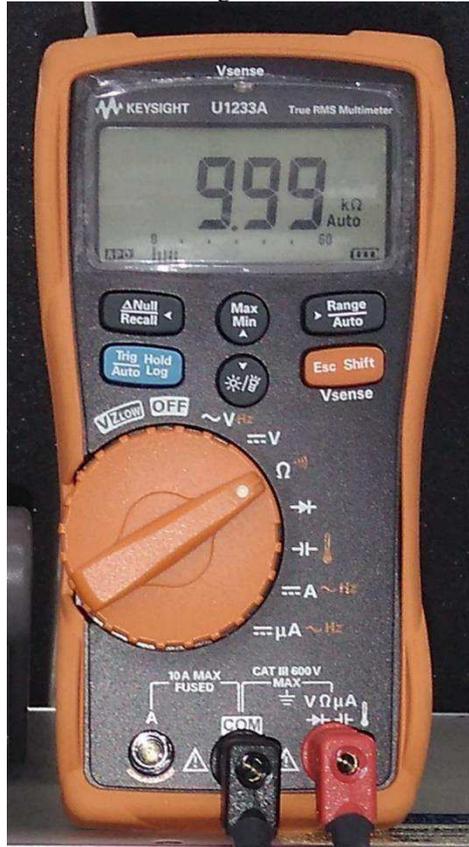
Dentro deste contexto, deve-se destacar que para calibrar qualquer equipamento, deve-se, além de ter o conhecimento de como funciona o Calibrador Multiproduto, ter também conhecimento das especificações que são exigidas para calibrar cada parâmetro do produto sobre processo de calibração. Pois cada equipamento terá seus padrões de calibração particular. De modo que, antes de submeter qualquer produto a um processo de calibração, deve-se fazer um estudo dos manuais dos mesmos, pois, embora dois ou mais produtos sejam iguais, as especificações de calibração mudam para fabricantes diferentes, sendo necessário seguir as especificações particulares indicadas pelos fabricantes.

Durante o estágio foi utilizado o Calibrador Multiproduto 5520A da Fluke, para a calibração do Multímetro digital U1233A da Agilent à dois fios sem compensação e também do multímetro 34401A da Agilent. Para calibrar esse multímetro utilizou-se o método à quatro fios com compensação de resistência. Dito isso, a seguir, serão descritos os processos utilizados para calibração dos mesmos.

4.1.1 CALIBRAÇÃO À DOIS FIOS

O multímetro digital U1233A da KEYSIGHT (Figura 11) foi o equipamento que passou pelo processo de calibração. Nele foi utilizado o método à dois fios sem compensação. Antes de iniciar a calibração fez-se um estudo dos manuais. De forma a seguir todas as especificações indicadas pelo fabricante. Após a leitura dos manuais foram feitas as conexões dos cabos conforme indicado na Figura 12.

Figura 11 - Multímetro digital U1233A da KEYSIGHT.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12 - Multímetro digital U1233A, conexão com o Multicalibrador 5520A da Fluke.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O processo de calibração iniciou-se colocando o multímetro no modo de calibração, para isso pressionou-se, simultaneamente as teclas **Trig Hold**(Azul) e **Esc Shift** (laranja), feito isso o equipamento solicitou a senha para entrar no modo de calibração. Em seguida, fazendo uso do seletor giratório de função, a grandeza a ser calibrada foi escolhida, desse modo o visor do multímetro exibiu o valor da grandeza que deveria ser inserida no Calibrador Multiproduto, em geral essa calibração é feita múltiplo à múltiplo considerando a escala de cada grandeza a ser calibrada. Este processo de calibração se repete de forma análoga para as demais grandezas, as quais, o multímetro abrange. Porém, devem-se fazer ressalvas, pois nem sempre o processo é intuitivamente simples como parece, a exemplo da calibração da tensão CA que o multímetro mostra em sua tela o valor da tensão de calibração a ser inserida no multicalibrador, entretanto, não fornece informação referente à frequência e ao contrário do que se imagina esses parâmetros não são calibrados em 60Hz, mas em 55Hz, o que mais uma vez comprova que é de extrema necessidade a leitura minuciosa dos manuais de ambos os equipamentos.

4.1.2 CALIBRAÇÃO À QUATRO FIOS

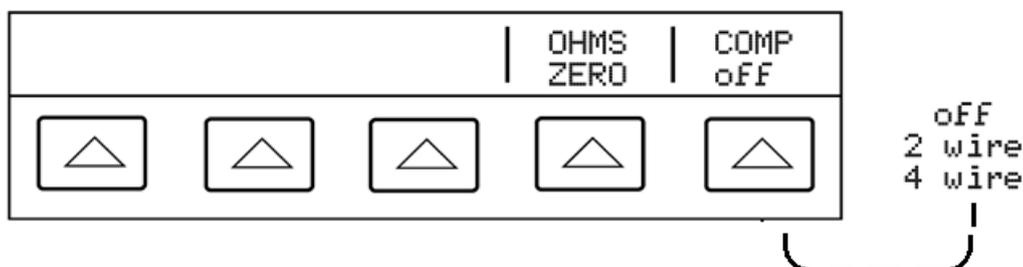
O multímetro digital 34401A da Agilent (Figura 13) foi o equipamento que passou pelo processo de calibração. Nele foi utilizado o método à quatro fios com compensação. Esse tipo de conexão de quatro fios é típica para calibrar equipamentos de medição de laboratório, o que proporciona maior exatidão para valores de resistência inferiores a 110 k Ω . Para outros valores, a resistência dos fios não diminui a exatidão, então o calibrador desativa a compensação. Para ativar a compensação, após digitar o valor da resistência a ser sintetizada nos terminais NORMAL o *display* de controle mostrará a opção **COMP Off**, desta forma utilizando as teclas de navegação basta mudar para a compensação desejada (**COMP 4 wire**). Como exibido na Figura 14.

Figura 13 - Multímetro digital 34401A da Agilent.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 14 – Seleção de compensação.



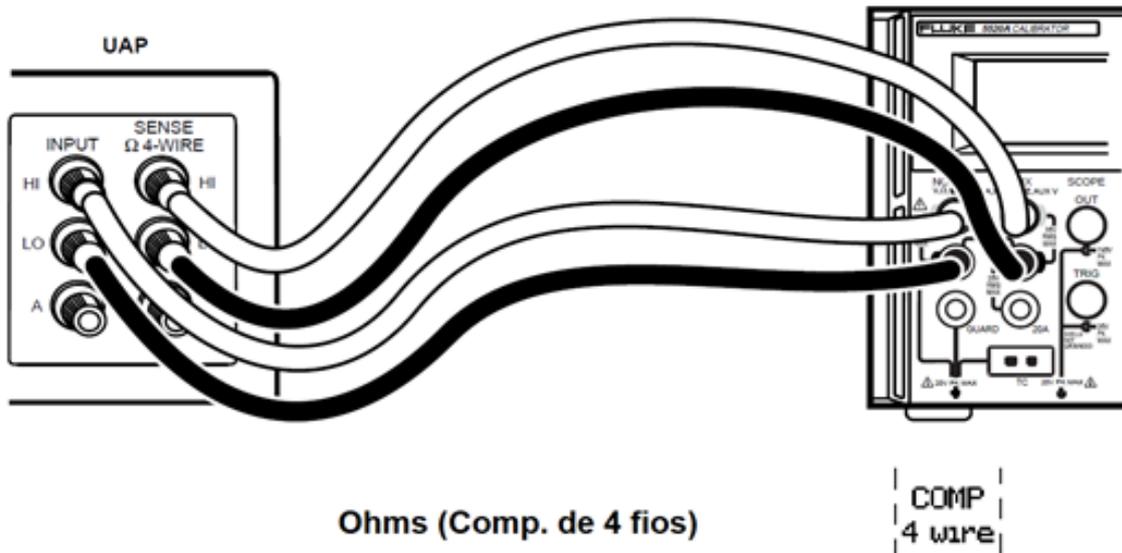
Fonte: Adaptado de Operators Manual, 1998.

Antes de se iniciar a calibração foi feito um estudo do manual dele, de forma a seguir todas as especificações indicadas pelo fabricante. Após a leitura dos manuais conectaram-se os cabos conforme indicado na Figura 15 e na figura 16, dessa forma, tem-se a montagem em laboratório do processo de calibração à quatro fios com compensação (Figura 16).

O processo de calibração iniciou-se colocando o multímetro no modo de calibração, feito isso o equipamento solicitará a senha para entrar no modo de calibração. Em seguida, fazendo uso das teclas de seleção, escolheu-se a grandeza a ser calibrada, desse modo o visor do multímetro exibiu o valor da grandeza que deveria ser inserida no Calibrador Multiproduto, em geral essa é a calibração. Esse processo se repete

basicamente para todas as grandezas. Porém, assim como no caso mostrado para calibração à dois fios, deve-se destacar que nem sempre o processo é intuitivamente simples como parece, o que torna imprescindível a leitura do manual de ambos os equipamentos.

Figura 15 – Ligações, calibração à quatro fios.



Fonte: Adaptado de Operators Manual, 1998.

Figura 16 - Calibração à quatro fios, com compensação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho abordou-se algumas das atividades desenvolvidas no Laboratório de Metrologia (LabMet) da UFCG durante o período de estágio, o qual possibilitou completar as 360 horas conforme estabelecido na matrícula da disciplina de Estágio Supervisionado. Esse Estágio contribuiu para o aprimoramento de conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação, sendo de extrema relevância na formação acadêmica.

Ao longo do estágio foi possível aplicar os conhecimentos adquiridos no curso para analisar e solucionar diversas questões que apareceram durante a utilização do Calibrador Multiproduto 5520A no processo de calibração, principalmente, no que diz respeito à exatidão nas leituras dos dados.

Esse equipamento possibilitou entender a importância da calibração dos instrumentos eletrônicos de medição, sobre tudo, do quão é importante para fidelidade dos resultados obtidos. Com o estudo dos manuais do Calibrador Multiproduto foi possível conhecer suas funções e como manuseá-lo de forma segura.

Por fim, conclui-se que o objetivo do estágio foi alcançado, mostrando a importância da metrologia, uma vez que as atividades desenvolvidas mostraram a importância da calibração de equipamentos, que esse processo deve ser aplicado a todos instrumentos que façam medições, independentemente da etapa de produção na qual o instrumento de medição é utilizado, pois somente assim podemos garantir a excelência dos resultados finais obtidos.

REFERÊNCIAS

Operators Manual Multi-Product Calibrator 5520A, fevereiro de 1998.

5520A-SC1100 Option for the 5520A, outubro 1999.

5520A Multi-Product Operators Guide, fevereiro de 1998.

The 5520A/5500A Multi-Product Calibrators Extended Specifications, outubro 2000.

Manual Supplement, 5520A Service Guide, maio de 2012.

Keysight 34401A 6½ Digit Multimeter, Service Guide, Ed. 9, Agosto 2014.

Keysight U1231A, U1232A, and U1233A Handheld Digital Multimeter, Service Guide, Ed. 10, junho de 2017.

Proposta Técnica, MULTÍMETRO ANALÓGICO MODELO: ET-3021B, 2017.

Calibração de multímetro. INTERMETRO. Disponível em: < <http://www.intermetro.com.br/calibracao-multimetro> > Acesso em: Data do acesso em: 20 de julho de 2018.