

6

Conclusões e Recomendações

Esta dissertação objetivou o desenvolvimento de metodologia para a calibração de sistemas laser de medição, por um processo de medição comparativo, considerando-se normas internacionais de metrologia tais como VDI 749 [11] e VDI 750 [12], que tratam do assunto, além do Guia para Expressão da Incerteza de Medição [27].

Devido à complexidade da calibração dos sistemas laser de medição há um grande interesse de seus usuários na sua calibração por processo alternativo que permita interpretar com mais clareza os resultados, de modo a facilitar a aplicabilidade dos mesmos. Os principais interessados são os laboratórios da Rede Brasileira de Calibração (RBC), os representantes no Brasil de fabricantes de lasers, de máquinas-ferramenta e de máquinas de medição por coordenadas e setores produtivos de metal-mecânica, dentre outros.

Um estudo bibliográfico foi realizado para a investigação das várias possibilidades de arranjos de medição para comparação de lasers. O arranjo de medição mais adequado ao propósito desta dissertação foi escolhido com base em critérios técnicos para um arranjo ideal, como exposto em 3.2.4, considerando o maior número de critérios atendidos e a viabilidade de implantação.

As médias dos erros de indicação (tendência) do sistema laser em calibração, para os diversos comprimentos nominais, se comportaram de forma linear e crescente. Isto se deve ao fato destes erros serem função do comprimento medido.

O sistema de referência para comparação de lasers utilizado foi construído a partir de adaptações de outros equipamentos e acessórios de medição. Podem-se, portanto, realizar vários aprimoramentos futuros visando a melhorar o desempenho do sistema.

Sugere-se também que seja realizada uma comparação entre os diversos arranjos de medição, com o objetivo de comprovar a reprodutibilidade do sistema de referência e avaliar a conformidade aos critérios estabelecidos em 3.2.4.

Com o objetivo de validar o processo de calibração, através dos resultados obtidos, recomenda-se que seja realizada uma comparação laboratorial com outros laboratórios nacionais de metrologia.

Uma melhoria no atual sistema de deslocamento da mesa, no qual o prisma de medição é posicionado, seria a realização deste deslocamento de modo automático pois, como mencionado em 3.4, a cada comprimento medido a cobertura necessitava ser levantada, o que ocasionava um desequilíbrio nas condições ambientais de medição, tornando a execução de um ciclo de medição muito demorada. Esta automatização deve ser tal que permita um movimento suave da mesa, evitando vibrações indesejáveis.

Deve ser realizado um isolamento térmico específico para os sensores que monitoram a temperatura do objeto a calibrar, pois como mencionado em 3.3.1, a condição ambiental no local da calibração não deve ter uma variação brusca de temperatura. A norma VDI 749 [11] recomenda a utilização de um banho termostático especial apresentado esquematicamente na figura 6.1.

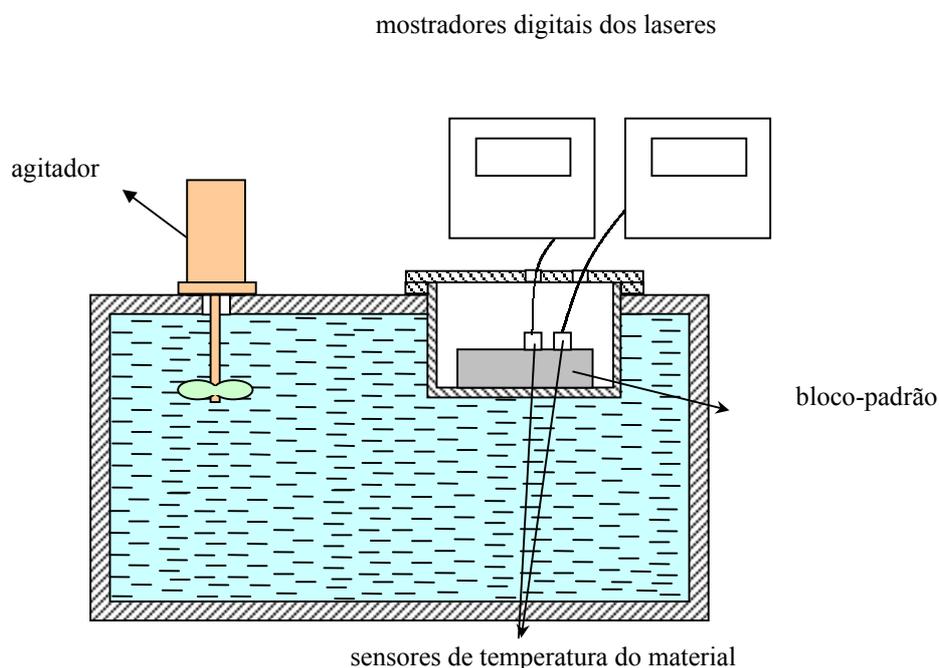


Figura 6.1 – Banho termostático especial

Com objetivo de se minimizar a turbulência do ar e, conseqüentemente, diminuir a instabilidade dos lasers, deve ser projetada uma cobertura para a

bancada de medição abrangendo os sensores que monitoram as condições ambientais, obtendo assim um isolamento térmico adequado. O projeto da cobertura deve ser de forma que minimize o erro devido ao comprimento “morto”.

De acordo com os cálculos desenvolvidos para a incerteza de medição, pode-se concluir que os componentes de incerteza mais relevantes são aqueles provenientes dos sensores da temperatura do ar e do objeto a calibrar. A diminuição destas contribuições para a incerteza de medição final pode ser realizada com a aquisição de padrões de referência das condições ambientais mais exatos e com incertezas menores.

A incerteza de medição obtida mostrou-se suficiente para calibrar sistemas laser de medição destinados à calibração de MMCs e máquinas-ferramenta. Considerando-se que na norma de máquinas-ferramenta [8] o valor do erro máximo admissível [23] para o ensaio de posicionamento para o comprimento de 2000 mm é de 6 μm e que a incerteza expandida declarada para o sistema laser em calibração, nesta dissertação, para o comprimento de 2000 mm é de aproximadamente 0,30 μm , (conforme Apêndice [8]), portanto 1/20 do valor do erro máximo admissível para máquina-ferramenta, conclui-se que os sistemas laser de medição calibrados pelo método comparativo são adequados para calibrar este tipo de equipamento.

Portanto, com base nos resultados experimentais obtidos, pode-se concluir que o objetivo deste trabalho foi alcançado satisfatoriamente, levando-se em conta os equipamentos e acessórios disponíveis no laboratório.