

## Introdução

A calibração de sensores de temperatura é um procedimento cada vez mais necessário e imprescindível para a segurança de processos, a qualidade e as características de produtos industriais em todo o Brasil e no mundo.

Por sensores de temperatura, pode-se entender como: termômetros de líquido em vidro, termômetros de resistência de platina, termômetros de radiação infravermelha, termopares, etc... Este último, junto com instrumentos de controle e de registro irão atuar na maioria dos processos industriais ou de pesquisa, registrando e controlando a temperatura de determinado processo de produção.

Hoje em dia a calibração de sensores de temperatura é realizada por diversos laboratórios de calibração que possuem infraestrutura e padrões rastreáveis aos padrões nacionais de temperatura. Estes laboratórios pertencem a RBC (Rede Brasileira de Calibração), que coordenados pelo Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), disseminam pelo país a rastreabilidade e exatidão na calibração de sensores de temperatura, conforme a escala internacional de temperatura - ITS-90[1].

A calibração de sensores de temperatura que operam acima do ponto triplo da água (0,01 °C) pode ser feita de duas formas: por comparação a um padrão de referência (termômetro de resistência de platina) ou utilizando-se células de pontos fixos, como o ponto triplo da água e os pontos de fusão e de solidificação de metais, por exemplo: o ponto de fusão do gálio (29,7646°C), o ponto de solidificação do índio (156,5985°C), do estanho (231,928°C), do zinco (419,527°C), do alumínio (660,323°C) e da prata (961,78°C). Além de se utilizar todos estes pontos, deve-se também utilizar procedimentos de interpolação especificados para cada faixa de temperatura na qual o sensor opera, conforme a ITS-90.

Para temperaturas acima do ponto de solidificação da prata, a ITS-90 é definida por um ponto fixo, que pode ser o: da prata  $T_{90}(\text{Ag}) = 1234,93 \text{ K}$ , do ouro  $T_{90}(\text{Au}) = 1337,33 \text{ K}$  ou do cobre  $T_{90}(\text{Cu}) = 1357,77 \text{ K}$  e a Lei de Radiação

de Planck, que para sua definição deve-se medir a radiação eletromagnética emitida pela superfície, para isto, utiliza-se como sensores de temperatura o: termômetro de radiação ótico (pirômetro ótico) ou o termômetro de radiação infravermelha (pirômetro infravermelho).

O problema da calibração de sensores de temperatura que operam em altas temperaturas (acima de 1600°C) no Brasil, é devido ao fato de ser realizada através da comparação com um padrão de referência, até no máximo 1500°C.

O presente trabalho de dissertação pretende descrever os problemas e procedimentos que permitam calibrar sensores de temperatura que operem em temperaturas acima de 1700°C, como o do forno de sinterização de pastilhas de dióxido de urânio (UO<sub>2</sub>) que opera a 1750°C, e se localiza nas Indústrias Nucleares do Brasil (INB). Para isto, utilizaremos como padrão de transferência, um pirômetro infravermelho, calibrado no Inmetro, utilizando a infraestrutura existente hoje em dia, ou seja, a calibração será feita até 1500°C.

Para o desenvolvimento da dissertação, o trabalho será dividido em 5 capítulos, que permitirão o completo entendimento do problema da calibração de sensores de temperatura que operam acima de 1700°C na INB.

Os capítulos são:

1º) As Indústrias Nucleares do Brasil e o ciclo do combustível nuclear, focalizando a etapa de sinterização de pastilhas de dióxido de urânio no forno de sinterização que opera em alta temperatura.

2º) Base teórica para o entendimento do princípio de funcionamento de um termômetro de radiação infravermelha, apresentação de exemplos de índices de mérito para caracterização estática e dinâmica e aplicações práticas de utilização do termômetro de radiação infravermelha.

3º) Metodologia experimental, como se realiza a calibração de um termômetro de radiação infravermelha no Inmetro e como se realiza a medição de temperatura no forno de sinterização das Indústrias Nucleares do Brasil.

4º) Resultados da calibração do termômetro de radiação infravermelha e da medição temperatura no forno de sinterização e as análises numéricas destes.

5º) Conclusões

6º) Referências bibliográficas