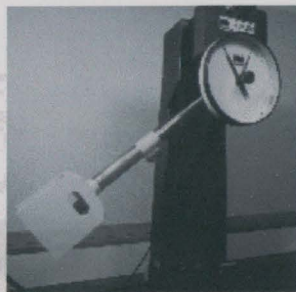


N.º 2

2000

Relatório de estágio

“GESTÃO DA QUALIDADE NUM
LABORATÓRIO ACREDITADO”



669(047.3)
LEMM 1999/SOAc



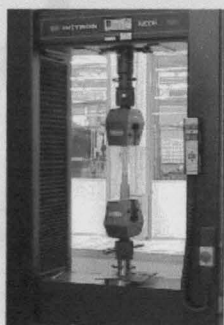
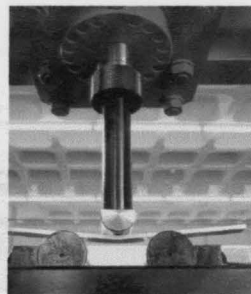
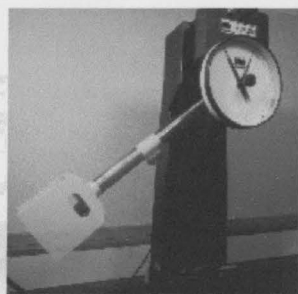
Julho/2000

N.º 2

2000

Relatório de estágio

“GESTÃO DA QUALIDADE NUM
LABORATÓRIO ACREDITADO”



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu

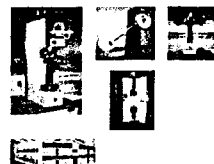


Ministério da Educação

Julho/2000

669 047.2) /LEMN 1999/50A2

Universidade do Porto Faculdade de Engenharia Biblioteca	
Nº	873213
CDU	23 / 04 / 2007



REALIZADO POR:

Célia Maria Marques Soares

ORIENTADO POR:

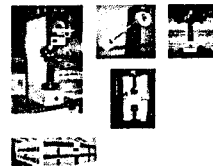
Engº Luís Filipe Malheiros

Engª Anabela Pontes

EM COLABORAÇÃO COM:

CATIM

Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica



AGRADECIMENTOS

Gostaria aqui de prestar os meus sinceros e profundos agradecimentos a todos aqueles que tornaram possível a realização deste trabalho, e salientar aqueles cuja colaboração foi, de alguma maneira, importante para mim.

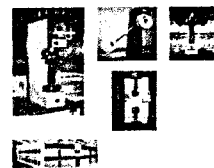
Ao CATIM, pela oportunidade que me facultou para realização deste estágio e pelos meios postos à minha disposição.

Ao Eng^o Luís Filipe Malheiros, por ter tornado possível a realização deste estágio, por toda a disponibilidade demonstrada e ajuda prestada.

À Eng^a Anabela Pontes, por toda a ajuda, dedicação e interesse demonstrado. Por todas as oportunidades que me proporcionou e apoio que me deu, o meu sincero obrigado.

Aos colaboradores do Laboratório de Ensaios de Materiais do CATIM pela maneira como me acolheram e por toda a ajuda e apoio prestados.

À minha família pelo carinho e paciência que sempre demonstraram, ajudando-me e tornando mais fácil a realização deste trabalho. Obrigado por me terem deixado aproveitar as oportunidades que me surgiram.



RESUMO

O estágio foi realizado no Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM) do CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica.

O Laboratório de Ensaios de Materiais é um laboratório acreditado pelo Instituto Português da Qualidade – IPQ, de acordo com a norma NP EN 45001. Neste contexto, foi necessária a familiarização com os procedimentos, as metodologias e as responsabilidades inerentes ao sistema de qualidade. Da familiarização passou-se à prática, sendo necessário o envolvimento no trabalho diário do laboratório, traduzindo-se na participação em diversas actividades respeitantes à Gestão da Qualidade de um laboratório acreditado.

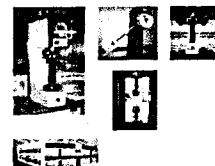
Esta participação no quotidiano do Laboratório iniciou-se pela intervenção directa na Gestão dos Equipamentos de Inspeção, Medição e Ensaio – EIME, sendo possível identificar a sua importância e impacto no Laboratório. Destacam-se as seguintes áreas de intervenção: identificação e ficheiro de equipamento, periodicidade de calibração, plano de calibração, pedidos de calibração, calibração interna e externa, confirmação metrológica, critérios de aceitação e análise dos certificados de calibração.

O controlo de documentos é outro requisito fundamental e integrante da Gestão da Qualidade. Para o efeito foi criada uma base de dados, facilitando o controlo permitindo listar todos os documentos normativos existentes no Laboratório. A gestão destes documentos ficou formalizada com a elaboração de um procedimento descrevendo a metodologia de controlo de documentos normativos e difusão das suas cópias. A passagem pelo Laboratório de Ensaios de Materiais permitiu realizar o trabalho já acima mencionado, mas também verificar o modo de funcionamento das Comissões Técnicas de normalização, acompanhando o vogal numa reunião da CT19 – Soldadura.

No decorrer deste estágio, o LEM participou num Ensaio de Comparação Interlaboratorial, que é um dos meios eficazes para comprovar a experiência técnica e de familiarização com os métodos de ensaio. Esta oportunidade permitiu a familiarização com o ensaio proposto para intercomparação, assim como a participação activa no processo de medição.

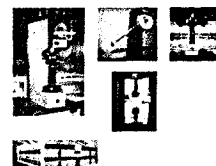
Sendo alvo de uma auditoria anual, realizada pelo IPQ, houve a oportunidade da participação na sua preparação e, intervenção activa na categoria de estagiária do Laboratório.

Ainda no âmbito da gestão de equipamentos, e dando seguimento ao trabalho de Seminário, o tema das incertezas de medição associadas ao ensaio de dureza foi uma constante deste estágio, tendo sido elaborados os procedimentos escritos de cálculo de incertezas de medição associadas ao ensaio e calibração das escalas de dureza do âmbito da acreditação, nomeadamente Vickers, Brinell 2,5/187,5 e Rockwell (escalas B e C).



INDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. APRESENTAÇÃO DO CATIM	1
Breve Introdução Histórica.....	2
Principais Áreas de Actuação do CATIM.....	3
1.2. LABORATÓRIO ACREDITADO.....	6
Vantagens de um Laboratório Acreditado.....	7
Obrigações Resultantes da Acreditação	7
2. SISTEMA DA QUALIDADE	9
2.1. MANUAL DA QUALIDADE	10
2.2. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIO.....	11
2.3. GESTÃO DE DOCUMENTOS E DADOS.....	12
2.4. CONTROLO DA QUALIDADE	14
3. AVALIAÇÃO DE LABORATÓRIOS DE ENSAIOS ACREDITADOS.....	15
3.1. AUDITORIA.....	15
3.2. ENSAIO DE COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL.....	17
4. GESTÃO DE EQUIPAMENTOS DE INSPECÇÃO, MEDIÇÃO E ENSAIO - EIME.....	19
4.1. RECEPÇÃO TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS	19
4.2. FICHEIRO DE EQUIPAMENTO	20
Instalação e Arranque.....	21
4.3. CONFIRMAÇÃO METROLÓGICA	22
Reposição do Equipamento em Serviço.....	25
Ajuste do Equipamento	25
Reparação	26
Desclassificação do Equipamento	26
Equipamento Fora de Serviço	26
4.4. RASTREABILIDADE	27
5. CÁLCULO DAS INCERTEZAS DE MEDIÇÃO NUM LABORATÓRIO ACREDITADO	29
5.1. INCERTEZA DE MEDIÇÃO NA ESCALA DE DUREZA BRINELL.....	30
5.1.1. Ensaio de Dureza Brinell.....	30
5.1.2. Cálculo da Incerteza de Medição Associada à Calibração da Escala de Dureza Brinell 2,5/187,5.....	31
Identificação das fontes de erro e variabilidade.....	31
Factor de Expansão Corrigido.....	34
5.1.3. Cálculo da Incerteza de Medição Associado ao Ensaio de Dureza Brinell 2,5/187,5.....	35
Factor de Expansão Corrigido.....	37
5.2. INCERTEZA DE MEDIÇÃO NA ESCALA DE DUREZA VICKERS	38
5.2.1. Ensaio de Dureza Vickers	38
5.2.2. Cálculo da incerteza de medição associada à calibração da escala de dureza Vickers.....	39
5.2.3. Cálculo da Incerteza de Medição Associada ao Ensaio de Dureza Vickers	39
6. CONCLUSÃO.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
8. ANEXO	47
Exemplo de Cálculo da incerteza de medição na Calibração da escala de dureza Brinell	47
Exemplo de Cálculo da incerteza de medição no ensaio de dureza Vickers.....	48



GLOSSÁRIO DE TERMOS RELEVANTES

Para permitir ao leitor uma rápida identificação dos diferentes termos, apresenta-se uma listagem dos conceitos mais utilizados ao longo do texto.

Acção correctiva [1]

Acção levada a efeito para eliminar as causas de uma não conformidade, de um defeito ou de outra situação indesejável, de modo a impedir a sua repetição.

Nota 1: As acções correctivas podem necessitar, por exemplo, de modificações nos procedimentos, nos sistemas, para alcançar a melhoria da qualidade em cada uma das fases do ciclo da qualidade.

Nota 2: Há uma distinção entre “correccção” e “acção correctiva”:

- correccção aplica-se a uma reparação, a um retoque/reprocessamento ou a um ajustamento e refere-se ao tratamento de uma não conformidade existente;
- acção correctiva refere-se à eliminação de causas de uma não conformidade.

Acção preventiva [1]

Acção levada a efeito para eliminar as causas de potenciais não conformidades, defeitos ou outras situações indesejáveis de modo a evitar a sua ocorrência.

Nota: As acções preventivas podem envolver, por exemplo, modificações nos procedimentos e sistemas, para alcançar a melhoria da qualidade em cada uma das fases do ciclo da qualidade.

Acreditação (de um laboratório) [2]

Reconhecimento formal da competência de um laboratório para a realização de determinados ensaios ou de certos tipos de ensaios.

Nota: O termo “acreditação de um laboratório” pode abranger tanto o reconhecimento da competência técnica e da imparcialidade de um laboratório ou unicamente a sua competência técnica. A acreditação é normalmente concedida após avaliação satisfatória do laboratório e é seguida de um acompanhamento adequado.

Auditor de Laboratórios [2]

Pessoa que realiza a totalidade ou parte das acções necessárias à avaliação de um laboratório.

Auditor da Qualidade [1]

Pessoa qualificada para efectuar auditorias da qualidade.

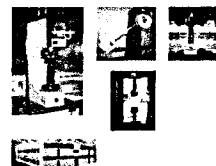
Nota: Um auditor da qualidade, designado para dirigir uma auditoria da qualidade, é denominado “coordenador da auditoria da qualidade”.

Auditado [2]

Organização submetida à auditoria.

Avaliação de um Laboratório [2]

Exame a um laboratório com vista a avaliar a sua conformidade com critérios especificados de acreditação de laboratórios.

**Classe de exactidão (de um instrumento de medição)** [3]

Classe de instrumentos de medição que satisfazem certos requisitos metrológicos com vista a manter os erros dentro de limites especificados.

Nota 1: Uma classe de exactidão é habitualmente indicada por um número ou símbolo adoptado por convenção e denominado índice de classe.

Conformidade [1]

Satisfação dos requisitos especificados.

Controlo da Qualidade [1]

Conjunto das técnicas e actividades de carácter operacional utilizadas com vista a satisfazer os requisitos da qualidade

Critérios de Acreditação de um laboratório [2]

Conjunto de requisitos estabelecidos por um organismo de acreditação, aos quais um laboratório deve satisfazer para ser acreditado.

Desvio Padrão [4]

Raiz quadrada (positiva) da variância de uma variável aleatória.

Desvio Padrão Experimental [3]

Raiz quadrada (positiva) da variância experimental.

Dispositivo indicador [3]

Parte de um instrumento de medição que afixa a indicação.

Documento Normativo [2]

Documento que define regras, linhas de orientação ou características para actividades ou seus resultados.

Nota 1: A expressão “documento normativo” é um termo genérico que abrange os documentos tais como normas, especificações técnicas, códigos de boa prática e regulamentos.

Nota 2: Considera-se “documento” todo o suporte de informação com a informação que contém.

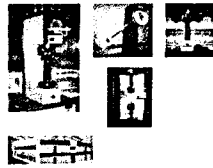
Nota 3: Os termos relativos aos diferentes tipos de documentos normativos, são definidos como compreendendo o documento e o seu conteúdo, considerados como um todo.

Ensaio [2]

Operação técnica que consiste em determinar uma ou mais características de um dado produto, processo ou serviço, segundo um modo operativo.

Ensaio de Aptidão (de um laboratório) [2]

Determinação da capacidade de um laboratório, em matéria de ensaios, por exemplo, por meio de ensaios de comparação interlaboratorial.

**Equipamento de medição** [5]

Todos os instrumentos de medição, padrões, materiais de referência, aparelhos auxiliares e instruções necessárias à execução de uma medição. Este termo compreende o equipamento de medição utilizado em inspecção e ensaio, bem como na calibração.

Nota 1: O termo “equipamento de medição” compreende os instrumentos de medição e os padrões. Considera-se ainda que um material de referência corresponde a um tipo de padrão particular.

Erro (absoluto) da medição [3]

Diferença algébrica entre o resultado da medição e o valor verdadeiro da mensuranda.

Nota 1: O termo aplica-se igualmente:

- à indicação;
- ao resultado bruto;
- ao resultado corrigido;

Nota 2: Os componentes conhecidos do erro da medição podem ser compensados pela aplicação de correcções apropriadas. O erro do resultado corrigido só pode ser caracterizado por uma incerteza.

Nota 3: Não confundir “erro absoluto”, que é uma grandeza algébrica, com “valor absoluto do erro” que é correspondente ao módulo do erro.

Erros máximos admissíveis (de um instrumento de medição) [3]

Valores extremos do erro admitidos pelas especificações, regulamentos, etc., relativos a um dado instrumento de medição.

Especificação [1]

Documento que estabelece requisitos.

Exactidão (de um instrumento de medição) [3]

Aptidão de um instrumento de medição para dar indicações próximas do verdadeiro valor da grandeza medida.

Gama de medição (especificada) [3]

Conjunto dos valores da mensuranda para os quais o erro do instrumento de medição é supostamente mantido entre determinados limites.

Nota 1: Os limites superior e inferior da gama de medição especificada são por vezes chamados “alcance máximo” e “alcance mínimo”, respectivamente.

Nota 2: Em certos domínios de conhecimento o termo “gama” é utilizado para exprimir a diferença entre o maior e o menor dos valores.

Gestão da Qualidade [1]

Todas as actividades da função geral da gestão que determinam a política da qualidade, os objectivos e as responsabilidades, e os implementam através de meios tais como o planeamento, o controlo, a garantia e a melhoria da qualidade no âmbito do sistema da qualidade.

Nota 1: A gestão da qualidade é da responsabilidade de todos os níveis da gestão mas deve ser conduzida pela gestão de topo. A sua implementação envolve todos os meios da organização.

Nota 2: A gestão da qualidade dá atenção aos aspectos económicos.

**Garantia da Qualidade** [1]

Conjunto de todas as actividades planeadas e sistematicamente implementadas no âmbito do sistema da qualidade, demonstradamente necessárias para proporcionar confiança adequada de que uma entidade está em condições de satisfazer os requisitos da qualidade.

Incerteza Expandida [3]

Parâmetro que define o intervalo do resultado de uma medição, em que se espera estar incluída uma fracção da distribuição dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos à mensuranda.

Incerteza (de Medição) [3]

Parâmetro associado ao resultado de medição, que caracteriza a dispersão de valores que podem ser razoavelmente atribuídos à mensuranda.

Incerteza Padrão [3]

Incerteza de medição expressa como um desvio padrão.

Instrumento de medição [3]

Dispositivo destinado à execução da medição, isolado ou em conjunto com equipamentos suplementares.

Laboratório Acreditado [2]

Laboratório ao qual foi concedida a acreditação.

Laboratório de Ensaios [2]

Laboratório que executa ensaios.

Média Aritmética [4]

Soma dos valores dividida pelo número de valores.

Medição [3]

Conjunto de operações que têm por objectivo determinar o valor de uma grandeza.

Mensuranda [3]

Grandeza particular submetida à medição.

Método de Avaliação Tipo A [3]

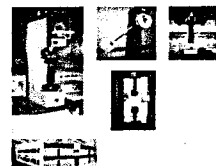
Método de avaliação da incerteza de medição por análise estatística de séries de medições.

Método de Avaliação Tipo B [3]

Método de avaliação da incerteza da medição por outros meios que não o da análise estatística de séries de medições.

Método de Ensaio [2]

Procedimento técnico definido para a realização do ensaio.

**Norma** [2]

Documento, estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para utilização comum e repetida, regras, linhas de orientação ou características, para actividades ou seus resultados, visando atingir um nível de ordem óptimo, num dado contexto.

Não conformidade [1]

Não satisfação de um requisito especificado.

Nota: A definição abrange o desvio ou a ausência, relativamente aos requisitos especificados, de uma ou mais características da qualidade.

Organismo de acreditação (de laboratórios) [2]

Organismo que dirige e administra um sistema de acreditação de laboratórios e que concede a acreditação.

Nota: um organismo de acreditação pode pretender delegar uma parte ou a totalidade da avaliação de um laboratório noutro organismo competente. Reconhecendo que isto pode ser uma solução prática para alargar a acreditação de laboratórios, é essencial que uma tal avaliação seja equivalente à efectuada pelo organismo de acreditação e que este assuma a plena e total responsabilidade desta extensão.

Planeamento da Qualidade [1]

Actividades que determinam os objectivos e os requisitos da qualidade, assim como os requisitos para a aplicação dos elementos do sistema da qualidade.

Política da Qualidade [1]

Conjunto de intenções e orientações de uma organização com vista à qualidade tal como formalmente expressos pela gestão de topo.

Nota: A política da qualidade constitui um elemento da política geral da empresa e é aprovada pela gestão de topo.

Procedimento [1]

Modo específico para executar uma actividade.

Nota 1: Em muitos casos, os procedimentos são documentos.

Nota 2: Quando um procedimento é documentado, utiliza-se muito frequentemente a expressão “procedimento escrito”.

Nota 3: Um procedimento escrito comporta geralmente o objectivo e o campo de aplicação de uma actividade; o que deve ser feito e quem o deve fazer; quando, onde e como deve ser feito; que materiais, equipamentos e documentos devem ser utilizados; como deve ser controlada e registada.

Qualidade [1]

Conjunto das características de uma entidade que lhe conferem aptidão para satisfazer necessidades explícitas ou implícitas.

Registo [1]

Documento que fornece evidência (prova) objectiva das actividades realizadas ou resultados obtidos.

**Relatório de ensaio de laboratório acreditado** [2]

Relatório de ensaio contendo uma declaração do laboratório que indica a sua acreditação para esse ensaio e que o mesmo foi efectuado de acordo com as condições prescritas pelo organismo de acreditação.

Repetibilidade dos Resultados (de uma Medição) [3]

Aproximação entre os resultados de medições sucessivas da mesma mensuranda efectuadas nas mesmas condições de medição.

Resolução (de um Dispositivo Indicador) [3]

Menor diferença entre indicações de um dispositivo indicador que se podem distinguir significativamente.

Resultado de uma Medição [3]

Valor atribuído a uma mensuranda, obtido na medição.

Signatário autorizado (de um laboratório acreditado) [2]

Pessoa reconhecida por um organismo de acreditação como tendo competência para assinar os relatórios de ensaio do laboratório acreditado.

Sistema de Acreditação (de laboratórios) [2]

Sistema com regras próprias de procedimento e de gestão para proceder à acreditação de laboratórios.

Tolerância [4]

Diferença entre os limites superior e inferior.

Valor convencionalmente verdadeiro (de uma grandeza) [3]

Valor atribuído a uma grandeza particular e aceite, por vezes por convenção, como tendo uma incerteza apropriada a um determinado objectivo.



1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO DO CATIM



Figura 1 - Logotipo do CATIM.

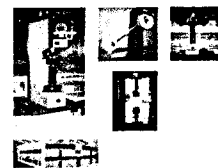
O CATIM – Centro de Apoio Tecnológico á Industria Metalomecânica foi criado com o objectivo de dar apoio técnico e promover tecnologicamente as indústrias nacionais de metalomecânica, para o que deverá, nomeadamente:

- a) Apoiar técnica e tecnologicamente as empresas do sector ou dos sectores afins ou complementares;
- b) Promover a melhoria da qualidade dos produtos e dos processos industriais;
- c) Apoiar ou promover a formação técnica e tecnológica especializada do pessoal das empresas;
- d) Divulgar informação técnica e tecnológica;
- e) Realizar e dinamizar trabalhos de investigação, desenvolvimento e demonstração (ID&D), visando o progresso tecnológico do sector;
- f) Contribuir para o equilibrado desenvolvimento regional e, consequentemente, para um melhor ordenamento industrial do País.

O CATIM conta com cerca de 400 associados e possui, além da sua sede no Porto, uma delegação em Lisboa.



Figura 2 - Instalações do CATIM.



Breve Introdução Histórica

Em 23 de Maio de 1980, a Associação de Industriais Metalúrgicos e Metalomecânicos do Norte (AIMMN, actual AIMAP) em representação dos industriais do sector, o Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas Industriais (IAPMEI), o Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (LNETI – actual INETI) e a Direcção Geral da Qualidade (DGQ, actual IPQ) por parte do Estado, assinaram um protocolo pelo qual se comprometeram a tomar as iniciativas conducentes à criação dum Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica (CATIM), com sede no Porto.

No mesmo dia e por segundo protocolo os mesmos signatários decidiram a imediata criação de um Laboratório de Apoio Tecnológico ao Material de Queima (LMQ) que, em 1985, originou a Unidade Térmica Industrial. O LMQ foi inicialmente instalado numa área de 500m² alugada no Hiper-Centro, na Rua do Rio, à Areosa (Porto). Vocacionado para realizar ensaios para certificação de aparelhos a gás e seus acessórios, emitiu os primeiros resultados em Julho de 1981.

Em Outubro de 1983 foi criada a Unidade Electrónica Industrial (UEI) que funcionou igualmente em instalações alugadas.

Em Setembro de 1985 ambas as unidades foram transferidas para o edifício da Rua dos Plátanos, propriedade do LNETI mas concebido especialmente para o CATIM, que o utiliza em regime de comodato. Procedeu-se então à instalação de mais duas unidades, a de Metrologia Industrial (UMI) e a de Ensaios Mecânicos (UEM).

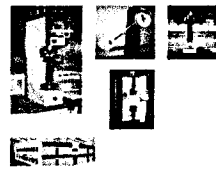
Em 1987 foi criada a Unidade de Projecto e Automação (UPA) e em 1990 a Unidade da Qualidade (UQ).

Em 1994 foi criada a unidade do CATIM Lisboa.

Em 1996 procedeu-se a uma primeira reestruturação do CATIM, tendo-se agrupado os serviços em duas grandes unidades: Apoio Tecnológico (Pólo do Porto e de Lisboa) e Laboratórios.

Além disso, e porque a actividade que anteriormente vinha sendo desenvolvida nas Unidades Electrónica Industrial e Projecto e Automação deixou de concitar interesse suficiente, deu-se por terminada a intervenção do CATIM naqueles domínios.

No final de 1997 foi efectuada uma nova actualização da sua organização, culminando no organigrama actual.



Principais Áreas de Actuação do CATIM

A partir de 1997 as áreas de intervenção do CATIM são as seguintes:

1) Qualidade

- Assistência Técnica:
 - Implementação de Sistemas de Gestão e Garantia da Qualidade – Normas ISO 9000;
 - Diagnósticos e Auditorias da Qualidade – Normas ISO 9000;
 - Implementação de Sistemas de Gestão de Equipamentos de Inspecção, Medição e Ensaio;
 - Apoio a PME's na Gestão e Garantia da Qualidade;
- Formação em Gestão e Garantia da Qualidade, Controlo Estatístico do Processo, Gestão dos Equipamentos de Inspecção, Medição e Ensaio.

2) Higiene e Segurança

- Assistência Técnica:
 - Diagnósticos de Higiene e Segurança;
 - Implementação e Gestão de Sistemas de Higiene e Segurança;
 - Caracterização e avaliação do ambiente industrial (ruído, ambiente térmico, iluminância, ergonomia dos postos de trabalho, contaminantes químicos, etc);
- Formação em Higiene e Segurança.

3) Segurança de Máquinas

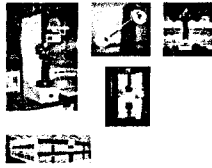
- Assistência Técnica:
 - Identificação e análise das exigências de segurança constantes na legislação e normalização em vigor;
 - Identificação dos riscos associados às máquinas e definição de soluções a adoptar;
 - Elaboração de documentação, nomeadamente manual de instruções, desenhos técnicos, etc;
 - Apoio na constituição do Dossier Técnico de Fabrico;
- Formação em Segurança de Máquinas.

4) Certificação no âmbito da Directiva Máquinas: Exames CE de Tipo

- Realização de Exames CE de Tipo (exames realizados por um organismo notificado no sentido de verificar a conformidade do equipamento com as especificações da directiva máquinas, no âmbito da segurança).

5) Ambiente

- Assistência Técnica:
 - Diagnósticos e Auditorias Ambientais;
 - Caracterização e análise da conformidade com a legislação em vigor de águas residuais;
 - Estudos de tratabilidade e optimização de águas residuais;
 - Caracterização e definição de sistemas de poluentes gasosos;
 - Implementação de Sistemas de Gestão Ambiental – ISO 14 000;



- Formação em avaliação e gestão ambiental; formação de técnicos para acompanhamento da ETAR.

6) Normalização

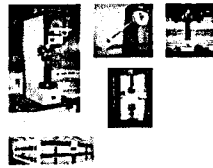
- Coordenação e dinamização das Comissões de Normalização do ONS CATIM;
- Apoio à normalização junto das empresas.

7) Metrologia

- Calibrações
 - Equipamentos no âmbito da Metrologia Dimensional, de Temperaturas, Pressões, Forças e Grandezas Eléctricas;
- Medições
 - Estado superficial (rugosidade);
 - Tridimensionais de peças;
 - Perfis de temperaturas em estufas, muflas e banhos;
- Verificação de máquinas ferramenta;
- Formação em Metrologia.

8) Ensaios de Materiais

- Ensaios
 - Ensaios Tracção/compressão de materiais metálicos e não metálicos;
 - Ensaios de impacto (Charpy), materiais metálicos
 - Ensaios de dobragem, materiais metálicos
 - Ensaios de dureza
 - Ensaios de resistência mecânica de dispositivos de entrada de sumidouros e de fecho de câmaras de visita.
 - Preparação metalográfica para exame macrográfico e micrográfico.
 - Exame metalográfico de uniões soldadas.
 - Classificação da microestrutura e determinação da quantidade de grafite.
 - Determinação do tamanho médio de grão
 - Determinação da fracção volúmica de um constituinte – contagem de pontos
 - Determinação das espessuras das camadas superficiais endurecidas com aplicação do ensaio de micodureza
 - Determinação da profundidade de descarbonização
 - Determinação de espessuras de revestimentos pelo método de corte metalográfico.
 - Determinação da composição química por espectrometria de emissão optica.
 - Medições de espessuras pelo método magnético e correntes de Foucault.
 - Determinação do teor de inclusões não metálicas
 - Verificação indirecta de máquinas de ensaios de dureza.
- Formação em ensaios mecânicos e metalográficos.

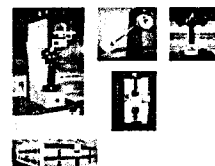


9) Ensaios de produtos

- Ensaios:
 - Aparelhos a gás e eléctricos;
 - Brinquedos e artigos de puericultura;
 - Ensaios de louça metálica, cutelaria;
 - torneiras sanitárias e componentes metálicos para canalizações;
 - Ensaios de corrosão;
- Formação de Técnicos de gás, mecânicos de aparelhos a gás, instaladores de redes de gás e de soldadores de cobre e polietileno.

10) Revestimentos

- Revestimentos finos em fase de vapor (PVD) em superfícies sujeitas a desgaste;
- Revestimentos cerâmicos por projecção (PLASMA APS);
- Revestimentos por projecção a alta velocidade;
- Estudos de fenómenos de corrosão e da sua prevenção;
- Formação em tratamentos de superfície [6].



1.2. LABORATÓRIO ACREDITADO

O Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM) é um Laboratório Acreditado, isto é, é um laboratório de ensaios ao qual foi concedida a acreditação, desde 1990-04-26, segundo a norma NP EN 45001. A acreditação permite ao LEM o reconhecimento formal da sua competência para a execução de determinados ensaios, atribuída pelo Instituto Português da Qualidade.

A actividade de acreditação de laboratórios rege-se, quer a nível internacional quer a nível Europeu, pelas seguintes normas, respectivamente, Guia ISO/CEI 25 e EN 45000, o que possibilita o estabelecimento de acordos de reconhecimento mútuo das acreditações entre vários países. Em Portugal, as funções de organismo de acreditação são desempenhadas pelo IPQ – Instituto Português da Qualidade, que funciona de acordo com os critérios internacionais (EN 45003), para ser reconhecido e aceite pelos seus semelhantes.

O estatuto de Laboratório Acreditado é formalizado pelo Certificado de Acreditação, que apresenta a data e o período de validade da acreditação, quais as condições em que a acreditação foi concedida, qual o organismo de acreditação e a entidade acreditada. Num anexo ao certificado, é identificado e caracterizado o domínio técnico da acreditação.

A acreditação é concedida para um domínio específico que envolve a realização de ensaios e/ou calibrações específicos, que podem ou não corresponder à totalidade da actividade oferecida aos clientes pelo laboratório [7].

O domínio de uma acreditação deve ser definido sem ambiguidades, com referência a um ou a vários ensaios ou tipos de ensaio. Para este efeito, os ensaios devem ser definidos o mais precisamente possível, com referência aos produtos submetidos a ensaio, às características medidas ou determinadas e aos métodos de ensaio aplicados. Os métodos de ensaio utilizados para a execução de um ensaio específico para o qual a acreditação é concedida devem ser definidos com referência a um procedimento normalizado ou devidamente documentado [8].

Os Relatórios de Ensaio e/ou Certificados de Calibração, emitidos pelos laboratórios acreditados, são identificados por um Símbolo, emitido pelo organismo de acreditação, que o identifica, assim como o tipo de actividade e entidade acreditada [7].

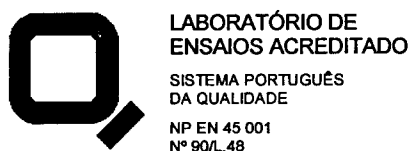
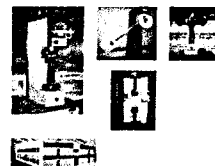


Figura 3 - Símbolo da Acreditação pelo IPQ.



Vantagens de um Laboratório Acreditado

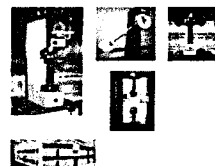
As vantagens de ser laboratório acreditado são variáveis de acordo com o próprio laboratório; no entanto podem apontar-se como normais as seguintes:

- Reconhecimento da competência técnica e da qualidade do laboratório perante os clientes e público em geral;
- Maior aceitação dos relatórios e/ou certificados emitidos;
- Possibilidade de participação em certificação de produtos;
- Aumento da autoconfiança do laboratório e respectivo pessoal [7];
- Factor de competitividade;
- Força motriz para a melhoria contínua.

Obrigações Resultantes da Acreditação

O laboratório de ensaios deve estar devidamente organizado e funcionar de uma forma regular, de modo a:

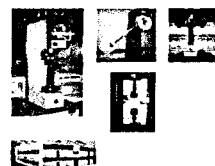
- Estar em conformidade, em todos os momentos, com a norma em vigor (NP EN 45 001) e com outros requisitos prescritos pelo organismo de acreditação.
- Apenas declarar que é laboratório acreditado para os ensaios para os quais foi concedida a acreditação, sempre em conformidade com as normas e procedimentos aceites pelo organismo de acreditação.
- Suportar todos os custos relativos ao processo de candidatura, cotas de associado, auditorias, acompanhamento e outros serviços determinados pelo organismo de acreditação.
- Não fazer uso da acreditação de maneira a pôr em causa a boa reputação do organismo de acreditação e não fazer qualquer declaração menos clara sobre o âmbito da acreditação que o organismo de acreditação possa, de um modo razoável, considerar indevida.
- Cessar de imediato toda e qualquer actividade relativa à acreditação, bem como toda a espécie de publicidade, que de qualquer modo esteja relacionada com a acreditação, quando esta lhe for retirada.
- Tornar bem claro em qualquer contrato com os seus clientes que a acreditação do laboratório ou qualquer relatório de ensaios não constituem ou implicam, de modo algum, por si sós, a aprovação do produto pelo organismo de acreditação ou por qualquer outro organismo.
- Esforçar-se por garantir que nenhum relatório de ensaios ou parte do relatório possam ser utilizados por um cliente para fins de promoção ou publicitários, nos casos considerados indevidos pelo organismo de acreditação. O relatório de ensaios não deve, em caso algum, ser reproduzido parcialmente sem a autorização expressa do organismo de acreditação e do laboratório de ensaios.
- Informar de imediato o organismo de acreditação sobre quaisquer alterações que possam pôr em causa a sua conformidade com os critérios da norma NP EN 45 001 e com quaisquer outros que possam afectar a capacidade ou o domínio de actividade do laboratório de ensaios.
- Participar nos ensaios interlaboratoriais e auditorias de medição, sempre que seja relevante, ou solicitado pelo organismo de acreditação.



- Não fazer uso abusivo ou indevido do estatuto de Laboratório Acreditado, nomeadamente respeitando as regras de publicidade e utilização do símbolo “Acreditação”, estabelecidas pelo organismo de acreditação [7], [9].

O laboratório de ensaios ao fazer referência à sua qualidade de laboratório acreditado através de meios de comunicação, tais como documentos, brochuras ou anúncios, deve usar, conforme os casos, frases ou expressões do tipo indicado na norma NP EN 45 001, assim como os seus clientes que, ao fazerem referência ao recurso a um laboratório de ensaios acreditado, devem utilizar, conforme os casos, expressões do tipo indicado na mesma norma. A partir do momento em que é retirada a acreditação, o laboratório de ensaios deve tomar as medidas necessárias para impedir qualquer utilização ulterior deste tipo de referências.

O laboratório de ensaios pode rescindir a sua acreditação, devendo tal ser solicitado por escrito ao organismo de acreditação, com uma antecedência de um mês (ou outro prazo previamente acordado entre as partes) [9].



2. SISTEMA DA QUALIDADE

Um laboratório de ensaios acreditado deve estabelecer, implementar e manter um Sistema da Qualidade apropriado ao âmbito das suas actividades - tipo, diversidade e volume do trabalho que executa. Todas as suas políticas de acção, procedimentos e instruções devem encontrar-se documentadas de modo a garantir a qualidade da actividade (ensaios e/ou calibrações) por si desempenhada. O laboratório deve trabalhar sempre no sentido da melhoria contínua do Sistema da Qualidade.

Sistema da Qualidade

Conjunto da estrutura organizacional dos procedimentos, dos processos e dos recursos necessários para implementar a Gestão da Qualidade [1].

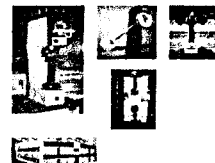
Nota:

1. O sistema da qualidade deve ser tão abrangente quanto necessário, para se atingirem os objectivos da qualidade.
2. O sistema da qualidade de uma organização é concebido essencialmente para satisfazer as necessidades internas de gestão da organização.
3. Para os efeitos contratuais ou legais de avaliação da qualidade pode ser exigida a demonstração da implementação de elementos identificados do sistema da qualidade.

Para implementar um sistema de Gestão da Qualidade, a organização deve:

- Identificar os processos necessários para o sistema de Gestão da Qualidade;
- Determinar a sequência e interacção destes processos;
- Determinar critérios e métodos requeridos para assegurar a operação e controlo eficazes destes processos;
- Assegurar a disponibilização da informação necessária para suportar a operação e monitorização desses processos;
- Medir, monitorizar e analisar estes processos e implementar as acções necessárias para atingir os resultados planeados e a melhoria contínua.

Todos os elementos do sistema da qualidade devem estar descritos no Manual da Qualidade cuja utilização deve ser acessível ao pessoal do laboratório.



2.1. MANUAL DA QUALIDADE

Um Manual da Qualidade deve ser constituído pelos procedimentos (ou referi-los) do sistema da qualidade, que têm por objectivo o planeamento e a gestão geral das actividades com impacto na qualidade duma organização. Deve cobrir todos os elementos aplicáveis da norma do sistema da qualidade definidos [10].

O Manual da Qualidade deve ser elaborado de acordo com a Directiva CNQ 16 e com a norma NP EN 45001.

O Manual da Qualidade deve ser mantido permanentemente actualizado por um membro responsável do laboratório, designado para o efeito, contendo, no mínimo, o seguinte:

- Uma declaração relativa à política da qualidade.
- Organigramas apresentando a estrutura orgânica do laboratório e enunciando as funções e responsabilidades técnicas de cada pessoa e do responsável técnico, incluindo o responsável pela garantia da conformidade do laboratório com a norma apropriada (NP EN 45001).
- Os objectivos do sistema da qualidade.
- As actividades operacionais e funcionais que digam respeito à qualidade de forma a que cada elemento do pessoal conheça a extensão e limites da sua esfera de responsabilidades.
- Os procedimentos gerais da garantia da qualidade. A política da qualidade deve ser concisa e deve incluir os requisitos para que todos os ensaios e/ou calibrações sejam realizados de acordo com os procedimentos existentes ou especificações do cliente. Quando o laboratório pertence a uma organização de grande dimensão, alguns elementos da Política de Qualidade podem estar descritos noutros documentos.
- A referência aos procedimentos de garantia da qualidade específicos de cada ensaio, quando aplicável.
- Devem ser incluídos ou ser feita referência a todos os procedimentos, incluindo os procedimentos técnicos. Deve ser evidenciada a estrutura de toda a documentação usada no Sistema da Qualidade.
- As disposições satisfatórias que permitam o retorno de informação e execução de acções correctivas quando forem detectadas anomalias no decurso dos ensaios.
- Os procedimentos para tratamento de reclamações [9], [11], [12].

Cada organização tem um sistema da qualidade e um manual da qualidade específico.

Sendo o pilar documental do Sistema da Qualidade, ele deve conter ou fazer referência directa ou indirecta (por outro documento) a todos os documentos que suportam o Sistema da Qualidade.

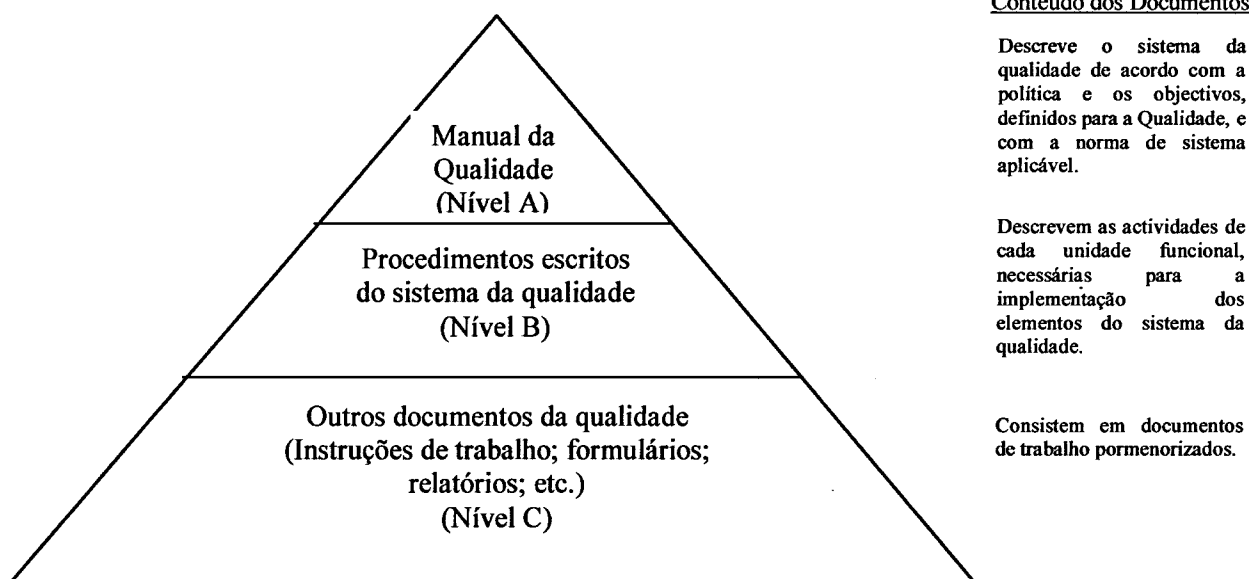


Figura 4 - Hierarquia típica da documentação de um sistema da qualidade [10].

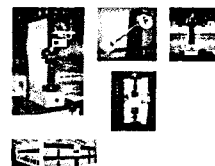
O sistema da qualidade deve ser sistemático e periodicamente revisto pela direcção ou a mando desta, de modo a manter a eficácia das disposições e permitir tomar as acções correctivas necessárias. Os registos dessas revisões devem ser guardados, bem como os pormenores das acções correctivas efectuadas.

2.2. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIO

O laboratório de ensaios deve dispor de instruções documentadas apropriadas sobre a utilização e operação de todo o equipamento considerado relevante, bem como sobre o manuseamento e preparação dos itens objecto de ensaio, quando aplicável e, sobre as técnicas normalizadas de ensaios, nos casos em que a ausência de tais instruções possa comprometer a eficácia do processo de ensaio.

Todas as instruções, normas, manuais e dados de referência, importantes para os trabalhos do laboratório de ensaios, devem ser mantidos actualizados e facilmente acessíveis ao pessoal [9].

De referir que, no caso do LEM - CATIM, e no sentido de facilitar a procura de um determinado documento normativo, foi criada uma base de dados, contendo um registo actualizado de todos os documentos normativos existentes no Laboratório de Ensaios de Materiais. A gestão dos documentos normativos foi formalizada através da elaboração de um procedimento escrito, descrevendo a metodologia de recepção, actualização, difusão e arquivo.



Os procedimentos escritos devem conter a seguinte informação mínima:

- Identificação clara e inequívoca do documento (em todas as páginas que o constitui);
- Evidência da sua avaliação e actualização;
- O objectivo e âmbito de aplicação da actividade descrita no procedimento;
- Quem (responsáveis) faz o quê (acção), como (procedimento) e quando (condições);
- Os materiais, equipamentos e documentos a usar;
- O modo de controlo e registo da actividade.

Na elaboração dos procedimentos deve ter-se especial atenção para que estejam escritos numa linguagem acessível e compreendida por quem os utiliza.

2.3. GESTÃO DE DOCUMENTOS E DADOS

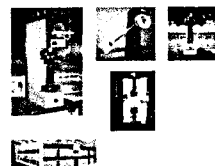
Requisitos gerais

O laboratório deve estabelecer e manter procedimentos para controlar todos os documentos que fazem parte do sistema da qualidade, assim como regulamentações, normas, outros documentos normativos, métodos de ensaio, especificações, instruções e manuais. Este requisito implica:

- A existência de uma estrutura documental coerente e organizada;
- A identificação inequívoca dos documentos elaborados;
- A aprovação dos documentos por pessoal responsável;
- A distribuição em tempo útil dos documentos aprovados;
- A actualização (revisão, substituição ou anulação) de documentos em tempo útil;
- A recolha (ou destruição) eficaz dos documentos obsoletos ou anulados;
- A existência de um arquivo.

Aprovação de Documentos

Todos os documentos direccionados ao pessoal do laboratório devem ser revistos e aprovados por uma pessoa responsável, previamente à sua utilização. Deve existir uma listagem, ou um documento de controlo de documentos equivalente, onde possa ser identificado o estado actual de revisão e identificação dos documentos no sistema da qualidade, e estar prontamente disponível para que de imediato se possa actualizar ou consultar, no sentido de registar se determinado documento se encontra obsoleto ou verificar se está inválido.



Os procedimentos referentes ao sistema da qualidade adoptados devem garantir que:

- Nos locais onde as operações são realizadas estejam disponíveis edições actualizadas dos documentos apropriados;
- Os documentos sejam revistos periodicamente e, quando necessário, actualizados, no sentido de garantir a continuidade da adequação e conformidade com os requisitos prescritos.
- Os documentos inválidos ou obsoletos sejam imediatamente retirados de todos os locais de utilização e, devidamente identificados como tal. Devem ser colocados num local de modo a que seja garantida a sua não utilização.

Todos os documentos do sistema da qualidade gerados pelo laboratório devem ser identificados individualmente. Tal identificação deve incluir a data de realização ou revisão do documento, a paginação, o número total de páginas e a sua aprovação pela(s) pessoa(s) responsável(s).

Alterações nos Documentos

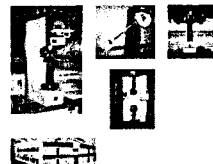
As alterações efectuadas nos documentos do sistema da qualidade devem ser verificadas e aprovadas, tendo como base o mesmo procedimento para a aprovação de documentos descrito anteriormente. A pessoa responsável pela revisão e aprovação deve ter acesso a informação pertinente anterior, com o intuito de basear a sua revisão e posterior aprovação do documento em questão.

Se o sistema de controlo de documentos permitir a elaboração de adendas aos documentos, o procedimento a ser seguido e, as responsabilidades referentes a essas adendas, devem estar bem definidas. A adenda deve ser devidamente identificada como tal, paginada e datada.

Controlo dos Registos da Qualidade

Os registos requeridos para o sistema de Gestão da Qualidade devem ser controlados. Esses registos devem ser mantidos para evidenciar a conformidade com os requisitos e a operação eficaz do sistema de Gestão da Qualidade.

De toda a documentação existente no laboratório, sobressai um grupo que assume um papel vital no Sistema da Qualidade pelo que o tempo de arquivo é normalmente de carácter permanente (por exemplo: registos das auditorias internas e externas). Toda a documentação de menos relevância poderá ter um tempo de arquivo inferior.

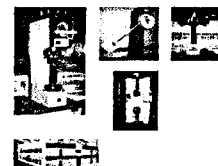


2.4. CONTROLO DA QUALIDADE

O laboratório deve implementar esquemas de controlo da qualidade dos resultados produzidos, nomeadamente:

- Esquemas de controlo da qualidade internos, usando sempre que possível técnicas estatísticas (por exemplo: cartas de controlo da qualidade dos resultados);
- Ensaios em duplicado usando o mesmo ou diferentes métodos de ensaio;
- Repetição de ensaios anteriormente efectuados;
- Uso regular de materiais de referência, certificados e/ou materiais de referência internos;
- Participação em ensaios de comparação interlaboratorial;
- Correlação de resultados obtidos para diferentes características da mesma amostra.

Os esquemas implantados devem estar descritos em documentos incluídos ou referenciados no Manual da Qualidade.



3. AVALIAÇÃO DE LABORATÓRIOS DE ENSAIOS ACREDITADOS

O processo de avaliação do laboratório para verificação do cumprimento dos requisitos de acreditação é normalmente realizado através de auditorias da qualidade, as quais podem ser complementadas por outras formas de avaliação sempre que for considerado relevante pelo organismo de acreditação [7]. Uma dessas formas é a participação em Ensaios de Comparação Interlaboratorial, que permitem avaliar a capacidade e desempenho técnico do laboratório.

3.1. AUDITORIA

O laboratório e todas as unidades técnicas cobertas pelo pedido devem ser submetidos a uma auditoria, pela primeira vez, no processo de requisição de acreditação; e posteriormente, após a sua acreditação. Esta é uma providência tomada pelo organismo de acreditação, a intervalos de tempo regulares, para assegurar que o laboratório continua a satisfazer os critérios de acreditação. Geralmente a acreditação tem um período de validade de 3 anos durante os quais a entidade acreditadora procede a auditorias de acompanhamento. A renovação da validação da acreditação é efectuada através das auditorias de renovação (de 3 em 3 anos).

Auditoria da Qualidade

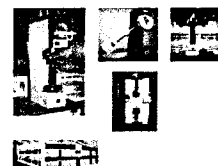
Exame sistemático e independente para determinar se as actividades e os resultados relativos à qualidade satisfazem as disposições pré-estabelecidas, se estas disposições estão efectivamente implementadas e se são adequadas para alcançar os objectivos [1].

Nota 1: A auditoria da qualidade aplica-se essencialmente, mas não se limita, a sistemas da qualidade ou a elementos seus, a processos, a produtos ou a serviços. Tais auditorias são correntemente chamadas “auditorias do sistema da qualidade”, “auditoria da qualidade do processo”, “auditoria da qualidade do produto” ou “auditoria da qualidade do serviço”.

Nota 2: As auditorias da qualidade devem ser realizadas por equipas que não tenham responsabilidade directa nas áreas que estão sendo auditadas mas, de preferência, em cooperação com o pessoal responsável desses sectores.

Nota 3: Uma das finalidades da auditoria da qualidade é avaliar a necessidade de melhoria ou de acção correctiva. Uma auditoria não deve ser confundida com vigilância da qualidade ou inspecção, actividades levadas a efeito com a finalidade de controlo de processos ou de aceitação de produtos.

Nota 4: Auditorias da qualidade podem ser conduzidas para fins internos ou externos.



A auditoria da qualidade é um exame metódico de um sistema tendo em vista verificar rapidamente o seu grau de conformidade ou de aptidão, depois de reunir, se necessário, todos os dados que permitam elaborar recomendações para acções destinadas a prevenir, reduzir ou eliminar as causas da não qualidade [13].

A auditoria da qualidade não se restringe a sistemas da qualidade, ou a elementos desses sistemas, mas aplica-se também a processos, produtos ou serviços.

Numa auditoria é verificada a conformidade dos requisitos da acreditação e da descrição do modo de funcionamento feita no Manual de Qualidade e procedimentos complementares, com a prática efectiva de funcionamento do laboratório. De um modo sucinto, as auditorias visam alcançar um ou mais dos seguintes objectivos:

- Determinar a conformidade ou não conformidade dos elementos dos sistema da qualidade com os requisitos especificados;
- Determinar a eficácia do sistema da qualidade implementado para cumprimento dos objectivos da qualidade especificados;
- Dar ao auditado a oportunidade de melhorar o seu sistema da qualidade;
- Satisfazer exigências regulamentares;
- Permitir o reconhecimento do sistema da qualidade da entidade auditada.

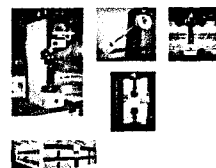
É importante reter que a auditoria é um exame relativamente curto, fornecendo os resultados esperados com suficiente rapidez para que se tomem as medidas preventivas ou correctivas necessárias o mais cedo possível.

As auditorias da qualidade são conduzidas por pessoas que não têm responsabilidade directa nos sectores a auditar, mas de preferência em colaboração com pessoal responsável desses sectores, e podem ser realizadas por necessidades internas ou externas [14]. O auditor deve ter especial cuidado com as suas atitudes e comportamentos. Deve considerar-se como um convidado do laboratório e não como um inspector. O clima de diálogo aberto é muito importante, devendo ser evitadas atitudes intimidatórias, como também pelo contrário a passividade excessiva.

O comportamento do auditor deve ser o de ver, ouvir, analisar, esclarecer, e registar, baseando-se em factos e constatações (evidência objectiva).

Sendo a auditoria uma procura de erros, falhas reais ou potenciais de um sistema, pode-se considerar que uma acção correctiva que resulta da auditoria é também preventiva na medida em que se evitará um retorno das mesmas causas. Na prática, um ou mais auditores verificam, observam, interrogam, etc, com o fim de estudar ou de detectar qualquer problema que afecte a qualidade, emitindo, de seguida, recomendações. Após a auditoria, a equipa auditora elabora e envia o respectivo relatório ao organismo de acreditação.

O relatório da auditoria é enviado ao laboratório que deve analisar o seu conteúdo e remeter a resposta ao organismo de acreditação no prazo estabelecido. A resposta deve conter um Plano de Melhoria (se for caso disso), identificando para cada não conformidade descrita no Relatório da



auditoria a respectiva acção correctiva e data de implementação, assim como outros comentários julgados oportunos.

A entidade auditada é responsável pela determinação e lançamento das acções correctivas necessárias à eliminação das não conformidades.

3.2. ENSAIO DE COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL

Um dos meios mais eficazes para o acompanhamento dos laboratórios acreditados é a participação periódica em exercícios de comparação interlaboratorial. Estes exercícios não constituem uma comparação de padrões no sentido de uma calibração, nem servem de julgamento de facto sobre as melhores capacidades de medição dos laboratórios participantes, ou tão pouco de competição entre estes [15].

Ensaio de Comparação Interlaboratorial

Organização, execução e avaliação de ensaios sobre os mesmos itens (objectos e materiais) ou que sejam semelhantes e que abrangem, no mínimo, dois laboratórios diferentes em condições pré-definidas [2].

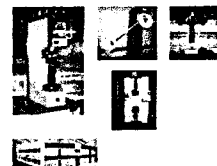
Os laboratórios acreditados devem participar regularmente nestes exercícios de comparação interlaboratorial como uma forma de avaliação contínua de desempenho, independentemente de, no processo de acreditação, tais exercícios deverem fazer parte da avaliação. Estes exercícios, representam assim um complemento das auditorias de acompanhamento, indirecto mas indispensável, na actuação do Instituto Português da Qualidade [15].

Sempre que o laboratório participa em ensaios interlaboratoriais são analisados os resultados dessa participação de modo a avaliar se o seu comportamento foi aceitável; no caso de terem sido identificados problemas, devem ser tomadas acções correctivas e verificada a eficácia das mesmas.

É política do IPQ considerar que os resultados dos ensaios de comparação interlaboratorial complementam a informação recolhida nas auditorias, não existindo uma repercussão directa dos resultados dos ensaios na suspensão da acreditação.

O Instituto Português da Qualidade editou um documento, Directiva CNQ 30/96, onde são apresentados os requisitos para a realização de ensaios de comparação interlaboratorial.

Tendo o LEM participado em Ensaios de Comparação Interlaboratorial, na área da Metalografia – ‘Determinação do tamanho médio de grão’ (ensaio do âmbito da acreditação) e ‘Determinação da



fracção volúmica de um constituinte por contagem de pontos', foi parte integrante do estágio a participação activa nos ensaios referidos.

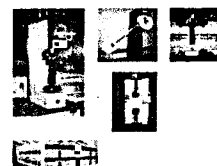
Para garantir a confidencialidade dos participantes, cada laboratório é designado por um código numérico ou alfanumérico.

Após a realização dos ensaios propostos, os relatórios contendo os resultados obtidos são enviados à entidade organizadora que procederá ao tratamento de todos os resultados enviados pelos vários laboratórios. O tratamento dos resultados, de modo a verificar a competência técnica dos laboratórios, é efectuado segundo uma especificação bem definida. O relatório enviado a cada laboratório, contendo todo o tratamento estatístico de dados, permite avaliar se os resultados obtidos por cada laboratório são insatisfatórios, questionáveis ou satisfatórios. Um dos métodos utilizados é o "Robust statistic Method", sendo os resultados avaliados por meio de um factor de desempenho, z , denominado "robust statistical z-score".

Normalmente, a classificação baseia-se na seguinte grelha:

- $|z| > 3 \Rightarrow$ insatisfatório;
- $3 \geq |z| > 2 \Rightarrow$ questionável;
- $|z| < 2 \Rightarrow$ satisfatório.

Mesmo no caso da avaliação ser satisfatória, o laboratório pode verificar o enquadramento do seu desempenho entre os demais participantes.



4. GESTÃO DE EQUIPAMENTOS DE INSPECÇÃO, MEDIÇÃO E ENSAIO - EIME

Os sistemas de Gestão da Qualidade aplicados a laboratórios ou a empresas reservam uma atenção especial à Gestão de Equipamentos de Medição, Inspeção e Ensaio - EIME uma vez que a política de qualidade assenta em medições fiáveis e com a exactidão adequada.

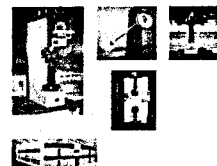
4.1. RECEPÇÃO TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS

Após a chegada de um instrumento de medição, deve ser assegurada a realização de determinadas operações:

- Verificação da conformidade do equipamento relativamente à encomenda efectuada;
- Constatação da conformidade do equipamento com as especificações do construtor ou com prescrições particulares, bem como controlo dos documentos técnicos fornecidos (certificados, manuais, esquemas técnicos, etc);
- Identificação e inventariação do equipamento, que pode ser feita por etiquetas (ou outra marcação) colocadas em pontos visíveis, ou por separação e/ou armazenamento dos equipamentos em locais específicos, devidamente assinalados e identificados;
- Calibração antes da entrada em serviço, permitindo determinar ou confirmar a classe do instrumento;
- Aposição de uma marcação relativa a esta calibração, inicializando-se assim a contagem da periodicidade de calibração.

Segundo a norma NP EN 30012-1 de 1996, que diz respeito à garantia da qualidade para o equipamento de medição, “qualquer pessoa com experiência de medições em geral, e dos equipamentos de medição a confirmar em particular, tendo, preferencialmente, conhecimento dos intervalos utilizados por outros laboratórios, está em condições de estimar, para cada equipamento ou grupo de equipamentos, durante quanto tempo ele é susceptível de se manter dentro das tolerâncias após confirmação. Os factores a tomar em consideração são:

- As recomendações do fabricante do equipamento;
- O grau e severidade das condições de utilização;
- A influência do ambiente;
- A exactidão da medição pretendida.”



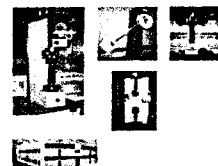
No entanto, a periodicidade das calibrações pode ser estabelecida segundo a Directiva CNQ 19 e a Recomendação CNQ 4, documentos emitidos pelo IPQ.

4.2. FICHEIRO DE EQUIPAMENTO

O laboratório deve conter mecanismos para identificar inequivocamente os equipamentos de que dispõe. Deve existir um ficheiro de equipamento com fichas individuais correspondentes aos equipamentos usados que contenham pelo menos a seguinte informação:

- Nome da empresa;
- Identificação do equipamento: designação, marca, modelo, número de série, número de identificação interna, etc;
- Localização habitual do equipamento,
- Referência aos procedimentos de calibração e de manutenção, caso existam;
- Documentos de referência aplicáveis: normas, manuais do fabricante, especificações internas, etc;
- Periodicidade de calibração (expressa em função do tempo e do número de utilizações do instrumento, etc);
- Data da próxima calibração;
- Datas e natureza das intervenções a que o instrumento foi submetido: recepção, entrada em serviço, calibração, manutenção, reparação, etc;
- Resultados das intervenções (valores obtidos e decisões tomadas) e observações com elas relacionadas;
- Identificação e assinatura ou rubrica do responsável técnico;
- Estado do equipamento no acto da recepção (novo, modificado, reparado);
- Material que o constitui, descrição dos seus componentes e acessórios;
- Tipo de utilização do equipamento (individual ou associado a um sistema de medição, frequência de utilização, etc);
- Nome ou denominação comercial, endereço, telefone, fax do fabricante ou do representante do equipamento;
- Entidades que prestam serviço ao equipamento.

O equipamento e toda a sua documentação devem ser mantidos, para que esteja disponível o historial completo do equipamento de forma a, se necessário, proceder a qualquer correcção nas condições de utilização, necessárias à obtenção da exactidão requerida nos resultados obtidos, por exemplo nas condições ambientais de trabalho, ou outras.



Instalação e Arranque

Após a recepção e inventariação do equipamento, e verificado o seu estado de operacionalidade, promove-se a sua instalação e entrada em serviço, devendo-se respeitar:

- Todos os requisitos de instalação definidos na documentação entregue pelo fornecedor juntamente com o equipamento;
- O projecto e o estabelecimento dos sistemas de segurança necessários, caso não estejam previstos na documentação do equipamento;
- As condições estipuladas de funcionamento, de utilização e de acessibilidade do equipamento.

Antes da sua entrada em serviço o equipamento deve ser calibrado. A calibração é uma função importante do Sistema de Qualidade, que não sendo um fim em si, constitui um meio para confirmar e garantir que o equipamento de medição e ensaio apresenta a necessária aptidão para efectuar medições correctas. Calibrar permite conhecer os erros que poderão conduzir à potencial inviabilização da utilização do equipamento para os fins a que se destina [16].

CALIBRAÇÃO

Conjunto de operações que estabelecem, em condições especificadas, a relação entre valores de grandezas indicadas por um instrumento de medição, ou sistema de medição, ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência e os correspondentes valores obtidos a partir de padrões [3].

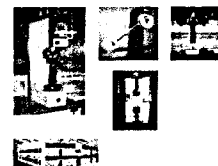
Notas:

1. O resultado de uma calibração tanto permite a atribuição de valores das mensurandas às indicações, como a determinação de correcções relativas às indicações.
2. A calibração pode também determinar outras propriedades metrológicas, tal como o efeito de grandezas de influência.
3. O resultado da calibração pode ser registado num documento, por vezes chamado certificado de calibração ou relatório de calibração.

Consideram-se como equipamentos sujeitos a calibração aqueles que:

- Sejam susceptíveis de influenciar directamente os resultados dos ensaios;
- Sejam referidos nas normas de ensaio como calibrados ou cuja calibração seja requerida.

Uma calibração é suportada por um documento emitido pela entidade, reconhecida internacionalmente, que realizou a calibração, sendo essencial para os instrumentos de medição. Assim sendo, deve ser efectuada uma análise dos certificados de calibração recorrendo à Directiva



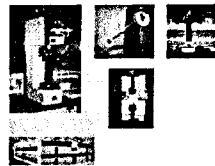
CNQ 26/98 [16]. A Directiva em questão enuncia os requisitos mínimos que um certificado de calibração, emitido por um laboratório acreditado para o efeito, deve conter, nomeadamente:

- A designação Certificado de Calibração;
- O símbolo de Laboratório Acreditado;
- O nome, o logotipo (se existir) e o endereço da entidade calibradora;
- O número de cada página e o número total de páginas que o certificado compreende;
- A identificação do cliente;
- A data na qual a calibração foi realizada e a data de emissão do certificado;
- A identificação dos equipamentos utilizados (designação, número de série ou outra identificação inequívoca);
- A explicitação da rastreabilidade dos resultados obtidos através da identificação dos padrões de referência para as grandezas objecto de calibração e os nomes dos laboratórios que emitiram os respectivos certificados de calibração;
- A identificação das normas ou procedimentos de calibração utilizados;
- Os resultados obtidos e as incertezas associadas e/ou uma declaração de conformidade com uma especificação metrológica identificável;
- O nome (legível), o cargo ou a qualificação do e a assinatura de, pelo menos, uma das pessoas autorizadas a validar o certificado nos termos da acreditação;
- Uma declaração de interdição de reprodução parcial do certificado, salvo autorização escrita do laboratório que o emitiu;
- Uma declaração que as incertezas apresentadas foram estimadas de acordo com a metodologia do documento que foi utilizado, e correspondem a uma incerteza expandida a 95%, com um factor de expansão $k=2$ (salvo casos assinalados);
- Caso sejam incluídos resultados de medições referentes a grandezas ou gamas de medição fora do âmbito da acreditação, estes deverão ser devidamente assinalados.

Uma vez obtidos os resultados de calibração, deve ser tomada uma decisão de aceitação ou de rejeição do equipamento calibrado, uma vez que o equipamento pode apresentar erros que inviabilizam o seu uso nos ensaios. Nesta perspectiva, a calibração é entendida como um dos meios disponíveis para efectuar a confirmação metrológica dos equipamentos de medição e ensaio, sendo estabelecido um critério de aceitação para o equipamento. Esse critério deve ser estabelecido em função das necessidades reais.

4.3. CONFIRMAÇÃO METROLÓGICA

O objectivo de um sistema de confirmação é assegurar que o risco de um equipamento de medição produzir resultados com erros inaceitáveis permaneça dentro dos limites aceitáveis – tolerância admissível para o erro de um instrumento.

**CONFIRMAÇÃO METROLÓGICA**

Conjunto de operações necessárias para assegurar a conformidade de um equipamento de medição com os requisitos prescritos para a sua utilização [5].

Notas:

1. A confirmação metrológica abrange normalmente, entre outros, a calibração, todo o ajuste ou reparação necessárias e consequente calibração, bem como toda a protecção e marcação eventualmente necessárias.
2. Para efeito de simplicidade, este termo é designado sob o nome de “confirmação”.

O erro resultante de uma calibração, quando não for considerado para a correcção das medições efectuadas, deve ser tal que não ultrapasse, na maioria das áreas de medição, um terço e, de preferência um décimo, do erro máximo admissível do equipamento confirmado durante a sua utilização [6]. A situação mais usual para confirmação da capacidade daquilo que os instrumentos podem medir consiste em **somar o erro com a incerteza** – em módulo – e relacionar o resultado com a tolerância especificada, aceitando que esta relação seja de 30% (aproximadamente 1/3):

$$|LS + LI| \geq 3 |E + U| \text{ ou } IT \geq 3 |E + U|$$

sendo:

LS – limite superior;
LI – limite inferior;
E – erro;
U – incerteza da calibração;
IT – intervalo de tolerância.

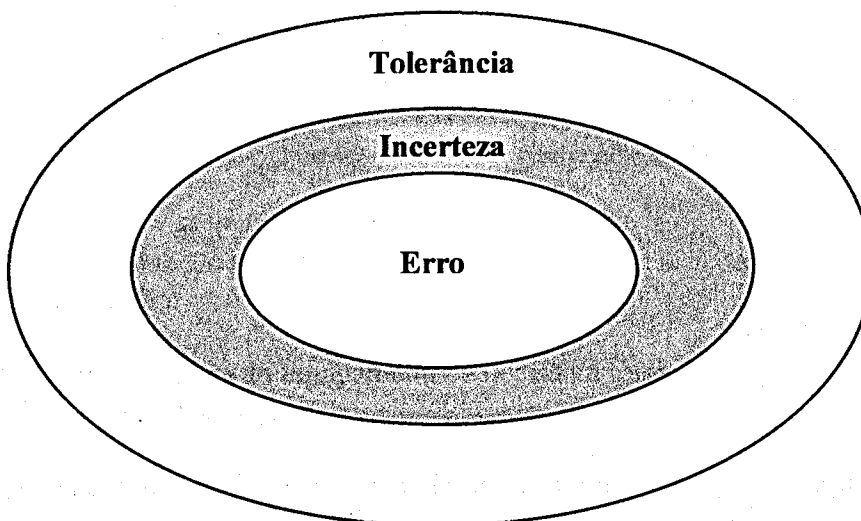
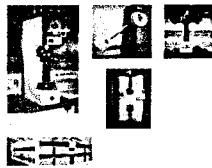


Figura 5 - Erro (associado à exactidão) e incerteza no domínio da tolerância [18].



A norma NP EN 30012-1: 1996 aborda todos os aspectos que devem ser considerados para garantir a qualidade do equipamento de medição no que diz respeito ao sistema de confirmação metrológica. No entanto, e de uma maneira geral, podem ser aplicadas as seguintes regras:

No caso das incertezas associadas aos equipamentos e aos métodos de calibração serem desprezáveis em relação aos limites de erro admissíveis:

- O equipamento é aceite se o desvio entre o valor convencionalmente verdadeiro e o valor indicado pelo instrumento a calibrar for inferior ao limite de erro admissível;
- O equipamento é recusado se o desvio entre o valor convencionalmente verdadeiro e o valor indicado pelo instrumento for superior ao limite de erro admissível.

Se as incertezas associadas aos equipamentos e aos métodos de medição não forem desprezáveis em relação aos limites de erro admissíveis, esse será um factor a ter em consideração. Na figura seguinte estão ilustradas as várias decisões possíveis.

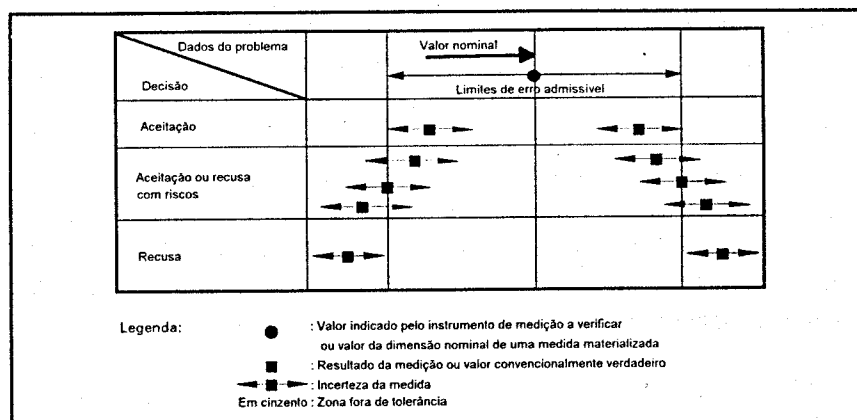


Figura 6 - Ilustração esquemática das condições de aceitação [19].

Na sequência da confrontação dos resultados obtidos com as prescrições do instrumento de medição, há que tomar uma decisão:

- Havendo conformidade do equipamento, a decisão a tomar é simples e, consiste na reposição do equipamento em serviço;
- Não havendo conformidade, poder-se-á seoptar por uma das quatro acções:
 - Ajustar o equipamento de medição, para além de qualquer operação deste tipo já implícita na calibração;
 - Reparar o equipamento de medição;
 - Proceder à desclassificação do equipamento;
 - Colocar o equipamento Fora de Serviço.



Reposição do Equipamento em Serviço

Uma vez declarada a conformidade do equipamento, este será repostado em serviço. No entanto, há que ter em atenção os aspectos relativos ao seu acompanhamento no local de implantação.

A decisão de repor um instrumento em serviço acarreta a revisão da periodicidade de calibração previamente estabelecida e, se necessário, a sua modificação, caso os parâmetros que tenham servido de base à sua determinação se tenham alterado.

O anexo A da norma NP EN 30 012-1: 1996 apresenta vários métodos que podem ser utilizados para a revisão dos intervalos de confirmação.

Ajuste do Equipamento

No caso de se constatar que o equipamento necessita de ajuste, poderão ser tomadas as seguintes decisões:

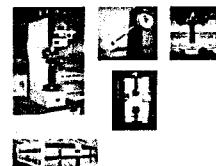
- Não havendo qualquer possibilidade de intervir sobre o instrumento, a fim de corrigir os seus desvios,
 - é possível a utilização do equipamento, por meio da consulta de uma tabela contendo os desvios encontrados ou através de uma curva de correcção;
 - à calibração apenas poder-se-á seguir a reparação do equipamento ou a decisão de colocar o equipamento fora de serviço;
- Sendo possível intervir directamente no equipamento, procede-se a esse ajuste.

Ajuste

Operação destinada a levar um instrumento de medição a um funcionamento e a uma fidelidade adequados à sua utilização [3].

As operações de ajuste apenas devem ser executadas por pessoal qualificado. Essas intervenções devem reconduzir o equipamento ao seu funcionamento normal, podendo para isso, o operador utilizar todos os ajustes que permitam tornar de novo operacionais as regulações acessíveis ao utilizador.

Após qualquer ajuste, o equipamento deve ser de novo submetido a uma calibração que permita determinar se este, se encontra efectivamente conforme para ser repostado em serviço.



Reparação

As reparações dos equipamentos constituem operações de manutenção geralmente confiadas a oficinas especializadas ou mesmo ao fabricante dos aparelhos. Contudo, algumas intervenções pontuais, do tipo mudança de elementos ou acessórios, podem ser efectuadas pelos próprios técnicos.

Qualquer operação de reparação, assim como a de ajuste, deve ser seguida de uma nova calibração.

Desclassificação do Equipamento

A desclassificação de um equipamento é realizada quando esse equipamento perde características metrológicas (exactidão, por exemplo), deixando de satisfazer as exigências originais (classe a que pertence). Nesse caso, o instrumento de medição deve ser confrontado com uma nova prescrição adaptada à sua nova utilização, assim como a sua periodicidade de calibração, que deverá ser adaptada à sua nova classe.

Deverão ser tomadas todas as providências necessárias, antes da sua entrada em serviço, para que o equipamento seja apenas utilizado de acordo com as suas novas características.

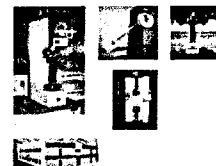
A desclassificação pode não ser definitiva pois uma posterior operação de ajuste ou reparação pode permitir a sua “reclassificação”, isto é integração na sua classe inicial.

No caso de um laboratório de ensaios mecânicos, a desclassificação acontece quando, por exemplo, se constata que uma máquina universal de ensaios, originalmente de classe 1, após calibração e análise dos seus resultados, se encontra com características de classe 2.

Equipamento Fora de Serviço

Constatando-se a não conformidade do equipamento com as suas prescrições, e não havendo a alternativa de proceder à sua desclassificação, deve colocar-se o equipamento Fora de Serviço.

Um equipamento de medição colocado fora de serviço fica inapto para realizar qualquer medição, devendo ser devidamente identificado como tal, por etiquetagem evidente ou marcação. No dossier do equipamento deverá ser registado e justificada a razão pela qual se encontra fora de serviço, a data dessa resolução e identificação e assinatura da pessoa responsável.



Como qualquer outra não conformidade, deve-se igualmente proceder a medidas correctivas e preventivas em relação ao equipamento. Deve ser dada particular atenção às medidas correctivas que conduzem à avaliação do risco de terem ocorrido erros significativos em qualquer uma das medições efectuadas com o equipamento antes da detecção da não conformidade.

O Sistema de Gestão da Qualidade deve assegurar que os equipamentos abrangidos pelas não conformidades não podem ser utilizados fortuita ou intencionalmente [18].

É de notar que qualquer equipamento de medição perde a sua capacidade de medição se [6]:

- Tiver sofrido um mau manuseamento ou uma sobrecarga;
- Apresentar alguma disfunção;
- Indiciar qualquer dúvida relativa ao seu funcionamento;
- Estiver danificado;
- Apresentar qualquer alteração nos dispositivos de protecção;
- A validade de confirmação tiver sido ultrapassada.

4.4. RASTREABILIDADE

Todos os equipamentos de medição, inspecção e ensaio devem ser calibrados com rastreabilidade conhecida a padrões internacionais ou nacionais. Caso não existam padrões, estabelece-se a rastreabilidade a outros equipamentos padrão reconhecidos internacionalmente.

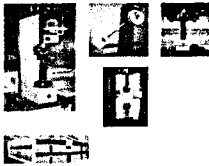
RASTREABILIDADE

Propriedade do resultado de uma medição ou o valor de um padrão que consiste em poder relacionar-se a referências determinadas, geralmente padrões nacionais ou internacionais, por intermédio de uma cadeia ininterrupta de comparações, tendo todas incertezas determinadas [3].

Notas:

1. Conceito frequentemente expresso pelo adjectivo “rastreado”.
2. A cadeia ininterrupta de comparação é designada de “cadeia de rastreabilidade”.

Os resultados da calibração e de ensaios devem ser registados com detalhe suficiente para que a rastreabilidade de todas as medições possa ser demonstrada e para que qualquer medição possa ser reproduzida em condições próximas das condições originais, facilitando assim a análise de qualquer anomalia.



A informação registada deve incluir:

- A descrição e identificação única do equipamento;
- A data correspondente à finalização de cada confirmação;
- Os resultados de calibração obtidos após e, quando houver lugar, antes de qualquer ajuste ou reparação;
- O intervalo de confirmação estabelecido;
- A identificação do procedimento de confirmação;
- O erro máximo admissível estabelecido;
- A origem da cadeia de comparação dos padrões utilizados para estabelecer a rastreabilidade;
- As condições ambientais correspondentes e uma descrição de todas as correcções necessárias;
- Uma menção sobre as incertezas introduzidas na calibração do equipamento e o seu efeito acumulado;
- Os detalhes de qualquer operação de manutenção levada a cabo, tais como as de conservação corrente, ajustes, reparações ou modificações;
- Qualquer limitação à utilização;
- Identificação da(s) pessoa(s) que efectuam a confirmação;
- Identificação da(s) pessoa(s) responsáveis por assegurar a correcção das informações registadas;
- Identificação única (tais como números de série) dos certificados de calibração e de qualquer outro documento correspondente [6].

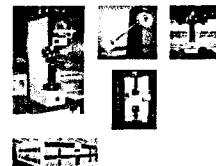
Para assegurar e evidenciar a rastreabilidade é necessário:

- Identificar cada instrumento de medição, associando-lhe um número interno de inventário, que deverá ser aposto no instrumento sob a forma de etiqueta de gravura ou de qualquer outro método que garanta a sua indelebilidade;
- Inventariar qualitativa e quantitativamente, de forma permanente, o parque de EIME's;
- Estabelecer um plano de calibrações, que englobe todos os equipamentos que necessitem de tal operação, tendo em consideração a periodicidade de calibração estabelecida para cada instrumento;
- Colocar uma marcação em cada instrumento a fim de conhecer a sua situação em termos metroológicos.

Em todos os equipamentos deve existir uma marcação compreensível e bem visível que permita conhecer o estado de calibração em que se encontra.

Nome da Empresa	
Nº inventário:	_____
Calibrado por:	_____
Calibrado em:	____/____/____
Próxima calibração:	____/____/____

Figura 7 - Exemplo de uma etiqueta de calibração.



5. CÁLCULO DAS INCERTEZAS DE MEDIÇÃO NUM LABORATÓRIO ACREDITADO

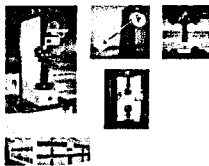
A política do IPQ relativamente ao cálculo das incertezas associadas aos resultados obriga a que, numa calibração, o seu cálculo seja efectuado, conforme indicado no documento LAB/G06. Para cada padrão e equipamento confirmado, deve considerar-se o efeito cumulativo das incertezas, introduzido em cada etapa da cadeia de calibração. Devem ser tomadas acções quando a incerteza total é tal que compromete significativamente a capacidade de realizar medições dentro dos limites do erro admissível. Os detalhes de todos os componentes significativos que permitem obter a incerteza total devem ser registados, bem como o método utilizado para a calcular.

Relativamente aos ensaios propriamente ditos, actualmente ainda não é necessário apresentar o valor da incerteza nos relatórios de ensaio. Contudo, esta posição está a mudar e a nova edição de normas para a acreditação de laboratórios (ISO/DIS 17 025) já aludem à necessidade de efectuar o cálculo das incertezas de medição associada aos ensaios, devendo inclusivé existir no laboratório procedimentos escritos.

Trabalhando nesse sentido, e dando continuidade ao tema de seminário – Cálculo da incerteza de medição na escala de dureza Rockwell C, foi desenvolvido o cálculo de incertezas de medição associadas à calibração e ensaio das escalas Brinell e Vickers, e elaborados os respectivos procedimentos escritos (Brinell, Vickers e Rockwell C).

No seguimento do tratamento do tema das incertezas de medição, foram criadas folhas de cálculo, em Microsoft Excel, para a elaboração do cálculo das incertezas nas calibrações e ensaio de cada uma das escalas anteriormente enunciadas.

No respeitante a calibrações, a folha de cálculo foi desenvolvida de modo a permitir ao técnico o cálculo automático do valor da incerteza expandida associada, da repetibilidade das medições e do erro, após introdução de informação relativa: à escala, à resolução do equipamento, padrões utilizados e valores das medições obtidas.



5.1. INCERTEZA DE MEDIÇÃO NA ESCALA DE DUREZA BRINELL

5.1.1. ENSAIO DE DUREZA BRINELL

Princípio do Ensaio

O ensaio de dureza Brinell consiste na aplicação de uma força de ensaio (F), através de um penetrador esférico (esfera de metal duro, com diâmetro, D), na superfície da amostra e medição do diâmetro da impressão deixada na superfície após remoção da força de ensaio, F.

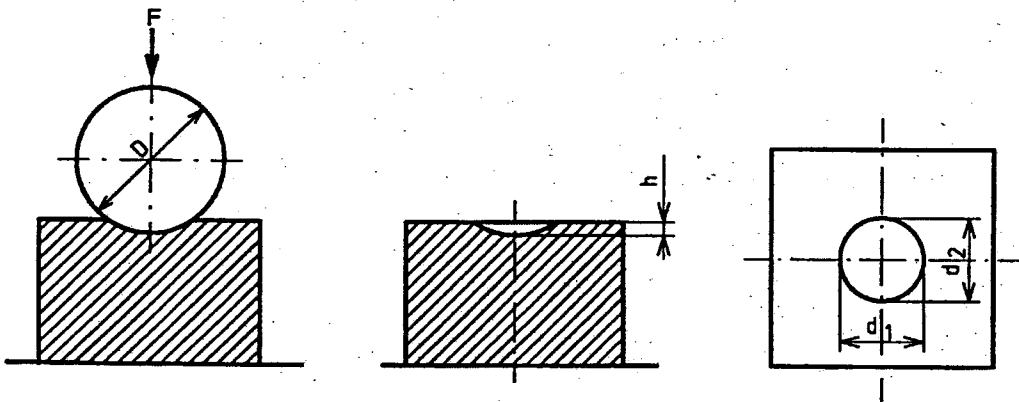
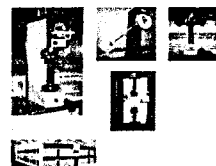


Figura 8 - Princípio do ensaio de dureza Brinell [20].

O valor de dureza Brinell é proporcional ao quociente obtido entre a força de ensaio e a área da superfície curva da impressão. Assume-se que a impressão é esférica, com um raio correspondente a metade do diâmetro da esfera do penetrador.

Símbolo	Designação
D	Diâmetro da esfera, em mm
F	Força de ensaio, em Newton
d	Diâmetro médio da impressão, em mm
h	Profundidade da impressão, em mm $h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$
HBW	$HBW = 0,102 \times \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$



5.1.2. CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO ASSOCIADA À CALIBRAÇÃO DA ESCALA DE DUREZA BRINELL 2,5/187,5

Identificação das fontes de erro e variabilidade

▪ Incerteza devida às condições ambientais

O valor desta contribuição para a incerteza global pode ser desprezado dado que a norma de ensaio – ISO 6506-2, reporta as condições de ensaio para a parte 1 da mesma. A gama de temperaturas de ensaio (10 - 35°C) é muito reduzida para se observar qualquer influência no processo de deformação plástica.

▪ Incerteza devida ao operador

A contribuição do operador tem de ser considerada, dado que este interfere directamente na medição das diagonais da impressão de dureza. Devem ser realizados estudos de repetibilidade associados ao operador, no sentido de quantificar a sua influência no resultado das medições.

▪ Incerteza devida à repetibilidade

Mesmo quando uma medição se repete nas mesmas condições, observa-se sempre uma dispersão dos resultados obtidos, fruto da associação de todas as fontes de erro existentes. Essa dispersão, medida através do tratamento estatístico dos resultados, é tida como contribuição para a incerteza global da medida.

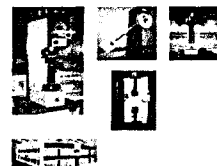
▪ Incerteza devida à resolução do equipamento

A resolução do aparelho indicador tem de ser considerada como contribuição para a incerteza uma vez que limita a exactidão da medição a uma determinada gama de valores. Nesta escala de dureza, o cálculo da contribuição da resolução é um pouco complexo dado que, dependendo do tipo de durómetro onde se realiza a medição, pode obter-se o valor da medição em unidades de comprimento (mm) – valor das duas diagonais da impressão de dureza, ou em unidades de dureza, neste caso particular, HBW – valor de dureza do material.

▪ Incerteza devida ao padrão

O padrão utilizado deve ser calibrado, apresentando no seu certificado de calibração um valor de incerteza que está associado ao valor da sua dureza. Esse valor é considerado como contribuição para a incerteza global de medição.

Em anexo é apresentado um exemplo de cálculo da incerteza de medição associada à calibração da escala Brinell 2,5/187,5 [22].



Simbologia Utilizada

$u(x_i)$: estimativa da grandeza de entrada;

$u_i(y)$: componente da incerteza padrão global;

$u(rep)$: contribuição da repetibilidade para a incerteza padrão global;

$u(pdr)$: contribuição do padrão utilizado para a incerteza padrão global;

$u(res)$: contribuição da resolução do equipamento para a incerteza padrão global;

$u(opr)$: contribuição do operador para a incerteza padrão global;

$u(y)$: incerteza padrão global;

$U(y)$: incerteza global expandida.

A função f descreve a forma como os valores da grandeza de saída Y são obtidos a partir das grandezas de entrada X_i .

$$Y = f(REP; PDR; RES; OPR)$$

Repetibilidade do Ensaio de Exactidão

As diferentes observações independentes q_i , efectuadas segundo as mesmas condições, diferem no seu resultado devido a variações aleatórias nas quantidades de influência ou a efeitos aleatórios.

Para uma grandeza de entrada X_i determinada a partir de n observações independentes repetidas

$u_i(y) = s(\bar{q}_i)$ sendo

$$u_i(y) = u(rep) = \sqrt{u_i^2(rep)} = \sqrt{s^2(\bar{q}_i) \times c_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \times s^2(q_i) \times c_i^2}$$

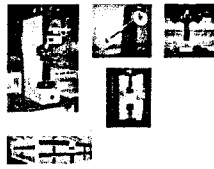
Incerteza devida ao Padrão utilizado

$$u_i(y) = u(pdr) = \frac{U}{k} \times c_i$$

sendo:

k o factor de expansão fornecido no certificado de calibração;

U o valor da incerteza expandida.



Incerteza devida à Resolução do Aparelho Indicador

a) Quando o valor da medição é obtido em unidades HB

$$u_i^2(y) = u^2(res) = \frac{(res)^2}{12} \times c_i^2$$

$$u(res) = \sqrt{\frac{(res)^2}{12} \times c_i^2}$$

b) Quando o valor da medição é obtido em unidades de comprimento (mm)

$$c_i \neq 1 \Rightarrow c_i = \frac{\partial HB}{\partial d} = \frac{375,156 \times (-d)}{\pi \times 2,5 \times \sqrt{6,25 - d^2} \times (\sqrt{6,25 - d^2} - 2,5)}$$

em que d é o valor do diâmetro médio da impressão.

$$u_i(y) = u(res) = u(x_i) \times c_i$$

$$u(res) = \sqrt{\frac{(res)^2}{12}} \times c_i$$

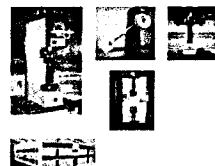
$$u^2(res) = \frac{(res)^2}{12} \times c_i^2$$

Incerteza devida ao Operador

Partindo de n observações independentes de uma grandeza de entrada X_i

$u_i(y) = s(\bar{q}_i)$ sendo:

$$u_i(y) = u(opr) = \sqrt{u_i^2(opr)} = \sqrt{s^2(\bar{q}_i) \times c_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \times s^2(q_i) \times c_i^2}$$



Incerteza global

A incerteza de medição padrão é a raiz quadrada da soma dos quadrados de todas as contribuições para a incerteza.

$$u(y) = \sqrt{u^2(\text{repetibilidade}) + u^2(\text{padrão}) + u^2(\text{resolução}) + u^2(\text{operador})}$$

$$u(y) = \sqrt{u^2(\text{rep}) + u^2(\text{pdr}) + u^2(\text{res}) + u^2(\text{opr})}$$

Factor de Expansão Corrigido

Uma medida adequada de fiabilidade da incerteza-padrão da estimativa da grandeza de saída é o número de graus de liberdade efectivos v_{ef} , que é aproximadamente representado pela combinação apropriada dos números de graus de liberdade efectivos das diferentes contribuições para a incerteza $u_i(y)$.

$$v_{ef} = \frac{u(y)^4}{\left(\frac{(u^2(\text{rep}))^2}{n-1} + \frac{(u^2(\text{res}))^2}{\infty} + \frac{(u^2(\text{pdr}))^2}{50} + \frac{(u^2(\text{opr}))^2}{n-1} \right)}$$

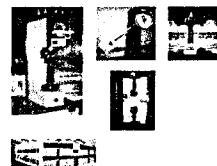
50 – este valor é utilizado quando não for indicado o número de graus de liberdade efectivos do padrão utilizado.

A partir de v_{ef} obtém-se o valor do factor k baseado numa distribuição t de Student avaliada para uma probabilidade expandida de 95,45%.

$$k = \text{TINV}(0.0455, v_{ef})$$

Incerteza Global Expandida

$$U = \pm k \times u(y) \text{ HBW}$$



5.1.3. CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO ASSOCIADO AO ENSAIO DE DUREZA BRINELL 2,5/187,5

Identificação das Fontes de Erro e variabilidade

Conhecendo o método de ensaio para a determinação de dureza Brinell, podem-se enumerar as seguintes fontes de incerteza:

- **Incerteza devida às condições ambientais**

Despreza-se a influência deste parâmetro pelas mesmas razões citadas para o caso da calibração indirecta.

- **Incerteza devida à calibração indirecta da máquina de ensaio**

Esta componente diz respeito ao valor apresentado no certificado de calibração da máquina.

- **Incerteza devida ao operador**

A contribuição do operador já está a ser considerada no valor de incerteza devida à calibração indirecta.

- **Incerteza devida à resolução do aparelho indicador**

A contribuição da resolução do aparelho indicador já está a ser considerada no valor de incerteza devida à calibração indirecta.

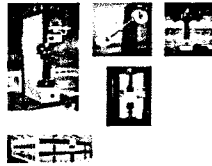
- **Incerteza devida à repetibilidade das medições efectuadas**

Diz respeito às medições efectuadas no sentido de determinar a dureza de um material ou peça que é entregue ao laboratório de ensaio.

- **Incerteza devida ao operador**

A contribuição do operador já está a ser considerada no valor de incerteza devida à calibração indirecta.

Em anexo é apresentado um exemplo de cálculo da incerteza de medição associada ao ensaio de dureza Brinell 2,5/187,5 [23].



Simbologia utilizada

$u_i(y)$: componente da incerteza padrão global;

$u(rep)$: contribuição da repetibilidade para a incerteza padrão global;

$u(cal)$: contribuição da calibração do equipamento para a incerteza padrão global;

$u(y)$: incerteza padrão global;

$U(y)$: incerteza global expandida.

Neste caso, os valores da grandeza de saída Y são obtidos a partir da seguinte função f , de entrada X_i , da seguinte

$$Y = f(REP; CAL)$$

Repetibilidade do Ensaio de Exactidão

A contribuição da repetibilidade para a incerteza global, é determinada do mesmo modo que foi anteriormente descrito para o cálculo da incerteza de medição associada à calibração da escala Brinell.

Incerteza devida à calibração

$$u_i(y) = u(cal) = \frac{U}{k} \times c_i$$

sendo:

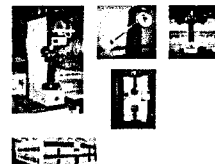
k o factor de expansão fornecido no certificado de calibração;

U o valor da incerteza expandida.

Incerteza Global

A incerteza global é calculada a partir da seguinte equação:

$$u(y) = \sqrt{u^2(rep) + u^2(calibração)}$$



Factor de Expansão Corrigido

O cálculo do número de graus de liberdade, assim como para o caso da calibração, tem como base a equação de Welch-Satterthwaite,

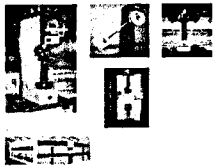
$$v_{ef} = \frac{u(y)^4}{\left(\frac{(u^2(rep))^2}{n-1} + \frac{(u^2(cal))^2}{50} \right)}$$

A partir de v_{ef} obtém-se o valor do factor k baseado numa distribuição t de Student avaliada para uma probabilidade expandida de 95,45%.

$$k = \text{TINV}(0.0455, v_{ef})$$

Incerteza global expandida

$$U = \pm k \times u(y) \text{ HBW}$$



5.2. INCERTEZA DE MEDIÇÃO NA ESCALA DE DUREZA VICKERS

5.2.1. ENSAIO DE DUREZA VICKERS

Princípio do Ensaio

No ensaio de dureza Vickers é aplicada uma força de ensaio (F) à superfície de um provete, através de um penetrador em diamante (pirâmide de base quadrangular, com um ângulo de 136° entre as faces opostas relativamente ao vértice) e medição do comprimento das diagonais da impressão deixada na superfície após remoção da força de ensaio, F.

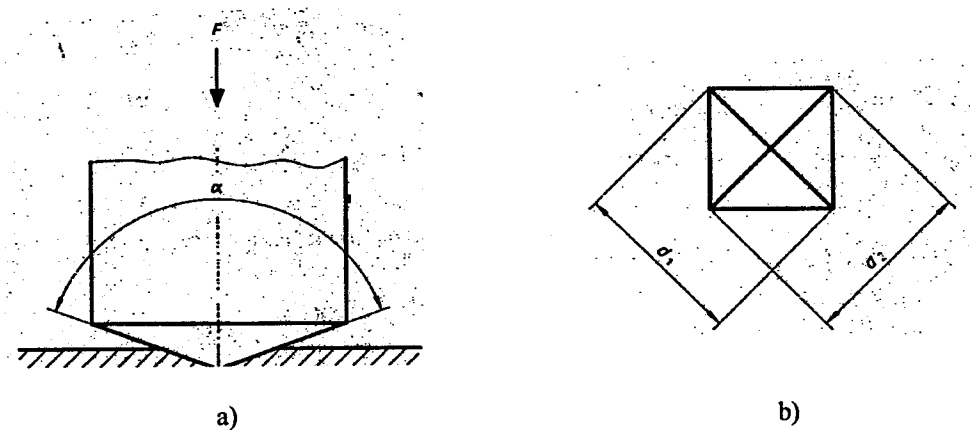


Figura 9 - a) Penetrador (pirâmide de diamante); b) Impressão de dureza Vickers [21].

A dureza Vickers é proporcional ao quociente obtido entre a força de ensaio e a área da impressão de dureza resultante, a qual se assume ser uma pirâmide de base quadrada, tendo no vértice o mesmo ângulo que o penetrador.

Símbolo	Designação
α	Ângulo entre as faces opostas no vértice do penetrador piramidal (136°)
F	Força de ensaio, em Newton
D	Média aritmética, em milímetros, do comprimento das duas diagonais d_1 e d_2
HV	$HV = 0,102 \times \frac{2F \text{sen}\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{d^2} = 0,1891 \times \frac{F}{d^2}$



5.2.2. CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO ASSOCIADA À CALIBRAÇÃO DA ESCALA DE DUREZA VICKERS

O cálculo do valor da incerteza de medição associada à calibração da escala de dureza Vickers é semelhante ao cálculo anteriormente demonstrado para a escala de dureza Brinell, uma vez que ambos os valores de dureza, dependem da medição dos diâmetros e das diagonais da impressão, respectivamente para a escala Brinell e Vickers, excepto no que diz respeito ao cálculo da contribuição da resolução do aparelho indicador. Caso o valor da medição seja fornecido em unidades de comprimento (mm), o coeficiente de sensibilidade, c_i , é determinado a partir da derivada parcial da função de dureza; ora tratando-se de escalas de dureza diferentes, a função a partir da qual o valor de dureza é determinado, cosequentemente também é diferente [24].

Assim sendo, para o cálculo da contribuição da resolução para a incerteza global, tem-se que:

Quando o valor da medição é fornecido em unidades de comprimento (mm)

$$c_i \neq 1 \Rightarrow c_i = \frac{\partial HV}{\partial d} = -0,3782 \times \frac{F}{d^3}$$

em que d é o valor da diagonal média da impressão e F a força de ensaio.

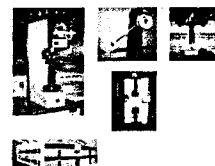
$$u_i(y) = u(res) = u(x_i) \times c_i \left(mm \times \frac{kgf}{mm^3} = \frac{kgf}{mm^2} = HV \right)$$

$$u(res) = \sqrt{\frac{(res)^2}{12}} \times c_i$$

$$u^2(res) = \frac{(res)^2}{12} \times c_i^2$$

5.2.3. CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO ASSOCIADA AO ENSAIO DE DUREZA VICKERS

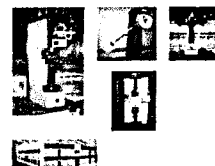
O cálculo da incerteza de medição associada ao ensaio de dureza Vickers é em todo semelhante ao cálculo anteriormente apresentado para a escala de dureza Brinell [25]. Em anexo é apresentado um exemplo de cálculo da incerteza de medição associada ao ensaio de dureza Vickers.



6. CONCLUSÃO

A Gestão da Qualidade num Laboratório não se restringe somente às áreas que foram descritas neste relatório e que constam dos modelos de Gestão da Qualidade nos documentos normativos em vigor; trata-se de um sistema muito mais abrangente e complexo. Envolve toda uma dinâmica de tentativa de resposta às solicitações dos clientes, para que resulte na máxima satisfação. A Gestão da Qualidade também está presente em cada gesto e atitude de uma organização, como por exemplo no bom atendimento ao cliente e no respeito e interesse demonstrado pelos seus problemas. A Qualidade alcança-se através da compilação de um bom trabalho diário da organização, do modo como é enfrentada e solucionada cada pequena dificuldade.

A gestão de equipamentos integra basicamente um ciclo de operações que permitem assegurar a conformidade de um equipamento de medição com os requisitos prescritos para a sua utilização. A coordenação destas operações é de grande importância pois envolve a participação de entidades externas ao laboratório para a sua concretização. Estamos a falar, por exemplo, de calibrações externas. O resultado da calibração permite a estimativa dos erros de indicação do instrumento de medição ou outras propriedades metrológicas. O seu resultado é normalmente registado num documento denominado “Certificado de calibração”. Esta operação, dita de calibração, é desencadeada pela necessidade de cumprir prazos de calibração definidos para cada equipamento (intervalos de confirmação). A gestão de toda esta envolvente é normalmente assegurada por registos escritos (suporte em papel) ou por suporte informático. Verifica-se que o suporte em papel é de fácil implementação, contrariamente ao suporte informático. Os suportes informáticos podem ser concebidos pela própria entidade sendo necessário uma pessoa qualificada para o efeito; no caso de se recorrer a programas informáticos existentes no mercado, corre-se o risco de não estar totalmente adaptado à realidade da empresa. Uma das grandes vantagens do suporte informático é a possibilidade de ligação entre toda a informação, de criação de sistemas de alerta automáticos e evita toda a sobrecarga burocrática. A título de exemplo, pode-se referir o caso do cumprimento dos prazos de calibração, em que o sistema poderá alertar antecipadamente para a necessidade de calibração, possibilitando ao responsável pela Qualidade desencadear as acções necessárias. Tratando-se de um caso em que é utilizado um plano de calibração em sistema de papel como alerta, verifica-se que ocasionalmente poderão ocorrer lapsos que encorrem no não cumprimento do prazo de calibração. Assim sendo, poder-se-á dizer que o sistema de alerta em suporte de papel não é tão eficaz como o sistema informático. Estamos perante o factor humano que por si só é uma fonte de erro. Contudo o sistema em papel pode ser tão eficiente como o informático, desde que o procedimento de gestão implementado preveja acções preventivas para evitar estes potenciais acontecimentos, acarretando disciplina e método por parte do responsável da qualidade. O não cumprimento dos prazos de calibração pode não se tratar de problemas imputados directamente ao laboratório, como tempos de resposta demasiado longos, problemas relacionados com o transporte dos equipamentos, atraso no envio do certificado de calibração, no entanto o responsável da qualidade deve tomar acções no sentido de minimizar e prevenir este tipo de acontecimentos, trabalhando na melhoria contínua. No mesmo contexto, alterações no sistema de qualidade que implicam modificações documentais, caso de trate de um sistema em papel ou em suporte

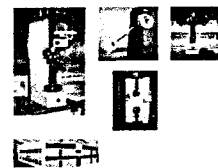


informático, ambos apresentam vantagens e desvantagens, dependendo do tipo de alteração e do sistema adoptado.

A actividade do laboratório conduz a que haja um vasto arquivo de documentos normativos, sendo a procura de determinada norma, ou outro documento, uma constante do dia a dia. No sentido de facilitar essa operação, ou até mesmo evitar o pedido de um documento já existente no laboratório, foi elaborada uma base de dados contendo todos os documentos normativos existentes no LEM. A principal vantagem desta acção relaciona-se com a economia de tempo, minimizando o tempo gasto a localizar determinado documento, podendo dar resposta à solicitação de um cliente mais rapidamente. A incidência directa desta acção reflete-se numa análise de contrato também mais rápida. Entende-se por análise de contrato o conjunto de actividades sistemáticas levadas a efeito pela organização antes da aceitação de uma encomenda, pedido de ensaio, contrato, para se assegurar que os requisitos da qualidade estão adequadamente definidos, sem ambiguidade, documentados e são realizáveis pela organização. No caso de laboratórios de ensaio acreditados esta análise tem forte incidência na capacidade técnica, quer ao nível de equipamento como ao nível de recursos humanos. A capacidade de resposta de uma organização para uma solicitação de um cliente é um factor determinante de competitividade.

No presente momento, encontra-se concluída a entrada, numa base de dados, das designações de todos os documentos normativos. Pretende-se assim manter uma base de dados contendo todos os documentos normativos e seu estado de actualização, sistema este que se encontra em vigor para os documentos do âmbito da acreditação. O objectivo é o de uma gestão global de todos os documentos disponíveis. A verificação do estado de actualização dos documentos normativos é um requisito importante, na medida em que, segundo a NP EN 45001 “todas as instruções, normas e dados de referência, importantes para os trabalhos do laboratório de ensaios, devem ser mantidos actualizados e facilmente acessíveis ao pessoal”. É de salientar a existência de uma ferramenta fundamental que o progresso tecnológico colocou à nossa disposição, a Internet. Esta ferramenta permite a qualquer organização o acesso “On line” e “Just in time” da informação pretendida, sendo muito facilitada, comparativamente aos processos anteriormente disponíveis, tais como catálogos, bibliotecas do ministério da economia e CD-ROM's. Um aspecto importante para esta gestão documental será a participação do laboratório em Comissões técnicas.

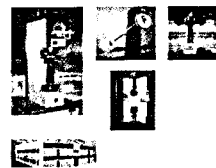
O esforço realizado no sentido da melhoria contínua engloba a cooperação com os organismos de acreditação, de normalização ou regulamentação e, com outros laboratórios. Uma das formas de cooperação passa pela participação do laboratório em ensaios de comparação interlaboratorial, que para além de permitir verificar a competência técnica do laboratório, poderá permitir um intercâmbio de informação entre os laboratórios participantes, permitindo aproveitar as oportunidades de melhoria da qualidade nos ensaios realizados e uniformizar os procedimentos. A participação em comissões técnicas de normalização é outra das formas de cooperação à qual estão associadas variadas vantagens. A participação nestas comissões permite o acesso a projectos de norma bem como a possibilidade de participação activa na revisão desses mesmos projectos. Assim sendo, poderá alertar para qualquer item que pense ser relevante para a realização de um ensaio, ou pelo contrário, considerar qualquer outro ponto não relevante. O confronto de opiniões e aspectos importantes da realização dos ensaios com os outros participantes é benéfico, isto é, é considerado uma mais valia para o “know how” das organizações participantes.



A participação num ensaio de comparação interlaboratorial, com as vantagens anteriormente descritas, permitiu estudar os procedimentos e métodos de ensaio com base na normalização existente para o efeito. Cada documento normativo contempla diferentes métodos nos quais se verificou existirem diferenças, em que uns apresentam uma maior exactidão e, grau de subjectividade que outros (por exemplo, determinação do tamanho médio de grão através do método comparativo – imagens tipo) e acarretam uma grande margem de erro. Contudo, a evolução tecnológica permite já a realização destes tipos de ensaio através de um software de tratamento de imagem, para o qual já existe normalização internacional (ASTM E 1382-97), o que à partida seria uma boa aposta do laboratório. Contudo, um laboratório acreditado deve validar todos os métodos informáticos (softwares) que utiliza, assim o diz a normalização existente e, como poderá este método ser validado? Como é que se garante a fiabilidade dos resultados obtidos? Teria de ser calibrado e, como se procederia a essa calibração? A realização deste estágio permitiu adquirir sensibilidade para estas e outras questões pertinentes; para a necessidade da confirmação da fiabilidade dos resultados, para a necessidade de calibrar os equipamentos e em que medida é que os resultados são aceitáveis.

O laboratório deve tomar acções no sentido de definir e documentar os requisitos relativamente aos produtos utilizados de modo a garantir a qualidade requerida nos ensaios, assegurando-se de que o material recepcionado corresponde ao encomendado. Para que esta condição seja verificada, o laboratório deve certificar-se de que o conteúdo do documento de compra contém toda a informação necessária para desencadear o processo de encomenda nas melhores condições. Nesse sentido foi criada uma base de dados com todos os consumíveis do LEM, suas referências e respectivos fornecedores. Tendo toda essa informação compilada e acessível, o processamento de encomendas torna-se mais fácil e, eventualmente é minimizada a ocorrência de potenciais erros. Neste sentido o risco de recepção de uma encomenda que não corresponde às necessidades do laboratório é minimizado assim como a rotura de stock. Estamos a falar de acções de carácter preventivo, nota dominante nos modelos de Gestão da Qualidade, que prevalecem às acções de carácter correctivo.

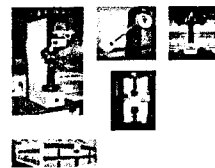
Com a edição das novas normas para acreditação de laboratórios, estes têm de trabalhar no sentido de adaptarem o seu sistema às novas exigências da norma. Uma dessas exigências diz respeito ao cálculo das incertezas de medição nos ensaios, que é um passo importante em vários aspectos. Um deles diz respeito a possibilidade de tentativa de melhoria da qualidade dos resultados obtidos, uma vez que, analisando a contribuição relativa de cada fonte de incerteza poder-se-á intervir directamente no procedimento de ensaio no sentido de minimizar a incerteza associada à medição. Outro aspecto será a possibilidade dada ao cliente de ter uma percepção quantitativa da qualidade dos resultados obtidos, que é um aspecto benéfico para a sua análise dos resultados. A apresentação da incerteza associada à medição também pode funcionar como mais valia do laboratório. Num dado conjunto de laboratórios a efectuar o mesmo tipo de ensaios, a melhor escolha será aquele que apresenta a menor incerteza.



No dia a dia, em que há a necessidade de prestar apoio aos clientes e responder às suas solicitações o mais eficiente e rapidamente possível, nem sempre se encontra tempo disponível para tratar de certos pormenores burocráticos. A participação directa na auditoria como estagiária permitiu verificar que a realização de uma auditoria, quer seja realizada interna ou externamente, permite a revisão de todo o sistema implementado. Essa revisão permitiu a actualização de certos itens e alertou para determinados requisitos que, por qualquer motivo alheio ao trabalho diário, não se tinha dedicado a atenção devida. Outro ponto de realce, é o facto de que realmente se verifica, que a revisão efectuada por uma terceira entidade independente do organismo auditado, consegue detectar e evidenciar aspectos que à partida sendo de fácil detecção, não foram detectados pelo pessoal do laboratório, de certa maneira “viciados no sistema”. As auditorias são, sem dúvida, uma ferramenta da melhoria contínua.

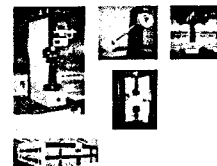
Para terminar, poder-se-á dizer que:

A Qualidade não é obra do acaso, é o resultado de esforços inteligentes.

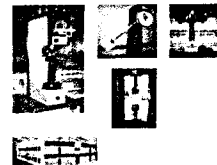


7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Português da Qualidade;
'NP EN ISO 8402, Gestão da qualidade e garantia da qualidade – Vocabulário';
Edição de 1997.
- [2] Instituto Português da Qualidade;
'NP EN 45 020, Termos gerais e suas definições respeitantes à normalização e actividades correlacionadas'; Edição de 1995.
- [3] Instituto Português da Qualidade;
'VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia. Termos gerais e fundamentais';
Junho de 1996.
- [4] International Standard Organization
'ISO 3534-1, Statistics – Vocabulary and Symbols – Part 1: Probability and General Statistical terms'; 1993.
- [5] Instituto Português da Qualidade;
'NP EN 30 012-1, Requisitos de garantia da qualidade para o equipamento de medição. Parte 1: Sistema de confirmação metrológica para o equipamento de medição';
Edição de 1995.
- [6] CATIM;
'Manual da qualidade – Parte A';
6ª Edição; 1998.
- [7] Instituto Português da Qualidade;
'Directiva CNQ 8, Acreditação de laboratórios. Metodologias e regras gerais'; 1997.
- [8] Instituto Português da Qualidade;
'NP EN 45 002, Critérios gerais para avaliação de laboratórios de ensaios';
Edição de 1990.
- [9] Instituto Português da Qualidade;
'NP EN 45 001, Critérios gerais para o funcionamento de laboratórios de ensaios';
Edição de 1990.
- [10] Instituto Português da Qualidade;
'NP ISO 10 013, Linhas de orientação para a elaboração de manuais da qualidade';
Edição de 1999.



- [11] International Standard Organization;
'ISO/IEC 17 025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories';
1st edition; 1999.
- [12] International Standard Organization;
'ISO/IEC Guide 25, General requirements for the competence of calibration and testing
laboratories'; 3rd edition; 1990.
- [13] Fey, Robert; Gogue, Jean-Marie;
'Princípios da Gestão da Qualidade';
Fundação Caloust Gulbenkian; 3^a edição; 1983.
- [14] Instituto Português da Qualidade;
'NP EN 30 011-1, Linhas de orientação para auditorias de sistemas da qualidade. Parte 1:
Auditorias'; Edição de 1993.
- [15] Instituto Português da Qualidade;
'Directiva CNQ 30, Comparações interlaboratoriais de Medições. Requisitos para a sua realização';
1996.
- [16] Sousa, Carlos;
'A incerteza nas Calibrações'; Outubro de 1998.
- [17] Instituto Português da Qualidade;
'Directiva CNQ 26, Certificados de Calibração. Requisitos de conteúdo para laboratórios
acreditados'; 1998.
- [18] Sousa, Carlos; Castro, Miguel Tavares; Guedes, António;
'Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio – A sua Gestão'; 1998.
- [19] Cabral, Paulo;
Metrologia Industrial – Uma função de Gestão da Qualidade';
Instituto Electrotécnico Português.
- [20] International Standard Organization;
'ISO 6506-1, Metallic materials. Brinell hardness test. Part 1: Test method'; 1999.
- [21] International Standard Organization;
'ISO 6507-1, Metallic materials. Vickers hardness test. Part 1: Test method'; 1997.
- [22] CATIM;
'LEM-P14.05, Cálculo da incerteza de medição na calibração da escala de dureza Brinell';
Revisão 0; 2000.



[23] CATIM;

‘LEM-P14.06, Cálculo da incerteza de medição para o ensaio de dureza Brinell’;

Revisão 0; 2000.

[24] CATIM;

‘LEM-P14.01, Cálculo da incerteza de medição na calibração da escala de dureza Vickers’;

Revisão 0; 2000.

[25] CATIM;

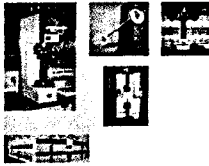
‘LEM-P14.02, Cálculo da incerteza de medição para o ensaio de dureza Vickers’;

Revisão 0; 2000.

[26] Soares, Célia;

‘Trabalho de Seminário: Cálculo da incerteza de medição associada à escala de dureza Rockwell C’;

DEMET - FEUP; Fevereiro de 2000.



8. ANEXO

Exemplo de Cálculo da incerteza de medição na Calibração da escala de dureza Brinell

▪ Valor da medição obtido em unidades de Dureza (HBW)

Fonte de Incerteza	Processo de avaliação	Tipo de Incerteza e Distribuição	Valor da Incerteza padrão $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidade c_i	Contribuição para a Incerteza $u_i(y) = u(x_i) \times c_i$	$u_i^2(y)$	Nº de graus de liberdade v_i
Padrão	Certificado	B, N	0,50	1	0,50	0,250	50
Resolução	Equipamento	B, R	0,577	1	0,577	0,333	∞
Repetibilidade	Estudo	A, N	0,40	1	0,40	0,160	4
Operador	Estudo	A, N	0,674	1	0,674	0,454	9

$$\sum u^2(y) =$$
$$u(y) =$$

1,197

1,01

Graus de liberdade efectivos, $v_{ef} =$	34,06
Factor de Expansão, $K =$	2,08
Incerteza Global Expandida, $U(y) =$	$\pm 2,10$ HBW

Nota:
 $k = TINV(1 - 0,9545; v_{ef})$
Excell (ambiente Windows)

$$v_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{(u^2(y))^2}{v_i}}$$

▪ Valor da medição obtido em unidades de Comprimento (mm)

Fonte de Incerteza	Processo de avaliação	Tipo de Incerteza e Distribuição	Valor da Incerteza padrão $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidade c_i	Contribuição para a Incerteza $u_i(y) = u(x_i) \times c_i$	$u_i^2(y)$	Nº de graus de liberdade v_i
Padrão	Certificado	B, N	0,50	1	0,50	0,250	50
Resolução	Equipamento	B, R	$8,33 \times 10^{-6}$	-52,96	$-4,41 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-7}$	∞
Repetibilidade	Estudo	A, N	0,40	1	0,40	0,160	4
Operador	Estudo	A, N	0,674	1	0,674	0,454	9

$$\sum u^2(y) =$$
$$u(y) =$$

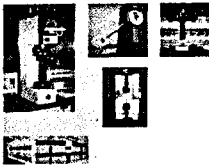
0,864

0,930

Graus de liberdade efectivos, $v_{ef} =$	34,06
Factor de Expansão, $K =$	2,08
Incerteza Global Expandida, $U(y) =$	$\pm 2,03$ HBW

Nota:
 $k = TINV(1 - 0,9545; v_{ef})$
Excell (ambiente Windows)

$$v_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{(u^2(y))^2}{v_i}}$$



Exemplo de Cálculo da incerteza de medição no ensaio de dureza Vickers

▪ Valor da medição obtido em unidades de Dureza (HV)

Fonte de Incerteza	Processo de avaliação	Tipo de Incerteza e Distribuição	Valor da Incerteza padrão $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidade c_i	Contribuição para a Incerteza $u_i(y) = u(x_i) \times c_i$	$u_i^2(y)$	Nº de graus de liberdade v_i
Repetibilidade	Estudo	A, N	0,316	1	0,316	0,1	4
Calibração	Certificado	B, R	0,9	1	0,9	0,81	50
$\sum u^2(y) =$						0,91	
$u(y) =$						0,95	

Graus de liberdade efectivos, $v_{ef} =$	52,14
Factor de Expansão, $K =$	2,05
Incerteza Global Expandida, $U(y) =$	$\pm 1,95$ HV

Nota:
 $k = TINV(1 - 0,9545; v_{ef})$
Excell (ambiente Windows)

$$v_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{(u^2(y))^2}{v_i}}$$





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000087323