

| PORTFÓLIO DE SERVIÇO | |
|-----------------------------|---|
| CÓDIGO | LCMEEG02 |
| LABORATÓRIO | LCME – LABORATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL |
| DIVISÃO | AMR – DIVISÃO DE MATERIAIS |
| SUBDIRETORIA | SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA |
| DESCRIÇÃO | ANÁLISE MATERIALOGRÁFICA QUALITATIVA E SEMI-QUANTITATIVA, MICROSCOPIA DE CAMPO CLARO, DE LUZ POLARIZADA E PELA TÉCNICA DE CONTRASTE DIFERENCIAL. ANÁLISE ESTEREOSCÓPIA DE SUPERFÍCIES DE FRATURAS. CAPTURA DE IMAGENS. |

Descrição do STE

1 Análise metalográfica quantitativa e semi-quantitativa

A análise metalográfica é uma técnica essencial para a avaliação da microestrutura dos materiais metálicos, permitindo a compreensão de suas propriedades e comportamentos em diferentes condições. Essa análise pode ser realizada de maneira qualitativa e semi-quantitativa, utilizando diversas técnicas e métodos, como microscopia de campo claro, luz polarizada e contraste diferencial.

A análise metalográfica qualitativa envolve a identificação e descrição das fases e estruturas presentes no material, como grãos, fases cristalinas e inclusões. É um método exploratório que fornece informações sobre a distribuição, forma e tamanho das características observadas. Já a análise semi-quantitativa permite a estimativa aproximada da quantidade relativa de diferentes fases ou estruturas, oferecendo uma visão mais detalhada da composição e da heterogeneidade do material.

Ambas as abordagens são fundamentais para entender as propriedades mecânicas e o desempenho dos metais. Essas análises são realizadas utilizando-se um microscópio óptico com sistema de captura de imagens acoplado, constituído de câmera, microcomputador e softwares para análise de imagens. O LCME possui um software normalizado segundo os requisitos da norma ASTM E 112.

2. Microscopia de Campo Claro

A microscopia de campo claro é uma técnica básica em metalografia, que utiliza um microscópio óptico para examinar as amostras. Nesta técnica, a luz reflete na superfície da amostra e interage com a estrutura do material, gerando contraste que permite observar e avaliar a microestrutura do material.

3. Microscopia de Luz Polarizada

A microscopia de luz polarizada é uma técnica que utiliza filtros polarizadores para observar amostras em que as fases cristalinas apresentam características anisotrópicas. Essa técnica é particularmente útil para identificar e distinguir diferentes fases minerais, metálicas e poliméricas com base em suas propriedades ópticas, como o birrefringência. A luz polarizada

melhora o contraste e revela detalhes que não são visíveis com a microscopia de campo claro.

4. Técnica de Contraste Diferencial

A técnica de contraste diferencial, ou contraste de interferência diferencial (DIC), é empregada para melhorar o contraste de detalhes finos em amostras que possuem pouca diferença de absorção de luz. Ela utiliza um sistema óptico especial para criar imagens com alta definição e contraste, permitindo a visualização de características sutis da microestrutura, como contornos de grãos e pequenas inclusões. É uma técnica eficaz para examinar amostras que apresentam pouca diferença de densidade ou absorção entre suas fases.

5. Análise Estereoscópica de Superfícies de Fraturas

A análise estereoscópica é aplicada para examinar as superfícies de fraturas em materiais metálicos, fornecendo uma visão tridimensional das características da fratura. Essa técnica permite a análise da morfologia das superfícies de fratura, incluindo a identificação de mecanismos de falha, como fraturas dúcteis ou frágeis. A estereoscopia é crucial para entender os fatores que contribuem para a falha do material e para a otimização de processos e materiais.

6. Captura de Imagens

A captura de imagens é uma parte essencial de qualquer análise metalográfica, permitindo a documentação e análise visual das amostras. A utilização de câmeras digitais acopladas aos microscópios permite a obtenção de imagens de alta resolução que podem ser utilizadas para análise detalhada, comparação e documentação dos resultados. Imagens capturadas são frequentemente analisadas com software especializado para medir tamanhos de grãos, áreas de fases e outras características quantitativas.

Essas técnicas combinadas fornecem uma compreensão abrangente da microestrutura dos materiais metálicos, permitindo a correlação entre a estrutura e as propriedades mecânicas. A escolha e a aplicação adequada dessas metodologias são fundamentais para a avaliação precisa e a melhoria dos materiais metálicos em diversas aplicações industriais.

7. Etapas para a prestação do STE

7.1 – Reunião inicial com o cliente para definição do serviço, material e seções a serem analisadas

7.2 Preparação de amostras (caso necessário)

Essa etapa envolve a preparação de amostras e está descrita em detalhes no portfólio de serviços para preparação de amostras para análise metalográfica (LCMEEG04). Para exames por estereoscopia, a preparação pode envolver corte e limpeza ultrassônica em acetona.

7.3 Ensaio de microscopia óptica ou estereoscopia e captura de imagens

Nessa etapa, as amostras são analisadas com auxílio de microscópio óptico ou microscópio estereoscópico. Diversas técnicas de microscopia óptica podem ser utilizadas para garantir o

melhor contraste nas microestruturas observadas. São capturadas imagens para registro e análise posterior.

7.4 Análise de imagens e microscopia quantitativa

Nessa etapa as imagens capturadas são analisadas pelo responsável pelo ensaio. Caso solicitado, são realizados determinação do tamanho de grão e porcentagem de fases.

7.5 Análise dos resultados e elaboração de relatório técnico

Elaboração de relatório técnico com o relato de resultados.

Pessoal envolvido para realização do STE

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com preparação de amostras para análise metalográfica qualitativa e semi-quantitativa, microscopia de campo claro, de luz polarizada e pela técnica de contraste diferencial, análise estereoscopia de superfícies de fraturas e captura de imagens é o efetivo do laboratório de caracterização Micro estrutural da Divisão de Materiais da ICT/IAE.

A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, compete realizar a caracterização de materiais por meio de ensaios de microscopia óptica e eletrônica e ensaios mecânicos. A tabela 1 apresenta a definição do pessoal envolvido no STE. A tabela 2 relaciona o número de servidores envolvidos na prestação do STE.

Tabela 1 – Definição de pesquisadores envolvidos.

| Serviço técnico especializado | Pesquisadores envolvidos |
|--|---|
| Análise metalográfica qualitativa e semi-quantitativa, Microscopia de campo claro, de luz polarizada e pela técnica de contraste diferencial. Análise estereoscopia de superfícies de fraturas. Captura de imagens., | 1 servidor de nível médio e um servidor de nível superior |

Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas diferentes etapas

| | |
|------------|--|
| Etapa 7.1 | 1 Servidor de Nível Superior |
| Etapa 7.2* | 1 servidores de nível técnico |
| Etapa 7.3 | 1 servidor de nível técnico e um servidor de nível superior. |
| Etapa 7.4 | 1 servidor de nível superior |
| Etapa 7.5 | 1 servidor de nível superior |

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE

Os insumos necessários para Preparação de amostras para análise metalográfica são variados, e dependem das características do material a ser analisado. Em geral, são utilizados discos de corte, lixas e panos de polimento e diferentes soluções com abrasivos para polimento. Adicionalmente são utilizados reagentes químicos específicos para revelar a microestrutura dos materiais.

Para a realização do STE, após a preparação das amostras, são utilizados microscópio óptico, microscópio estereoscópico, ambos com computador e sistema de captura de imagem (câmera e software) e softwares de análise de imagens metalográficas.

Finalmente, para consolidação dos resultados e elaboração do relatório de ensaio é utilizado um computador com suíte Office.

Cronograma de execução do STE

Utilizando como referência as etapas explicitadas na seção 7 estima-se que os tempos de execução atendam ao disposto na Tabela 3. Ressalta-se que variações são esperadas em função da complexidade da configuração estrutural a ser atendida pelo STE.

Tabela 3 – Cronograma das etapas para realização do STE

| | |
|-----------|------|
| Etapa 7.1 | 2 h |
| Etapa 7.2 | 4 h* |
| Etapa 7.3 | 1 h |
| Etapa 7.4 | 2h |
| Etapa 7.5 | 3 h |

*Conforme portfólio de serviço LCMEEG04

Tabela 4 – Infraestrutura necessária para realização das etapas do STE

| | |
|--|---|
| Etapa 7.1 | Sala de reunião com recursos midáticos |
| Etapas 7.2*, 7.3 e 7.4 (* conforme portfólio de serviço LCMEEG04) | Laboratórios com Cortadeira metalográfica, embutidora metalográfica, lixadeira, politriz, capela para ataque químico, e microscópio óptico ou microscópio estereoscópico com sistema de captura e análise de imagens. |
| Etapa 7.5 | Sala com computador e suíte Office. |

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE

Não aplicável.

Formação dos custos unitários/globais do STE

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes a ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exhibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

Tabela 5 – Composição de custos.

| | Atividade | Qualificação | Carga Horária (h) | Valor por Hora | Valor Total (R\$) |
|----------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Mão de Obra Dedicada | Etapa 7.1 | Nível Superior | 2 | R\$ 189,81 | 379,62 |
| | | Nível Técnico | 2 | R\$ 109,24 | 218,48 |
| | Etapa 7.2 | Nível Superior | 0,5 | R\$ 189,81 | 94,91 |
| | | Nível Técnico | 4 | R\$ 109,24 | 436,96 |
| | Etapa 7.3 | Nível Superior | 1 | R\$ 189,81 | 189,81 |
| | | Nível Técnico | 1 | R\$ 109,24 | 109,24 |
| | Etapa 7.4 | Nível Superior | 2 | R\$ 189,81 | 379,62 |
| | | Nível Técnico | 0 | R\$ 109,24 | 0,00 |
| | Etapa 7.5 | Nível Superior | 3 | R\$ 189,81 | 569,43 |
| | | Nível Técnico | 0 | R\$ 109,24 | 0,00 |
| | SUBTOTAL | R\$ | | | 2378,07 |

| Equipamentos Dedicados e de Apoio (Consumo Energético e Depreciação) | Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio) | Equipamento | Valor de Compra (conforme BMP) | Potência do Equipamento (em Watts) | Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (min) | Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas) | Consumo em kWh – Durante o tempo de utilização | Custo de Energia (R\$0,78 por kWh) | Depreciação Estimada por Hora de Uso | Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$ |
|--|--|---|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | Etapa 7.1 | Cortadeira metalográfica | | 2610 | 30 | 0,5 | 1,305 | 0,6525 | | |
| | Etapa 7.2 | Embutidora metalográfica | | 750 | 30 | 0,5 | 0,375 | 0,1875 | | |
| | | Lixadeira metalográfica | | 250 | 30 | 0,5 | 0,125 | 0,0625 | | |
| | | Politriz metalográfica | | 250 | 30 | 0,5 | 0,125 | 0,0625 | | |
| | | Capela com exaustor | | 950 | 30 | 0,5 | 0,475 | 0,2375 | | |
| | 7.3 | Microscópio óptico com câmara acoplada e computador | | 1000 | 60 | 1 | 1 | | 1 | |
| | 7.4 | Computador com software de análise de imagens | | 500 | 120 | 2 | 1 | | 2 | |
| | 7.5 | Computador com suíte office | | 500 | 180 | 3 | 1,5 | | 4,5 | |
| | | | | | | | | | R\$ 8,70 | |

| CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO | |
|--|--------------------|
| Mão de Obra Dedicada | R\$ 2378,00 |
| Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos | R\$ 8,70 |
| Depreciação de Instalações | R\$ |
| Material de Consumo/Insumos | R\$ 100,00 |
| TOTAL | R\$ 2486,70 |

Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.