

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NO LABORATÓRIO DE METALOGRAFIA¹

Deise Marina da Rocha Matos²

Anselmo Paulo Pires³

Ivete Peixoto Pinheiro⁴

Resumo

A abordagem e implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade no laboratório de Metalografia do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais visam dar confiabilidade e exatidão aos resultados das amostras preparadas, diminuindo a incidência de não conformidades nas análises metalográficas, possibilitando a identificação e gerenciamento dos processos inter-relacionados e interativos no contexto da "abordagem de processos". O estudo e medição da eficácia dos processos metalográficos tem mostrado que, dependendo da forma de execução, alguns procedimentos podem alterar e comprometer os resultados esperados. Os estudos das técnicas metalográficas abordadas neste artigo estão focados na implementação do Sistema de Gestão da Qualidade no laboratório. Para esse fim, foram realizadas pesquisas bibliográficas dos fundamentos de sistemas de gestão da qualidade, de técnicas de preparação de amostras, estudo da metodologia científica, execução de ataques químicos com diferentes reagentes para o cobre, e elaboração de documentação que permite a comunicação dos propósitos e a consistência das ações de rotina.

Palavras-chave: Sistema de qualidade; Técnicas metalográficas; Procedimento operacional padrão.

THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IMPLEMENTATION IN THE METALOGRAPHY LABORATORY

Abstract

The Quality Management System approach and implementation in the Metalography Laboratory in Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Federal Center for Technology Education of Minas Gerais) aims at giving reliability and sharpness to the prepared samples results, diminishing the incidence of nonconformities in the metalographic analysis, making possible the identification and management of the interrelated and interactive processes in the context of the "processes approach". The study and measurement of metalographic processes effectiveness has shown that, depending on the execution way, some procedures may alter the expected results. The studies of the metalographic techniques treated in this article focus the implementation of the Quality Management System in the laboratory. To this end, bibliographic researches were done concerning the quality management systems framework, samples preparation techniques, scientific methodology study, execution of chemical attacks with different reagents to copper, and elaboration of the documentation to allow purposes communication and the routine actions consistency.

Key words: Quality system; Metalographic techniques; Standard operational procedures.

¹ Contribuição técnica apresentada no 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Bolsista BIC Júnior, aluna do Ensino Médio da Escola Estadual Maurício Murgel, Belo Horizonte. deise.marina@bol.com.br

³ Professor Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Coordenação de Mecânica, Belo Horizonte. anselpires@ig.com.br

⁴ Dra., Profa. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Coordenação de Mecânica, Belo Horizonte. ivetepinheiro@deii.cefetmg.br

1 - INTRODUÇÃO

Antes de implementar o sistema de gestão da qualidade (SGQ) em um laboratório faz-se necessário conhecer a sua área de atuação, as suas atividades e quais benefícios trarão para a instituição.

Com o objetivo de familiarizar com as técnicas desenvolvidas pelo laboratório, a bolsista do Programa BIC-Jr. assistiu aulas de metalografia, que estuda o metal buscando relacionar suas propriedades, estruturas, processos de fabricação, composição química e tratamentos térmicos. As disciplinas de Introdução à Metodologia Científica e Gerenciamento de Processos fizeram-se necessárias para conhecimento e aplicação de normas técnicas para elaboração de trabalhos técnicos e científicos, realização de revisões bibliográficas e princípios de gestão de processos, cujo enfoque de abordagem centrou-se na busca pela confiabilidade das análises e no atendimento de conformidade com os requisitos.

Após o conhecimento das técnicas metalográficas e manuseio dos equipamentos, foi elaborado um planejamento das atividades por meio de um plano de ação 5W2H, ferramenta da qualidade utilizada na fase “P” do PDCA (1 - 3). Em seguida confeccionou-se um macrofluxograma das atividades laboratoriais e estabeleceu-se um modelo para a redação dos procedimentos operacionais “POP’s” para cada sub-processo, com o objetivo de instruir os usuários na utilização dos equipamentos e descrição da execução adequada das técnicas e procedimentos (2, 3). Com todos esses procedimentos foi possível elaborar parcialmente o Manual de Qualidade que estabelece o escopo do SGQ, incluindo detalhes, justificativas e a descrição das interações entre os processos (4).

O modelo de SGQ, mostrado na figura 1, conhecido como “Plan-Do-Check-Act” (PDCA), serve para descrever de forma resumida a metodologia empregada.

2 – ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS METALGRÁFICOS

Para entender o macrofluxograma das atividades laboratoriais e a elaboração dos procedimentos operacionais “POP’s” para cada sub-processo é importante conhecer os equipamentos e as técnicas utilizadas na preparação de amostras metalográficas, portanto, esta seção apresenta uma revisão da literatura sobre metalografia (5 - 9).

A metalografia é uma ciência que observa o metal sob o ponto de vista de sua estrutura, procurando relacioná-la às propriedades físicas, composição, processo de fabricação, etc., de modo a poder esclarecer, ou prever seu comportamento numa determinada aplicação. O exame pode ser feito à vista desarmada (exame macrográfico) ou com auxílio de um microscópio (exame micrográfico). Esses exames são feitos em seções do material, preparadas e atacadas com reativos adequados. Pelo exame macrográfico obtém-se informes de caráter geral, um aspecto de conjunto sobre a homogeneidade do material da peça, a distribuição, natureza e quantidade de certas impurezas, processos de fabricação, etc. Pelo exame micrográfico pode observar-se a granulação do material, a natureza, quantidade, distribuição e forma dos diversos constituintes, certas inclusões, etc., que em seu conjunto conduzem a uma série de conclusões interessantes e de muita utilidade prática.



<p>Nota: O PDCA ("Plan", "Do", "Check", "Act") pode ser aplicado a todos os processos. Resumidamente, o PDCA pode ser descrito da seguinte maneira frente à nova ISO9001:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento: ("Plan") 	estabelecimento dos objetivos e dos processos necessários para a obtenção de resultados, de acordo com os requisitos do cliente e com a política da qualidade da organização.
<ul style="list-style-type: none"> • Execução: ("Do") 	implementação dos processos.
<ul style="list-style-type: none"> • Verificação: ("Check") 	monitoramento e medição de processos e produtos em relação à política, objetivos e requisitos para o produto, bem como comunicação dos resultados.
<ul style="list-style-type: none"> • Agir: ("Act") 	executar ações para promover continuamente a melhoria do desempenho do processo.

Figura 1 – Modelo de um sistema de gestão da qualidade (SGQ) baseada em processo (3).

2.1 – Técnicas macrográficas

O preparo de corpo de provas para análise macrográfica compreende 3 etapas:

Escolha e localização da seção

Para escolher a seção, o técnico se guiará por sua prática e experiência, e o que se pretende observar na peça, assim será escolhida uma seção transversal se o objetivo é observar: natureza do material, homogeneidade, intensidade da segregação, dimensões das bolhas, existência de restos de vazios, detalhes de solda, etc. Ou uma seção longitudinal, se o objetivo é observar: solda de barras, eventuais defeitos nas proximidades das fraturas, extensão de tratamentos térmicos superficiais, peça estampada, torneada, fundida, forjada ou laminada.

Uma vez escolhida a seção, passa-se a questão de sua localização. Normalmente a localização da seção é mais interna, que tem a estrutura mais preservada, além de expor nas suas bordas as influências externas sofridas pela peça.

Realização de uma superfície plana e lixada na seção escolhida

Dependendo da localização da seção ou do formato da peça, procede-se o corte, realizado com serra ou com cortador de disco abrasivo ("cut-off"), ou quando não é viável o corte procede-se ao desbaste em plainas, fresas, ou esmeril até expor a

seção pretendida, de qualquer forma, em todas as situações, deve-se evitar o aquecimento da peça a temperaturas acima de 100°C, o que alteraria a estrutura pelo menos naquela região.

Depois do corte procede-se com o lixamento a úmido, que pode começar com lixas mais grossas (80, 100 ou 120mesh) e passando às mais finas. Quando se usa o “cut-off”, o acabamento obtido permite já começar nas lixas 220mesh em diante. O lixamento é iniciado em direção normal aos riscos do corte e executado até que estes sejam eliminados, quando então se passa a lixa seguinte, mais fina, procedendo antes uma limpeza da peça para evitar a contaminação desta lixa, com resíduos da lixa anterior, e dando-se um giro de 90° na direção do lixamento. A superfície é lixada até que os riscos da lixa anterior tenham sido eliminados, e assim se procede, passando sucessivamente para as lixas mais finas, até atingir a lixa de 600 mesh. Nesta operação deve-se tomar cuidado para evitar o arredondamento das bordas, também não se deve permitir um acabamento especular, por atrapalhar o ataque e produzir reflexos quando for fotografada.

Ataque químico

Sem ataque, a observação da superfície pode revelar algumas particularidades como restos de vazios, grandes inclusões, porosidades, falhas em solda. O mecanismo do ataque está no fato de que algumas regiões serão mais atacadas do que outras, devido à diversidade de composição química ou de estrutura cristalina. Quanto à forma de contato com o reagente pode-se classificar os ataques em: imersão; aplicação e Impressão direta de Baumann. O ataque por aplicação é o mais usual, e consiste em aplicar o reagente sobre a superfície da amostra com o auxílio de um chumaço de algodão ou pincel.

2.2 – Técnicas Micrográficas

A técnica micrográfica pode ser dividida nas seguintes etapas:

Escolha e localização da seção

Freqüentemente a localização da amostra em peças de maior porte, é determinada, após exame macrográfico, isto porque, se apresentar um aspecto homogêneo, a posição destas amostras será em geral indiferente, porém a presença de anomalias ou heterogeneidades, determinará a posição e quantidade das amostras.

A distância da superfície é importante, pois influi no aspecto, amostras mais superficiais tendem a ter grãos menores, por terem sofrido um resfriamento mais rápido. De modo geral deve-se evitar o estudo de superfícies das peças, pois estas amostras não serão conclusivas, visto que as superfícies podem estar descarbonetadas, encruadas, temperadas ou tratadas superficialmente.

Realização de uma superfície plana e polida na seção escolhida

Escolhida e localizada a seção a ser estudada, a segunda etapa é chegar até esta seção e nela produzir uma superfície plana e polida para posterior ataque e estudo, assim, deve-se providenciar o corte ou desbaste da peça, até a exposição da seção

pretendida. Este corte ou desbaste pode ser efetuado utilizando-se ferramentas manuais (serras, limas), mecânicas (tornos, plainas, fresas) ou disco de corte (“*cut-off*”), nesta máquina pode-se cortar tanto materiais de baixa ou elevada dureza, bastando a troca dos discos abrasivos. É necessário um resfriamento abundante para obter cortes sem aquecimento, evitando assim, alterar a estrutura da amostra.

Após o corte ou desbaste inicia-se a realização de uma superfície plana e polida na seção, o procedimento adotado é idêntico ao da macrografia. Após o corte da peça, a mesma será lixada com as lixas comuns de granulação mais grossas, a fim de se preparar a superfície para o trabalho com lixas de granulação mais finas. Usa-se neste trabalho lixadeiras manuais ou elétricas e também nesta fase deve-se atentar para não ocorrer o aquecimento da amostra, para preservar a estrutura.

O polimento propriamente dito é feito em disco de tecidos especiais ou feltro, e como elemento abrasivo, usa-se comumente 3 substâncias: óxido de cromo, óxido de alumínio (alumina) ou pasta de diamante. Nesta operação deve-se atentar para a tendência das bordas da peça se abaularem, de forma que se deve embutir a peça quando se deseja observar as regiões até junto das bordas, por exemplo, para observação de fraturas, descarbonetação superficial, cementação, pequenas fissuras periféricas, metalizações, películas protetoras, depósitos eletrolíticos, etc.

Exame ao microscópio para observação das ocorrências visíveis sem ataque.

Nesta etapa verifica-se a qualidade do polimento e a presença de trincas, porosidades, inclusões e grafita (ferro fundido).

Ataque da superfície por um reagente químico adequado

O ataque normalmente é feito por aplicação ou por imersão, a duração do ataque depende da concentração do reativo e da natureza e microestrutura do material, no entanto, variam normalmente entre 5 e 15 segundos para os reagentes mais comuns. Observando-se a superfície de vez em quando durante o ataque pode-se acompanhar a ação do reagente, permitindo-se interromper o ataque no momento correto. Na dúvida ou na falta de experiência, convém fazer ataque por tempos menores. Lava-se, enxágua-se e observa-se ao microscópio não tendo sido suficiente, ataca-se novamente. O papel do reagente é permitir a distinção dos constituintes, que é conseguido porque normalmente os constituintes reagem diferentemente a um mesmo reagente, da mesma forma, a região de contorno de grãos é mais atacada, devido maior quantidade de impurezas.

Exame ao microscópio para observação da microestrutura

Observa-se a microestrutura do material, evidenciando os diversos grãos que o compõe. A apreciação da natureza, percentagens, dimensões, arranjos e formatos destes grãos e a interpretação deste dado é o objetivo do exame micrográfico.

Obtenção de documento que reproduzem e conservam o aspecto observado

Para elaborar o relatório deve-se fotografar as amostras ou, através de *softwares*, realizar a captação da imagem. É de extrema importância apresentar a

fotomicrografia com a escala de aumento, permitindo assim, que o documento possa ser reduzido ou ampliado sem perder a informação do aumento utilizado.

3 - ATAQUE QUÍMICO DO COBRE

O material utilizado no trabalho foi o cobre comercialmente puro, cuja composição química é apresentada na tabela 1 (percentuais em peso).

Tabela 1 - Composição química do cobre comercialmente puro - percentuais em peso.

Sn	Pb	Fe	Zn	Ni	P	Al	Mg	Si	O
≤ 0,10	≤0,010	0,010	0,0035	≤ 0,002	0,026	≤ 0,03	≤ 0,001	0,024	0,017

As amostras de cobre foram preparadas segundo técnicas metalográficas, realizou-se a escolha do reagente para o ataque químico para uma boa visualização microscópica.

As amostras já devidamente embutidas e lixadas foram lavadas e colocadas no aparelho de limpeza ultra-sônica para eliminar todos os resíduos. A seguir, utilizaram-se panos de polimento DUR, MOL, NAP, com pasta de diamante, de 9 μ m, 3 μ m, 1 μ m respectivamente. O lubrificante de polimento usado foi o DP rosa. No fim de cada etapa de polimento, a amostra foi lavada com água corrente e friccionada com algodão e detergente. E levada ao equipamento de limpeza ultra-sônica por dois minutos.

O ataque foi realizado por aplicação, consistindo em friccionar um algodão com reagente sobre a superfície polida da amostra. Após o tempo requerido para cada ataque lavou-se a amostra com água corrente, colocou-se álcool etílico PA sobre a superfície da amostra, removendo a água e facilitando sua secagem sob jato de ar quente.

O cobre foi atacado com dois reagentes, com o objetivo de verificar o mais eficiente. O primeiro ataque metalográfico foi realizado com uma solução de 65ml de ácido sulfúrico concentrado, 16g de dicromato de potássio, 3g de cloreto de sódio e 800ml de água, conhecida como Di Cobre. O segundo reagente foi uma mistura de duas soluções (na proporção de 50% em volume de cada uma). Sendo a primeira 10g de persulfato de amônia em 90ml de água destilada e a segunda, peróxido de hidrogênio (20% em volume de H₂O₂). Após irromper o ataque com água corrente e fazer a secagem, levou-se a amostra ao microscópio metalográfico óptico..

As microestruturas são apresentadas nas figuras 2, 3, 4 e 5, o objetivo é estabelecer uma análise comparativa das fotomicrografias e verificar o reagente mais eficiente para ataque metalográfico do cobre.

Verificou-se que o reagente Di Cobre não é muito eficaz, pois não revela totalmente a microestrutura. O reagente com solução de Persulfato permite uma boa visão da microestrutura e possibilita um bom trabalho de fotomicrografia óptica. Para a escolha e conclusão de qual é o melhor reagente foram necessárias várias tentativas, tanto com relação ao reagente quanto com o tempo de ataque.

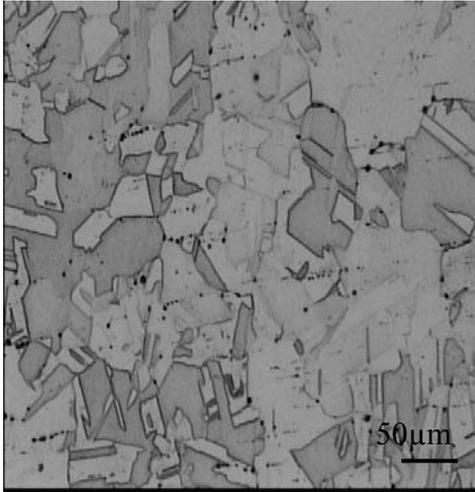


Figura 2 – Fotomicrografia do cobre ataque com reagente Di Cobre

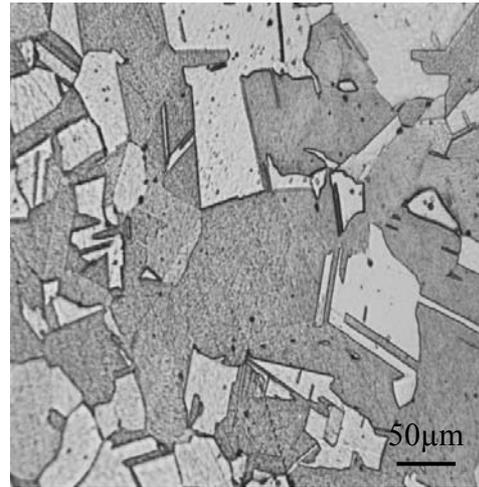


Figura 3- Fotomicrografia do cobre ataque com reagente de Persulfato

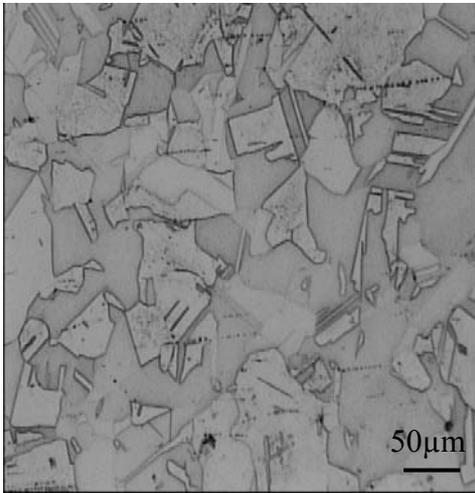


Figura 4 – Fotomicrografia do cobre ataque com reagente Di Cobre

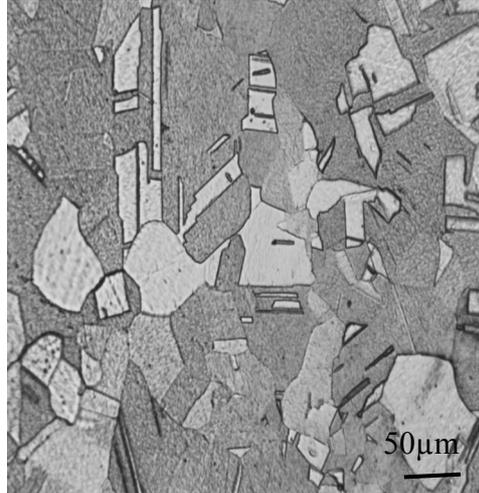


Figura 5- Fotomicrografia do cobre ataque com reagente de Persulfato

4 – PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PADRÕES

Foram elaboradas instruções de uso para cada um dos equipamentos do Laboratório de Metalografia, que tem como objetivo instruir aos usuários como utilizá-los e descrever a execução adequada dos procedimentos metalográficos, garantindo qualidade aos resultados obtidos pelo laboratório. Para a realização dos POP's foi necessário uma minuciosa pesquisa em manuais, livros, revistas, "sites", para a interação com as técnicas metalográficas e com os equipamentos, bem como com as formatações exigidas na realização de tais. Os POP's apresentam as condições e materiais necessários para a realização das etapas metalográficas, passo a passo, como funcionar e manusear os equipamentos, constando de fotos para melhor orientação, as ações em caso de não conformidades, os cuidados a serem tomados durante os procedimentos para que garanta a confiabilidade ao resultado, a limpeza, as causas de algumas desconformidades no processo, etc.

A figura 6 apresenta o macrofluxograma elaborado, apresentando de forma concisa todo o processo de análise estudado.

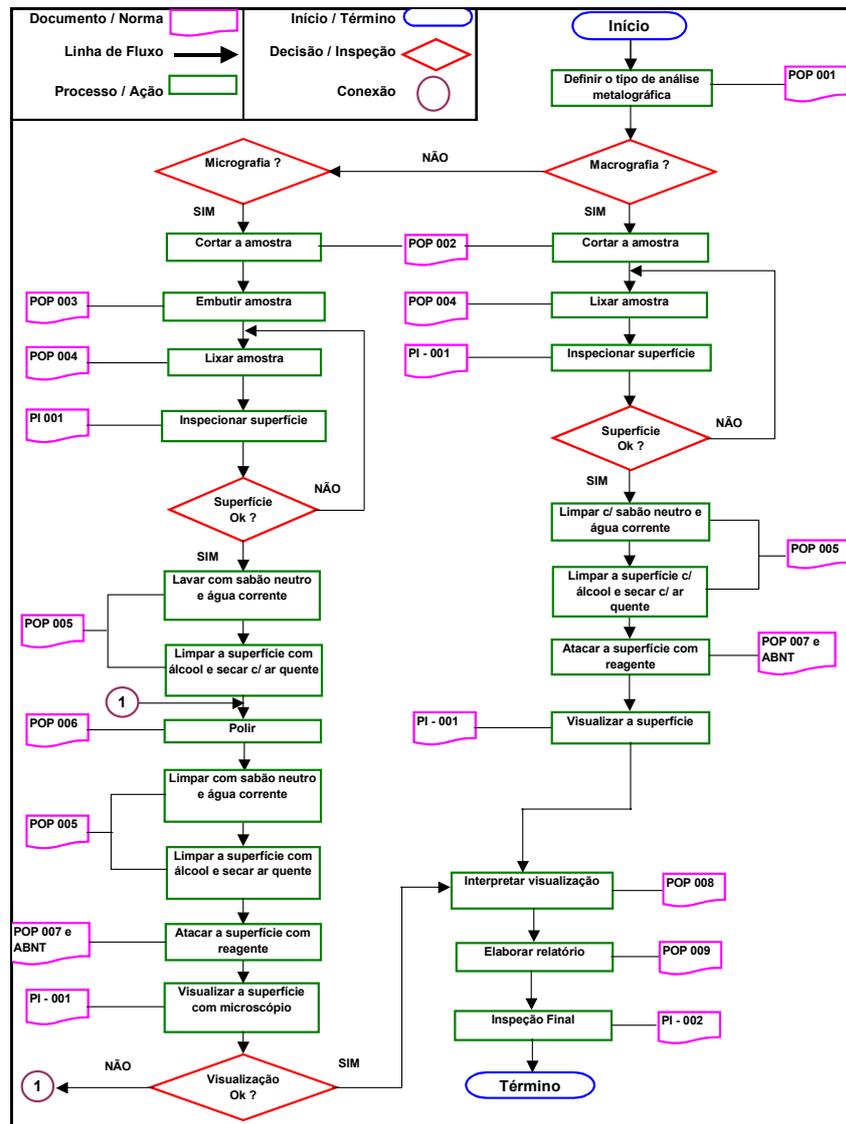


Figura 6 – Macrofluxograma do Processo de Análise Metalográfica

Os POP's – Procedimento Operacional Padrão e PI's – Procedimento de Inspeção seguem com uma identificação, que consiste na numeração de acordo com a seqüência lógica de preparação das amostras, conforme macrofluxo:

POP nº001 – Definir tipo de análise metalográfica

POP nº002 – Corte da Amostra

POP nº003 – Embutimento da Amostra

POP nº004 – Lixar Amostra

POP nº005 – Limpeza da Superfície POP nº006 – Polimento da Superfície

PI nº 001 – Inspeção da superfície

POP nº007 – Ataque Químico da Superfície

POP nº008 – Interpretar visualização

POP nº009 – Elaborar relatório

PI nº 002 – Inspeção Final

5 – MANUAL DE QUALIDADE

O manual de qualidade (MQ) especifica o SGQ do laboratório representando um importante passo na organização final do processo de implementação, por isso sua elaboração visa comunicar a política da qualidade, descrever a interação entre os processos operacionais e de inspeção e os requisitos da qualidade do laboratório, estabelecendo de modo formal, claro, inequívoco os elementos do sistema.

Os passos iniciais para a elaboração do Manual de Qualidade foram coletar dados relevantes para o SGQ; estabelecer e listar políticas, objetivos e procedimentos; determinar tipo, forma de apresentação, estrutura e formato do Manual de Qualidade.

O Manual de Qualidade em sua estrutura contém:

- Capa com a identificação do laboratório, nome e codificação do documento, número de revisão, tipo de cópia (controlada ou não controlada) e número de cópia.
- Sumário que apresenta os títulos dos capítulos, com numeração clara e lógica.
- Folha de aprovação que contém a evidencia da análise crítica e aprovação do Manual de Qualidade
- Lista mestra onde devem ser controladas as revisões do Manual de Qualidade ou dos capítulos, bem como suas respectivas datas de emissão.
- Política e objetivos da qualidade contém o comprometimento da organização com a qualidade, destacando-se seus objetivos.
- Objetivos e campo de aplicação do MQ são definidos os objetivos do SQ e do MQ, os sérvios abrangidos pelo MQ e seus limites de aplicabilidade.
- Referência normativa descreve as normas, regulamentos, etc. que são diretrizes para o SQ do laboratório.
- Termos e definições relacionam as normas de terminologia, os termos específicos e as siglas usadas no SQ do laboratório

6 – CONCLUSÃO

Após estudos e implementação do SGQ observa-se uma considerável redução de retrabalho, fixação do “*know how*”, possibilidade de transparências e racionalização das atividades, viabiliza o treinamento eficaz das pessoas envolvidas e promove a melhoria contínua da praxis laboratoriais.

Os Procedimentos Operacionais Padrões e o Manual de Qualidade serão de grande ajuda para manter a organização e a qualidade do laboratório, e um auxílio muito eficaz aos usuários. Isso tornará possível porque contêm as técnicas metalográficas e as orientações para o manuseio correto dos equipamentos trazendo confiabilidade dos resultados das amostras analisadas.

7 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, a FAPEMIG/ CNPq pelo apoio através da bolsa de iniciação científica BIC Júnior.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ISHIKAWA, K., “Controle de Qualidade Total - à maneira japonesa”, Ed. Campus, 1993.
- 2- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - norma NBR-ISO 9000:2000, Sistema de Gestão da Qualidade – Fundamentos e vocabulário.
- 3- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - norma NBR-ISO 9001:2000, Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos.
- 4- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - norma NBR-ISO 10013:1995, Diretrizes para o desenvolvimento de manuais da qualidade
- 5- COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 412p.
- 6- COUTINHO, Telmo de Azevedo. **Metalografia de não-ferrosos: análise e prática**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 128p.
- 7- FAZANO, Carlos Alberto T.V. **A prática metalográfica**. São Paulo: Hemus-Livraria Editora, 1980. 453p.
- 8- FERREIRA, Wanderlei; PINHEIRO, Ivete; OSTHUES, Rachel Mary. **Metalografia: guia de aulas teóricas e práticas**. Belo Horizonte: 2002. 63p. (Apostila).
- 9- SILVA, Ubirajara Marques de Carvalho e. **Técnicas e procedimentos na metalografia prática: preparação de corpos de prova para exames metalográficos**. São Bernardo do Campo: Ivan Rossi, 1979. 235p. YOSHIDA, América. **Metais, ligas e tratamento térmico**. São Paulo: Fortaleza. 240p.