

## ADEQUAÇÃO DE SGQ PARA A ACREDITAÇÃO DO ENSAIO DE TENACIDADE À FRATURA $K_{IC}$ <sup>1</sup>

Daniel Antonio Kapper Fabricio<sup>2</sup>  
Jefferson Haag<sup>3</sup>  
Bill Paiva dos Santos<sup>4</sup>  
Guilherme Vieira Braga Lemos<sup>5</sup>  
Vagner Machado Costa<sup>4</sup>  
Telmo Roberto Strohaecker<sup>6</sup>  
Afonso Reguly<sup>6</sup>

### Resumo

Laboratórios de ensaio vêm implantando Sistemas de Gestão baseados na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 para garantir a confiabilidade das medições, mas nenhum laboratório brasileiro possui o ensaio de  $K_{IC}$  em seu escopo de acreditação. O ensaio de  $K_{IC}$  permite obter uma propriedade que descreve o comportamento de materiais linear-elásticos frente a defeitos do tipo trinca, podendo ser utilizada para a seleção de materiais, projeto e análise de falha de estruturas de alta responsabilidade. O Laboratório de Metalurgia Física (Lamef), que é acreditado pelo Inmetro e reconhecido pela Rede Metrológica RS na realização de diversos ensaios, optou por estender seu escopo de acreditação para abranger esse ensaio. Para isso, foi necessário analisar os requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025 e adequar o Sistema de Gestão para que os elementos envolvidos na realização do referido ensaio atendessem aos requisitos gerenciais e técnicos da norma. Conclui-se que a viabilidade do uso do ensaio de  $K_{IC}$  de forma rotineira está diretamente relacionada à análise correta dos requisitos dimensionais, que são rigorosos, para obter valores válidos de  $K_{IC}$ .

**Palavras-chave:** Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025; Extensão de escopo; Ensaio de  $K_{IC}$ .

### ADEQUACY OF QMS FOR THE ACCREDITATION OF THE FRACTURE TOUGHNESS $K_{IC}$ TEST

### Abstract

Testing laboratories have been implementing Management Systems based on standard ISO/IEC 17025 to ensure the reliability of the results, but no Brazilian laboratory has the  $K_{IC}$  test in its scope of accreditation. This test allows to obtain a property that describes the behavior of linear-elastic materials against crack-type defects and can be used on material selection, design and failure analysis of structures of high responsibility. The Laboratório de Metalurgia Física (Lamef), which is accredited by Inmetro and recognized by Rede Metrológica RS in performing several tests, has decided to extend its scope in order to cover this test. For this, all the requirements of ISO/IEC 17025 were analyzed and the management system was adjusted so that all the elements involved in this test met the managerial and technical requirements of the standard. It is concluded that the practicability to use the  $K_{IC}$  test routinely is directly related to the correct analysis of the dimensional requirements, which are strict, in order to obtain valid values of  $K_{IC}$ .

**Key words:** ABNT NBR ISO/IEC 17025 standard ; Extension of scope;  $K_{IC}$  test.

<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 de Engenharia de Produção, Bolsista, Laboratório de Metalurgia Física, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Eng. Metalúrgico, Coord. Grupo de Ensaios Mecânicos, Laboratório de Metalurgia Física, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>4</sup> Eng. Metalúrgico. Analista Técnico. Laboratório de Metalurgia Física, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>5</sup> Eng. Metalúrgico, Msc., Analista Técnico, Laboratório de Metalurgia Física, UFRGS, RS, Brasil.

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

## 1 INTRODUÇÃO

Laboratórios de ensaio brasileiros têm implantado Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQs), baseados na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025<sup>(1)</sup> e procurado a acreditação junto ao Inmetro para seus ensaios. A NBR ISO/IEC 17025<sup>(1)</sup> especifica os requisitos necessários para que laboratórios de ensaios e/ou calibrações comprovem a sua competência técnica e a validade dos dados e resultados emitidos,<sup>(1)</sup> cobrindo métodos normalizados, não normalizados e métodos desenvolvidos pelo próprio laboratório.

Os requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025<sup>(1)</sup> são divididos em gerenciais (da direção) e técnicos. Os requisitos gerenciais se referem à organização do laboratório, estabelecimento do sistema de gestão, controle dos documentos, análises críticas, atendimento ao cliente, reclamações, não conformidades, oportunidades de melhorias, ações corretivas e preventivas, auditorias internas, entre outros. Os requisitos técnicos são voltados aos fatores que afetam diretamente o resultado, ou seja: pessoal; acomodações e condições ambientais; métodos de ensaio, calibração e validação dos métodos; equipamentos; rastreabilidade das medições; amostragem; manuseio de itens; garantia da qualidade dos resultados; e apresentação dos resultados.<sup>(1)</sup>

O ensaio de  $K_{IC}$  permite obter uma propriedade que descreve o comportamento de materiais linear-elásticos frente a defeitos do tipo trinca, podendo ser utilizada para a seleção de materiais, projeto e análise de falha de estruturas de alta responsabilidade. Na realização desse ensaio, é fundamental que os equipamentos, pessoas e demais recursos relacionados sejam controlados, pois existe uma série de requisitos a serem seguidos na validação do resultado, presentes nas próprias normas do ensaio, tais como a ISO 12135.<sup>(2)</sup> O estabelecimento de um Sistema de Gestão abrangendo esse ensaio viabiliza um controle maior para garantir o atendimento a esses requisitos.

O Laboratório de Metalurgia Física (Lamef) é um laboratório acadêmico que presta serviços na área de ensaios mecânicos-metalúrgicos. Em consulta ao catálogo da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE),<sup>(3)</sup> nota-se que, até fevereiro de 2013, nenhum laboratório de ensaios brasileiro possuía em seu escopo de acreditação o ensaio de determinação da tenacidade à fratura  $K_{IC}$ . Assim, o Lamef decidiu estender seu escopo de acreditação para abranger esse ensaio. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é apresentar as etapas necessárias para a acreditação do ensaio de  $K_{IC}$ , visando obter a sua acreditação no Lamef.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A execução do ensaio de  $K_{IC}$  no Lamef segue um procedimento interno baseado na norma ISO 12135,<sup>(2)</sup> que oferece diretrizes sobre o método de ensaio e o modelo de medição do parâmetro  $K_{IC}$ . Essa norma apresenta algumas geometrias de corpos de prova que podem ser utilizadas na realização do ensaio. No escopo do Lamef, entrarão os corpos de prova do tipo *compact tension* (CT) e *three-point bend test* (SEB), cujas especificações geométricas podem ser encontradas na ISO 12135.<sup>(2)</sup>

O ensaio é realizado em uma máquina de ensaios servo-hidráulica, que possui uma célula de carga com capacidade de 100 kN. As medições dimensionais dos corpos de prova são realizadas com paquímetros digitais, e as medições da trinca são realizadas com o auxílio de um projetor de perfil.

A extensão do escopo requer que seja analisado se o ensaio de  $K_{IC}$  está atendendo a cada um dos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025,<sup>(1)</sup> considerando-se as normas, equipamentos e geometrias de corpo de prova que se deseja incluir no escopo.

A adequação do sistema de gestão para a inclusão do ensaio de  $K_{IC}$  no escopo iniciou-se pela análise preliminar do Sistema de Gestão existente e de quais adequações seriam necessárias, seguida da adequação aos requisitos gerenciais e técnicos da NBR ISO/IEC 17025.<sup>(1)</sup> Em seguida, solicitou-se a extensão de escopo junto ao Inmetro, enviando-se os documentos necessários segundo o formulário FOR-CGCRE-17.<sup>(4)</sup> Por fim, o Inmetro avalia a documentação e realiza uma auditoria para a consolidação da extensão de escopo. A Figura 1 resume as etapas do método de trabalho.



Figura 1. Etapas de trabalho.

Ao final, foi realizada uma auditoria interna para avaliar o atendimento aos requisitos da NBR ISO/IEC 17025.<sup>(1)</sup>

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Análise do Sistema da Qualidade Existente

Até o início do trabalho, o Lamef possuía um Sistema da Qualidade com 11 ensaios em seu escopo,<sup>(5,6)</sup> sendo acreditado pelo Inmetro e reconhecido pela Rede Metrológica do Rio Grande do Sul (RMRS) nesses ensaios desde 2010. O Grupo de Ensaios Mecânicos (GEM), onde o ensaio de  $K_{IC}$  é executado, é responsável por vários dos ensaios no escopo de acreditação do Lamef. Logo, pode-se dizer que a extensão do escopo consiste em uma adequação ao sistema existente para abranger os ensaios que vierem a ser acreditados, desdobrando os requisitos gerenciais da NBR ISO/IEC 17025.<sup>(1)</sup> Além disso, o GEM possui conhecimento e experiência na execução de ensaios de Mecânica da Fratura, inclusive o de  $K_{IC}$ . Isso tende a simplificar a implantação dos requisitos técnicos da norma NBR ISO/IEC 17025.<sup>(1)</sup>

#### 3.2 Implantação dos Requisitos Gerenciais

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

Nota-se que não foram necessárias muitas mudanças em nível gerencial, visto que já existe no Lamef um Sistema de Gestão que atende aos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025.<sup>(1)</sup> A maior parte das adequações realizadas foi na parte técnica, conforme descrito em 3.3.

**Quadro 1.** Requisitos gerenciais e adequações necessárias

Requisito	Adequações realizadas no Sistema
4.1. Organização	Não foram necessárias adequações, pois é utilizada a estrutura organizacional existente.
4.2. Sistema de gestão	Não foram necessárias adequações, pois o ensaio utiliza o Sistema de Gestão existente.
4.3. Controle de documentos	Todos os documentos relacionados ao ensaio (procedimento de ensaio, procedimento operacional) passaram a seguir a sistemática existente para aprovação, emissão e alterações nos mesmos.
4.4. Análise crítica de pedidos, propostas e contratos	Não foram necessárias, pois todos os ensaios de K <sub>IC</sub> passavam por análise crítica, e essa sistemática se mantém.
4.5. Subcontratação de ensaios e calibrações	Esse item não é aplicável ao Lamef, por não realizar subcontratações de ensaios.
4.6. Aquisição de serviços e suprimentos	Compras de serviços e suprimentos que afetem a qualidade do ensaio de K <sub>IC</sub> seguirão o procedimento existente.
4.7. Atendimento ao cliente	Não foram necessárias adequações, pois o Sistema de Gestão já previa procedimento para atendimento a todos os clientes.
4.8. Reclamações	Não foram necessárias adequações, pois eventuais reclamações, não conformidades, melhorias, ações preventivas e corretivas relacionadas ao ensaio já seguiam o Sistema existente.
4.9. Controle de trabalhos de ensaio e/ou calibrações não-conforme	
4.10. Melhoria	
4.11. Ação preventiva	
4.12. Ação corretiva	
4.13. Controle de registros	Todos os registros relacionados ao ensaio (formulários) passaram 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.

### 3.3 Implantação dos Requisitos Técnicos

As adequações necessárias na parte técnica segundo a NBR ISO/IEC 17025:2005<sup>(1)</sup> estão descritas no Quadro 2.

**Quadro 2.** Requisitos gerenciais e adequações necessárias

Requisito	Adequações realizadas no Sistema
5.1. Generalidades	Esse item não é auditável.
5.2. Pessoal	Foi registrado 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 onde o ensaio é realizado é o mesmo onde 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 identificados, controlados e calibrados 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.

**Quadro 2.** Requisitos gerenciais e adequações necessárias (Continuação)

5.6. Rastreabilidade da medição	Continuará sendo seguida a sistemática existente no Lamef para garantir a rastreabilidade das medições às unidades do Sistema Internacional, através de calibrações, verificações periódicas e outras formas para garantia da qualidade.
5.7. Amostragem	Esse item foi excluído do escopo do Lamef, por não realizar amostragens.
5.8. Manuseio de itens de ensaio e calibração	A identificação e o manuseio de itens de ensaio de $K_{IC}$ seguiam a mesma sistemática já existente no Lamef. Portanto, não foram necessárias adequações.
5.9. Garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração	O controle de qualidade dos ensaios será realizado da mesma forma que a validação/confirmação de métodos, descritas no item 3.3.1 desse trabalho.
5.10. Apresentação de resultados	Os relatórios de ensaio de $K_{IC}$ já eram elaborados conforme o modelo de apresentação de resultados do Lamef e, portanto, não foram necessárias adequações.

### 3.3.1 Métodos de ensaio e validação de métodos

Os requisitos do item 5.4, da norma NBR ISO/IEC 17025,<sup>(1)</sup> referentes ao método de ensaio, e a sua aplicação para o ensaio de  $K_{IC}$ , estão descritos no Quadro 3.

**Quadro 3.** Adequações relacionadas ao método de ensaio

Requisito	Adequações Realizadas no Sistema
5.4.1. Generalidades	Elaboração de procedimento para execução do ensaio de $K_{IC}$ e preparação de amostras, relacionando-os com procedimentos para operação do equipamento onde o ensaio é realizado. Foram realizadas adequações no procedimento de estimativa da incerteza de medição, visando abranger o ensaio. As normas técnicas relacionadas ao ensaio passaram a ser disponibilizadas ao pessoal e controladas.
5.4.2. Seleção de métodos	Foi escolhida a norma ISO 12135. <sup>(2)</sup> Essa metodologia foi escolhida por se tratar de uma norma internacional de referência.
5.4.3. Métodos desenvolvidos pelo laboratório	Não aplicável, pois foi escolhida uma norma internacional.
5.4.4. Métodos não normalizados	Não aplicável, pois foi escolhida uma norma internacional.
5.4.5. Validação de métodos	A confirmação do método normalizado será realizada pela análise da incerteza de medição de um ensaio realizado.
5.4.6. Estimativa da incerteza de medição	A norma ISO 12135 <sup>(2)</sup> apresenta um modelo de ensaio e de medição de tenacidade à fratura $K_{IC}$ que varia dependendo da geometria do corpo de prova a ser utilizada. Portanto, foi elaborado um formulário de ensaio (que também contempla o cálculo da incerteza) para o corpo de prova do tipo SEB e outro para CT. Os formulários foram elaborados segundo as etapas do Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM). <sup>(7)</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 nas planilhas e os mesmos cálculos realizados manualmente.

### 3.4 Submissão 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  $K_{IC}$  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  $K_{IC}$  em corpos de prova do tipo SEB e CT;
- relação e descrição dos equipamentos utilizados no ensaio; e
- cópia dos certificados de calibração dos equipamentos e padrões envolvidos no ensaio.

### 3.5 Auditoria de Extensão de Escopo

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

A discussão do trabalho foi realizada a partir 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>(1)</sup> em alguns ensaios, entre eles o de  $K_{IC}$ . A auditoria foi realizada em 18 de fevereiro de 2013, por dois avaliadores não ligados ao GEM, visando a verificação do atendimento dos requisitos para a extensão de escopo e atendendo ao próprio item 4.14 da NBR ISO/IEC 17025:2005.<sup>(1)</sup>

Nessa auditoria interna, foram encontradas não conformidades (NC) e oportunidades de melhoria (OM), e algumas delas tinham relação com o ensaio de  $K_{IC}$ . 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  $K_{IC}$ , assim como o plano de ação 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). Atualmente não há como evidenciar a realização de treinamentos e a verificação da eficácia dos mesmos, nem que o método de ensaio normatizado foi confirmado. As demais NCs/OMs identificadas são relacionadas a itens da norma que já estavam formalmente implantados, mas onde ocorreram desvios pontuais em relação aos requisitos.

Com a implantação das ações corretivas/preventivas relacionadas ao ensaio de  $K_{IC}$ , 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.

A norma ISO 12135<sup>(2)</sup> apresenta uma série de requisitos dimensionais para a validação do ensaio. Portanto, a implantação de um Sistema de Gestão em um laboratório que realiza esse ensaio para clientes externos é importante para garantir análise correta dos requisitos dimensionais, visando obter valores válidos de  $K_{IC}$ .

**Quadro 4.** NCs/OMs relacionadas ao ensaio de  $K_{IC}$  e plano de ação

9,5	Descrição da NC/OM	Ação proposta
4.6.2 (NC)	Não há registros das ações tomadas para verificar a conformidade de materiais que afetam a qualidade dos ensaios (óleo hidráulico).	Localizar se há registro das últimas compras de óleo hidráulico, caso contrário verificar por que não há.
4.15.1 (OM)	A reunião de Análise Crítica do GEM estava agendada para janeiro/2013, segundo o cronograma. Não foi realizada nesta data e não foi apresentada uma justificativa do motivo de não ter acontecido na data prevista.	Realizar a reunião de análise crítica e atualizar o cronograma, justificando que a mudança de data foi devido a motivos de agenda.
5.2.2 (NC)	Não existe evidência de que o pessoal que realiza o ensaio de $K_{IC}$ 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)	Não há registro da validação/confirmação do método de ensaio baseado na norma ISO 12135. <sup>(2)</sup>	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 $K_{IC}$ (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.
5.7.4.2 (NC)	Não há evidência de que o <i>software</i> (formulário) utilizado no ensaio de $K_{IC}$ tenha sido validado.	Validar as planilhas em <i>Excel</i> realizando os cálculos a mão.
- (OM)	Elaborar um procedimento para medição da pré-trinca de fadiga com o projetor de perfil.	Seguir a sugestão (observação), elaborando o procedimento.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou as etapas para a extensão do escopo de acreditação do Lamef, visando abranger o ensaio de tenacidade à fratura  $K_{IC}$  de

materiais metálicos e juntas soldadas, baseado na norma ISO 12135.<sup>(2)</sup> Foram apresentadas as adequações necessárias para atender aos requisitos gerenciais e técnicos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.<sup>(1)</sup>

Por se tratar de uma extensão de escopo, e não de uma acreditação inicial, a implantação dos requisitos gerenciais (item 4 da norma NBR ISO/IEC 17025:2005<sup>(1)</sup>) gerou a necessidade de poucas adequações. De um modo geral, só foi necessário garantir um alinhamento de todos os pontos relacionados ao ensaio de  $K_{IC}$  com o Sistema existente.

Em relação à parte técnica (item 5 da norma NBR ISO/IEC 17025:2005)<sup>(1)</sup> foram necessárias mais adequações, pois essa parte é focada diretamente na execução, controle e nos registros referentes ao ensaio, assim como equipamentos, pessoas, condições ambientais e demais elementos envolvidos. Ainda assim, muitos dos requisitos técnicos já estavam implantados, pois o Lamef já realizava o ensaio de  $K_{IC}$ . O subitem que vai requerer mais adequações é o 'Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos' (5.4).

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 e a Capes pelo incentivo nas atividades de pesquisa e desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

- 1 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.
- 2 ISO – International Organization for Standardization. ISO 12135: Metallic materials - Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness. ISO, Geneva, 2002, Cor. 1:2008.
- 3 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: 25 fev. 2013.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 \_\_\_\_\_. 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.
- 7 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.