



PROJETO DE GRADUAÇÃO

**IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE QUALIDADE
NO LABORATÓRIO DE FADIGA
EM CABOS CONDUTORES DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA: FASE II**

Por,
Thalita Farias Brasiliense Cavalcante

Brasília, 23 de Novembro de 2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE QUALIDADE
NO LABORATÓRIO DE FADIGA
EM CABOS CONDUTORES DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA: FASE II**

POR,

Thalita Farias Brasiliense Cavalcante

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheira Mecânica.

Banca Examinadora

Profª. Aida Alves Fadel, UnB/ ENM (Orientador)

Prof. Antônio Manoel Dias Henriques, UnB/ ENM

Prof. José Alexander Araújo, UnB/ ENM

Brasília, 23 de Novembro de 2012

Dedicatória

À minha querida mãe, Isa.

Agradecimentos

Tenho muito a agradecer, sei que a realização desta etapa da minha vida não veio sem muito esforço não só de mim mas também dos que ao meu lado estiveram. Agradeço à minha mãe, Isa Brasiliense, obrigada pelo apoio incondicional durante todas as duras etapas que percorri, à ela devo tudo o que sou, tudo o que me tornei e tudo o que alcancei. Agradeço ao meu pai, Josafá Cavalcante, pelas grandes lições de humildade, Meu namorado, Thomás Vizioli, obrigada pelo companheirismo, pelo equilíbrio, pela amizade e toda a felicidade que me proporciona. Agradeço aos meus professores pelos momentos dedicados aos ensinamentos que hoje guardo para vida como engenheira. Muito tenho a agradecer ao Prof Dr. Jorge Almeida que foi de imensa importância nos meus anos de universidade, obrigada por ter trazido para o meu mundo olhos de esperança para enxergar o fim do túnel nessa viagem que parecia interminável. Agradeço aos meus amigos da engenharia civil, Sandro Jr, Lucas Gontijo, Karolina Novaes, Samuel Lustosa, Rodrigo Moura, Pedro Dantas, João Brabo, Suzanne Vaz, Lidia Maria, Elisa Macedo, Antônio Carlos e Henrique Rinaldi, às amigas Simone Sarres e Isabella dos Anjos, e à minha prima Carmen Brasiliense, que sempre me apoiaram em absoluto, minha vida é mais feliz por saber que os tenho ao meu lado. Agradeço à Michelly Rosa, por ter me estendido a mão quando eu mais precisava e me reerguer. Aos queridos colegas, Henrique Tomé, Thamise Vilela, Raphael Gonzalez, Nelson Carvalho, Larissa Watanabe, Silmar Alves e Marcos Roberto, obrigada pelos momentos de trabalho e diversão, a engenharia mecânica foi mais agradável e cativante tendo vocês como companhia. À minha orientadora, Prof. Dra Aida Fadel, agradeço por todo o suporte que me deu, obrigada por acreditar no meu potencial e ficar ao meu lado. Finalmente, agradeço a Deus, por todas as alegrias, provações e vitórias, o meu êxito só foi possível com Ele conduzindo.

Thalita Farias Brasiliense Cavalcante

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo que visa à definição de uma metodologia sistemática para implementação de um sistema de gestão da qualidade no Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília. É dada continuação na elaboração dos procedimentos e demais documentos da qualidade tendo em vista os requisitos gerais de gestão e de competência técnica para que futuramente o laboratório em questão obtenha sua acreditação junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial seguindo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. A operacionalização da pesquisa realizou-se, inicialmente, por meio de um estudo sobre a norma que trata dos requisitos gerais para competências de laboratórios de ensaios e calibração. Foram utilizados na elaboração dos documentos da qualidade os itens da norma que se aplicavam ao tipo de atividade que o laboratório em estudo realiza. Um dos resultados foi a elaboração de documentos padrões adequados à norma contendo os Procedimentos Operacionais Padrão que apresentam instruções a serem seguidas para a execução de ensaios de extensometria desenvolvidos no laboratório.

Palavras Chave: Qualidade, Acreditação, Laboratório, ABNT NBR ISO/IEC 17025, Extensometria.

ABSTRACT

The work shown in the following presents a study that aims to develop a systematic methodology in order to implement a quality management system at the Laboratory of Fatigue and Structural Integrity of Power Conducting Cables of the University of Brasilia. The elaboration of procedures and further quality documents is continued so that the general requirements of management and technical expertise are achieved and the laboratory is able to obtain its accreditation with the National Institute of Metrology, Quality and Technology following the standard ISO / IEC 17025. The operationalization of the research was carried out initially by a study on the standard that deals with the general requirements for competence of testing laboratories and calibration. That was made applying the itens of the standard items appropriate to the type of activity that the laboratory performs. Documents containing technical procedures and the report models for extensometry tests accomplished at the laboratory were prepared, they contain instructions and define who is responsible for the activities contained in each procedure.

Keywords: Quality, Accreditation, Laboratory, ISO/IEC 17025, Extensometry.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 O TEMA EM ESTUDO E SUA RELEVÂNCIA	1
1.2 HISTÓRICO DO LABORATÓRIO	2
1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 <i>Objetivos gerais</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.5 ESTRUTURA DO RELATÓRIO	6
2. NORMA ABNT NBR ISO/IEC 17025	8
2.1 HISTÓRICO	8
2.2 OBJETIVO DA NORMA	9
2.3 ONDE SE APLICA	10
2.4 SISTEMA DE GESTÃO	10
2.5 MANUAL DA QUALIDADE	10
2.6 ITENS DA NORMA	10
3. EXTENSOMETRIA	11
3.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS	11
3.1.1 <i>Tensão e Deformação</i>	11
3.1.2 <i>Magnitude da Deformação</i>	14
3.1.3 <i>Polaridade da Deformação</i>	15
3.2 EXTENSÔMETROS	15
3.2.1 <i>Estrutura de Extensômetros</i>	15
3.2.2 <i>Princípio de Funcionamento</i>	16
3.3 PONTE DE WHEATSTONE	17
3.3.1 <i>Estruturas da Ponte de Wheatstone</i>	19
4. MÉTODO DE AUTO-AMORTECIMENTO GUIA IEEE STD 563-1978	25
4.1 ESTUDO DO MÉTODO	25
4.2 DESCRIÇÃO DO GUIA	25
4.2.1 <i>Método da Potência</i>	26
4.2.2 <i>Método da Onda Estacionária</i>	26
4.3 AUTO-AMORTECIMENTO	28
4.4 CONDUTOR	28
4.5 REQUISITOS MÍNIMOS PARA O VÃO DE TESTES	28
4.5.1 <i>Terminais de Fixação</i>	29
4.5.2 <i>Cabo Condutor</i>	30
4.5.3 <i>Dispositivo Gerador das Vibrações</i>	31
4.6 METODOLOGIA PARA OS ENSAIOS	31
4.7 MEDINDO A POTÊNCIA	32
4.8 VALORES RECOMENDADOS DE T , L , F E Y	32
4.9 AUTO AMORTECIMENTO NO LFIECCE	35
5. METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS	36
5.1 ASPECTOS GERAIS	36
5.2 ORGANIZAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO	36
5.3 ELABORAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE ENSAIO	37
5.3.1 <i>Itens da norma</i>	37
5.3.2 <i>Composição</i>	38
5.3.3 <i>Elaboração</i>	39
6. PROCEDIMENTOS E DOCUMENTOS	41

6.1	ASPECTOS GERAIS	41
6.2	MANUAL DA QUALIDADE	41
6.3	PROCEDIMENTOS	42
6.3.1	<i>Procedimentos Operacionais</i>	42
6.3.2	<i>Procedimentos Administrativos</i>	43
6.3.3	<i>Documentos da Qualidade</i>	45
7.	CONCLUSÕES	48
7.1	CONCLUSÕES	48
7.2	SUGESTÕES PARA PROJETOS FUTUROS	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
	ANEXOS.....	52
	ANEXO A - FORMA DIDÁTICA DA NORMA ABNT NBR ISO/IEC 17025	53

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – APLICAÇÃO DE FORÇA EM UM OBJETO (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	11
FIGURA 2 – BARRA SOB TRAÇÃO. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	12
FIGURA 3 – EXEMPLO DE DIAGRAMA TENSÃO-DEFORMAÇÃO. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	13
FIGURA 4 – BARRA DE FERRO RECEBENDO FORÇA EXTERNA. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	14
FIGURA 5 – EXEMPLO DE EXTRUTURA DE EXTENSÔMETRO. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	16
FIGURA 6 – CONFIGURAÇÃO DE UMA PONTE DE WHEATSTONE. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	17
FIGURA 7 – EXTENSÔMETRO CONECTADO AO CIRCUITO. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	18
FIGURA 8 – DIFERENTES MANEIRAS DE CONECTAR DOIS EXTENSÔMETROS À PONTE DE WHEATSTONE. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	19
FIGURA 9 – QUATRO EXTENSÔMETROS CONECTADOS À PONTE DE WHEATSTONE. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	19
FIGURA 10 – SISTEMA COM UM EXTENSÔMETRO CONECTADO À PONTE DE WHEATSTONE. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	21
FIGURA 11 – (A) SISTEMA COM 2 EXTENSÔMETROS CONECTADOS À PONTE DE WHEATSTONE EM R1 E R2. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005) (B) SISTEMA COM 2 EXTENSÔMETROS CONECTADOS À PONTE DE WHEATSTONE EM R1 E R3. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	21
FIGURA 12 – DOIS EXTENSÔMETROS COLADOS NA MESMA POSIÇÃO NA VIGA, UM NO TOPO E OUTRO EM BAIXO. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	22
FIGURA 13 – EXTENSÔMETROS CONECTADOS EM LADOS ADJACENTES DA PONTE DE WHEATSTONE. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	23
FIGURA 14 – EXTENSÔMETRO CONECTADO EM LADOS OPOSTOS DA PONTE DE WHEATSTONE. (KYOWA ELETRONIC INSTRUMENTS CO., LTD., 2005)	24
FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO VÃO COM CONDUTOR VIBRANDO (IEEE, 1978)	27
FIGURA 16 – CONFIGURAÇÃO DO VÃO DE TESTES (IEEE, 1978)	28
FIGURA 17 – TERMINAL FLEXÍVEL ADICIONADO AO FINAL DO CABO CONDUTOR (IEEE, 1978)	29
FIGURA 18 – TERMINAL DE FIXAÇÃO CONVENCIONAL (IEEE, 1978)	30
FIGURA 19 – GERADOR DE VIBRAÇÕES (IEEE, 1978)	31
FIGURA 20 - MODELO DE COMO ILUSTRAR AS CARACTERÍSTICAS DA DISSIPACÃO DE POTÊNCIA NO CONDUTOR (IEEE, 1978)	34
FIGURA 21 – A)TERMINAÇÃO UTILIZADA PELO LFIECCE. (MURÇA, ET AL., 2009) B) TERMINAÇÃO UTILIZADA NO LFIECCE	35
FIGURA 22 – HIERARQUIA DA DOCUMENTAÇÃO	37
FIGURA 23 – CABEÇALHO CRIADO PARA O LFIECCE DA UNB.	39
FIGURA 24 – RODAPÉ CRIADO PARA OS PROCEDIMENTOS DO LFIECCE DA UNB.	40
FIGURA 25 – SUMÁRIO ADOTADO PARA OS PROCEDIMENTOS DO LFIECCE DA UNB	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- MODELO PARA TABELAR RESULTADOS PARA DISSIPACÃO DE POTÊNCIA EM CONDUTORES (IEEE, 1978).....	34
TABELA 2 - LISTA DE SÍMBOLOS (IEEE, 1978)	34

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

a_n	Amplitude dupla no antinó	[mm]
D	Diâmetro do cabo condutor	[mm]
f	Frequência	[Hz]
F	Força de excitação no gerador de vibrações	[N]
l	Comprimento nodal	[mm]
m	Massa por unidade de comprimento	[kg/m]
P	Potência dissipada	[W]
P	Potência dissipada por unidade de comprimento	[mW/m]
T	Tensão aplicada ao condutor	[N]
V	Velocidade transversal no antinó	[m/s]
V	Velocidade no gerador de vibrações	[m/s]
y	Amplitude simples	[mm]
Y	Amplitude dupla no antinó	[mm]

Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	Associação Brasileira de
ANEEL	Normas Técnicas	
CELG	Agência Nacional de Energia Elétrica	
CGCRE	Centrais Elétricas de Goiás	
CIGRE	Coordenação Geral de Credenciamento	
CITEP	Conseil International des Grands Réseaux Electriques	
DIN	Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista	
EN	Deutsches Institut für Normung	
ENM	Norma Européia	
EPI	Departamento de Engenharia Mecânica	
EPRI	Equipamento de Proteção Individual	
IEC	Electric Power Research Institute	
INMETRO	International Electrotechnical Commission	
IEEE	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial	
ISO	Institute of Electric and Electronic Engineers	
LFIECCE	International Organization for Standardization	
MQ	Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia	
NBR	Manual da Qualidade	
POP	Normas Brasileiras	
RTS	Procedimento Operacional	
SI	Rated Tensile Strength.	
UCS	Sistema Internacional de Unidades	
UnB	Universidade de Caxias do Sul	
	Universidade de Brasília	

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta considerações gerais preliminares relacionadas à implementação do sistema de qualidade no laboratório. São abordados os diferentes aspectos sobre a relevância do tema, os dados extraídos das referências, os objetivos a serem alcançados e a divisão do trabalho.

1.1 O TEMA EM ESTUDO E SUA RELEVÂNCIA

Há uma crescente tendência em se exigir da indústria sempre a melhor qualidade de seus produtos e serviços. Assim é também com os serviços prestados por laboratórios de ensaio.

Uma condição para que os produtos e serviços de uma economia possam ter a liberdade de circular internacionalmente, sem a necessidade de re-ensaios ou inspeções, é a necessidade de que eles possuam sua avaliação da conformidade declarada (Costa & Farias, 2006).

É importante e uma exigência internacional a acreditação desses laboratórios.

Os laboratórios também seguem normas específicas que atestem a qualidade dos serviços e a competência técnica e de gestão. Utilizar um laboratório acreditado é garantia de ter um serviço mais eficiente e preciso, possibilitando a prestação de serviços a empresas exportadoras e internacionais.

Utilizar ou ter um laboratório credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) beneficia seus usuários, que terão um serviço mais eficiente e com garantia de precisão e os proprietários dessas organizações que poderão prestar serviços a empresas exportadoras e internacionais. Mais que uma exigência internacional, o credenciamento dos laboratórios de ensaio e calibração se torna uma questão fundamental para quem quer prestar um serviço confiável a seus clientes e continuar expandindo seus negócios e fronteiras (Cassano, 2003)

O INMETRO é o órgão responsável por fiscalizar todo o sistema de acreditação do país. O órgão também se propõe a controlar e acompanhar a elaboração de normas técnicas de diversos produtos junto à ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Da necessidade de normas internacionais que garantissem a qualidade dos serviços dos laboratórios de ensaios e calibração foi elaborada a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração (ABNT, 2005). Esta norma apresenta os princípios técnicos e de gestão a serem adotados por um laboratório que visa garantir a qualidade dos serviços prestados e atestar sua competência técnica.

Este trabalho pretende estabelecer as bases do sistema de gestão de qualidade do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia (LFIECCE) da Universidade de Brasília (UnB) para tornar possível a acreditação junto ao INMETRO.

1.2 HISTÓRICO DO LABORATÓRIO

A malha de transmissão e distribuição do sistema elétrico brasileiro segundo dados do Ministério de Minas e Energia (Esmeraldo, 2005) conta com aproximadamente 81.241 km de extensão e é caracterizada por instalações que datam em média de 20 a 30 anos de operação. Assim é fundamental que as concessionárias mantenham um controle efetivo dos materiais que compõem o sistema, de forma a garantir a confiabilidade necessária (Henriques, 2006).

O cabo condutor pode ser considerado como o mais importante elemento utilizado para o transporte de energia elétrica, exigindo manutenção preditiva e preventiva para evitar o comprometimento do fornecimento de energia elétrica a seus clientes, evitando assim prejuízos financeiros e danos à imagem das empresas concessionárias.

Casos como o de 2001, em que uma série de “apagões”, como foram denominados pela população, deixou aproximadamente 67 milhões de moradores das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil sem energia elétrica por várias horas. O rompimento de um cabo condutor da linha de transmissão de 460 kV que atravessava o rio Paraná, no estado de São Paulo seria o responsável pelo acontecido, (Henriques, 2010). Sem a transmissão podendo ocorrer, diversas turbinas da usina hidrelétrica de Itaipu foram automaticamente desligadas. A usina é hoje a maior usina geradora de energia do mundo com 20 unidades geradoras (Itaipu, 2011), e é responsável por 30% do fornecimento de energia do país. Casos como o de 2001 causam prejuízos milionários devidos ao lucro cessante, aos custos financeiros do não fornecimento de energia, aos processos movidos contra a distribuidora por outras empresas e à multa imposta pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), isso somado a prejuízos à imagem da companhia e à imagem do país que transparece com esse tipo de acontecimento aparente falta de infraestrutura adequada para os serviços prestados.

A maioria das falhas em cabos condutores, como a ocorrida em 2001, envolve a fadiga do material, causada pela ação de forças eólicas que provocam vibrações de alta frequência e baixa amplitude (CIGRE, 1979).

Um dos problemas que as empresas do setor energético enfrentam é o da insuficiência de dados sobre o comportamento mecânico dos cabos condutores. Em 2006 foi proposta uma metodologia de ensaios pelo Professor Antonio Henriques em seu trabalho de doutorado visando à possibilidade de a Universidade de Brasília desenvolver pesquisa, treinamento e prestação de serviços na avaliação de cabos condutores de energia e acessórios de linhas de transmissão. O trabalho buscava tornar possível a determinação dos valores reais dos parâmetros mecânicos das linhas existentes e sua comparação com os valores adotados nos projetos, controlando também a qualidade de cada lote produzido permitindo os ajustes nas linhas de transmissão, minimizando assim a ocorrência de fadiga dos condutores ao longo dos anos (Henriques, 2006).

O LFIECCE do departamento de Engenharia Mecânica da UnB foi então criado para atender a essas demandas que a indústria e o setor elétrico apresentam.

Baseando-se nas recomendações da CIGRE (1985), EPRI (1979) e IEEE (1978), foi desenvolvida uma bancada e a metodologia de ensaios mecânicos à fadiga de cabos condutores, utilizando equipamentos e procedimentos para monitoração e controle na execução dos ensaios. Foram promovidas melhorias adicionais capazes de garantir a segurança dos equipamentos e a estabilidade dos ensaios (Fadel, 2010).

A primeira parceria que possibilitou a montagem do primeiro laboratório de fadiga em cabos condutores da região Centro-Oeste do Brasil foi com a Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CTEEP). A partir de então outras empresas concessionária de serviço público do setor de transmissão elétrica como a CELG (Centrais Elétricas de Goiás), a Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte do Brasil), e outras do setor privado vem estabelecendo parcerias com a UnB no desenvolvimento de projetos de pesquisa com a disponibilização dos recursos necessários.

Como parte do trabalho de pesquisa descrito em Fadel (2010), o laboratório consolidou sua capacidade de realizar ensaios com o dobro da capacidade previamente existente, adicionando uma segunda bancada de ensaios, possibilitando a realização de ensaios longos, conduzidos sem interrupções durante vários dias e até semanas, mantendo sempre o controle das condições e garantindo uma maior confiabilidade dos ensaios realizados.

O desenvolvimento do trabalho da Profa. Dra. Aida Fadel (Fadel, 2010) permitiu o aprimoramento das instalações e do nível de monitoramento das variáveis de controle do laboratório, promovendo o aumento do nível de especialização da equipe de pesquisa, expandindo a fronteira do conhecimento no que se refere ao comportamento em fadiga de cabos condutores e acerca dos mecanismos de medição e atenuação de vibrações nesses componentes estruturais.

Tornando o LFIECCE da UnB um espaço de referência nacional no desenvolvimento de saberes relativos ao comportamento mecânico de linhas de transmissão de energia.

Assim, abre-se a possibilidade da produção de um banco de dados nacional, para diversas montagens realizadas com diferentes tipos de condutores, permitindo a investigação de condutores que potencialmente se adaptem melhor às condições nacionais e sua aplicação com segurança, lembrando que padrões internacionais contemplam condições climáticas e tipos de vibração diferentes daqueles característicos do Brasil.

Graças ao elevado nível de controle implementado, os ensaios agora permitem a investigação de ferragens, processos de montagem e acessórios potencialmente capazes de desacelerar o surgimento ou a progressão de falhas.

Foi realizado também um estudo para superar problemas devidos à variação térmica nas instalações laboratoriais e corrigir seus efeitos sobre os equipamentos, incluindo o projeto de um

dispositivo para eliminar vibrações laterais sobre o *shaker* eletromecânico, responsáveis por seguidos danos ao equipamento. Além da adequação do espaço físico, por meio de isolamento térmico e controle da temperatura ambiente, foram realizados ajustes no equipamento de alimentação elétrica, com a instalação de transformadores isoladores e aterramento adequado (Rosa, 2011).

Outros trabalhos de conclusão do curso de engenharia e de mestrado do Departamento de Engenharia Mecânica consolidaram os procedimentos de caracterização de cabos condutores de diversos tipos construtivos e materiais e de dispositivos amortecedores, inclusive utilizando técnicas de extensometria.

1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

A acreditação de laboratórios segundo a norma ABNT NBR 17025 (ABNT, 2005), é aplicável a laboratórios de calibração e de ensaio. A Coordenação Geral de Credenciamento (CGCRE) concede acreditação para laboratórios que realizam serviços de calibração e/ou ensaios em instalações permanentes, móveis, e/ou de clientes. A acreditação de laboratórios de ensaio, como é o caso do LFIECCE da UnB, é concedida por ensaio para um determinado produto, segundo uma norma, regulamento, resolução ou procedimento desenvolvido pelo laboratório em que é estabelecida a metodologia utilizada (INMETRO, 2005).

Lazzari (2009) afirma que no caso da prestação de serviços realizada por laboratórios universitários, cujos clientes considerados são empresas, promover a satisfação de clientes pode gerar uma aproximação maior entre esses atores fundamentais no desenvolvimento de uma região. Os fatores motivadores mais importantes ao estímulo à prestação de serviços por parte dos laboratórios universitários reside no fato destes terem acesso às questões técnicas vivenciadas nas empresas, além de obterem recursos financeiros adicionais advindos do preço cobrado pelos ensaios e testes implementados. A partir do processo de acreditação dos seus laboratórios, as universidades podem proporcionar uma gama muito maior de benefícios às empresas que utilizam os seus serviços, com um nível de qualidade elevado.

O processo de acreditação, que ocorre com a certificação dos laboratórios com base na norma ISO 17025 (ABNT, 2005) possibilita um controle muito maior das operações, dos ensaios e dos testes realizados pelo laboratório, o que impacta de modo significativo na qualidade dos serviços prestados. O trabalho de Lazzari (2009) procurou identificar as dimensões da qualidade, que estão relacionadas à prestação de serviço dos laboratórios da Universidade de Caxias do Sul (UCS), e afirma que antes de encaminhar a solicitação de acreditação ao INMETRO ou órgão regulador habilitado, deve-se elaborar os documentos necessários, entre eles o manual da qualidade, os procedimentos gerenciais e os procedimentos operacionais.

Aguiar, et al., (2003), afirmam que devido à limitação de recursos os procedimentos devem obedecer a um sistema flexível, já que devem conciliar a prestação de serviços e as atividades de ensino e pesquisa da universidade, sendo capazes de garantir ainda a qualidade dos serviços prestados.

Muller, et al., (2009) afirmam que os procedimentos de trabalho são documentos que detalham toda a metodologia a ser seguida para atender as exigências da norma para cada critério específico. A definição mais apropriada dentro do contexto da acreditação de laboratórios para procedimento é a de que procedimento é a forma ou modo especificado para executar tarefa ou atividade. É sugerido no artigo que os procedimentos sejam descritos em documentos separados do Manual da Qualidade, pois a norma exige em muitas situações que o laboratório possua ambos.

Rocha, et al., (2009), afirmam que os Procedimentos Operacionais Padrões (POP's) contém em sua estrutura tópicos que, além de orientar o analista para a realização da análise, também alertam para as precauções de segurança.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos gerais

O presente trabalho tem como objetivo dar continuidade ao processo de implementação de um sistema de gestão de qualidade, iniciado pelo trabalho de Michelly Rosa (Rosa, 2011), desenvolvido com base na norma ISO 17025 (ABNT, 2005) para o Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia (LFIECCE) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília. O objetivo final é concluir as etapas necessárias à acreditação do LFIECCE junto ao INMETRO.

A avaliação do sistema de qualidade do laboratório será feita com base nos requisitos técnicos e de direção estabelecidos pela norma ISO 17025 (ABNT, 2005), a qual é utilizada pelos organismos responsáveis no processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração.

No corpo deste trabalho tratar-se-á de ensaios de auto-amortecimento os quais encontram-se em fase de consolidação como ensaio executado pelo laboratório LFIECCE.

Atenção especial será dada à complementação dos procedimentos operacionais especificamente os relacionados ao procedimento de extensometria para determinação experimental das tensões mecânicas.

1.4.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo deste trabalho seja alcançado, algumas metas adicionais devem ser cumpridas:

- ◆ Apresentar a norma ISO 17025 (ABNT, 2005) de forma lógica, clara e didática, de maneira a facilitar o entendimento de sua filosofia e de suas especificidades;
- ◆ Definição dos documentos e procedimentos a serem elaborados para sua implementação no LFIECCE;
- ◆ Fazer uma análise para atestar se a bancada de ensaios que existe atualmente no LFIECCE viabiliza a realização de ensaios de auto-amortecimento em cabos condutores de energia tendo como base as normas técnicas que regem este tipo de ensaio;
- ◆ Elaborar procedimentos de trabalho que atendam às exigências de gestão da referida norma. Especificamente aqueles relativos a ensaios de extensometria;
- ◆ Organizar os documentos da qualidade de maneira clara e didática dispondo os mesmos em volumes separados, de acordo com cada função, de modo a facilitar a implementação do sistema da qualidade:
 - Manual da Qualidade do LFIECCE;
 - Documentos do Manual da Qualidade do LFIECCE;
 - Procedimentos operacionais adotados no LFIECCE;
 - Relatórios emitidos pelo LFIECCE.

1.5 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente trabalho encontra-se estruturado em 7 capítulos.

No capítulo 1 é feita uma introdução sobre o tema proposto, com a apresentação da importância do tema para a indústria e para o desenvolvimento de conhecimento, o histórico do laboratório ao qual se deseja implementar o sistema de qualidade, os dados relevantes encontrados nas referências e por fim é apresentado o objetivo a ser alcançado com este trabalho.

O capítulo 2 trata da introdução à norma ISO 17025 (ABNT, 2005) que rege sobre os requisitos de competência dos laboratórios de ensaios e calibração, com os objetivos da norma e qual a sua aplicabilidade. A norma ISO 17025 (ABNT, 2005) é apresentada de forma clara e didática, visando facilitar o entendimento de sua filosofia aos membros do LFIECCE no Anexo A.

No capítulo 3 são descritos os princípios básicos que regem o funcionamento de um extensômetro e a teoria necessária para compreensão da utilização de extensômetros em ensaios que fazem uso de extensometria.

O capítulo 4 descreve os procedimentos e parâmetros abordados no Guia IEEE Std 563 de medição de auto-amortecimento de cabos condutores (Guide on Conductor Self-Damping Measurements) onde é feita uma análise atestando se a bancada de ensaios que existe atualmente no LFIECCE viabiliza a realização de ensaios de auto-amortecimento em cabos condutores de energia seguindo os parâmetros abordados no Guia IEEE Std 563.

A metodologia geral para a aplicação de um sistema de gestão em laboratórios de ensaios e calibração é abordada no capítulo 5.

O capítulo 6 sumariza os procedimentos operacionais elaborados até o momento para o LFIECCE.

O capítulo 7 apresenta as conclusões e os comentários sobre a execução do trabalho e sugestões para etapas futuras.

Os documentos da qualidade encontram-se organizados em volumes apêndices, os quais por razão de sigilo não fazem parte do corpo deste trabalho.

2. NORMA ABNT NBR ISO/IEC 17025

Neste capítulo são introduzidos os aspectos técnicos e de direção da norma que rege sobre os requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração.

2.1 HISTÓRICO

Internacionalmente, o processo de padronização das atividades dos laboratórios de ensaio e calibração teve início com a publicação do ISO/IEC Guia 25 em 1978, revisado posteriormente em 1993. Na Europa, em razão da não aceitação desta ISO, vigorava a DIN EN 45001 como norma para reconhecer a competência dos ensaios e calibrações realizadas pelos laboratórios. Em 1995 a ISO iniciou os trabalhos de revisão do ISO Guia 25, desta revisão resultou a norma ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração, oficialmente datada de 15 de dezembro de 1999 e publicada internacionalmente no início do ano 2000. No Brasil, foi publicada pela ABNT a NBR 17025 (ABNT, 2005) em janeiro de 2001. A ISO/IEC 17025 foi produzida como resultado de ampla experiência na implementação do ISO Guia 25 e da DIN EN 45001, que foram canceladas e substituídas (Santos, 2007), visando abranger todos os requisitos que os laboratórios de ensaio e calibração devem atender quando for necessário demonstrar a implementação de um sistema de gestão, competência técnica e capacidade de produzir resultados tecnicamente válidos.

A segunda edição da ABNT NBR ISO 17025 surgiu com a substituição das referências usadas para sua confecção, a ABNT NBR ISO 9001:1994 e a ABNT NBR ISO 9002:1994, que foram substituídas pela ABNT NBR ISO 9001:2000, sendo assim necessário um alinhamento da ABNT NBR ISO/IEC 17025, que teve seções alteradas ou adicionadas por conta de necessidade apresentada na ABNT NBR ISO 9001:2000.

A ABNT NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2005), bem como as normas da família ABNT NBR ISO 9000 serão tratadas neste relatório por sua forma mais simples, apenas como ISO 17025 e ISO 9000 visando facilitar a leitura do conteúdo. Caso haja necessidade de referência mais detalhada, serão explicitados todos os parâmetros referentes às normas.

A ISO 17025 (ABNT, 2005) é a norma brasileira equivalente da ISO 9000, mas é específica para laboratórios de calibração e ensaios, enquanto a ISO 9000 é para empresas em geral, a 9001 é para Sistema de Gestão da Qualidade e a 9002 é para modelo de garantia da qualidade em produção, instalação e serviços associados (Santos, 2007).

A norma ISO 17025 (ABNT, 2005) apresenta em dois capítulos distintos os requisitos gerenciais e os requisitos técnicos.

Os requisitos da direção são enumerados em: organização; sistema de gestão; controle de documentos; análise crítica de pedidos, propostas e contratos; subcontratação de ensaios e calibrações; aquisição de serviços e suprimentos; atendimento ao cliente; reclamações; controle de trabalho de ensaios ou calibração não-conforme; melhoria; ação corretiva; ação preventiva; controle de registros; auditorias internas e análise crítica pela direção.

Os requisitos técnicos estão divididos em: generalidades; pessoal; acomodações e condições ambientais; métodos de ensaio e calibração e validação de métodos; equipamentos; rastreabilidade de medição, amostragem; manuseio de itens de ensaio e calibração; garantia da qualidade de resultados de ensaios e calibração e apresentação dos resultados.

2.2 OBJETIVO DA NORMA

Um dos objetivos principais da ISO 17025 (ABNT, 2005) é o de estabelecer um padrão internacional e único para atestar a competência dos laboratórios na realização de ensaios e/ou calibrações, incluindo amostragem. Tal padrão facilita o estabelecimento de acordos de reconhecimento mútuo entre os organismos de credenciamento nacionais e internacionais (Santos, 2007).

A ISO 17025 (ABNT, 2005) visa facilitar a interpretação e a aplicação dos requisitos, evitando ao máximo que ocorram opiniões divergentes e conflitantes. Ao incluir muitas notas que apresentam esclarecimentos sobre o texto, exemplos e orientações, ela reduz a necessidade de documentos explicativos adicionais e ainda estabelece uma relação mais estreita, clara e sem ambiguidade com a ISO 9001 e a ISO 9002.

Os laboratórios que visam a acreditação junto a órgãos como o INMETRO devem estar de acordo com ela, pois esta é utilizada como base para o reconhecimento das competências de laboratórios de ensaios e calibração. Por se tratar de uma norma reconhecida internacionalmente, os laboratórios que fazem uso da ISO 17025 (ABNT, 2005) e possuem o certificado de acreditação, podem trocar informações e experiências de forma mais simples, e os resultados estão sujeito a melhores aceitações.

Na versão atual da norma é descrito que deve haver uma cooperação mais estreita com os clientes no que tange aos aspectos contratuais e no acesso do cliente às áreas do laboratório para acompanhamento dos ensaios e/ou calibrações. Embora sejam requisitos auditáveis, os laboratórios são encorajados a estabelecer canais de comunicação e obter *feedback* dos clientes (Santos, 2007). Ações preventivas devem ser tomadas pelo laboratório, através do qual deverão ser identificadas oportunidades de melhoria.

Cabe ressaltar, que esta norma não tem o propósito de ser usada como base para acreditação de laboratórios, até porque, ela não cobre os requisitos regulamentadores e de segurança sobre operações

de laboratórios, devendo os laboratórios interessados na acreditação realizarem essa complementação de acordo com normas adequadas.

2.3 ONDE SE APLICA

A ISO 17025 (ABNT, 2005) é válida para todas as organizações que realizam ensaios ou calibrações, sejam eles laboratórios de primeira, segunda e terceira partes, ou ainda laboratórios onde os ensaios ou calibrações são partes da inspeção e da certificação de produtos.

A aplicabilidade desta norma não estipula um número mínimo ou máximo de pessoas, ou faz qualquer restrição a respeito da extensão do escopo das atividades de ensaio e/ou calibração. Caso o laboratório não realize uma ou mais atividades cobertas por esta norma, os requisitos referentes a estas seções não são aplicáveis.

Essa norma deve ser utilizada no desenvolvimento do sistema de gestão da qualidade, procedimentos técnicos e administrativos. O reconhecimento da competência dos laboratórios realizado pelos clientes, autoridades regulamentadoras e organismos de acreditação também deve utilizar essa norma como referência.

2.4 SISTEMA DE GESTÃO

Antes de solicitar a acreditação, o laboratório deve certificar que seu sistema de gestão está de acordo com os requisitos da acreditação exigidos para o seu caso em particular, realizando pelo menos uma auditoria interna e uma análise crítica de seu sistema de gestão.

2.5 MANUAL DA QUALIDADE

Os laboratórios, cuja modalidade de acreditação se baseia na norma ISO 17025 (ABNT, 2005), deverão ter definido no manual da qualidade seu sistema de gestão e os requisitos que requerem políticas. Caso a organização à qual o laboratório pertença já possua um manual da qualidade deve-se verificar se os procedimentos, políticas e responsabilidades do laboratório estão bem definidos e de acordo com os requisitos da acreditação.

2.6 ITENS DA NORMA

Visando facilitar o entendimento de sua filosofia e de suas especificidades, a norma ISO 17025 (ABNT, 2005) é apresentada de forma lógica, clara e didática, com todos os pontos que se aplicam ao LFIECCE e que são de maior interesse para este projeto no Anexo A.1.

3. EXTENSOMETRIA

Este capítulo introduz a teoria necessária para compreensão da utilização de extensômetros em ensaios de extensometria, sua importância e princípios básicos de funcionamento.

3.1 PRINCIPIOS BÁSICOS

3.1.1 Tensão e Deformação

Tensão é a força que um objeto gera em seu interior como resposta à aplicação de uma força externa, P , como na Figura 1. Se sobre um objeto é aplicada uma força em seu topo, ele gera uma força internamente para que o seu formato original se mantenha.

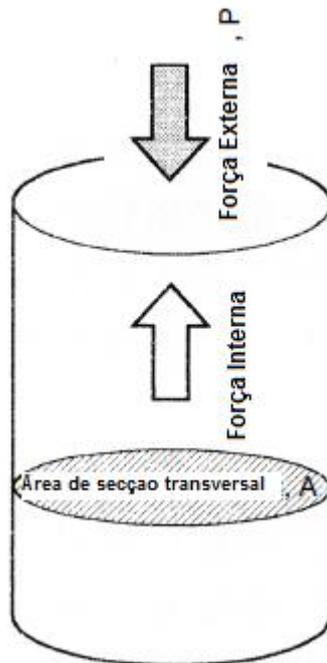


Figura 1 – Aplicação de força em um objeto (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

Esta força de repulsão é chamada de força interna e o quociente entre a força interna e a área da seção transversal do objeto é chamado de tensão, cuja unidade é Pascal, [Pa] ou [N/m²]. Supondo que a área da seção transversal da coluna é A (m²) e a força externa é P (N) e sendo a força interna igual a externa obtém-se a Equação (1) :

(1)

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (Pa or N/m}^2\text{)}$$

Sendo a direção da força externa vertical em relação à área da seção transversal, A, a tensão é chamada de tensão vertical.

Quando uma barra é tracionada (Figura 2), ela se alonga de um fator ΔL e, assim, seu comprimento resultante é L (comprimento original) + ΔL (variação do comprimento), onde d_0 corresponde ao diâmetro original da barra.

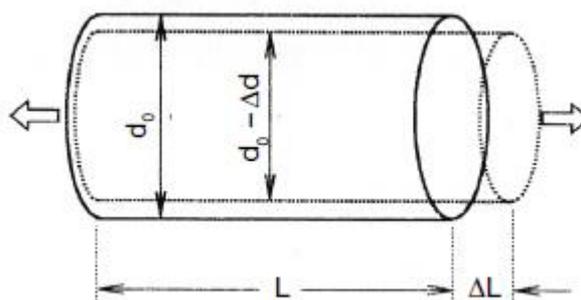


Figura 2 – Barra sob tração. (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

A razão entre esse alongamento (ou compressão), ΔL , e o comprimento original é chamada de deformação, expressa como ϵ (épsilon) na Equação (2):

(2)

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta L \text{ (change in length)}}{L \text{ (original length)}}$$

Deformação na mesma direção de tração (ou compressão) da força externa é chamada de deformação longitudinal. Sendo a deformação uma razão de alongamento (ou contração), não há unidade. Usualmente, a razão é um número extremamente pequeno, assim, os valores de deformação podem se apresentar como “ $\times 10^{-6}$ ”, ou “ $\mu\text{m/m}$ ”, ou ainda $\mu\epsilon$.

A barra se torna mais fina enquanto é alongada. Supondo que o diâmetro original, d_0 , é reduzido de Δd , então, a deformação na direção diametral é como mostra a Equação (3):

(3)

$$\varepsilon_2 = \frac{-\Delta d}{d_0}$$

Deformação na direção ortogonal em relação à força externa é chamada de deformação lateral. Cada material tem um razão entre deformação lateral e deformação longitudinal, com a maior parte dos materiais apresentando valores próximos a 0,3. Essa razão é chamada de razão de Poisson, que é expressa como ν na Equação (4):

(4)

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \right| = 0.3$$

Para vários materiais, a relação entre deformação e tensão já foi obtida experimentalmente. A Figura 3 mostra uma relação típica entre deformação e tensão em um aço comum.

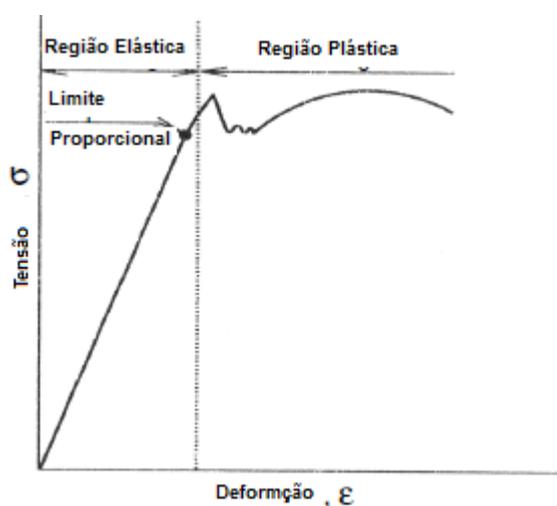


Figura 3 – Exemplo de diagrama tensão-deformação. (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

A região onde tensão e deformação apresentam uma relação linear é chamada de limite proporcional, onde a lei de Hooke é satisfeita (Equação(5)).

(5)

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

A constante de proporcionalidade, E, entre tensão e deformação é chamada de módulo de elasticidade longitudinal, ou módulo de Young, cujo valor depende do material.

Como descrito acima, tensão pode ser calculada pela medida da deformação causada por uma força externa, mesmo que não possa ser medida diretamente.

3.1.2 Magnitude da Deformação

Para se ter uma ideia da magnitude da deformação, calcula-se a deformação causada em uma barra de 1 cm² (ou 1x10⁻⁴ m²) que recebe verticalmente e para baixo uma força externa de 10kN (Figura 4).

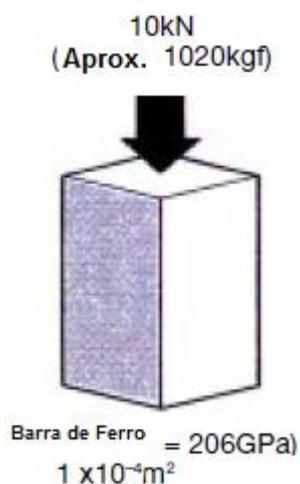


Figura 4 – Barra de Ferro recebendo força externa. (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

Primeiramente, a tensão produzida é dada pela Equação(6):

(6)

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} = \frac{10\text{kN} (1020\text{kgf})}{1 \times 10^{-4}\text{m}^2 (1\text{cm}^2)} = \frac{10 \times 10^3\text{N}}{1 \times 10^{-4}\text{m}^2} \\ &= 100\text{MPa} (10.2\text{kgf}/\text{mm}^2)\end{aligned}$$

Substituindo o valor para σ na relação tensão-deformação obtém-se a Equação (7) :

(7)

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{100\text{MPa}}{206\text{GPa}} = \frac{100 \times 10^6}{206 \times 10^9} = 4.85 \times 10^{-4}$$

Sendo a deformação expressa em partes por milhão obtém-se a Equação (8):

(8)

$$\varepsilon = \frac{485}{1000000} = 485 \times 10^{-6}$$

Assim, o valor da deformação pode ser expresso como 485 $\mu\text{m/m}$, 485 μe ou ainda 485 $\times 10^{-6}$.

3.1.3 Polaridade da Deformação

Sabe-se que existe deformação por tração (alongamento) e por compressão (contração). Para se distinguir entre os dois tipos, se define a convenção (+) para alongamento e (-) para contração.

3.2 EXTENSÔMETROS

3.2.1 Estrutura de Extensômetros

Existem diferentes tipos de extensômetros. Entre eles, um extensômetro universal possui uma estrutura tal que um elemento sensor em forma de “grade”, fabricado em uma lâmina metálica resistiva com espessura entre 3 e 6 μm , é colocado em uma base de filme plástico de 15 a 16 μm e, por fim, laminado (Figura 5).

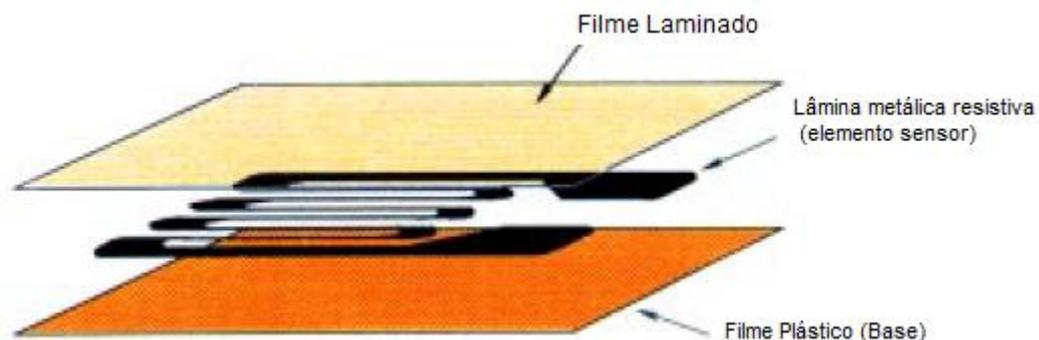


Figura 5 – Exemplo de estrutura de extensômetro. (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

3.2.2 Princípio de Funcionamento

O extensômetro é colado a um objeto o qual se deseja medir o alongamento, de forma que o elemento sensor possa se alongar ou contrair, conforme a deformação causada no objeto. Quando sujeitos a alongamento ou contração, a maior parte dos metais sofre uma mudança em sua resistência elétrica. O extensômetro aplica este princípio à medida de deformação pela mudança na resistência elétrica. Em geral, o elemento sensor do extensômetro é feito de uma liga de cobre e níquel. A liga da lâmina tem uma taxa de variação da resistência elétrica proporcional à deformação, como na Equação (9):

(9)

$$\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \varepsilon$$

Onde, R é a resistência original do extensômetro em Ω , ΔR é a variação na resistência causada pela contração ou alongamento, K é a constante de proporcionalidade e ε é a deformação.

O fator do extensômetro, K, varia dependendo do material. A liga de cobre e níquel tem um fator K de aproximadamente 2, por exemplo. Assim um extensômetro que usa esta liga para o elemento sensor possibilita a conversão de deformação mecânica para uma variação de resistência elétrica correspondente. Entretanto, sendo a deformação um fenômeno infinitesimal e invisível, a variação na resistência elétrica é também muito pequena. Como exemplo, calcula-se a variação na resistência causada por uma deformação de 1000×10^{-6} . Em geral, a resistência de um extensômetro está na faixa de 120Ω , assim, a Equação (10) mostra a variação da resistência:

(10)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta R}{120 (\Omega)} &= 2 \times 1000 \times 10^{-6} \\ \Delta R &= 120 \times 2 \times 1000 \times 10^{-6} = 0.24 \Omega \end{aligned}$$

Portanto, a taxa de variação da resistência é (Equação (11)) :

(11)

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{0.24}{120} = 0.002 = 0.2\%$$

Nota-se, portanto, que a variação é, de fato, muito pequena, não sendo mensurável com um ohmímetro convencional. Assim, as variações desta ordem são amplificadas usando uma ponte de Wheatstone.

3.3 PONTE DE WHEATSTONE

A ponte de Wheatstone é um circuito elétrico adequado à medida de pequenas variações de resistência. Portanto, é usado para se medir variações em um extensômetro. A ponte é configurada com a combinação de 4 resistores como mostrado na Figura 6.

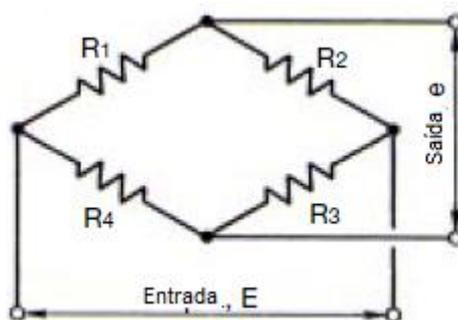


Figura 6 – Configuração de uma ponte de Wheatstone. (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

Supondo-se que (Equação (12)) :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

(12)

Ou ainda (Equação (13)) :

$$R_1 \times R_3 = R_2 \times R_4$$

(13)

Assim, não importa a voltagem aplicada na entrada ponte, a saída será sempre zero. Este estado da ponte é chamado de balanceado e quando a ponte não está mais balanceada, a voltagem na saída é correspondente à variação da resistência.

Como mostrado na Figura 7, um extensômetro é conectado no lugar do resistor R1 no circuito.

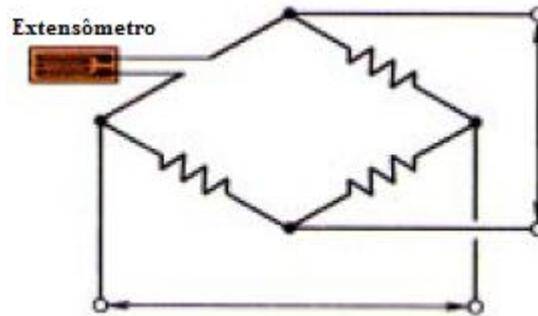


Figura 7 – Extensômetro conectado ao circuito. (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

Quando o extensômetro é submetido à deformação e a variação na resistência é iniciada, a ponte gera uma voltagem e (Equação(14) :

(14)

$$e = \frac{1}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} \cdot E$$

Ou ainda (Equação (15):

(15)

$$e = \frac{1}{4} \cdot K \cdot \varepsilon \cdot E$$

Sendo todos os outros valores além de ε conhecidos, pode se determinar ε ao se medir a voltagem de saída da ponte.

3.3.1 Estruturas da Ponte de Wheatstone

A estrutura ilustrada anteriormente na Figura 7 é chamada de 1-gage, já que apenas um extensômetro está conectado à ponte. Além do sistema 1-gage, existem ainda os sistemas 2-gage e 4-gage.

No sistema 2-gage, extensômetros são conectados à ponte em uma dentre 2 maneiras, como mostrado na Figura 8.

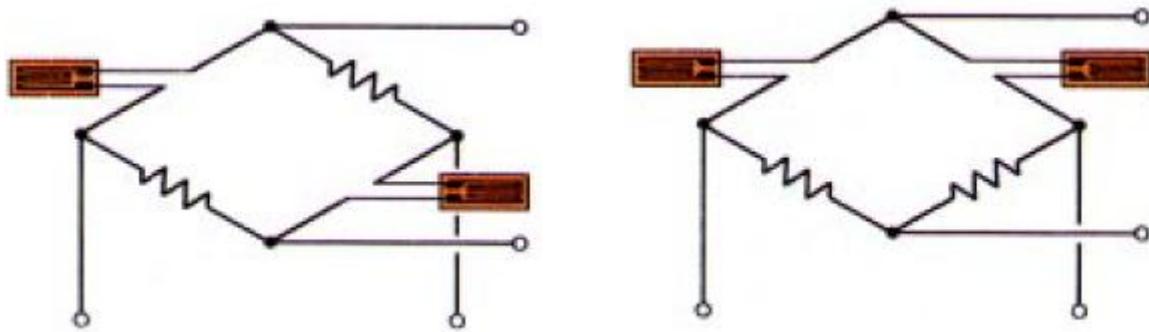


Figura 8 – Diferentes maneiras de conectar dois extensômetros à Ponte de Wheatstone. (Kyowa Eletronic Instruments CO., LTD., 2005)

No sistema 4-gage, quatro extensômetros são conectados, um em cada lado da ponte (Figura 9). Este sistema é raramente usado para medição de deformação, mas é frequentemente aplicado a extensômetros transdutores.

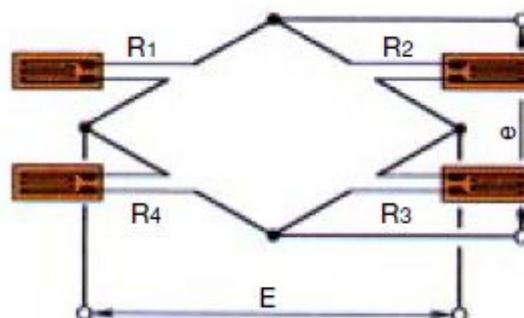


Figura 9 – Quatro extensômetros conectados à Ponte de Wheatstone. (Kyowa Eletronic Instruments CO., LTD., 2005)

Quando os extensômetros nos quatro lados da ponte tem suas resistências alteradas para $R1+\Delta R1$, $R2+\Delta R2$, $R3+\Delta R3$ e $R4+\Delta R4$, a voltagem de saída da ponte é (Equação (16):

(16)

$$e = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) E$$

Se os extensômetros nos quatro lados da ponte possuem especificações iguais, inclusive o fator K e receberem deformações ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 e ϵ_4 , a Equação (16) torna-se (Equação (17):

(17)

$$e = \frac{1}{4} \cdot K (\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_4) E$$

Na equação apresentada para o sistema 4-gage, o sistema 1-gage sofre variação na resistência em apenas um dos lados, assim, a voltagem de saída é dada pela Equação (18):

(18)

$$e = \frac{1}{4} \cdot \frac{\Delta R_1}{R_1} \cdot E$$

Ou pela Equação (19):

(19)

$$e = \frac{1}{4} \cdot K \cdot \epsilon_1 \cdot E$$

Na maior parte dos casos de medições de deformação, o sistema 1-gage (Figura 10) é utilizado.

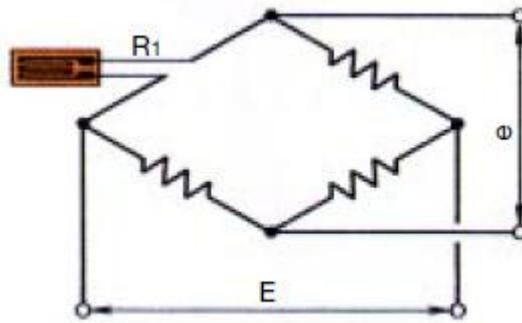


Figura 10 – Sistema com um extensômetro conectado à Ponte de Wheatstone. (Kyowa Eletronic Instruments CO., LTD., 2005)

Para o sistema 2-gage, mostrado na Figura 11, dois dos quatro lados da ponte sofrem variação na resistência.

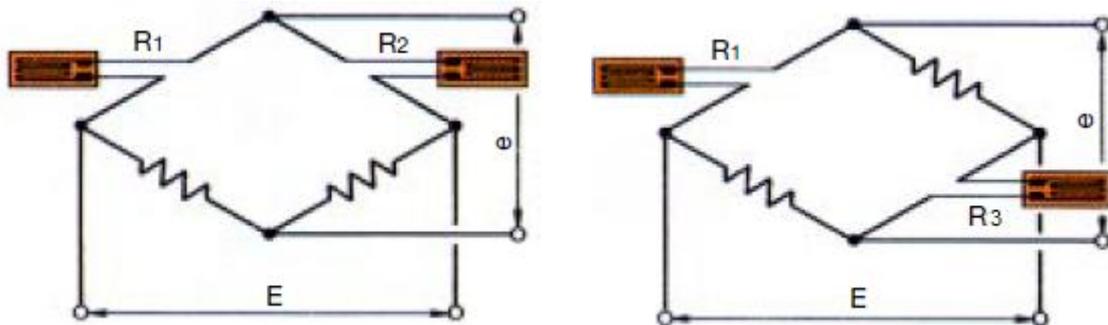


Figura 11 – (a) Sistema com 2 extensômetros conectados à Ponte de Wheatstone em R1 e R2. (Kyowa Eletronic Instruments CO., LTD., 2005) (b) Sistema com 2 extensômetros conectados à Ponte de Wheatstone em R1 e R3. (Kyowa Eletronic Instruments CO., LTD., 2005)

Assim, o sistema 2-gage no caso da Figura 11 (a), apresenta a voltagem de saída como mostrada nas Equações (20) e (21):

$$e = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} \right) E \tag{20}$$

(20)

(21)

$$e = \frac{1}{4} K (\epsilon_1 - \epsilon_2) E$$

Para o caso da Figura 11(b) tem-se as Equações (22) e (23):

$$e = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_3}{R_3} \right) E \quad (22)$$

$$e = \frac{1}{4} K (\epsilon_1 + \epsilon_3) E \quad (23)$$

Assim, a deformação sofrida pelo segundo extensômetro é subtraída, ou adicionada à deformação sofrida pelo primeiro extensômetro, dependendo da forma na qual os dois extensômetros estão inseridos, adjacentes ou opostos.

Os sistemas 2-gage são mais comumente utilizados para casos onde se deseja saber separadamente a deformação devido à flexão ou a devido à tração geradas por uma força externa aplicada a uma viga. Um extensômetro é colado na mesma posição tanto no topo quanto em baixo da viga, como mostra a Figura 12.

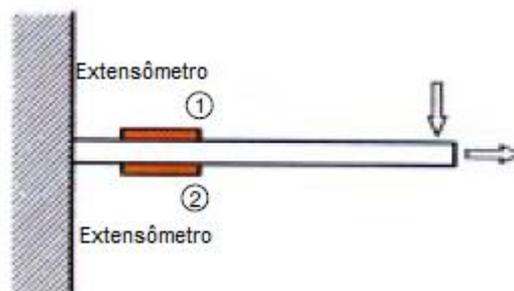


Figura 12 – Dois extensômetros colados na mesma posição na viga, um no topo e outro em baixo.

(Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

Os dois extensômetros são conectados adjacentes ou opostos na ponte de Wheatstone e a deformação devido à tração ou à flexão pode ser medida separadamente. Assim, o extensômetro 1 detecta a deformação gerada pela tração (positiva) e o extensômetro 2 detecta a deformação associada à compressão (negativa). O valor da deformação absoluta é o mesmo independente das polaridades, uma vez que os dois extensômetros estão à mesma distância do fim da viga.

Para se medir a tensão de flexão apenas contrabalanceando a deformação de tração, o extensômetro 2 é conectado no lado adjacente da ponte. Então, a saída e , da ponte é (Equação(24):

(24)

$$e = \frac{1}{4} K (\epsilon_1 - \epsilon_2) E$$

Sendo as tensões de deformação nos extensômetros 1 e 2 positivas e iguais em magnitude, $(\epsilon_1 - \epsilon_2)$ na Equação (24) é 0 (zero), o que leva à uma saída, e , igual a zero. Por outro lado, a deformação de flexão no extensômetro 1 é positiva e no extensômetro 2 é negativa. Assim, ϵ_2 é somado a ϵ_1 , o que dobra a saída. Desta forma, a configuração da ponte ilustrada na Figura 13 possibilita a medição somente da deformação de flexão.

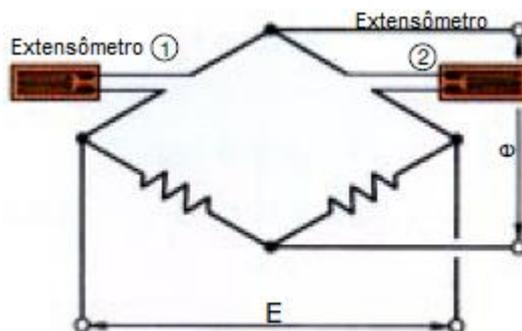


Figura 13 – Extensômetros conectados em lados adjacentes da Ponte de Wheatstone. (Kyowa Eletronic Instruments CO., LTD., 2005)

Se o extensômetro 2 estiver conectado em lados opostos, a saída da ponte, e , é (Equação (25):

(25)

$$e = \frac{1}{4} K (\epsilon_1 + \epsilon_2) E$$

Então, diferente do caso ilustrado anteriormente na Figura 13, a tensão de saída é zero para a deformação de flexão e o dobro para a deformação de tração. A configuração da ponte de Wheatstone na Figura 14 cancela a deformação de flexão e possibilita realizar apenas a medição da deformação de tração.

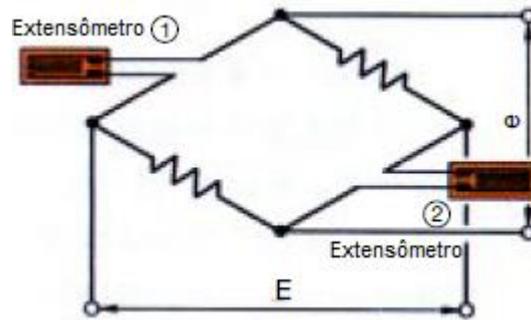


Figura 14 – Extensômetro conectado em lados opostos da Ponte de Wheatstone. (Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., 2005)

4. MÉTODO DE AUTO-AMORTECIMENTO GUIA IEEE STD 563-1978

Neste capítulo há a descrição do Guia IEEE Std 563 sobre medição de auto-amortecimento de cabos condutores (Guide on Conductor Self-Damping Measurements) que trata de procedimentos e parâmetros para desenvolver métodos visando o controle a vibração eólica

4.1 ESTUDO DO MÉTODO

O LFIECCE tem um histórico com trabalhos de graduação e pós graduação onde são realizados ensaios para estudar o comportamento do auto-amortecimento em cabos condutores de energia. Para que este tipo de ensaio seja inserido no programa de Gestão da Qualidade torna-se necessário o estudo do Guia IEEE Std 563 que estabelece procedimentos para desenvolver métodos visando controlar a vibração em cabos condutores de energia causada pelo vento. Assim, o Guia IEEE Std 563 é descrito e estudado visando nortear uma avaliação para saber se a bancada existente atualmente no LFIECCE está apta para realizar com propriedade os ensaios desta modalidade.

4.2 DESCRIÇÃO DO GUIA

O Guia IEE Std 563 foi publicado no ano de 1978, preparado pela força tarefa da área de vibração em condutores da IEEE e o comitê de estudos da CIGRE da área de linhas suspensas e oscilações mecânicas. O guia é o primeiro de uma série de guias cujo plano é a padronização das medições da dissipação de energia que ocorre nas linhas de cabos condutores suspensos. O objetivo principal do guia é estabelecer os parâmetros e procedimentos que já são aceitos mundialmente para desenvolver métodos para controlar a vibração induzida pelo vento (IEEE, 1978).

Com o aumento do interesse em estudar a vibração de condutores suspensos, há grande preocupação em melhorar os métodos existentes e desenvolver novas técnicas para controlar o problema fazendo crescer a exigência por informações que sejam confiáveis sobre as características de auto-amortecimento dos condutores. O guia foi preparado com o propósito de encorajar pesquisadores a fazer medições das características de amortecimento inerente de condutores adotando os métodos descritos nele.

Existem diversos métodos disponíveis para tornar possível a obtenção do quanto de energia é dissipada pelo cabo vibrando em um dos seus modos harmônicos ou frequências naturais, esses métodos podem ser divididos em dois grupos principais chamados de métodos de “vibração livre” e “vibração forçada” (IEEE, 1978).

A “vibração livre” é obtida quando há a introdução de uma perturbação inicial no cabo deixando-o vibrar livremente após a força de excitação ter sido desconectada. A energia dissipada pode ser derivada da taxa de decaimento da vibração. Esse método pode ser muito afetado pelo processo usado para desconectar o cabo do dispositivo que aplica a força de excitação já que a menor perturbação adicional no condutor introduzirá outros modos de vibração, devendo isto ser evitado (IEEE, 1978).

A “vibração forçada” acontece quando há uma força externa que excita o sistema em uma frequência próxima à frequência de ressonância de um de seus modos de vibração, sendo necessário garantir que essa força seja de baixa magnitude para evitar que haja qualquer dano ao sistema. Com o método da “vibração forçada” o pesquisador consegue investigar, em particular, os modos de vibração desejados (IEEE, 1978).

O guia 563 sugere dois métodos de vibração forçada, o “método da potência” e o “método da onda estacionária” e fornece informação sobre os requerimentos para o vão de testes e para as condições de realização destes testes, além de sugerir a forma como os resultados devem ser apresentados.

4.2.1 Método da Potência

O método da potência consiste em utilizar um *shaker* eletrodinâmico, que se trata de um dispositivo eletrodinâmico de vibração, acoplado ao condutor para fazê-lo a vibrar em uma de suas frequências de ressonância. A potência de entrada no sistema é determinada diretamente pelo produto feito entre a força aplicada para excitação do cabo e a velocidade resultante no ponto de aplicação da força. Quando a frequência de excitação é próxima da frequência de ressonância os sinais coletados da força e da aceleração no ponto de aplicação são perfeitamente senoidais. A condição ideal de ressonância é atingida quando a diferença de fase entre a força fornecida e a aceleração do cabo no ponto de excitação é de 90° .

A potência fornecida pode ser diretamente calculada a partir do produto da força de excitação pela velocidade resultante no ponto de aplicação do carregamento. Por um balanço de energia, pode-se afirmar que a potência fornecida pelo *shaker* é igual à potência dissipada no cabo. Além disso, a razão entre a força e a velocidade nos permite determinar diretamente a resistência mecânica do cabo por unidade de comprimento.

Esse método assume que a perda de energia nos terminais de fixação tem uma ordem de grandeza muito inferior à da energia dissipada no cabo condutor.

4.2.2 Método da Onda Estacionária

O método da onda estacionária consiste em medir ao longo do cabo qual é a dissipação da energia fornecida. A potência dissipada entre dois nós quaisquer consecutivos seria dada de maneira simples pela diferença $P_n - P_{n+1}$. Onde o cálculo da potência é feito em função da razão das amplitudes nodal e antinodal como dado na Equação (26).

$$P_1 = \sqrt{Tm} \frac{V^2}{2} \left(\frac{a_1}{Y} \right)$$

Onde V é a velocidade de amplitude simples no antinó, T é a tensão de tração no condutor, m é a massa do condutor por unidade de comprimento, Y é a amplitude dupla no antinó (pico a pico), a_n é amplitude dupla no n ésimo nó, o termo \sqrt{Tm} caracteriza a impedância característica e a razão $\frac{a_1}{Y}$ é o inverso da razão da onda estacionária.

A Figura 15 ilustra uma representação esquemática de um condutor vibrando no vão com os parâmetros indicados, onde y é a amplitude simples do antinó.

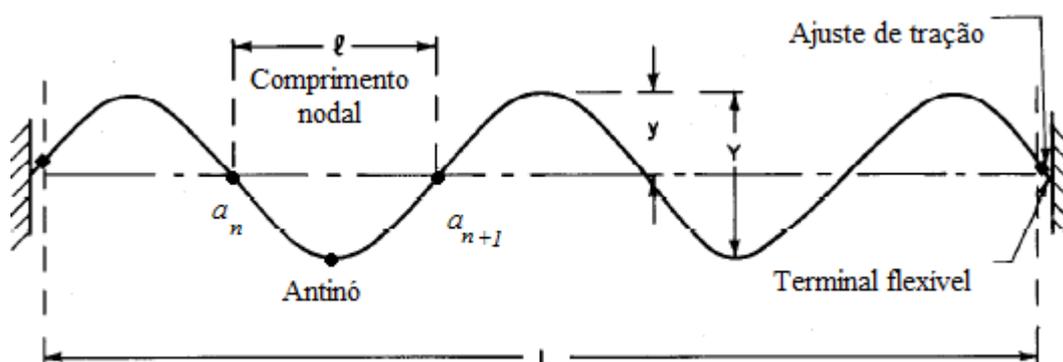


Figura 15 - Representação Esquemática do Vão com Condutor Vibrando (IEEE, 1978)

O guia IEEE 563 afirma que quando as perdas nas terminações puderem ser consideradas pequenas, o método da potência seria mais simples, rápido e demandaria instrumentação menos sofisticada, além de ser eficiente para a maioria das medições. Porém, onde não é conveniente mudar o comprimento do vão é necessário que o método da onda estacionária seja empregado, assim, as perdas devido o terminal do condutor poderão ser determinadas. Muitos pesquisadores preferem este método, mesmo sendo necessário mais tempo para sua realização. O método da onda estacionária requer cuidado especial quanto à medição das amplitudes, principalmente em nós onde essas amplitudes são muito pequenas, e quanto a garantir que somente a componente na frequência de excitação seja medida.

4.3 AUTO-AMORTECIMENTO

O auto-amortecimento de um cabo condutor que está sujeito a um carregamento T é definido pelo potência dissipada por unidade de comprimento de um condutor vibrando em um de seus modos naturais, com comprimento nodal l , amplitude simples no antinó y , e frequência f . A potência por unidade de comprimento P no n ésimo modo de vibração é expressa como função na Equação (27).

(27)

$$P = f_n(T, l, f, y)$$

4.4 CONDUTOR

O condutor utilizado para realização dos ensaios de auto-amortecimento deve ser descrito com clareza, sendo listada a forma de encordoamento, o peso por unidade de comprimento, a carga de ruptura, o tipo de lubrificação aplicado, a não utilização de lubrificante e a origem da amostra utilizada nos ensaios.

4.5 REQUISITOS MÍNIMOS PARA O VÃO DE TESTES

O vão onde serão realizados os ensaios deve ser brevemente descrito e ilustrado esquematicamente de forma similar à ilustrada na Figura 16.

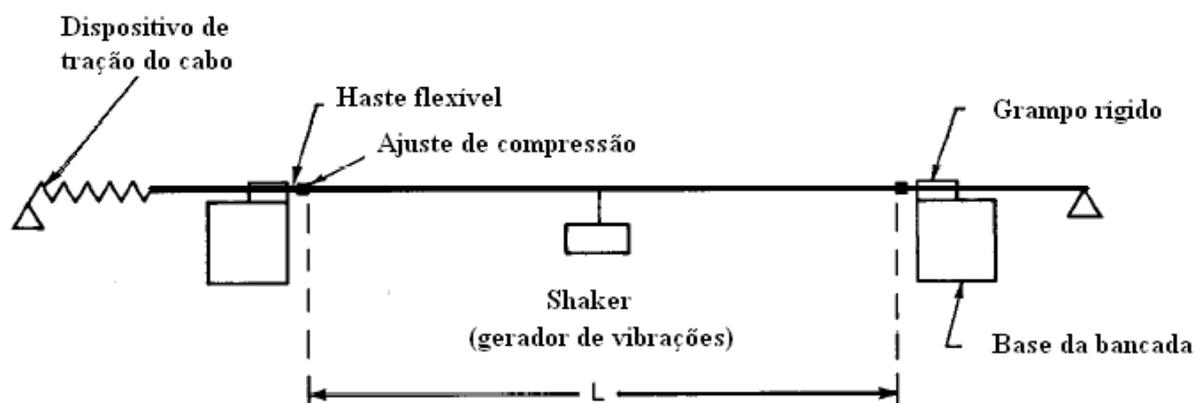


Figura 16 – Configuração do vão de testes (IEEE, 1978)

Segundo o guia IEEE 563 (IEEE, 1978) o comprimento do vão livre L deve ser especificado e no caso de serem tomadas medições de amortecimento para testes sobre problemas relacionados à

vibração eólica, este comprimento deve ser preferencialmente dez vezes maior que o mais longo comprimento nodal, assim, no mínimo cinco vezes o comprimento de onda. Visando-se obter resultados mais consistentes é recomendado que L seja maior que 50m, porém, bons resultados podem ser obtidos com vãos que possuem comprimento na faixa dos 30m. Essa demanda é justificada quando há a preocupação de minimizar as perdas nas terminações, que podem ser críticas no caso de vãos de comprimentos menores. Em casos em que não se pode evitar o tamanho reduzido do vão livre recomenda-se o uso do Método da Onda Estacionária

4.5.1 Terminais de Fixação

Visando minimizar a dissipação de energia nos terminais de fixação do cabo condutor à bancada, o guia IEEE 563 faz sugestão de que as terminações fixas sejam engastadas em um bloco maciço de concreto, com peso total da ordem de 10% da força que ocasiona a tensão de ruptura no condutor a ser testado que possuir a maior resistência. O bloco deve ser formado por uma única peça sólida e de preferência fazer parte da fundação, caso contrário, deve estar firmemente unido a ela buscando minimizar o movimento relativo entre os vários componentes do sistema.

As perdas nos terminais podem ser minimizadas com a instalação de terminais flexíveis no fim do condutor, como o ilustrado na Figura 17, para evitar curvar o cabo condutor onde este normalmente entraria no grampo de fixação.

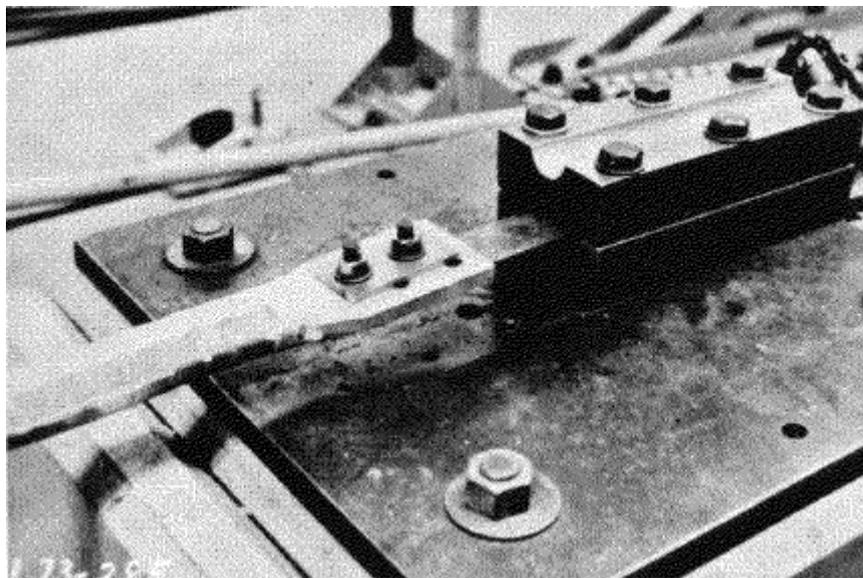


Figura 17 – Terminal flexível adicionado ao final do cabo condutor (IEEE, 1978)

Um terminal convencional para esse tipo de ensaio deve garantir que o cabo condutor esteja preso firmemente ao grampo. O guia IEEE 563 afirma que bons resultados foram obtidos quando os grampos utilizados possuíam comprimento igual ou maior que seis vezes o valor do diâmetro do cabo

condutor e diâmetro do entalhe não ultrapassando 0.25mm a mais que o diâmetro do condutor. As partes do grampo devem ser fixadas por um mínimo de seis parafusos. A Figura 18 ilustra um grampo utilizado em um terminal convencional com as dimensões recomendadas além da utilização do número mínimo de parafusos para fixação entre as partes do grampo.

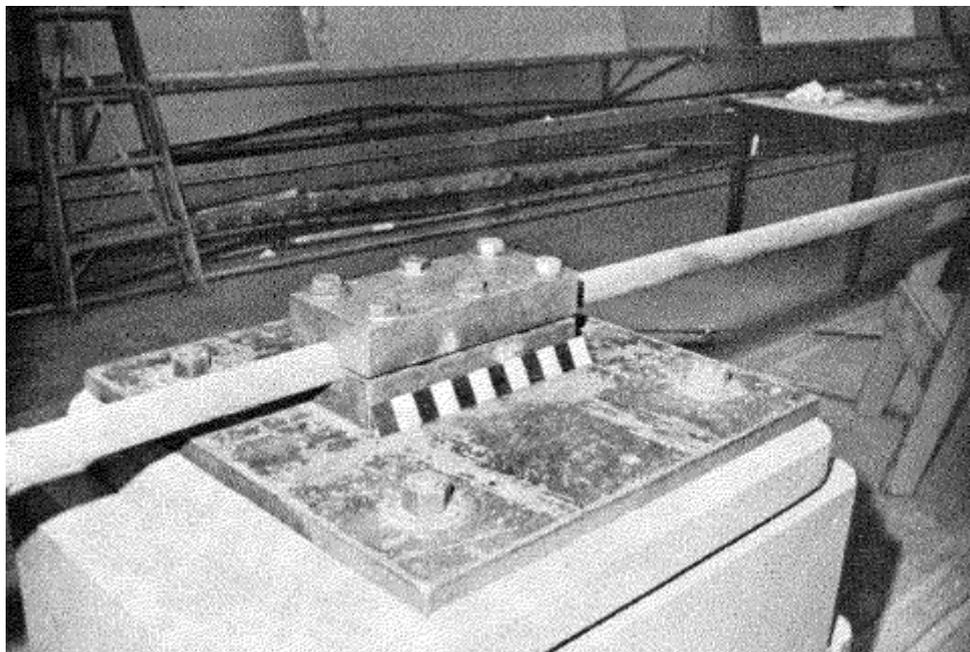


Figura 18 – Terminal de fixação convencional (IEEE, 1978)

4.5.2 Cabo Condutor

Segundo recomendação do guia IEEE 563 o cabo condutor deve ser esticado de modo que seja aplicada a maior tensão na qual os testes serão realizados, por um período de duas horas preferencialmente à noite.

Deve ser descrito claramente o método que foi utilizado para garantir que as perdas de energia do cabo para os terminais de fixação, e as folgas no cabo sejam mínimas. Assim como os métodos utilizados para medir as perdas, a acurácia dos métodos de medição da tensão de carregamento do cabo, tendo o cuidado em garantir que a variação do carregamento não deve exceder $\pm 2\%$ de T .

O ensaio deve ser realizado em um ambiente fechado, sem a ocorrência de ventos.

A temperatura ambiente durante o posicionamento do cabo no vão de testes e durante o ensaio deve ser registrada. A recomendação é de que a temperatura seja constante ao longo do vão e durante todo o ensaio, caso haja variações estas devem ser mínimas e propriamente registradas.

4.5.3 Dispositivo Gerador das Vibrações

A união do gerador de vibrações como cabo condutor deve ser localizada diretamente ou próximo ao ponto do antinó (Figura 19). Por questão de praticidade, frequentemente prefere-se um ponto próximo ao centro do vão de testes, mas se isso não for possível, a velocidade medida do condutor deve ser corrigida para que esta seja equivalente à velocidade no antinó.

Um gerador de vibrações que possua uma massa muito grande pode influenciar diretamente no comprimento de onda do condutor e esta influi diretamente nas medidas dos valores de amortecimento. Esse efeito ocasionado pela massa do *shaker* deve ser tal que não provoque uma distorção maior que 10% no comprimento de onda. Para isso recomenda-se o uso de um equipamento cuja massa não exceda 10% da massa do condutor por unidade de comprimento (IEEE, 1978).

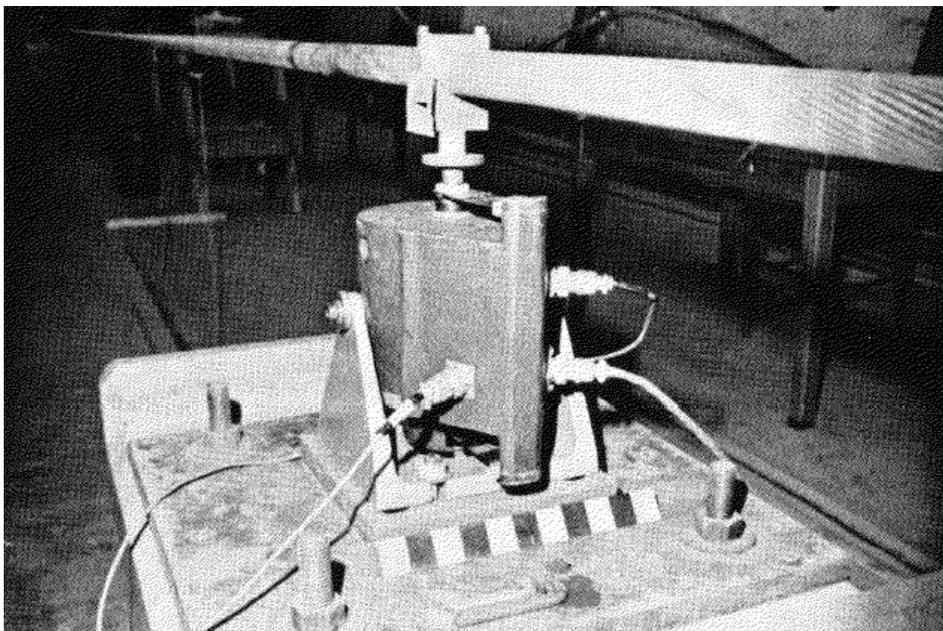


Figura 19 – Gerador de vibrações (IEEE, 1978)

4.6 METODOLOGIA PARA OS ENSAIOS

O método adotado para conduzir o cabo condutor a vibrar em ressonância em um de seus modos principais deve ser brevemente descrito. Deve ser fornecido o detalhamento do tipo de equipamento utilizado e quais tipos de conexões foram feitas entre ele e o cabo condutor.

O método utilizado para atingir as condições de ressonância e a acuracidade da frequência, força, amplitude ou medições de velocidade, etc., deve ser apresentado.

O movimento do condutor deve ser harmônico. Distorções no sinal podem ser determinadas diretamente a partir do sinal equivalente ao deslocamento ou à velocidade. Alternativamente, é

aceitável uma distorção se a diferença entre as amplitudes máximas e mínimas no antinó forem iguais ou menores que 5% quando comparadas com uma média de medidas tomadas ao longo no vão.

Testes devem ser desenvolvidos para constatar que o arranjo feito para os ensaios são estáveis e que os resultados podem ser reproduzidos em um novo teste. Pode-se garantir essa condição quando após sucessivas leituras (quatro ou cinco) da energia dissipada por ciclo, estas não apresentam significativas mudanças – 10% no máximo (IEEE, 1978).

4.7 MEDINDO A POTÊNCIA

Os parâmetros que forem medidos no ensaio visando-se obter a potência dissipada devem ser claramente apresentados.

Deve ser dada preferência para os métodos mais simples e diretos, como medições de velocidade e amplitude através de dinamômetros e transdutores de deslocamento ligados diretamente ao cabo condutor.

Se os parâmetros de medida forem força e velocidade, então a potência medida pode ser obtida através de equipamentos como wattímetro ou instrumentação similar (IEEE, 1978).

4.8 VALORES RECOMENDADOS DE T, l, f e Y

O valor para a carga T aplicada no cabo durante o teste é expresso em termos da porcentagem da tensão de ruptura do cabo RTS (*Rated Tensile Strength*). Os valores recomendados são: 15 (17.5), 20 (22.5), 25 (7.5), 30 (35), 40 (50), sendo os valores em parênteses opcionais.

Um mínimo de três valores de carga aplicada T devem ser usados, o valor médio deve corresponder ao carregamento mais comum encontrado nas linhas de cabos condutores suspensas.

O guia IEEE 563 (IEEE, 1978) recomenda que sejam testadas no mínimo cinco valores diferentes de comprimentos nodais l . Os valores máximo e mínimo do comprimento nodal devem corresponder à mínima e à máxima frequência geradas na variação do vento de 3 a 30 km por hora para o diâmetro do cabo condutor de interesse. A relação entre frequência, velocidade do vento e diâmetro do condutor é dada na Equação (28), (IEEE, 1978).

(28)

$$f(\text{Hz}) = \frac{50 \times \text{velocidade do vento}(\text{km/h})}{\text{diâmetro do condutor}(\text{mm})}$$

Um mínimo de três diferentes valores de amplitude dupla no antinó (Y) para cada valor de comprimento nodal (l) deve ser testado e seus valores devem estar entre $25/f$ e $150/f$.

O guia IEEE 563 (IEEE, 1978) recomenda que os resultados dos testes para cada tensão sejam tabelados no modelo apresentado na Tabela 1e ilustrados como na Figura 20, onde a potência dissipada por unidade de comprimento (P) é indicada em função da razão entre a amplitude no antinó e o diâmetro do condutor (y/D), é importante notar a presença de um quadro contendo alguns dados do cabo condutor ensaiado e a legenda explicativa dos dados que foram utilizados para obtenção de cada curva. No mesmo diagrama podem ser dispostas curvas distintas referentes a múltiplos comprimentos nodais e suas frequências correspondentes, deve-se no entanto utilizar símbolos diferentes para sinalizar cada curva. É recomendado apresentar diferentes diagramas para cada tensão aplicada, ao menos que haja necessidade de comparação entre as curvas.

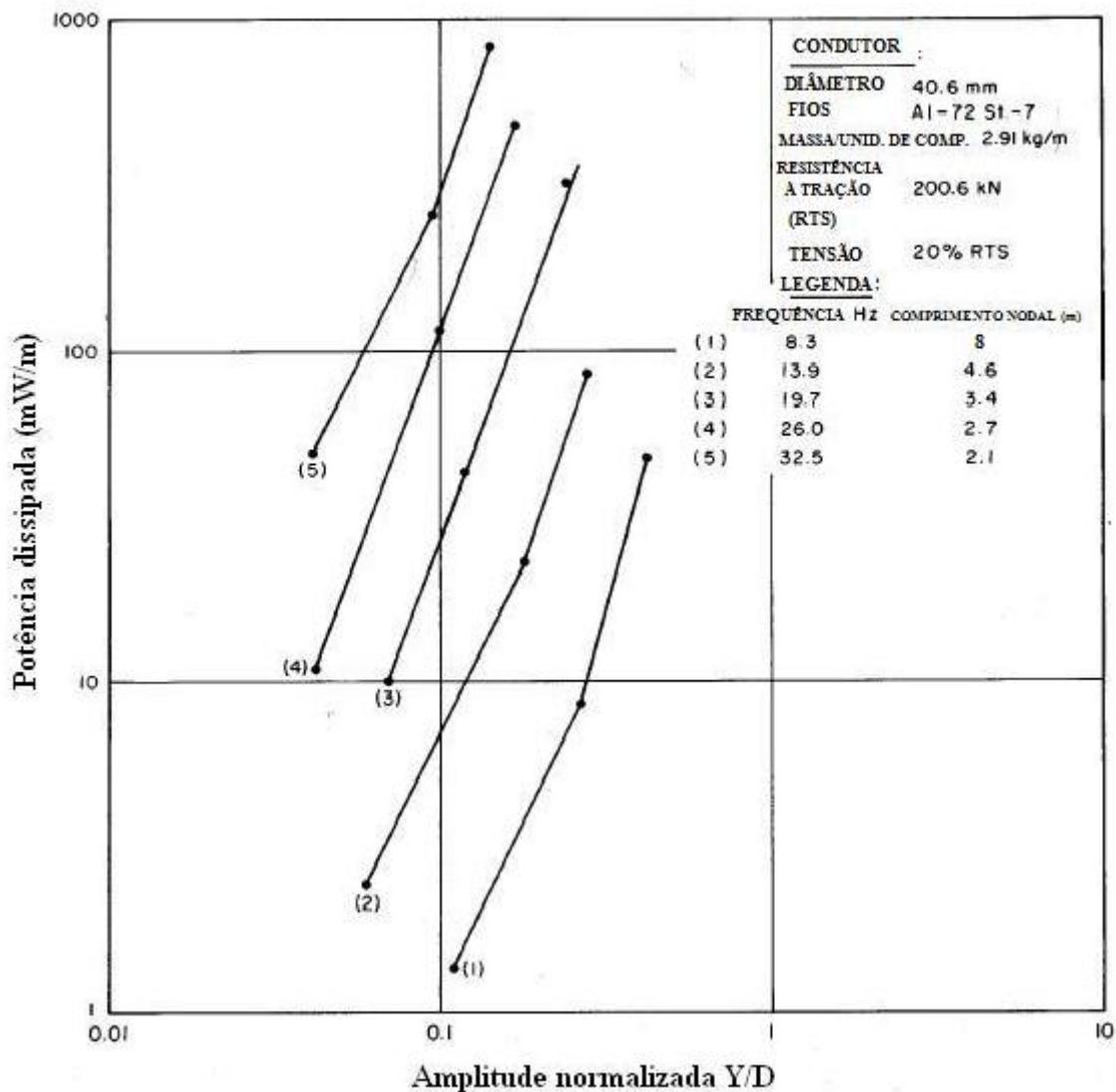


Figura 20 - Modelo de como ilustrar as características da dissipação de potência no condutor (IEEE, 1978)

Tabela 1- Modelo para tabelar resultados para dissipação de potência em condutores (IEEE, 1978)

Frequência	l	Y	V		F		P	Y/D
(Hz)	Comprimento (m)	(mm)	(m/s)	(ft/s)	(N)	(lb)	mW/m	(adimensional)

Os diagramas devem ser exibidos de forma clara, para cada valor de T , l , f , Y , todos os valores efetivamente medidos de P . As unidades devem ser indicadas em uma lista de símbolos como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Lista de símbolos (IEEE, 1978)

Símbolo	Unidade (S.I.)	
P	Potência dissipada por unidade de comprimento	mW/m
T	Tensão de tração	N
l	Comprimento nodal	m
y	Amplitude simples do anti-nó	mm
Y	Amplitude dupla do anti-nó (pico-a-pico)	mm
V	Velocidade transversal do anti-nó (amplitude simples)	m/s
a_n	Amplitude dupla no n-ésimo modo de vibração	mm
f	Frequência	Hz
m	Massa por unidade de comprimento	kg/m
D	Diâmetro do condutor	mm
F	Força de excitação - amplitude simples	N
RTS	Valor de resistência à tração do cabo	N
L	Comprimento de vão livre	m

4.9 AUTO AMORTECIMENTO NO LFIECCE

Uma conclusão que foi alcançada no trabalho de Murça, et al., (2009) foi a de que a pesquisa de auto-amortecimento em cabos condutores de energia demanda tempo e experiência adquirida do pesquisador e que a tomada de dados pode ser extremamente demorada.

Em Murça, et al., (2009) é afirmado que o Método da Potência não deixou claro o que acontece em termos do amortecimento do cabo propriamente dito, e os resultados apresentados pelo Método da Onda Estacionária apresentaram uma incerteza alta devido aos erros associados. Foi constatado ainda que há uma diferença de energia entre os dois métodos, e que esta estaria diretamente associada à energia consumida nas terminações do cabo.

Algumas divergências na configuração da bancada de ensaio no trabalho de Murça, et al., (2009) em relação à bancada recomendada pelo GUIA IEE 563 podem ter afetado os resultados, uma vez que as fixações das duas bancadas eram diferentes.

Assim, os procedimentos de ensaio de auto-amortecimento foram esboçados, mas não foi possível elaborá-los por completo. Como principal motivo tem-se a falta de validação de resultados no tema pelos membros do laboratório, e a inadequação da bancada para a realização dos ensaios.

As Figura 21 e **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustram as terminações que foram utilizadas no trabalho de Murça, et al., (2009), e que permanecem as mesmas na atualidade.

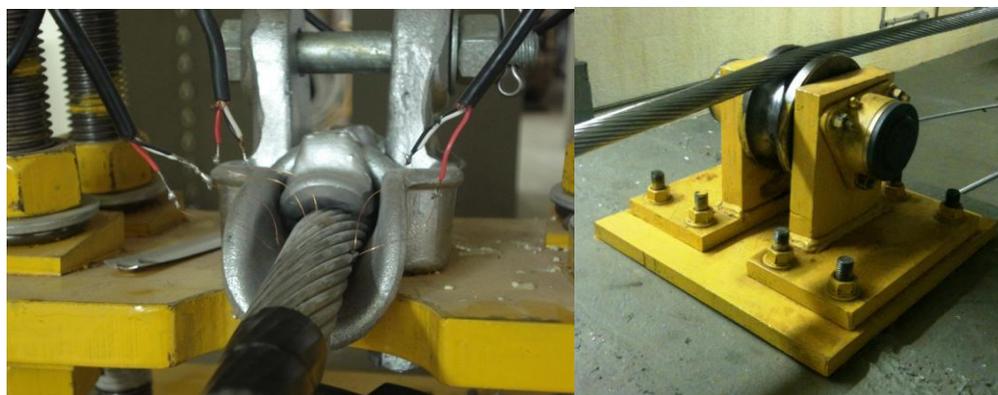


Figura 21 – a)Terminação utilizada pelo LFIECCE. (Murça, et al., 2009) b) Terminação utilizada no LFIECCE.

5. METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

Este capítulo trata da metodologia que será utilizada para a elaboração dos documentos da qualidade pertinentes aos procedimentos de extensometria e auto-amortecimento.

5.1 ASPECTOS GERAIS

É sugerido em Muller (2007), que os procedimentos sejam descritos em documentos separados do Manual da Qualidade (MQ), o trabalho sugere também que a organização e elaboração da documentação do laboratório comece pelo MQ, pois no decorrer de sua elaboração é possível perceber quais são os procedimentos e demais documentos exigidos pela norma ISO 17025 (ABNT, 2005).

A elaboração do Manual da Qualidade do LFIECCE foi iniciada pelo trabalho de Rosa (2011), nele foi encontrada a necessidade de serem elaborados os procedimentos para os ensaios de extensometria parcial, de extensometria plena, de auto-amortecimento pelo método da onda estacionária, de auto-amortecimento pelo método do decaimento e de auto-amortecimento pelo método da potência que são realizados com frequência pelo laboratório.

Assim buscou-se a definição de procedimento, e Rangel (1997) afirma que pode-se definir um procedimento como sendo uma seqüência finita de instruções, e definir instrução como uma operação claramente descrita, que pode ser executada mecanicamente, em tempo finito. Entende-se que mecanicamente sugere que não há dúvidas sobre o que deve ser feito, e que “em tempo finito” remete ao fato de que não há dúvidas de que a tarefa correspondente à instrução pode, em qualquer caso, ser levada até sua conclusão. O trabalho cita também que para descrever um procedimento pode-se usar uma linguagem natural, sendo importante zelar pela simplicidade da linguagem.

A estrutura do Manual da Qualidade para o LFIECCE, bem como os Documentos da Qualidade, desenvolvidos no trabalho de Rosa (2011) apresentam-se sumarizados no Apêndice I

5.2 ORGANIZAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO

Rosa (2011), mostra que a organização para o Sistema de Qualidade adotado para o LFIECCE está estruturada em três níveis (Figura 22):

No primeiro nível tem-se o Manual da Qualidade – estabelece as políticas gerais do laboratório e referencia os procedimentos e outros documentos que compõem o Sistema de Gestão.

No segundo nível de documentação constam os Procedimentos Operacionais e Métodos – provêm instruções e designam a responsabilidade personalizada pelas atividades compreendidas.

No terceiro nível de documentação encontram-se os Documentos da Qualidade – englobam os planos, sistemas, instruções, cronogramas e programas, entre outros.

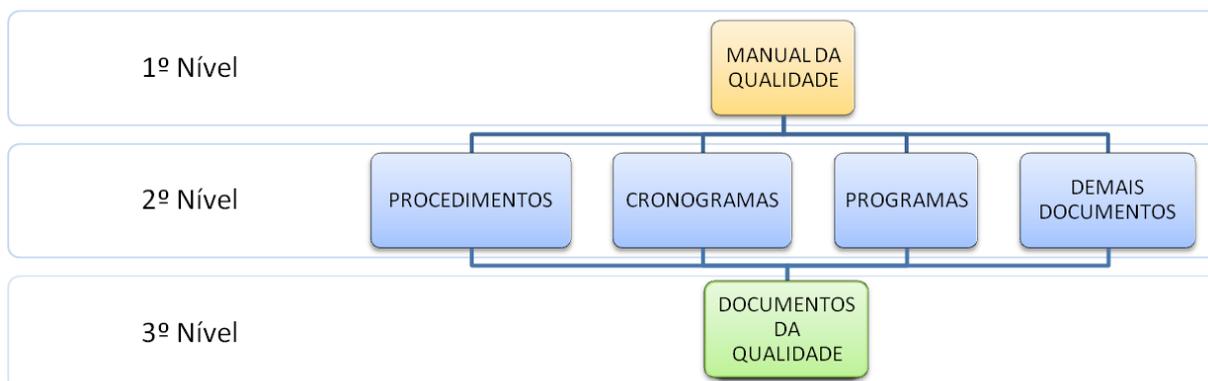


Figura 22 – Hierarquia da documentação

Dessa forma, os procedimentos elaborados neste trabalho devem ser integrados ao sistema de qualidade do LFIECCE no segundo nível, juntos aos demais procedimentos desenvolvidos na primeira fase da implantação do sistema de qualidade.

5.3 ELABORAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE ENSAIO

5.3.1 Itens da norma

Os procedimentos do laboratório devem ser elaborados obedecendo aos critérios estabelecidos pela norma ISO 17025, especificamente o que rege os seguintes tópicos da norma:

a) 4.2 Sistema de gestão

- ✦ o laboratório deve *documentar seus procedimentos* e instruções para assegurar a qualidade dos resultados dos ensaios;

b) 4.3 Controle de documentos

- ✦ o laboratório deve *manter os procedimentos em forma digital* e
- ✦ *identificar* os documentos do sistema de gestão gerados pelo laboratório *com data de emissão e/ou identificação da revisão, paginação, o número total de páginas e as autoridades que emitiram o documento*

c) 5.1 Generalidades

- ♦ O laboratório deve levar em conta os *fatores* que contribuem para a *incerteza* total da *medição* no *desenvolvimento dos métodos e procedimentos de ensaio*

d) 5.4 Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos

- ♦ *procedimentos* apropriados para todos os *ensaios* dentro do seu escopo,
- ♦ *instruções* sobre o *uso* e a *operação* de todos os *equipamentos* pertinentes e sobre o *manuseio* e a *preparação dos itens* para ensaio;
- ♦ usar métodos *desenvolvidos ou adotados pelo laboratório*

5.3.2 Composição

É sugerido por Muller (2007), que os procedimentos sejam elaborados conforme as normas técnicas e composto pelas seguintes partes:

- 1- Sumário: Enumeração das principais divisões, seções e outras partes do documento, feita na mesma ordem em que se sucedem no texto, com a indicação do número da página respectiva.
- 2- Objetivo :Nesse item o procedimento deve especificar claramente e de forma sucinta seu propósito e qual item da norma ele pretende atender Dessa forma o texto dependerá de cada tipo de procedimento
- 3- Campo de aplicação: Deve haver no documento a especificação do tipo de procedimento, se este está relacionado à gerência técnica ou a gerência da qualidade.
- 4- Responsabilidade: Deve ser especificado no documentos de quem é a responsabilidade pelo documento e pela sua revisão.
- 5- Documentos complementares: Deverão estar listados todos os documentos de referência relacionados ao procedimento e que devem ser consultados em conjunto para possibilitar a realização do ensaio.
- 6- Siglas: Se no texto do procedimento ocorrer a utilização de siglas, estas deverão ser listadas e o seu significado explicitado.
- 7- Descrição dos passos a serem realizados: O passo a passo deverá ser apresentado de modo a permitir a preparação, execução e coleta de resultados dos ensaios. O texto deverá ser redigido com clareza, objetividade, simplicidade e de forma concisa, as frases devem ser curtas e de fácil compreensão. Uma grande preocupação que se deve ter é de que mesmo pessoas que não estão habituadas ao ambiente do laboratório, como será o caso do avaliador ou auditor nas auditorias, consigam compreender e reproduzir os passos do ensaio.

Todas estas partes são abrangidas no DOCUMENTO BASE DE POP DO LABORATÓRIO DE FADIGA EM CABOS CONDUTORES – UNB (POP-001), parte integrante do segundo nível do Sistema de Qualidade adotado para o LFIECCE encontrado em Rosa, (2011).

5.3.3 Elaboração

O desenvolvimento dos Procedimentos Técnicos do LFIECCE da UnB consiste na observação da realização do ensaio desde sua preparação até a coleta de dados para análise dos resultados.

Com gravações em áudio e criação de arquivos em formato .m4a contendo todos com comentários e a ordem de passos a ser seguida ditos pelos responsáveis de cada ensaio.

Partindo da escuta posterior dessas gravações foram transcritos os pontos principais na realização de cada ensaio utilizando o software Microsoft Word para criação de um documento de texto.

Foi então criado um novo documento de texto utilizando o software Microsoft Word e adicionado a este documento de texto o cabeçalho e rodapé padronizados pelo POP-001 com a intenção de alocar as informações exigidas pela norma ISO 17025.

A Figura 23 apresenta o cabeçalho padrão que deve ser utilizado na confecção de todos os POP's, possui o logotipo e identificação da instituição de ensino que representa o laboratório, sendo este um identificador da empresa que realizou o ensaio, na linha inferior esquerda há o espaço designado para o título do documento e seu tipo, visando informar o usuário sobre o conteúdo, nesta figura consta o título do primeiro POP produzido neste trabalho de graduação, PROCEDIMENTO DE ENSAIOS DE EXTENSOMETRIA, na segunda coluna tem-se o número e a data do documento, o número deve seguir sempre o padrão de POP-XXX, onde os três X devem ser substituídos pelo número de três algarismos seguinte ao número do último documento criado, ex: POP-012, e a data refere-se ao dia em que o documento foi criado. Há também um espaço para identificar a edição e revisão do documento, onde a edição refere-se ao número de criações já realizadas e a revisão seria referente ao número de alterações ou correções realizadas da referida edição, como este projeto de graduação trata da confecção inicial dos POP's constarão sempre a marcação 1/1 referente à primeira edição redigida e primeira revisão que se dará pelos professores orientadores. O campo no canto superior direito abriga a quantidade total de páginas e qual folha está sendo lida no momento, enquanto que no canto inferior direito deve haver a denominação do responsável pela emissão do documento.

 UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA Grupo de Fadiga em Cabos Condutores	DOCUMENTO N°	EDIÇÃO/REVISÃO	N° FOLHA:
			Página de
PROCEDIMENTO DE ENSAIOS DE EXTENSOMETRIA	DATA:	EMITIDO POR:	

Figura 23 – Cabeçalho criado para o LFIECCE da UnB.

A Figura 24 ilustra o rodapé da folha padrão a ser utilizado em todas as folhas dos documentos de POP, nele devem constar os nomes que identificam o responsável pela elaboração, verificação e aprovação do documento.

ELABORAÇÃO: Thalita Farias Brasiliense Cavalcante Graduanda Eng. Mecânica – UnB	VERIFICAÇÃO:	APROVAÇÃO:
---	--------------	------------

Figura 24 – Rodapé criado para os procedimentos do LFIECCE da UnB.

Foi inserido um sumário automático através da adoção do estilo Formal, com o intuito desta formatação ser seguida em todos os documentos contendo Procedimentos Operacionais Padrão, o sumário é ilustrado na Figura 25.

1. OBJETIVO	2
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	2
3. INTRODUÇÃO.....	2
4. APRESENTAÇÃO DA BANCADA DE ENSAIOS	2
5. PREPARO DA AMOSTRA.....	3

Figura 25 – Sumário adotado para os procedimentos do LFIECCE da UnB

Todos os outros itens citados por Muller (2007) foram incluídos no documento.

6. PROCEDIMENTOS E DOCUMENTOS

Este capítulo apresenta os documentos do laboratório, abrangendo o Manual da Qualidade, os Procedimentos Operacionais os Procedimentos Administrativos e os Documentos da Qualidade como resultado do alcance do objetivo traçado no início do projeto .

6.1 ASPECTOS GERAIS

Os procedimentos técnicos foram elaborados tendo em mente que era necessário que mesmo pessoas que não estão habituadas ao ambiente do laboratório, como será o caso do avaliador ou auditor nas auditorias, consigam compreender e reproduzir os passos do ensaio mantendo a qualidade do resultado final inalterada. Os procedimentos técnicos elaborados visaram também facilitar o treinamento de novos membros que ingressam no laboratório.

Foi constatado que o LFIECCE ainda não possui o tipo de terminação ideal para a realização dos ensaios de auto-amortecimento em sua bancada, e assim, que os métodos desenvolvidos ou adotados pelo laboratório, ainda não estão apropriados para o uso e por isso ainda buscam serem validados. O que impede que seja criado um procedimento operacional para os ensaios de auto-amortecimento a serem realizados no LFIECCE.

Neste capítulo serão descritos os documentos do laboratório, abrangendo o Manual da Qualidade, os Procedimentos Operacionais, os Procedimentos Administrativos e os Documentos da Qualidade.

6.2 MANUAL DA QUALIDADE

O Manual da Qualidade é o documento de maior importância dentro do sistema da qualidade do laboratório. Nele encontram-se todas as políticas que são adotadas pelo laboratório para garantir a qualidade técnica e de gestão, além de referenciar os procedimentos e documentos da qualidade (Mikami, 2007).

O Manual da Qualidade do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia encontra-se no Apêndice I.

- ♦ **MQ-001 - Manual da Qualidade:** No manual da qualidade encontra-se a folha de aprovação, a lista de histórico de edições, os objetivos e aplicações, as referências normativas, as siglas e definições, os requisitos da direção e os requisitos técnicos.

6.3 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos são documentos que descrevem como as determinadas atividades do laboratório devem ser executadas. Dentre os procedimentos do laboratório existem os procedimentos operacionais, e administrativos.

Todos os procedimentos apresentam o objetivo, os documentos de referência, a descrição do procedimento, a aprovação e o registro de verificação.

Na etapa anterior deste projeto, alguns procedimentos do laboratório já haviam sido criados. Estes documentos serão descritos a seguir juntamente com os criados nesta etapa.

6.3.1 Procedimentos Operacionais

Os procedimentos operacionais foram elaborados para que qualquer pessoa seja capaz de executar os ensaios, mantendo a qualidade do resultado final. Além disso, eles facilitam o treinamento e a operação de novos usuários (Rosa, 2011).

O desenvolvimento dos Procedimentos Operacionais e métodos do LFIECCE foram feitos a partir da aplicação da norma ISO 17025 (ABNT, 2005) aos procedimentos disponíveis no laboratório.

Todos os Procedimentos Operacionais Padrão ou POPs estão apresentados no Apêndice II deste relatório em volume separado a este.

- ◆ **POP-001: Documento Base de Organização de POP:** Tem por objetivo padronizar os POPs do LFIECCE. Dessa forma, os demais POPs apresentados, neste trabalho ou que venham a ser criados posteriormente, deverão ser desenvolvidos sempre de acordo este POP.
- ◆ **POP-002: Procedimento de Segurança:** Objetiva garantir a segurança de usuários do LFIECCE.
- ◆ **POP-003: Procedimento de Montagem do Cabo Condutor:** Apresenta os procedimentos a serem seguidos para montagem de cabos condutores nos ensaios realizados no LFIECCE como os ensaios de fadiga, auto-amortecimento, caracterização de ferragens e eficiência de amortecedores.
- ◆ **POP-004: Procedimento de Alinhamento do Shaker:** Tem o objetivo de demonstrar como o elemento excitador, *Shaker*, deve ser montado e alinhado.
- ◆ **POP-005: Procedimento de Instrumentação da Amostra:** Tem o objetivo de ilustrar a forma correta para se instrumentar uma amostra do cabo condutor a ser analisado. Os equipamentos a serem descritos para conexão a bancada de ensaio são: acelerômetro e laser.

- ◆ **POP-006: Procedimento de Varredura em Frequência:** Neste procedimento serão descritas as instruções para varredura em frequência do ensaio a ser realizado, assim poderá ser escolhida a frequência adequada para sua realização.
- ◆ **POP-007: Procedimento de Ensaio de Fadiga do Condutor:** Esse procedimento deverá mostrar o passo a passo para realização do ensaio de fadiga
- ◆ **POP-008: Procedimento de Coleta e Análise de Dados para Determinação da Falha:** Neste procedimento deve constar a forma como os dados foram coletados e como deve ser realizada a análise desses dados, para que assim possa ser verificada a falha.
- ◆ **POP-009: Procedimento de Desmontagem do Cabo Condutor:** Este procedimento descreve os passos para desmontagem do cabo condutor após a realização dos ensaios.
- ◆ **POP-010: Procedimento de Análise da Amostra:** Este procedimento deve ser utilizado para analisar a amostra coletada durante o ensaio.
- ◆ **POP-011: Procedimento de Construção da Curva S-N:** A curva S-N deve ser construída após todos os procedimentos descritos anteriormente, para que possam ser anexadas ao relatório a ser entregue ao cliente.
- ◆ **POP-012: Procedimento de Colagem de Extensômetro:** Este procedimento descreve os passos necessários para a colagem de extensômetros na amostra a ser ensaiada.
- ◆ **POP-013: Procedimento de Ligação de Extensômetro:** Ilustra o passos a serem seguidos para conectar o extensômetro, já colado à amostra, ao aparelho aquisitor de dados.
- ◆ **POP-014: Procedimento de Configuração de Ensaio de Extensometria:** Este procedimento descreve o passo a passo de como deve ser feita a configuração do ensaio no software para ensaios de extensometria
- ◆ **POP-015: Procedimento de Coleta de Dados do Ensaio de Extensometria:** O procedimento consiste em descrever quais os passos a serem seguidos visando a coleta dos dados armazenados após o término do ensaio.

6.3.2 Procedimentos Administrativos

Os procedimentos administrativos foram elaborados para auxiliar no trabalho do LFIECCE para que os documentos da qualidade sejam utilizados de forma adequada e para que garantam que o sistema de gestão a qualidade seja implementado de forma adequada à norma ISO 17025 (ABNT, 2005).

Todos os Procedimentos Administrativos, ou PAs, estão apresentados no Apêndice III deste relatório em volume separado a este.

- ◆ **PA-001: Sistema de Registro – Arquivamento e Confidencialidade:** Tem por objetivo manter um sistema de registro que permita a rastreabilidade das informações e garanta a confidencialidade e a segurança destes registros.
- ◆ **PA-002: Controle de Distribuição de Documentos:** Este procedimento deve garantir o controle adequado dos documentos do Laboratório e também que os documentos utilizados sejam atualizados.
- ◆ **PA-003: Treinamento:** Procedimentos que tem por objetivo direcionar o treinamento dos membros atuantes no LFIECCE e garantir o cumprimento de um programa de treinamento específico a cada um destes.
- ◆ **PA-004: Auditoria Interna:** Este procedimento tem por objetivo realizar auditoria interna em todos os itens do Sistema de Gestão da Qualidade no Laboratório, de modo a garantir o cumprimento dos regulamentos técnicos do INMETRO e dos procedimentos operacionais e técnicos do LFIECCE.
- ◆ **PA-005: Tratamento de Reclamações do Cliente:** O objetivo deste procedimento é garantir o permanente atendimento ao cliente de maneira que suas reclamações relativas ao serviço prestado pelo LFIECCE sejam conhecidas, consideradas e tratadas.
- ◆ **PA-006: Controle de Equipamentos e Instrumentos:** Este procedimento visa garantir o adequado controle dos equipamentos e instrumentos para ensaios em cabos condutores do LFIECCE, tendo por finalidade, portanto, garantir a correta interpretação dos resultados por estes apresentados.
- ◆ **PA-007: Atendimento ao Cliente:** Este procedimento administrativo tem o objetivo de orientar os membros do LFIECCE no atendimento ao cliente durante todo o processo de execução do serviço.
- ◆ **PA-008: Reunião de Análise Crítica:** Tem o propósito de direcionar as Reuniões de Análise Crítica que visam reavaliar o sistema de Gestão da Qualidade para garantir sua contínua adequação, além de introduzir mudanças ou melhorias necessárias.
- ◆ **PA-009: Relatórios Técnicos:** Visa a manutenção de um sistema de padronização dos relatórios apresentados pelo LFIECCE.
- ◆ **PA-010: Não conformidades do Sistema:** Este procedimento tem por objetivo determinar, classificar e destinar métodos de soluções para possíveis não-conformidades encontradas no Sistema de Gestão da Qualidade, sejam eles administrativos ou operacionais.

- ♦ **PA-011: Análises Críticas Regulares:** Neste procedimento são descritas as ações a serem tomadas na realização de análises críticas e ações corretivas dos ensaios realizados pelo LFIECCE.
- ♦ **PA-012: Aquisição de Serviços e Suprimentos:** Este procedimento tem o objetivo de assegurar a qualidade dos ensaios e explicitam quais devem ser os procedimentos para compra, recebimento e armazenamento de reagentes e materiais de consumo.

6.3.3 Documentos da Qualidade

Todos os Documentos da Qualidade, ou DQs, estão apresentados no Apêndice IV deste relatório em volume separado a este.

- ♦ **DQ-001: Termo de Declaração de Sigilo:** Emitida pelo Coordenador do LFIECCE, todos os funcionários que tiverem acesso aos arquivos se comprometem com a manutenção do sigilo das informações às quais tem acesso.
- ♦ **DQ-002: Termo de Responsabilidade por Recebimento de Chaves :** As chaves de armários, portas e arquivos do LFIECCE devem ser controladas pelos Coordenadores Técnicos por meio deste termo a ser preenchido no recebimento de chaves.
- ♦ **DQ-003: Termo de Recebimento de EPI:** Deve ser preenchido pelos membros que receberem Equipamentos de Proteção Individual (EPI).
- ♦ **DQ-004: Declaração de Isenção de Conflitos:** Todos os membros do LFIECCE devem assinar esta declaração se comprometem a não se dedicar a outras atividades que possam comprometer a sua isenção na execução das suas funções no LFIECCE.
- ♦ **DQ-005: Ficha de Distribuição de Documentos:** Visa manter o controle da atualização e recebimento das cópias de documentos internos do LFIECCE.
- ♦ **DQ-006: Revisão de Documentos:** As revisões realizadas no Manual da Qualidade e em cada Procedimento Operacional ou Administrativo deverão ser registradas.
- ♦ **DQ-007: Lista Mestra:** Todos os documentos emitidos pelo LFIECCE devem ter a sua situação da revisão atual identificada na lista mestra. O objetivo dessa lista é evitar o uso de documentos inválidos ou obsoletos. Este documento teve de ser atualizado neste projeto uma vez que procedimentos operacionais foram criados.
- ♦ **DQ-008: Suplemento ao Relatório:** Os relatórios podem sofrer correções ou acréscimos mantendo o mesmo número de relatório por meio de emissão deste suplemento ao relatório técnico.
- ♦ **DQ-009: Certificado de Treinamento Interno – Curso Básico:** Especifica o local, onde se deu o treinamento, data e duração do Curso Básico dos Procedimentos do LFIECCE.

- ◆ **DQ-010: Certificado de Treinamento Interno:** Especifica o local, onde se deu o treinamento, data e duração do Treinamento no Sistema da Qualidade implementado no LFIECCE.
- ◆ **DQ-011: Ficha de Registro de Treinamentos:** Lista de cursos realizados e o planejamento para o ano subsequente.
- ◆ **DQ-012: Relatório de Auditoria Interna:** Auxilia o auditor na realização da auditoria interna, fazendo com que o tempo seja otimizado e que nenhum aspecto a ser auditado seja esquecido.
- ◆ **DQ-013: Relatório de Não conformidade:** É utilizado para se notificar uma não conformidade verificada.
- ◆ **DQ-014: Formulário das Reclamações do Cliente:** Este documento tem a finalidade de registrar as possíveis reclamações que os clientes possam ter em relação aos serviços prestados pelo LFIECCE e as respectivas ações corretivas adotadas.
- ◆ **DQ-015: Ficha de Controle:** Apresenta todos os dados relevantes sobre os equipamentos existentes no LFIECCE.
- ◆ **DQ-016: Formulário de Abertura da Ordem de Serviço:** Este documento é o primeiro a ser preenchido no momento em que o cliente leva uma amostra para ser ensaiada. Ele pode ser visto com um contrato, ou seja, a aprovação de ambas as partes, LFIECCE e cliente, quanto à prestação do serviço descrito.
- ◆ **DQ-017: Lista de Verificação – Coleta de Dados:** Este formulário é utilizado no momento do ensaio propriamente dito. O responsável pela execução do serviço utiliza esse documento para anotar os dados obtidos no ensaio, bem como as condições ambientais no momento
- ◆ **DQ-018: Relatórios dos Ensaio:** Os Relatórios Técnicos devem ser emitidos após a aprovação pelo Coordenador Técnico e o Coordenador Geral, em duas vias, uma para o arquivo do LFIECCE e outra para o cliente.
- ◆ **DQ-019: Etiqueta de Identificação:** Tem o objetivo de informar ao usuário quanto à situação em que os aparelhos se encontram. Deve ser fixada em todos os equipamentos do LFIECCE.
- ◆ **DQ-020: Cronograma do Laboratório:** O cronograma de atividades do LFIECCE é feito para que as metas programadas para o ano sejam alcançadas em prazos pré determinados. Este é feito de forma semestral, proporcionando maior flexibilidade para a execução das atividades.

- ◆ **DQ-021: Formulário para Ações Preventivas:** Visa destinar métodos de solução para possíveis não conformidades encontradas, sejam elas administrativas ou operacionais, discriminando a natureza da não conformidade e as providências tomadas para a solução.
- ◆ **DQ-022: Formulário de Registro das Análises Críticas:** A análise crítica tem o objetivo de assegurar a contínua adequação e eficácia dos serviços do LFIECCE, introduzindo também mudanças ou melhorias. Este documento tem a finalidade de manter registradas as constatações e ações dessas análises críticas.
- ◆ **DQ-023: Registro de Verificação de Materiais:** Contém um formulário de aquisição de bens e serviços onde todo material a ser adquirido deve ser descrito. Além disso, este documento conta com um formulário de avaliação do material adquirido.

7. CONCLUSÕES

Este último capítulo visa apresentar as conclusões dos resultados alcançados com o trabalho e apontar sugestões para outros projetos que possam dar continuidade a implantação do sistema de gestão da qualidade do LFIECCE.

7.1 CONCLUSÕES

A crescente exigência do mercado consumidor quanto à qualidade dos serviços e produtos adquiridos pode ser verificada durante este projeto. Como consequência dessa demanda, a obtenção de um certificado de qualidade junto aos organismos competentes se torna um diferencial. Para o caso específico de laboratórios de ensaio e calibração, foi observado que a atestação da qualidade e competência de gestão e competência técnica se dava por meio da obtenção da acreditação do laboratório junto ao INMETRO. O laboratório de ensaio deve cumprir os requisitos da norma ISO 17025, tanto nos seus aspectos da direção quanto nos seus aspectos técnicos para se obter a acreditação.

Além de ter sido possível se criar uma base de conhecimento a respeito de normas técnicas referentes a laboratórios de ensaios e calibração, os conhecimentos em sistemas de gestão de qualidade e processos de acreditação junto a renomadas instituições foi uma consequência direta do trabalho desenvolvido ao longo deste projeto.

Pode-se afirmar que os objetivos definidos para o projeto de graduação foram atingidos de maneira satisfatória, com a apresentação da norma ISO 17025 (ABNT, 2005) de forma lógica, clara e didática, facilitando o entendimento de sua filosofia e de suas especificidades pelos membros do LFIECCE, definição dos documentos da qualidade e procedimentos técnicos que necessitavam ser elaborados para implementação no LFIECCE e por fim elaboração dos seguintes documentos em conformidade com as exigências da ISO 17025 (ABNT, 2005):

- ◆ **POP-012: Procedimento de Colagem de Extensômetro**
- ◆ **POP-013: Procedimento de Ligação de Extensômetro**
- ◆ **POP-014: Procedimento de Configuração de Ensaio de Extensometria**
- ◆ **POP-015: Procedimento de Coleta de Dados do Ensaio de Extensometria**

Que serão de extrema importância para o processo de acreditação do laboratório na realização de ensaios de cabos condutores de energia que utilizam extensometria em sua rotina.

Todos os níveis de documentação do sistema de gestão da qualidade foram organizados em volumes da seguinte forma:

- ◆ **Apêndice I : Nível 1: Manual da Qualidade do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia**
- ◆ **Apêndice II: Nível 2: Procedimentos Operacionais do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia**
- ◆ **Apêndice III: Nível 2: Procedimentos Administrativos do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia**
- ◆ **Apêndice IV: Nível 3: Documentos da Qualidade do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia**

Essa disposição fez com que toda a documentação ficasse disposta de forma organizada, viabilizando a consulta e utilização do sistema de gestão da qualidade do laboratório, o que antes não acontecia por conta da inexistência de volumes impressos de toda a documentação.

É importante lembrar que as melhorias que são passíveis de serem realizadas no sistema da qualidade são infindáveis. Desta forma sugere-se que este projeto tenha continuidade, de forma a acreditação para os ensaios de fadiga e extensometria seja efetivamente conquistada.

7.2 SUGESTÕES PARA PROJETOS FUTUROS

Como o laboratório realiza também ensaios de auto-amortecimento e de amortecedores, entre outros, sugere-se que o prosseguimento deste trabalho seja na forma de revisão da documentação referente aos mesmos, de forma a obter também a acreditação para esses outros ensaios

Algumas sugestões para projetos futuros são:

- ◆ Realizar uma auditoria interna para verificar se o Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia está de acordo com norma ISO 17025 (ABNT, 2005), corrigindo os pontos de não conformidade.
- ◆ Elaboração de mais procedimentos que já são realizados pelo Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia, tais como Auto-amortecimento e Amortecedores;
- ◆ Elaboração de outros documentos de qualidade que se mostram necessários após a auditoria interna;
- ◆ Treinamento de qualidade para os membros do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia para que possam executar suas tarefas de modo a otimizá-las, e estarem de acordo com os padrões exigidos pela norma ISO 17025 (ABNT, 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT** Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração // Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2005. - p. 31.
- Aguiar J. G., Diniz A. C.G.C. e Vianna J. N.S.** Sistemas da Qualidade em Laboratórios de Pesquisa Universitários [Periódico] // Metrologia para a vida. - Pernambuco : Sociedade Brasileira de Metrologia, 2003.
- Cassano D.** Credenciamento: solução para quem usa ou oferece serviços de ensaio e calibração [Periódico] // Metrologia e Instrumentação. - 2003.
- CIGRE WG-04-SC22-02** // Recommendations for the Evaluation of the Lifetime of Transmission Line Conductors. - [s.l.] : Electra 63, 1979.
- Costa A.F. e Farias, J.R.F.** A acreditação de organismos de avaliação da conformidade. [Periódico] // Metrologia e Instrumentação. - 2006.
- ENERPAC** Instruction Sheet L2062 -1/2 HP Portable Electric Pumps [Livro]. - 2011.
- EPRI** Transmission Line Reference Book: The orange book, Electric Power Research Institute [Livro]. - Palo Alto : [s.n.], 1979.
- Esmeraldo P.C.V.** Brazilian Electrical System and the Expansion of Transmission Grid, Opportunity and Challenges. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2005. - Palestra.
- Fadel A.A.** Avaliação do efeito de tracionamento em elevados níveis de EDS sobre a resistência em fadiga do condutor IBIS (CAA 397,5 MCM) // Tese de Doutorado. - Brasília : ENM/FT/UnB, 14 de Maio de 2010.
- Henriques A.M.D.** Bancada de Ensaio Mecânicos à Fadiga de cabos Condutores de Energia [Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil]. - Brasília : Universidade de Brasília, 2006. - E.TD 006A/06.
- IEEE** Guide on Conductor Self Damping Measurements. - 1978. - Std 563.
- INMETRO** Acreditação de Laboratórios (ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005) [Online]. - 2005. - 14 de novembro de 2011. - <http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/acre_lab.asp>.
- Itaipu** Itaipu, A Usina: Geração [Online]. - 13 de 11 de 2011. - <http://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>.
- Kyowa Electronic Instruments Co. Ltda** A complete lineup of high performance strain gages and accessories [Online] // Catálogo N. 101E-U1. - 1 de Novembro de 2011. - <http://www.kyowa-ei.com>. - Tokyo.
- Kyowa Electronic Instruments CO., LTD.** Introduction to Strain Gages // What's a STRAIN GAGE?. - Tokyo : [s.n.], 2005.
- Lazzari F.** Dimensões da Qualidade na Prestação de Serviços: Um Estudo Ambientado nos Laboratórios da Universidade de Caxias do Sul [Livro]. - Caxias do Sul : Universidade de Caxias do Sul, 2009. - Vol. fevereiro.
- Mikami L.H.** Avaliação do Sistema de Qualidade no Laboratório de Metrologia.. - [s.l.] : Universidade de Brasília, 2007. - Projeto de Graduação.
- Muller G. e Diniz A. C.G.C.** Como implementar a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 em um laboratório [Periódico]. - Brasília : Editora Epse, 2009. - Metrologia e Instrumentação.
- Muller G.** Metodologia para Implantação de Sistema de Gestão em Laboratórios de Ensaio e Calibração. - Brasília : Universidade de Brasília, 22 de junho de 2007.
- Murça Leonardo B. e Kage Camila T.** Estudo Experimental de Auto-Amortecimento em Cabos Condutores. - Brasília : Universidade de Brasília, 25 de Junho de 2009.
- Rangel J.L.** Ling. Formais - Procedimentos [Online]. - 27 de Fevereiro de 1997. - 3 de Novembro de 2011. - <http://www.inf.puc-rio.br/~inf1302/Apostila/lf2.pdf>.

- Rocha C.G.J., Viana C.E.M. e Buarque H.L.B.** Princípios da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 Implantados no Laboratório de Processos e Análises Químicas do Instituto Federal do Ceará [Periódico]. - Fortaleza : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2009.
- Rosa M.S.** Implantação do Sistema de Qualidade do Laboratório de Fadiga em Cabos Condutores da Universidade de Brasília // Projeto de Graduação. - Brasília : Universidade de Brasília, 2011.
- Santos F.** Informativo ISO 17025 [Livro]. - [s.l.] : Sistema de Gestão da Qualidade, 2007. - Vol. Labmat.

ANEXOS

		Pág.
Anexo A	Forma didática da Norma ABNT ISO/IEC 17025	53

ANEXO A

FORMA DIDÁTICA DA NORMA ABNT NBR ISO/IEC 17025

Para a acreditação de um laboratório e implementação de um sistema de gestão, é necessário conhecimento da norma ISO 17025.

A seguir está apresentado uma relação com os requisitos da direção e os requisitos técnicos necessários para a acreditação de laboratórios de ensaio em forma clara e didática visando facilitar sua compreensão e uso pelos membros do Laboratório de Fadiga e Integridade Estrutural de Cabos Condutores de Energia (LFIECCE) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília.

1 REQUISITOS DA DIREÇÃO

1.1 Organização

- a) O item da norma que cita a organização alerta para pontos importantes como:
- ◆ A responsabilidade do laboratório de realizar suas atividades de ensaio de modo a:
 - *atender aos requisitos da norma;*
 - *satisfazer as necessidades dos clientes*, das autoridades *regulamentadoras* ou das organizações que fornecem *reconhecimento*;
 - ◆ No caso do laboratório pertencer a uma organização que realiza outras atividades, além de ensaios, devem ser definidas as *responsabilidades do pessoal-chave da organização*, de modo a *identificar* potenciais *conflitos de interesse*.
 - ◆ O laboratório deve ter *pessoal gerencial e técnico* que, independente de outras responsabilidades, tenha a autoridade e os recursos necessários para desempenhar suas tarefas incluindo:
 - a implementação, manutenção e *melhoria do sistema de gestão*;
 - *identificar* a ocorrência de *desvios do sistema* de gestão ou dos procedimentos para a realização dos ensaios;
 - iniciar ações para *prevenir ou minimizar os desvios* descritos no item anterior.
- b) Devem existir políticas e procedimentos para assegurar:

- ◆ a proteção das *informações confidenciais e direitos de propriedade* dos seus clientes;
 - ◆ os procedimentos para a proteção ao armazenamento e à transmissão eletrônica dos resultados.
- c) Deve ser definida a *estrutura organizacional gerencial* do laboratório, especificando:
- ◆ a responsabilidade, a autoridade e o inter-relacionamento de todo o *peçoal que gerencia*, realiza ou verifica trabalhos que afetem a qualidade dos ensaios;
 - a *supervisão do peçoal de ensaio*, inclusive daqueles em treinamento, deve ser feita por pessoas familiarizadas com os métodos e procedimentos;
 - a *gerência técnica* deve ter responsabilidade total pelas operações técnicas e pela provisão dos recursos necessários para assegurar a qualidade requerida das operações do laboratório.
- d) Deve ser feita a nomeação de um membro do quadro de peçoal como *gerente de qualidade*:
- ◆ independentemente de outros deveres e responsabilidades, este deve ter a responsabilidade e autoridade definidas para assegurar que o sistema de gestão relacionado à qualidade seja implementado e seguido permanentemente;
 - ◆ o gerente da qualidade deve ter acesso direto ao mais alto nível gerencial, onde são tomadas as decisões sobre políticas e/ou recursos do laboratório.

1.2 Sistema de gestão

- a) O laboratório deve:
- ◆ estabelecer, implementar e *manter um sistema de gestão* apropriado das atividades realizadas;
 - ◆ *documentar* suas políticas, sistemas, programas, procedimentos e instruções, na extensão necessária para assegurar a qualidade dos resultados dos ensaios;
 - ◆ definir as políticas do sistema de gestão do laboratório relativas à qualidade em um *manual da qualidade*;
 - devendo incluir uma *declaração* sobre a política da qualidade
 - sendo um requisito a de que *todo o peçoal* envolvido nas atividades de ensaio *familiarize-se com a documentação* da qualidade.
- b) O manual da qualidade deve:
- ◆ incluir ou *fazer referência* aos procedimentos complementares, incluindo procedimentos técnicos;

- ✦ *descrever a estrutura da documentação* usada no sistema de gestão;
- ✦ *definir as atribuições e responsabilidades* da gerência técnica e do gerente da qualidade.

1.3 Controle de documentos

a) O laboratório deve:

- ✦ estabelecer e *manter procedimentos para controlar os documentos* que fazem parte do sistema de gestão, visando:
 - evitar o uso de documentos inválidos ou obsoletos.
- ✦ garantir que seja feita *antes da emissão* de qualquer documento pelo laboratório uma *análise crítica* e que sejam *aprovados* para uso por pessoal autorizado;
- ✦ *disponibilizar os documentos nos locais onde são realizadas as operações* essenciais para o funcionamento do laboratório;
 - os documentos podem estar contidos em vários meios, sejam eletrônicos ou em papel, e podem ser digitados ou escritos a mão.
- ✦ estabelecer uma *lista mestra* para controle de documentos, que identifique a situação da revisão atual e a distribuição dos documentos do sistema de gestão;
- ✦ *revisar os documentos* para assegurar contínua adequação e conformidade com os requisitos aplicáveis;
- ✦ *remover* prontamente de todos os pontos de emissão ou uso *os documentos inválidos* e/ou obsoletos;
- ✦ *manter os procedimentos em forma digital*;
 - havendo a necessidade de alteração, devem ser *anexados os motivos das alterações*, ao final dos procedimentos;
 - *emendas manuscritas* só podem ser feitas por pessoas autorizadas e devem ser *marcadas, rubricadas e datadas*, tendo caráter provisório, assim que possível esses documentos devem ser substituídos e reemitidos formalmente;
 - *identificar* os documentos do sistema de gestão gerados pelo laboratório *com data de emissão e/ou identificação da revisão, paginação, o número total de páginas e as autoridades que emitiram o documento*;

1.4 Análise crítica de pedidos, propostas e contratos

b) O laboratório deve:

- ◆ ***sanar todas as diferenças*** nos pedidos e contratos antes do início de um trabalho
 - se houver a necessidade de modificações no decorrer do trabalho, uma análise crítica deve ser realizada e todo o pessoal envolvido comunicado;
- ◆ ***elaborar procedimentos de análise crítica*** de pedidos, propostas e contratos
 - garantindo que os requisitos, inclusive os métodos a serem utilizados, sejam definidos, documentados e entendidos pelos clientes;
- ◆ garantir que cada contrato seja ***aceito tanto pelo laboratório como pelo cliente***;
 - Um contrato pode ser qualquer acordo verbal ou escrito para a prestação de serviços de ensaio a um cliente;
- ◆ ***manter registros das análises críticas***, incluindo quaisquer modificações significativas;
- ◆ ***manter registros de discussões*** pertinentes com o cliente, relacionadas aos seus requisitos ou aos resultados do trabalho durante o período de execução do contrato;
- ◆ registrar a ***data e a identificação*** da pessoa no laboratório responsável pela realização do trabalho contratado;

1.5 Subcontratação de ensaios e calibrações

- a) Havendo a necessidade de uma subcontratação, ***a empresa subcontratada*** também deve ***atender as exigências da norma NBR ISO 17025***;
- b) O ***cliente*** deve ser ***informado***, por escrito, da subcontratação ***e aprová-la***;
- c) O laboratório deve ***manter cadastro*** de todos os subcontratados que ele utiliza para os ensaios;

1.6 Aquisição de serviços e suprimentos

- c) O laboratório deve:
 - ◆ desenvolver uma política e ***procedimento de seleção e compra de serviços*** e suprimentos utilizados que afetam a qualidade dos ensaios;
 - ◆ desenvolver ***procedimentos para a compra, recebimento e armazenamento de materiais*** que são importantes para os ensaios;
 - ◆ manter os ***registros das ações tomadas*** para que possa ser feita uma verificação de conformidade;
 - ◆ garantir que os documentos de aquisição dos itens que afetam a qualidade do ensaio apresentem a ***descrição dos serviços e suprimentos solicitados***,

- estes devem ainda ter o conteúdo técnico *analisado criticamente* e serem *aprovados* antes da liberação;
- ◆ *avaliar* seus *fornecedores* e manter um registro listando que forem aprovados.

1.7 Atendimento ao cliente

d) O laboratório deve:

- ◆ prestar *esclarecimentos sobre os trabalhos realizados* sempre que for solicitado e assegurar confidencialidade em relação a outros clientes;
- ◆ garantir que a *comunicação* entre o laboratório e o cliente será a *melhor possível*;
- ◆ fornecer sempre que solicitadas *orientações técnicas, opiniões e interpretações* baseadas nos resultados;
- ◆ realizar uma *pesquisa de satisfação* dos clientes e uma *análise crítica dos ensaios* com os clientes ou
- ◆ implementar um *formulário para sugestões e críticas*, para que os serviços realizados pelo laboratório sejam sempre aprimorados.

1.8 Reclamações

e) Devem ser mantidos *registros* de:

- ◆ todas as *reclamações*;
- ◆ das *investigações* e
- ◆ *ações corretivas* implementadas pelo laboratório.

1.9 Controle de trabalhos de ensaio e/ou calibração não - conforme

f) O laboratório deve :

- ◆ ter uma política e procedimentos que devem ser implementados:
 - no caso em que os *trabalhos de ensaio* ou os *resultados* destes trabalhos *não estiverem em conformidade* com os seus próprios procedimentos ou com os requisitos acordados com o cliente;
 - visando garantir que sejam designadas *responsabilidades e autoridades* pelo gerenciamento do trabalho não-conforme

- ✦ definir e tomar *ações*, como a interrupção do trabalho e retenção do ensaio no caso de trabalho não-conforme;
- ✦ *notificar o cliente*.

1.10 Melhoria

g) São meios que o laboratório possui para *aprimorar continuamente a eficácia do seu sistema de gestão* o uso:

- ✦ da *política da qualidade*;
- ✦ dos *objetivos da qualidade*;
- ✦ dos resultados de *auditorias*;
- ✦ da análise de *dados*;
- ✦ de *ações corretivas e preventivas* e
- ✦ da *análise crítica* pela direção.

1.11 Ação corretiva

h) O laboratório deve:

- ✦ identificar *potenciais ações corretivas* onde for necessária uma ação corretiva
- ✦ implementar as *ações* que sejam mais prováveis para *eliminar o problema* e *prevenir sua reincidência*
- ✦ documentar e implementar quaisquer *mudanças* requeridas resultantes das investigações relacionadas com as ações corretivas.

1.12 Ação preventiva

i) Uma ação preventiva é um *processo pró-ativo* para identificação de *oportunidades de melhoria* e não uma reação à identificação de problemas ou reclamações.

j) O laboratório deve:

- ✦ identificar *oportunidades de melhoria ou necessidade de ações preventivas*.
- ✦ desenvolver, implementar e monitorar *planos de ação* para reduzir a probabilidade de ocorrência de não-conformidades.

1.13 Controle de registros

- k) Os registros da qualidade devem:
- ◆ incluir **relatórios** de auditorias internas e de análises críticas, assim como **registros** de ações corretivas e preventivas.
 - ◆ ser **legíveis** e devem ser armazenados e **preservados** de tal forma que possam ser prontamente **recuperados**.
 - Os registros podem ser feito em **papel** ou **meio eletrônico**.
- l) Os **registros** de cada ensaio devem:
- ◆ conter **informações** suficientes para:
 - facilitar a **identificação** de fatores que afetem a **incerteza**
 - possibilitar que o **ensaio seja repetido** em condições o mais próximo possível das **condições originais**.
 - ◆ incluir a **identificação** dos **responsáveis** pela **amostragem**, pela **realização** de cada ensaio e pela **conferência** dos resultados.
- m) O laboratório deve:
- ◆ fazer **cópias** de segurança dos **registros** armazenados eletronicamente.
 - ◆ registrar **observações, dados e cálculos** no momento em que são **realizados**,
 - ◆ **riscar** cada **erro** quando ocorrerem erros nos registros, não devendo ser apagados, tornados ilegíveis, nem eliminados.
 - ◆ colocar o **valor correto** ao **lado do erro** junto com **assinatura da pessoa responsável** pela alteração.

1.14 Auditorias internas

- n) O laboratório deve:
- ◆ realizar **auditorias internas das suas atividades**
 - as auditorias devem ser realizadas por **pessoal treinado e qualificado**
 - ◆ tomar **ações corretivas** quando as constatações da auditoria mostrarem que há necessidade.
 - ◆ registrar a **área auditada**, as **constatações** da auditoria e as **ações corretivas** decorrentes.

1.15 Análise crítica pela direção

- a) A alta direção do laboratório deve:

- ♣ realizar periodicamente uma *análise crítica do sistema de gestão do laboratório* e das atividades de ensaio. A análise crítica deve *considerar*:
 - *adequação das políticas e procedimentos*;
 - *relatórios do pessoal gerencial e de supervisão*;
 - *resultado de auditorias internas recentes*;
 - *ações corretivas e preventivas*;
 - *reclamações*
- ♣ registrar as *constatações das análises críticas* e as ações decorrentes

2 CRITÉRIOS TÉCNICOS

São diversos os fatores que determinam a correção e a confiabilidade dos ensaios realizados pelo laboratório. Contribuições que se aplicam ao LFIECCE e afetam esses fatores serão mostrados na seguinte ordem: fatores humanos (2.2), acomodações e condições ambientais (2.3), métodos de ensaio e validação de métodos (2.4), equipamentos (2.5), rastreabilidade da medição (2.6), amostragem (2.7) e manuseio de itens de ensaio (2.8). Procedimentos adequados na realização de ensaios são um pré-requisito para garantir a qualidade dos resultados, onde a apresentação se mostra como outro fator que deve seguir modelos pré-determinados. Os critérios técnicos devem ser considerados no desenvolvimento dos métodos e procedimentos de ensaio, no treinamento e qualificação do pessoal e na seleção e calibração do equipamento que será utilizado.

2.1 Generalidades

- a) A extensão na qual os *fatores* contribuem para a *incerteza* total da *medição difere* entre os *tipos de ensaios* realizados.
- b) O laboratório deve levar em conta esses fatores:
 - ♣ no *desenvolvimento dos métodos e procedimentos de ensaio*;
 - ♣ no *treinamento e qualificação do pessoal*;
 - ♣ na *seleção dos equipamentos* e
 - ♣ na *calibração dos equipamentos*.

2.2 Pessoal

- a) O laboratório deve:
 - ♣ *assegurar a competência* de todos que:

- *operam equipamentos* específicos;
 - *realizam ensaios*;
 - *avaliam resultados* e
 - *assinam relatórios* de ensaios.
- ◆ manter *descrições das funções* atuais do *peçoal gerencial, técnico e pessoal-chave* de apoio, *envolvidos em ensaios*, definindo:
- as *responsabilidades* com respeito à *realização* dos ensaios;
 - as *responsabilidades* com respeito ao *planejamento* dos ensaios e com a *avaliação* dos resultados;
 - a *responsabilidade* pelo *relato* de opiniões e interpretações;
 - a *responsabilidade* com respeito à *modificação* de métodos e quanto ao *desenvolvimento e validação* de novos métodos;
 - *especialização e experiência* requeridas;
 - *qualificações e programas de treinamento* e
 - *tarefas gerenciais*.
- ◆ *manter registros*:
- das *autorizações* para pessoas específicas *realizarem* tipos particulares de *ensaios*;
 - da *competência, qualificação profissional e educacional e treinamento* de todo o pessoal técnico.

2.3 Acomodações e condições ambientais

a) O laboratório deve:

- ◆ assegurar que as condições ambientais *não invalidem os resultados* ou afetem adversamente a qualidade requerida de qualquer medição.
- ◆ documentar os *requisitos técnicos* para as acomodações e condições ambientais que possam afetar os resultados dos ensaios.
- ◆ *controlar o acesso e o uso* de áreas que afetem a qualidade dos ensaios
- ◆ tomar medidas que assegurem uma *boa limpeza e arrumação* no laboratório.

2.4 Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos

o) O laboratório deve:

- ◆ utilizar *métodos e procedimentos* apropriados para todos os *ensaios* dentro do seu escopo.
- ◆ ter *instruções* sobre:
 - o *uso* e a *operação* de todos os *equipamentos* pertinentes;
 - o *manuseio* e a *preparação dos itens* para ensaio;
- ◆ manter *atualizados* e prontamente *disponíveis* para o pessoal todas as *normas, manuais e dados de referência* aplicáveis ao trabalho do laboratório.
- ◆ *selecionar métodos apropriados* que tenham sido *publicados*:
 - em *normas internacionais, regionais* ou *nacionais*, por organizações técnicas *respeitáveis*;
 - em *textos* ou *jornais científicos* relevantes ou
 - em *especificações* feitas pelo *fabricante* do equipamento.
- ◆ usar métodos *desenvolvidos ou adotados pelo laboratório*, se forem apropriados para o uso e se estiverem validados;
- ◆ *informar o cliente* sobre o *método* escolhido;
- ◆ *informar ao cliente* quando o método por ele proposto *for considerado impróprio* ou desatualizado.
- ◆ *submeter a acordo com o cliente* o emprego de *métodos não normalizados*, que devem incluir uma *especificação clara* dos requisitos do cliente e a finalidade do ensaio.
- ◆ *validar* de forma apropriada o *método desenvolvido*, antes de ser utilizado;
- ◆ *registrar os resultados obtidos*, o *procedimento utilizado* para a *validação* e uma *declaração* de que o método é ou não adequado para o uso pretendido;
- ◆ ter procedimentos para a *estimativa das incertezas* de medição;
- ◆ assegurar que, quando *utilizados computadores* ou equipamento automatizado para aquisição, processamento e armazenamento de dados:
 - sejam estabelecidos procedimentos para a *proteção dos dados*;
 - os computadores e equipamentos automatizados estejam em *condições* operacionais necessárias para a manutenção da *integridade dos dados* de ensaio.

2.5 Equipamentos

p) O laboratório deve:

- ◆ **calibrar** ou verificar **os equipamentos** para determinar se eles atendem aos requisitos especificados pelo laboratório, antes de ser utilizado;
- ◆ garantir que os equipamentos serão **operados** somente **por pessoal autorizado**;
- ◆ **manter registros** de cada item do equipamento, contendo:
 - nome do item do equipamento e do seu software;
 - nome do fabricante, identificação do modelo e número de série;
 - localização atual;
 - instruções do fabricante;
 - datas, resultados e cópias de relatórios e certificados de todas as calibrações, ajustes, critérios de aceitação e a data da próxima calibração;
 - plano de manutenção, e manutenções realizadas até o momento;
 - quaisquer danos, mau funcionamento, modificações ou reparos no equipamento
- ◆ **retirar de serviço** o equipamento que:
 - tenha sido submetido a sobrecarga,
 - produza resultados suspeitos;
 - que mostre ter defeitos.
- ◆ etiquetar ou **marcar claramente como fora de serviço**, o equipamento que for retirado de serviço.
- ◆ etiquetar todo o equipamento sob o controle do laboratório que necessitar de calibração, para **indicar a situação de calibração**, incluindo a data da última calibração e a data de vencimento da calibração.

2.6 Rastreabilidade de medição

- q) Para laboratórios de **ensaio**, os requisitos específicos de **calibração** aplicam-se a **equipamentos de medição** e **ensaio** utilizados com **funções de medição**.
- b) O programa de **calibração do equipamento**, deve ser projetado de forma que **assegure** que as **medições** feitas pelo laboratório sejam **rastreáveis ao Sistema Internacional de Unidades (SI)**.
- c) Deve ser estabelecido **o quanto a calibração contribui** para a **incerteza do resultado** do ensaio.
- d) Os **padrões de referência** utilizados para a calibração de equipamentos do laboratório devem ser **explicitados** através de um programa e procedimento específico.

- ◆ Esses *padrões* devem ser *calibrados* por um organismo que *possa prover rastreabilidade*. Se possível os materiais de referência devem ser *rastreáveis ao SI* ou a materiais de referência certificados.
- e) Os *padrões e materiais de referência* do laboratório devem seguir *procedimentos* que assegurem a *segurança* em todas as etapas da *utilização e armazenamento* destes padrões e materiais de referência, protegendo sua integridade.
- ◆ Esses *padrões* devem ser *utilizados somente no processo de calibração*, para garantir que seu desempenho não seja invalidado.
 - ◆ Os *padrões de referência* devem ainda ser *calibrados antes e depois* da realização de qualquer *ajuste*.

2.7 Amostragem

- r) *Amostragem* é um procedimento definido pelo qual uma *parte de um material é retirada* para produzir uma *amostra representativa do todo* para ensaio
- s) O laboratório deve:
- ◆ ter *procedimentos* para amostragem
 - ◆ deixar *disponível o procedimento* de amostragem *no local* onde a amostragem é realizada
 - ◆ ter *procedimentos* para *registrar os dados e as operações* relevantes relacionados à *amostragem* que faz parte do ensaio que realiza. Estes *registros* devem *conter*:
 - o *procedimento* de amostragem usado;
 - a *identificação do amostrador*;
 - as *condições ambientais*;
 - diagramas para *identificar o local* da amostragem e
 - as *estatísticas* em que se *basearam* os procedimentos de amostragem.

2.8 Manuseio de itens de ensaio e calibração

- t) O laboratório deve:
- ◆ ter *procedimentos* para o *recebimento, manuseio, proteção, armazenamento e remoção* dos *itens de ensaio*,
 - ◆ Os *procedimentos devem incluir* todas as *providências* necessárias para:
 - a *proteção da integridade* do item de ensaio

- a *proteção dos interesses* do laboratório e do cliente.
- ◆ ter um *sistema de identificação* de itens de ensaio onde:
 - a identificação *deve ser mantida* durante a *permanência* do item *no laboratório*;
 - seja assegurado que os *itens não sejam confundidos* fisicamente ou em citações em registros ou outros documentos;
- ◆ *registrar*, no ato do *recebimento* do item de ensaio, as *anormalidades ou desvios* das condições especificadas no método de ensaio;
- ◆ ter *instalações adequadas* para *evitar deterioração, perda ou dano* no item de ensaio durante o armazenamento, manuseio e preparação
- ◆ assegurar que, quando os *itens de ensaio retornam ao serviço depois do ensaio*, estes *não estejam avariados* ou danificados durante os processos de manuseio, ensaio ou armazenamento.

2.9 Garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração

u) O laboratório deve:

- ◆ monitorar a *validade dos ensaios* realizados;
 - os *dados* resultantes devem ser *registrados* de forma que as *tendências sejam detectáveis*
 - devem ser aplicadas *técnicas estatísticas* para a *análise crítica dos resultados*
- ◆ incluir no monitoramento:
 - participação em *programas de comparação interlaboratorial* ou de ensaios de proficiência;
 - *ensaios replicados*, utilizando-se os mesmos métodos ou métodos diferentes

2.10 Apresentação de resultados

v) O laboratório deve:

- ◆ *relatar com exatidão, clareza, objetividade e sem ambiguidade os resultados* de cada ensaio:
 - os *resultados* devem ser reportados em um *relatório de ensaio* e devem incluir toda a *informação solicitada pelo cliente* e necessária à *interpretação dos resultados* do ensaio

- ◆ **incluir** em cada relatório de ensaio:
 - **um título** (por exemplo: “Relatório de ensaio”);
 - **nome e endereço do laboratório**;
 - **identificação unívoca**,
 - **em cada página** uma **identificação** que **assegure que a página** seja reconhecida como uma **parte do relatório**,
 - uma clara **identificação do final** do relatório
 - **nome e endereço do cliente**;
 - identificação do **método utilizado**;
 - descrição dos **itens ensaiados**;
 - **data do recebimento dos itens** de ensaio, e a **data da realização do ensaio**;
 - **referência aos procedimentos de amostragem** utilizados pelo laboratório;
 - **resultados do ensaio** com as **unidades de medida**;
 - **nomes, funções e assinaturas das pessoas autorizadas** para emissão do relatório;
 - **declaração de que os resultados se referem somente aos itens ensaiados**;
 - **número da página e o número total de páginas**;
 - uma **declaração** especificando que o **relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo**. Reprodução de partes requer aprovação escrita do laboratório.

- ◆ **incluir** onde necessário para a interpretação dos resultados:
 - **opiniões e interpretações**;
 - **identificação**, sem ambiguidade, **do material amostrado**, incluindo nome do fabricante, o modelo e números de série;
 - o **local da amostragem**, incluído diagramas, esboços ou fotografias;
 - detalhes das **condições ambientais** durante a amostragem que **possam afetar a interpretação dos resultados** do ensaio

- ◆ documentar as **bases** nas quais as opiniões e **interpretações foram feitas**.