

## IMPLANTAÇÃO DE SGQ PARA O ENSAIO DE TENACIDADE À FRATURA CTOD BASEADO NAS NORMAS BS 7448, ISO 12135 E BS EN ISO 15653<sup>1</sup>

Daniel Antonio Kapper Fabricio<sup>2</sup>

Jefferson Haag<sup>3</sup>

Leandro Pereira Costa<sup>4</sup>

Ângela de Moura Ferreira Danilevicz<sup>5</sup>

Telmo Roberto Strohaecker<sup>6</sup>

### Resumo

Visando garantir a confiabilidade dos resultados e a rastreabilidade das medições, laboratórios de ensaios implementam Sistemas de Gestão da Qualidade, baseados na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 e, a seguir, buscam a acreditação pelo Inmetro para seus ensaios. Na mecânica da fratura, são realizados ensaios para avaliação da integridade de componentes e estruturas, em condições elasto-plásticas, utilizando o parâmetro CTOD ( $\delta$ ). O mesmo quantifica o efeito de descontinuidades do tipo trinca em materiais metálicos, sendo realizado segundo as normas BS 7448, ISO 12135 e BS EN ISO 15653. Em consulta ao catálogo da RBLE, verificou-se que não existe laboratório que possua o ensaio de CTOD em seu escopo de acreditação no país. Motivado por esta lacuna, o Laboratório de Metalurgia Física (Lamef), que é acreditado pelo Inmetro em vários ensaios desde 2010, decidiu solicitar a extensão de seu escopo para abranger esse ensaio. O presente trabalho apresenta as adequações necessárias no Sistema de Gestão da Qualidade existente, associadas a procedimentos, métodos de ensaio, formulários, planilhas de incerteza, condições ambientais, equipe de trabalho e equipamentos envolvidos, visando essa extensão de escopo. Por fim, são apresentadas as condicionantes para a confiabilidade do ensaio e, conseqüentemente, para a obtenção da acreditação.

**Palavras-chave:** Gestão da qualidade; Norma NBR ISO/IEC 17025; Laboratório de ensaios; CTOD.

### IMPLEMENTATION OF A QMS FOR THE FRACTURE TOUGHNESS CTOD TEST BASED ON BS 7448, ISO 12135 AND BS EN ISO 15653 STANDARDS

#### Abstract

To ensure the reliability of results and measurement traceability, laboratories have implemented quality management systems based on ISO/IEC 17025 standard and then have required accreditation by Inmetro for their tests. In fracture mechanics, tests are performed to assess the integrity of components and structures in elastic-plastic conditions using the CTOD parameter. This parameter quantifies the effect of crack-tip discontinuity in metallic materials and it is estimated according to BS 7448, ISO 12135 and BS EN ISO 15653 standards. According to the RBLE catalog, there are no testing laboratories with the CTOD test in their scope of accreditation in Brazil. Motivated by this gap, the *Laboratório de Metalurgia Física* (Lamef) has decided to request the extension of its accreditation scope to cover this test. This work presents the necessary adjustments in the existing Quality Management System, which are related to procedures, test methods, forms, uncertainty spreadsheets, environmental conditions, team work and equipment, in order to extend its scope. Finally, there is present the constraints for the reliability of the test and, consequently, to obtain its accreditation.

**Key words:** Quality management; NBR ISO/IEC 17025 standard; Testing laboratory; CTOD.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 68<sup>o</sup> Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Acadêmico Engenharia de Produção. Laboratório de Metalurgia Física, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), RS, Brasil.

<sup>3</sup> Eng. Metalúrgico. Coord. do Grupo de Ensaios Mecânicos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>4</sup> Eng. Metalúrgico. Msc. Engenheiro, Fundação de Ciência e Tecnologia, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>5</sup> Eng. Produção. Prof. Dra. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>6</sup> Eng. Metalúrgico, Professor Doutor, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário atual leva as organizações a buscar formas de melhorar a qualidade de produtos, serviços e processos. A fim de atender a essa demanda, existem certificações, sistemas de gestão da qualidade (SGQs),<sup>(1)</sup> programas de qualidade,<sup>(2)</sup> filosofias de gestão da qualidade, ferramentas da qualidade,<sup>(3)</sup> entre outros instrumentos. Dentro deste quadro, muitas organizações aspiram certificações como a ISO 9001<sup>(4)</sup> ou, no caso de laboratórios que realizam ensaios e calibrações, a acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025.<sup>(5)</sup>

A ABNT NBR ISO/IEC 17025<sup>(5)</sup> especifica requisitos gerais para a competência em realizar ensaios e/ou calibrações, cobrindo métodos normalizados, não normalizados e métodos desenvolvidos pelo próprio laboratório. Convém que organismos de acreditação, que reconhecem a competência de laboratórios de ensaio/calibrações, utilizem essa norma como base nas acreditações.<sup>(5)</sup>

O projeto de um componente/estrutura exige que a possibilidade de ocorrer uma falha seja minimizada, utilizando a seleção apropriada dos materiais e/ou redução de agentes nucleantes de trincas, como filetes, rasgos de chavetas, reduções bruscas de seção e outras descontinuidades.<sup>(6,7)</sup>

Neste contexto, o CTOD é um parâmetro da mecânica da fratura utilizado para determinar tamanhos de defeitos críticos e admissíveis para que não ocorra falha catastrófica, pois a existência desses tipos de defeitos nos materiais faz necessário adotar outra abordagem para o desenvolvimento de projetos, diferente do projeto convencional de engenharia. A partir dessa abordagem, foi desenvolvido o projeto de componentes baseado na mecânica da fratura, que visa determinar se um defeito do tipo trinca irá ou não levar o componente à fratura catastrófica para tensões normais de serviço.<sup>(6,7)</sup>

O Laboratório de Metalurgia Física (Lamef) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) é um laboratório acadêmico que, entre outras atividades, realiza ensaios mecânicos-metalúrgicos para clientes externos. O Laboratório decidiu estender seu escopo de acreditação para abranger ensaios de Mecânica da Fratura. Consultando-se o *site* da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE),<sup>(8)</sup> nota-se que, até março de 2013, nenhum laboratório de ensaios brasileiro possuía em seu escopo de acreditação o ensaio de determinação da tenacidade à fratura CTOD. O Lamef é acreditado, desde 2010, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), para a realização de ensaios mecânicos-metalúrgicos, conforme a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005,<sup>(5)</sup> contando com uma equipe de cerca de 170 pessoas. O Lamef é dividido em oito grupos de trabalho/pesquisa, entre eles o Grupo de Ensaios Mecânicos (GEM), que no início desse trabalho possuía seis ensaios mecânicos no escopo de acreditação.<sup>(9)</sup>

Assim, o objetivo principal deste trabalho é apresentar as etapas para a acreditação do ensaio de tenacidade à fratura CTOD de materiais metálicos, baseado nas normas BS 7448,<sup>(10,11)</sup> ISO 12135<sup>(12)</sup> e BS EN ISO 15653,<sup>(13)</sup> visando obter a acreditação desse ensaio no Lamef.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de CTOD no Lamef é realizado em uma máquina servo-hidráulica de ensaio de materiais, que possui uma célula de carga com capacidade de 100 kN. As medições dimensionais dos corpos de prova são realizadas com paquímetros

digitais de resolução 0,01 mm, e as medições da trinca são realizadas com o auxílio de um projetor de perfil.

A execução do ensaio é realizada seguindo um procedimento interno baseado nas normas BS 7448,<sup>(10,11)</sup> ISO 12135<sup>(12)</sup> e BS EN ISO 15653,<sup>(13)</sup> que dão diretrizes sobre o método de ensaio e o modelo de medição do parâmetro CTOD. Tais normas apresentam algumas geometrias de corpos de prova que podem ser utilizadas na realização do ensaio. No escopo, entrarão os corpos de prova do tipo *compact tension* (CT) e *three-point bend test* (SEB), cujas especificações geométricas podem ser encontradas nas normas de referência.<sup>(10-13)</sup>

A extensão do escopo requer que seja analisado se o ensaio de CTOD está atendendo a cada um dos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025,<sup>(5)</sup> considerando-se as normas, equipamentos e geometrias de corpo de prova que se deseja colocar no escopo.

Levando em conta a divisão da norma NBR ISO/IEC 17025<sup>(5)</sup> em requisitos gerenciais e técnicos, e consultando os documentos necessários segundo o FOR-CGCRE-17,<sup>(14)</sup> estão previstas as seguintes etapas de trabalho para a acreditação do ensaio de CTOD:

- levantamento do sistema da qualidade existente;
- implantação dos requisitos gerenciais com enfoque no ensaio de CTOD;
- implantação dos requisitos técnicos com enfoque no ensaio de CTOD;
- envio da documentação para o Inmetro; e
- auditoria do Inmetro.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Levantamento do Sistema da Qualidade Existente

Até o início da extensão de escopo, o Lamef possuía um Sistema da Qualidade acreditado em 11 ensaios de seu escopo:<sup>(9,15)</sup>

- ensaio de resistência em pino-rei para quinta roda de veículos rodoviários comerciais: NBR NM ISO 8716/2001;
- ensaios metalográficos em materiais metálicos: NBR 13284/1995 e NBR 8108/1983;
- ensaio de dureza Vickers: NBR NM ISO 6507-1/2008;
- ensaio de dureza Brinell: NBR NM ISO 6506-1/2010;
- ensaio de dureza Rockwell C: NBR NM ISO 6508-1/2009;
- ensaio de tração à temperatura ambiente: NBR ISO 6892/2002;
- ensaio implante estabilizador de coluna vertebral: ASTM 1717/2009;
- ensaio de flexão em placa óssea: ASTM F 382/2003;
- ensaio de fadiga em hastes femorais: NBR ISO 7206-4/2008;
- ensaio de dobramento: DIN EN ISO 7438/2005; e
- ensaio de fadiga em platô tibial: ISO 14879-1/2000.

Todos esses ensaios são acreditados pelo Inmetro na ISO/IEC 17025:2005<sup>(5)</sup> e reconhecidos pela Rede Metrológica do Rio Grande do Sul (RMRS) desde 2010. Dentre os ensaios citados, os seis últimos são executados no Grupo de Ensaios Mecânicos. Assim, pode-se dizer que o GEM possui o Sistema da Qualidade do Lamef desdobrado para os ensaios referidos, e a extensão do escopo consiste em uma adequação do Sistema existente para abranger os ensaios que vierem a ser acreditados.

### 3.2 Implantação dos Requisitos Gerenciais com Enfoque no Ensaio de CTOD

Os requisitos gerenciais da NBR ISO/IEC 17025:2005<sup>(5)</sup> e as adequações necessárias ao Sistema da Qualidade do LAMEF para atendê-los em relação ao ensaio de CTOD encontram-se no Quadro 1.

**Quadro 1.** Requisitos gerenciais e adequações para abranger o ensaio de CTOD

Requisito	Adequações realizadas no Sistema
4.1. Organização	O ensaio foi incluído na organização/laboratório existente, utilizando a mesma estrutura, as mesmas políticas gerenciais e a mesma organização do trabalho.
4.2. Sistema de gestão	O ensaio foi adaptado ao sistema existente.
4.3. Controle de documentos	Todos os documentos relacionados ao ensaio (procedimento de ensaio, procedimento operacional) passarão a seguir a sistemática existente para aprovação, emissão e alterações nos mesmos.
4.4. Análise crítica de pedidos, propostas e contratos	Todos os ensaios realizados (inclusive CTOD) passam por análise crítica.
4.5. Subcontratação de ensaios e calibrações	Esse item não é aplicável ao Lamef.
4.6. Aquisição de serviços e suprimentos	Compras de serviços e suprimentos que afetem a qualidade do ensaio de CTOD seguirão o procedimento existente.
4.7. Atendimento ao cliente	Seguirá o mesmo procedimento válido para os demais ensaios do Lamef.
4.8. Reclamações	Eventuais reclamações referentes ao ensaio seguirão o mesmo procedimento válido para os demais ensaios do Lamef.
4.9. Controle de trabalhos de ensaio e/ou calibrações não conforme	Eventuais não conformidades referentes ao ensaio seguirão o mesmo procedimento válido para os demais ensaios do Lamef.
4.10. Melhoria	Eventuais melhorias referentes ao ensaio seguirão o mesmo procedimento válido para os demais ensaios do Lamef.
4.11. Ação preventiva	Eventuais ações preventivas referentes ao ensaio seguirão o mesmo procedimento válido para os demais ensaios do Lamef.
4.12. Ação corretiva	Eventuais ações corretivas referentes ao ensaio seguirão o mesmo procedimento válido para os demais ensaios do Lamef.
4.13. Controle de registros	Todos os registros relacionados ao ensaio (formulários) passarão a seguir a sistemática existente para controle de registros.
4.14 Auditorias internas	Foi realizada auditoria interna envolvendo os requisitos do ensaio. As futuras auditorias internas também incluirão tais requisitos.
4.15. Análise crítica pela direção	Eventuais demandas relativas ao ensaio são incluídas na análise crítica da Direção e também na análise crítica do GEM.

Nota-se que não foram necessárias muitas alterações em nível gerencial, visto que já existe um SGQ que atende aos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025.<sup>(5)</sup> A maior parte das mudanças realizadas foi em nível técnico, segundo descrito em 3.3.

### 3.3 Implantação dos Requisitos Técnicos com Enfoque no Ensaio de CTOD

Os requisitos técnicos da NBR ISO/IEC 17025:2005<sup>(5)</sup> e as adequações necessárias ao Sistema da Qualidade do Lamef para atendê-los em relação ao ensaio de CTOD encontram-se no Quadro 2.

**Quadro 2.** Requisitos gerenciais e adequações para abranger o ensaio de CTOD

Requisito	Adequações realizadas no Sistema
5.1. Generalidades	Esse item não é auditável.
5.2. Pessoal	Foram registradas em documento quais pessoas são capacitadas para realizar o ensaio. Essas pessoas possuem experiência e habilidade na execução do ensaio.
5.3. Acomodações e condições ambientais	O ambiente de realização do ensaio de CTOD é o mesmo em que outros ensaios acreditados são feitos. Portanto, a sistemática existente para controle de condições ambientais será mantida.
5.4. Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos	Na extensão de escopo, esse foi o item da norma onde foram necessárias mais adequações, que estão descritas em 3.3.1.
5.5. Equipamentos	Os equipamentos (máquina de ensaio de materiais, célula de carga e paquímetro) envolvidos no ensaio já são controlados pelo Sistema da Qualidade do LAMEF, com exceção de um projetor de perfil, que passou a ser identificado e a ter sua periodicidade de calibração controlada via <i>software</i> do SGQ.
5.6. Rastreabilidade da medição	Manter a sistemática existente no Lamef para garantir a rastreabilidade das medições às unidades do Sistema Internacional.
5.7. Amostragem	Esse item não é aplicável ao Lamef.
5.8. Manuseio de itens de ensaio e calibração	A identificação e manuseio de itens de ensaio de CTOD seguirá a mesma sistemática já existente no Lamef.
5.9. Garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração	O controle de qualidade dos ensaios é realizado da mesma forma que a validação/confirmação de métodos (item 5.4 desse Quadro).
5.10. Apresentação de resultados	Manter a sistemática existente para a elaboração dos relatórios de ensaio de CTOD.

### 3.3.1 Métodos de ensaio e validação de métodos

Os requisitos do item 5.4, da norma 17025,<sup>(5)</sup> referentes ao método de ensaio, e a sua aplicação para o ensaio de CTOD, estão descritos no Quadro 3.

**Quadro 3.** Aplicação do item 5.4 para o ensaio de CTOD

Requisito	Adequações realizadas/necessárias no Sistema
5.4.1. Generalidades	Elaboração de procedimento para execução do ensaio de CTOD e preparação de amostras. Quando pertinente esse procedimento é relacionado a um procedimento para operação do equipamento onde o ensaio é realizado. Foram realizadas adequações nos procedimentos de manuseio de itens e de estimativa da incerteza de medição, visando abranger o ensaio de CTOD. As normas técnicas relacionadas ao ensaio passaram a ser disponibilizadas ao pessoal e controladas pelo SGQ.
5.4.2. Seleção de métodos	Foram escolhidas como referências as normas BS 7448, <sup>(10,11)</sup> ISO 12135 <sup>(12)</sup> e BS EN ISO 15653, <sup>(13)</sup> que possuem o mesmo modelo de medição para a tenacidade à fratura CTOD e praticamente a mesma metodologia de ensaio. Essa metodologia foi escolhida por se tratarem de normas internacionais de referência.
5.4.3. Métodos desenvolvidos pelo laboratório	Não aplicável.
5.4.4. Métodos não normalizados	Não aplicável.
5.4.5. Validação de métodos	A confirmação do método normalizado será realizada pela análise da incerteza de medição de um ensaio realizado.

**Quadro 3.** Aplicação do item 5.4 para o ensaio de CTOD (Continuação)

5.4.6. Estimativa da incerteza de medição	As normas BS 7448, <sup>(10,11)</sup> ISO 12135 <sup>(12)</sup> e BS EN ISO 15653 <sup>(13)</sup> apresentam o mesmo modelo de medição de tenacidade à fratura CTOD. No entanto, existem mudanças dependendo da geometria do corpo de prova. Portanto, foi elaborado um formulário de ensaio (que também contempla o cálculo da incerteza) para dois tipos de geometria de corpo de prova (CT e SEB) previstos nas normas. Todos os formulários foram elaborados segundo as etapas do Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM). <sup>(16)</sup>
5.4.7. Controle de dados	Os formulários para realização dos cálculos são planilhas em <i>Excel</i> . Os campos com fórmulas estão bloqueados para edição por usuários, visando a proteção dos dados. Todas essas fórmulas foram validadas através da comparação entre os resultados obtidos através das planilhas e os mesmos cálculos realizados manualmente. Como na rotina do ensaio não há transcrição manual de dados, evita-se a necessidade de verificações adicionais.

### 3.4 Envio da Documentação para o Inmetro

Foram enviados, através de plataforma virtual, os seguintes documentos elaborados para a extensão de escopo:

- formulário FOR-CGCRE-012 – proposta de escopo para ensaio;
- cópia do manual da qualidade do laboratório;
- lista mestra de documentos;
- cópia do relatório da última auditoria interna;
- cópia do relatório da última análise crítica realizada pela direção;
- formulário FOR-Cgcre-008 – informações sobre a participação do laboratório em atividades de ensaio de proficiência;
- plano de participação em atividades de ensaios de proficiência;
- procedimento de ensaio de CTOD em materiais metálicos e em juntas soldadas;
- procedimento para o cálculo de incerteza de medição dos ensaios de mecânica da fratura;
- formulários para o cálculo de incerteza de medição em ensaio de CTOD em corpos de prova do tipo SEB e CT;
- relação e descrição dos equipamentos e padrões de referência utilizados no ensaio; e
- cópia dos certificados de calibração dos equipamentos e padrões envolvidos no ensaio.

### 3.5 Auditoria do Inmetro

A próxima etapa do trabalho é a realização de uma auditoria pelo Inmetro nas instalações do Lamef para consolidação da extensão de escopo ou, se for o caso, para identificar não conformidades e readequar o Sistema.

## 4 DISCUSSÃO

Essa etapa foi realizada através de uma auditoria interna do Sistema de Gestão do Lamef, na qual dois auditores avaliaram como o GEM estava atendendo aos itens da NBR ISO/IEC 17025:2005<sup>(5)</sup> com foco em alguns ensaios, entre eles o de CTOD. A

auditoria foi realizada em 18 de fevereiro de 2013, por dois auditores internos não ligados ao GEM, atendendo ao próprio item 4.14 da NBR ISO/IEC 17025:2005.<sup>(5)</sup>

Nessa auditoria interna, foram encontradas não conformidades (NC) e oportunidades de melhoria (OM), sendo que algumas delas possuíam relação com o ensaio de CTOD. A partir delas, serão levantados registros de não conformidades/oportunidades de melhoria, e serão tomadas ações corretivas/preventivas para implantá-las. As NCs/OMs levantadas que tinham relação direta ou indireta com o ensaio de CTOD, assim como as propostas de ação corretiva/preventiva para eliminá-las, são descritas no Quadro 4.

Conforme se pode ver no Quadro 4, os pontos onde serão necessárias ações corretivas mais aprofundadas são os relacionados a pessoas (5.2.2) e validação de métodos (5.4.5.2). Nesses casos, as ações terão de ser implantadas desde o início, pois atualmente não há como evidenciar a realização de treinamentos e a verificação da eficácia dos mesmos, nem a confirmação do método de ensaio normatizado. As demais NCs/OMs identificadas são relacionadas a itens da norma que já estavam implantados, se tratando de desvios pontuais em relação aos requisitos.

Com a implantação das ações corretivas/preventivas, espera-se que o Laboratório tenha todas as condições necessárias para a inclusão do referido ensaio em seu escopo de acreditação, após auditoria e avaliação do Inmetro, prevista para ocorrer em maio de 2013.

**Quadro 4.** NCs/OMs relacionadas ao ensaio de CTOD e plano de ação

Requisito	Descrição da NC/OM	Ação proposta
4.6.2 (NC)	Não há evidência de que todos os insumos críticos relacionados ao ensaio são verificados antes do uso.	Localizar se há registro das últimas compras de óleo hidráulico, caso contrário verificar por que não há.
4.6.4 (NC)	O atual fornecedor de óleo hidráulico está com avaliação expirada, e por isso não consta como aprovado.	Atualizar a avaliação do fornecedor.
4.7.1 (NC)	O GEM não assegura a confidencialidade em relação a outros clientes, pois as visitas de clientes são registradas em um 'livro de visitas', onde constam o nome e a empresa do visitante.	Eliminar o nome da empresa do cliente do 'livro de visitas'.
4.15.1 (OM)	Não foi realizada análise crítica relativa aos ensaios do GEM, que estava prevista, segundo um cronograma, para ocorrer em janeiro/2013.	Realizar a reunião de análise crítica e atualizar o cronograma.
4.15.2 (NC)	Não foram localizados os registros da última análise crítica pela alta direção.	Verificar com a coordenação da qualidade por que o registro não estava disponível.
5.2.2 (NC)	Não existe evidência de que o pessoal que realiza o ensaio de CTOD possui treinamento para tal.	O pessoal que ingressa no GEM é supervisionado até ser capacitado para executar o ensaio, mas essa supervisão não é registrada como treinamento. Fazer esse registro para as pessoas mais novas que estão aptas a executar o ensaio, e no caso de pessoas que foram capacitadas antes da implantação do SGQ, a evidência do treinamento poderá ser através de declaração do coordenador geral. A avaliação da eficácia dos treinamentos será realizada através do acompanhamento e avaliação da execução de um ensaio.

5.4.5.2 (NC)	O método de ensaio baseado nas normas BS 7448, <sup>(10,11)</sup> ISO 12135 <sup>(12)</sup> e BS EN ISO 15653 <sup>(13)</sup> não está validado.	Realizar a confirmação do método normalizado através da análise da incerteza de medição de um ensaio realizado.
5.6.1 (NC)	As máquinas de ensaios onde são realizados os ensaios de CTOD (EQ. 1 e EQ. 3) estão com o <i>status</i> de calibração desatualizado.	Aguardar a chegada dos certificados da última calibração que foi realizada, verificá-los, disponibilizá-los e atualizar o <i>status</i> da calibração.
5.6.1 (OM)	Os certificados de calibrações anteriores não estão claramente identificados como obsoletos, podendo ser confundidos com os certificados atualizados.	Identificar os certificados antigos com carimbo 'obsoleto' ou identificação similar.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou as etapas para a extensão do escopo de acreditação do Lamef, visando abranger o ensaio de tenacidade à fratura CTOD de materiais metálicos, baseado nas normas BS 7448,<sup>(10,11)</sup> ISO 12135<sup>(12)</sup> e BS EN ISO 15653.<sup>(13)</sup> Foram apresentadas as adequações necessárias para atender aos requisitos gerenciais e técnicos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005,<sup>(5)</sup> com foco no ensaio de CTOD.

Notou-se que em termos gerenciais (item 4 da norma NBR ISO/IEC 17025:2005)<sup>(5)</sup> foram necessárias poucas adequações, pois o Lamef já possuía um Sistema de Gestão da Qualidade acreditado pelo Inmetro. De um modo geral, só é necessário garantir um alinhamento de todos os pontos relacionados ao ensaio de CTOD com o Sistema existente.

Em relação à parte técnica (item 5 da norma NBR ISO/IEC 17025:2005)<sup>(5)</sup> foram necessárias mais adequações, principalmente no subitem 'Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos' (5.4), pois essa parte é focada diretamente na execução, controle e nos registros referentes ao ensaio, assim como equipamentos, pessoas, condições ambientais e demais elementos.

Ao longo do trabalho, ocorreram alguns desvios em relação aos requisitos da norma, que foram identificados em auditoria interna e para os quais foram propostas ações corretivas ou preventivas, conforme pertinente, e com abrangência proporcional à gravidade das mesmas.

Com o envio da documentação para o Inmetro e a implantação das ações corretivas (referentes às NCs) e preventivas (referentes às OMs) levantadas na execução desse trabalho, espera-se atender todos os requisitos necessários para a inclusão do ensaio no escopo de acreditação do Lamef.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e de mestrado.

## REFERÊNCIAS

- 1 SOUZA, R. S. Sistema de Gestão da Qualidade em Empresa do Setor de Pré-Fabricados de Concreto: resultados alcançados com sua implantação. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. 2010.
- 2 SALAY, E.; CASWELL, J. A. Developments in Brazilian Food Safety Policy. International Food and Agribusiness Management Review 1 (2): 167-177, 1998.



- 3 TARÍ, J. J.; SABATER, V. Quality tools and techniques: Are they necessary for quality management? *Int. J. Production Economics* 92: 267–280, 2004.
- 4 ISO - International Organization for Standardization. ISO 9001: Quality management systems – Requirements. Geneva, 2008.
- 5 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibrações. Rio de Janeiro, 2005.
- 6 STROHAECKER, T.R. Mecânica da Fratura. Notas de Aula. 2011.
- 7 HAAG, J.; SANTOS, B. P.; COSTA, P. C.; CUNHA, P. H. C. P.; LESSA, C. R. L.; STROHAECKER, T.R. Avaliação da tenacidade à fratura de uma junta soldada através do ensaio de CTOD em aço API 2H grau 50. 67<sup>o</sup> Congresso da ABM Internacional, 2012.
- 8 INMETRO. Site institucional – Consulta ao catálogo da RBLE. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble](http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble)>. Acesso em: 08 mar. 2013.
- 9 INMETRO. CRL 0426: Escopo da acreditação – ABNT NBR ISO/IEC 17025 Ensaio/UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul/Laboratório De Metalurgia Física – LAMEF. INMETRO, 10 out. 2011.
- 10 BS – British Standards Institution. BS 7448-1: Fracture mechanics toughness tests. Method for determination of  $K_{IC}$ , critical CTOD and critical J values of metallic materials. London, 1991.
- 11 \_\_\_\_\_. BS 7448-2: Fracture mechanics toughness tests. Method for determination of  $K_{IC}$ , critical CTOD and critical J values of welds in metallic materials. London, 1997.
- 12 ISO. ISO 12135: Metallic materials – Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness. ISO, Geneva, 2002, Cor. 1:2008.
- 13 BS. BS EN ISO 15653: Metallic materials. Method of test for the determination of quasistatic fracture toughness of welds. 2010.
- 14 INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. FOR-CGCRE-017: Relação de documentos para solicitação da acreditação/extensão de laboratórios de ensaio, de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. Revisão 02, 01 mar. 2012.
- 15 INMETRO. CRL 0434: Escopo da acreditação – ABNT NBR ISO/IEC 17025 Ensaio/UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul/Laboratório De Metalurgia Física – LAMEF/CDT/UFRGS. INMETRO, 07 out. 2011.
- 16 JCGM - Joint Committee for Guides in Metrology. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). JCGM 100:2008, Issue 1, 2008.