

## TITULO

DESCRIÇÃO DE MÉTODOS E EQUIPAMENTOS DE AFERIÇÃO  
DE INSTRUMENTOS MEDIDORES DE TEMPERATURA

## NOTAS CORRELATAS

## OBJETIVO

Descrever métodos de aferição de instrumentos medidores de temperatura, com suas respectivas faixas ótimas de utilização para possibilitar ao leitor escolha de equipamento, necessário a montagem de uma bancada de aferição.

## LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

## RESUMO E CONCLUSÕES

SUPED \* (1)  
ASPC.PD \* (1)  
DETR.PD (2)  
AUTOR(ES) (2)  
SEDOE.PD (1)  
DITES.PD (1)  
LABTEH.PD (1)

É inicialmente citada a Escala Internacional de Temperatura e os princípios em que ela se baseia. São então descritos os principais métodos de aferição de sensores de temperatura e os equipamentos normalmente utilizados. A partir daí, são feitas sugestões quanto a instrumentação e acessórios necessários a montagem de uma bancada de aferição de temperatura a ser instalada no LABTEH.PD.

(\*) somente  
folha de  
rosto

A nota permite se fazer uma análise dos critérios e equipamentos normalmente utilizados na aferição de medidores de temperatura e a partir disso se ter possibilidade de dar sugestões na montagem de uma bancada de aferição de acordo com suas reais necessidades.

## ÍNDICE

1.	Introdução	2/22
2.	Escalas de Temperatura	2/22
3.	Métodos de Calibração	3/22
4.	Equipamentos Utilizados na Aferição	10/22
5.	Bancada de Aferição de Temperatura	13/22
6.	Conclusão	14/22
	Referências	14/22
	Tabelas	16/22
	Figuras	20/22



mab.

Nº. CÓPIAS 9

AUTOR (ES)	VISTO	DATA	APROVAÇÃO	VISTO	DATA
Arone, I.D	<i>[Signature]</i>	2/10/80	CHEFE DO LAB. OU GRUPO		
Vasconcelos, Maria Celeste, R.L	<i>[Signature]</i>	2/10/80	CHEFE DA DIVISÃO	<i>[Signature]</i>	3/10/80
CLASSIFICAÇÃO			TAREFA: 11.23		

## DESCRIÇÃO DE MÉTODOS E EQUIPAMENTOS DE AFERIÇÃO DE INSTRUMENTOS MEDIDORES DE TEMPERATURA

### 1. INTRODUÇÃO

Ao contrário do que muitos pensam, a medição precisa de temperatura é muito difícil e só pode ser conseguida através da observância de várias precauções na seleção, instalação e no uso dos instrumentos de medida, além de uma interpretação correta dos resultados obtidos.

A medição precisa de temperatura de um corpo requer que o instrumento medidor esteja devidamente aferido sem o que, o valor de temperatura encontrado não terá nenhum sentido.

A finalidade principal desta nota é chamar atenção para os métodos de aferição de instrumentos de medida de temperatura comumente utilizados, a faixa ótima de temperatura para uso de cada um deles e as incertezas da aferição. Finalizou-se com a apresentação de sugestões para montagem de uma bancada de aferição de temperatura.

### 2. ESCALAS DE TEMPERATURA

Com o objetivo de se medir temperatura é necessário se ter uma escala com unidades apropriadas. A escala ideal de temperatura é conhecida como escala termodinâmica. A escala internacionalmente utilizada é conhecida como "International Practical Temperature Scale of 1948 - IPTS" - Escala Prática Internacional de Temperatura de 1948, que desta época para cá já sofreu várias modificações, tendo sido a última em 1968. A IPTS-68 foi escolhida de tal maneira que temperaturas medidas nesta escala se aproximam grandemente das temperaturas termodinâmicas, isto é, as diferenças estão dentro dos limites de incerteza da medida.

A IPTS-68 é baseada em 11 temperaturas reprodutíveis (que são definidas como pontos fixos) cujos valores numéricos são atribuídos. Através de fórmulas são estabelecidas as relações entre

a temperatura e a indicação do instrumento aferido. Estes pontos fixos são definidos por estados de equilíbrio entre fases especificadas, como o ponto de ebulição de água, sendo a maioria deles à pressão de 1 atmosfera.

### 3. MÉTODOS DE AFERIÇÃO

A aferição de instrumentos medidores de temperatura é normalmente feita ou através de pontos fixos ou por comparação com padrões primários ou secundários.

#### 3.1 Aferição Através dos Pontos Fixos

O método de aferição através dos pontos fixos é muito preciso e consiste na determinação da leitura de um instrumento em um ou mais dos pontos fixos definidos na Tabela 1. Esta aferição requer equipamentos especiais e técnicas esmeradas. É prática comum obter-se os padrões primários, aferidos através dos pontos fixos, de órgãos especializados ou laboratórios qualificados.

A impossibilidade do uso generalizado deste método se deve ao elevado grau de pureza da substância utilizada para o banho, tornando então seu uso extremamente oneroso e de difícil manuseio.

#### 3.2 Comparação com Padrões Primários

São definidos como padrões primários o termômetro de resistência de platina, termopar de platina-platina 10% ródio e pirômetro ótico. Estes três instrumentos cobrem e definem a escala internacional de temperatura e são normalmente aferidos a partir dos pontos fixos citados na Tabela 1.

##### 3.2.1 Termômetro Padrão a Resistência de Platina

Os termômetros de resistência de platina são projetados e construídos de forma que o fio do resistor de platina seja tão livre de tensões mecânicas quanto possível e assim seja mantido durante seu uso contínuo; devido a isto, o fio de platina mais apropriado é aquele obtido de lingotes fundidos e não de esponja de platina forjada.

Termômetros de boa qualidade têm sido feitos com fios tão finos como 0,05mm de diâmetro e tão longos como 0,5mm. Uma pequena porção do condutor adjacente ao resistor é feito de platina e o restante, através da região de gradiente de temperatura, é feito de ouro. O resistor do termômetro deve ser recozido em ar a uma temperatura nunca menor que 840 °F (450 °C), e menor que a maior temperatura no qual ele será utilizado. O tubo protetor do resistor é usualmente cheio de gás que contém oxigênio.

Um critério utilizado que serve como garantia de uma boa qualidade de construção do termômetro e evita erros na aferição nos pontos fixos, é que:

$$4,2165 < (R_E - R_G) / (R_V - R_G) < 4,2180$$

onde:

$R_E$  = resistência no ponto de enxofre

$R_G$  = resistência no ponto de gelo

$R_V$  = resistência no ponto de vapor de água

Da mesma forma, se o termômetro é aferido para uso na faixa abaixo de 0°C (32°F) deve-se observar:

$$6,143 < (R_E - R_{O_2}) / (R_V - R_G) < 6,144$$

onde:

$R_{O_2}$  = resistência no ponto de ebulição do oxigênio

A constância da resistência numa temperatura de referência tal como o ponto triplo da água ou o ponto de gelo, antes e depois do uso em outra temperatura, é também um critério utilizado para a avaliação do recozimento e da segurança do termômetro em uso.

A platina pode ser conseguida em tal pureza de forma que a razão  $R_V/R_G$  seja maior que 1,3925.

O termômetro a resistência de platina é usado para com-

paração na faixa de 0°C (32°F) até o ponto de congelamento do antimônio a 630,72°C (1167,3°F). Esta faixa de temperatura é definida pela fórmula:

$$R_t = R_0 ( 1 + At + Bt^2 )$$

onde:

$t$  é em °C,  $R_t$  é a resistência à temperatura  $t$ , do resistor de platina entre os pontos formados pelas junções dos terminais de resistência com os cabos de medição. A constante  $R_0$  é a resistência de 0°C (32°F) e as constantes  $A$  e  $B$  são valores determinados a partir de  $R_t$  nos pontos de vapor da água e no ponto de zinco.

Do ponto triplo de hidrogênio até 0°C (32°F) a temperatura  $t$  é definida pela função abaixo:

$$t = \left[ 273.15 + \sum_{i=1}^{20} A_i (\ln W_{REF})^i \right] \text{ em } ^\circ\text{K} \quad \text{equação (1)}$$

A razão de resistência de referência ( $W_{REF}$ ) é dada por:

$$W_{REF} = W_M - \Delta W,$$

onde:

$W_M$  é a razão de resistência medido  $R_T/R_0$  e  $\Delta W$  é um desvio definido por uma equação polinomial de interpolação, específica para cada intervalo.

Para a faixa que vai de 0°C (32°F) até 630,74°C (1167,33°F) (ponto de congelamento do antimônio), a relação de interpolação utilizada é a equação de Callendar modificada por um termo de correção de forma que valores de temperatura interpolados estarão mais próximos das temperaturas termodinâmicas, isto é:

$$t = t' + \Delta t \quad \text{equação (2)}$$

onde  $t$  é a temperatura encontrada pela equação de Callendar:

$$t' = \left( \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \right) 100 + \gamma \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \left( \frac{t}{100} \right)$$

onde:

$R_t$  = resistência da platina à temperatura  $t$

$R_0$  = resistência da platina medida com o termômetro imerso numa mistura gelo-água saturada em ar onde a temperatura de ponto de gelo não é afetado por variações da pressão barométrica de 28,5 in a 31,0 in Hg, e é independente da profundidade de imersão até 6 in.

$R_{100}$  = resistência de platina medida com o barômetro imerso em vapor de água saturado à pressão atmosférica (usando um hipsômetro); entretanto, a temperatura do ponto de vapor é grandemente afetada por variações de pressão atmosférica, devendo ser corrigida.

$\gamma$  = constante característica do termômetro particular definido no ponto de enxofre.

e  $\Delta t$  é o termo de correção dado por:

$$\Delta t = 0,045 \left( \frac{t'}{100} \right) \left( \frac{t'}{100} - 1 \right) \left( \frac{t'}{419,58} - 1 \right) \left( \frac{t'}{630,74} - 1 \right)$$

### 3.2.2

#### Termopar Padrão de Platina-Platina Ródio

Do ponto de congelamento do antimônio, 630,74°C (1167,33 °F) até o ponto de fusão do ouro a 1064,43°C (1947,97°F), o termopar padrão 90% platina 10% de ródio versus platina é o instrumento interpolador utilizado. A temperatura nesta faixa é definida pela fórmula:

$$E = a + bt + ct^2$$

onde E é a força eletromotriz de um termopar padrão platina x platina 10% de ródio onde uma junção está a 0°C (32°F) e a outra na temperatura t.

As constantes a, b e c são calculadas a partir dos valores medidos de E nos pontos de fusão do antimônio, da prata e do ouro.

O fio de platina do termopar padrão é recozido e de tal pureza que a razão  $R_{212^{\circ}\text{F}}/R_{32^{\circ}\text{F}}$  é maior que 1,3920. A liga que constitui o material do fio deve consistir nominalmente de 90 por cento da platina e 10 por cento de ródio em peso. Quando uma junção está a 0°C (32°F) e a outra no ponto de congelamento do antimônio, prata ou ouro, o termopar completo tem a força eletromotriz em microvolts, tal que:

$$E_{\text{Au}} = 10,300 \pm 50\mu\text{V}$$

$$E_{\text{Au}} - E_{\text{Ag}} = 118,3 + 0,158 (E_{\text{Au}} - 10,300) \pm 4\mu\text{V}$$

$$E_{\text{Au}} - E_{\text{Sb}} = 476,6 + 0,631 (E_{\text{Au}} - 10,300) \pm 8\mu\text{V}$$

Termômetros de alta precisão têm sido feitos de fios com diâmetro entre 0,35 e 0,65mm. Antes da aferição os fios do par são recozidos em ar por uma hora a  $\pm 1093^{\circ}\text{C}$  ( $2000^{\circ}\text{F}$ ). O fio do termopar é montado de forma a evitar todas as tensões na região onde picos de gradiente de temperatura são possíveis de acontecer.

Além de serem usados para aferição de termopares comuns, o termopar padrão de platina-platina 10% ródio é também utilizado na confrontação ou aferição de pirômetros óticos em temperaturas inferiores a  $1510^{\circ}\text{C}$  ( $2750^{\circ}\text{F}$ ).

### 3.2.3 Pirômetro Ótico

A aferição de instrumentos medidores de temperatura na faixa superior a  $1064,43^{\circ}\text{C}$  ( $1947,97^{\circ}\text{F}$ ) (fusão do ouro), é feita com a utilização de um pirômetro ótico de faixa estreita que quando construído segundo uma série de especificações tem uma calibração bem próxima da Escala Prática Internacional de Temperatura.

A relação de interpolação utilizada nesta faixa é a lei de Planck:

$$\frac{J_t}{J_{Au}} = \frac{\exp (C_2 / \lambda T_{Au}) - 1}{\exp (C_2 / \lambda T) - 1} \quad \text{equação (3)}$$

onde:

$J_t$  e  $J_{Au}$  = energias radiantes por intervalo unitário de comprimento de onda  $\lambda$ , emitidos por unidade de tempo por unidade de área, de um corpo negro à temperatura  $T$  e no ponto de ouro  $T_{Au}$ , respectivamente, onde:

$$C_2 = 1,4388 \text{ cm K}$$

$\lambda$  = comprimento de onda do espectro visível em cm.

A aferição é feita apontando o pirômetro sobre um corpo negro mantido no ponto de fusão do ouro. Setores rotativos de características de transmissão conhecidos são então interpostos entre o corpo negro e o pirômetro, e a aferição em pontos acima de  $1064,43^{\circ}\text{C}$  ( $1947,97^{\circ}\text{F}$ ) é calculada baseada na razão da energia recebida através dos setores pela recebida no ponto de fusão do ouro.

### 3.3 Comparação com Padrões Secundários

Os padrões secundários são definidos como sendo instrumentos que uma vez aferidos através dos padrões primários, podem ser utilizados para aferição de outros instrumentos. Estes padrões são satisfatórios na aferição de instrumentos como termômetros de líquido em vidro, termômetros bimetalicos, termômetros de sistema cheio, termopares de base metal e pirômetros óticos, onde um mais alto grau de precisão não é requerido. Os padrões secundários são geralmente termômetros de líquido em vidro, termopares de base metal e pirômetros óticos. Os dois primeiros são aferidos por comparação com termômetro a resistência de platina ou termopar de platina-platina 10% ródio, ambos padrões primários. Os pirômetros óticos são comparados com pirômetros óticos padrão primário.



Os termômetros, termopares e pirômetros que devem então ser aferidos são comparados com os padrões secundários em temperaturas variáveis diferentes dos pontos fixos, temperaturas estas produzidas em comparadores e equipamentos especiais.

### 3.3.1 Termômetro de Líquido em Vidro

Quando usados como padrões secundários, estes termômetros podem ser classificados em 2 grupos: os que são construídos para testes de termômetros de imersão total, e aqueles construídos para testes de termômetros de imersão parcial.

No primeiro caso, a sensibilidade do termômetro a ser testado irá governar a escolha do padrão. Para termômetros graduados em divisões de 1,2 ou 5 graus, um conjunto de bons termômetros serão adequados quando usados com as respectivas correções. Para termômetros com graduação fracionária, o conjunto mostrado na Tabela 3 é recomendado, sendo todos eles padronizados para imersão total. Com exceção dos 2 primeiros, cada termômetro é provido com uma escala auxiliar que inclui 32°F ou 0°C, logo cada termômetro desta série é provido com meios para ser testado no ponto de fusão da água, que pode ser feito a qualquer momento em que o termômetro vai ser usado. A mudança na leitura deste ponto pode ser aplicado para todas as leituras. Normalmente, uma única padronização completa é suficiente.

Os termômetros de imersão parcial como normalmente listado em catálogos de fabricantes, são comprados e vendidos sem especificação de temperatura da coluna emergente para as várias indicações de temperatura do termômetro. Em tais casos, a padronização é usualmente executada para a temperatura de coluna emergente, incluindo o equipamento de normalização utilizado.

### 3.3.2 Termopares com Base de Metal

Estes termopares podem ser padronizados para uso como padrões secundários por um órgão especializado ou através do termopar padrão de platina-platina 10% ródio. Elementos individuais de termopares podem também ser padronizados através da platina e usados como padrões secundários para a aferição por comparação de fios de termopares similares.

### 3.3.3 Pirômetros Óticos

Podem ser padronizados através de outro pirômetro ótico, padrão primário, podendo então ser utilizado por comparação para aferição de outros pirômetros.

## 4. EQUIPAMENTO UTILIZADO NA AFERIÇÃO

### 4.1. Comparadores

Na aferição de termômetros e termopares são utilizados normalmente comparadores que constituem o meio no qual serão colocados tanto o medidor a ser aferido como aquele tomado como padrão.

#### 4.4.1 Comparadores Tipo Bloco de Metal

Estes comparadores, normalmente chamados de fornos calibradores tem em seu interior blocos equalizadores que fazem com que a temperatura se mantenha por igual no ambiente de aferição. A grande vantagem deles é o alto nível de temperatura alcançado com boa uniformidade e estabilidade. Dependendo do metal que constitui o bloco, pode-se aferir termopares até  $1093^{\circ}\text{C}$  ( $2000^{\circ}\text{F}$ ) como é o caso do forno com bloco equalizador de Inconel. Já o forno com bloco de liga Bronze-Alumínio trabalha no máximo a  $1010^{\circ}\text{C}$  ( $1850^{\circ}\text{F}$ ) e o de cobre até  $426^{\circ}\text{C}$  ( $800^{\circ}\text{F}$ ).

#### 4.1.2 Comparadores Tipo Banho

Estas unidades consistem basicamente de um banho geralmente líquido, isolado e provido de controles adequados para manter a temperatura constante ou em variações uniforme. Estes comparadores são divididos em duas classes distintas que constituem os comparadores com Pontos Fixos e Comparadores com Temperatura Variável.

Dentre os comparadores de Pontos Fixos o mais comum e mais usado é o equipamento de ponto de gelo. A Figura 1 mostra um equipamento típico que consiste de uma garrafa térmica, um fixador de termômetro, um telescópio cujo aumento é de 10 vezes e outros complementos necessários, inclusive um tubo sifão para retirada de água

em excesso. Para se obter leituras de 1/10 das divisões nos termômetros de líquido em vidro, o telescópio se torna indispensável, no entanto para uma faixa de precisão mais pobre o olho nú é suficiente para a leitura.

São vários os tipos de comparadores que são usados para outros pontos fixos como ponto triplo da água, ponto de ebulição, ponto de enxofre e em pontos secundários tais como o do ácido benzóico.

Os comparadores de temperatura variável utilizam normalmente para o banho um fluido de baixa viscosidade e máxima condutividade térmica de forma a minimizar gradientes internos de temperatura. Não ser tóxico e não ser inflamável são propriedades desejáveis. Uma uniformidade máxima é conseguida através de um projeto cuidadoso do circuito hidrodinâmico, dos trocadores de calor e do sistema de agitação do banho. Uma vantagem adicional deste sistema é o rápido aquecimento e resfriamento do meio de aferição. Taxas de aquecimento maiores que 3°C por minuto são conseguidas.

#### 4.2 Instrumentos e Acessórios de Medição

São chamados de instrumentos de medição os aparelhos que acoplados aos sensores fazem uma medida de alguma propriedade específica do mesmo que varia com a temperatura. Como exemplos podemos citar o voltímetro que é usado na medição de força eletromotriz de um termopar e uma ponte de Wheatstone utilizada na medição da resistência de uma termoresistência.

Para medidas de precisão como é necessário durante a aferição, são usados os instrumentos citados abaixo:

##### 4.2.1 Ponte de Mueller

A ponte de Mueller é uma versão modificada e mais precisa da ponte de Wheatstone e é normalmente utilizada durante a aferição de precisão com termômetros de resistência padrão de platina. O circuito é mostrado de uma maneira simplificada, na Figura 2.

A ponte, como mostrada no diagrama, é própria para o uso de termoresistência de 3 terminais. Mas, para ser fazer uso da maior precisão do termômetro de quatro terminais, deve-se usar um comuta.

DETR.PD-073/79

tador para conectar os terminais, 3 de cada vez, à ponte. A comutação dos terminais elimina erros resultantes de pequenas discrepâncias nas resistências dos mesmos. Com estas precauções, a medida de resistências pode ser feita com um limite de erro de mais ou menos 0,001 ohm ou  $\pm 0,02\%$  do valor da resistência, o maior dos dois. Com termômetros de 3 terminais, este limite de erro é aproximadamente  $\pm 0,001$  ohm ou  $\pm 0,03\%$  do valor da resistência, o que for maior. As pontes de Mueller devem ser calibradas periodicamente por um laboratório qualificado.

#### 4.2.2 Potenciômetros

O princípio básico da medida de temperaturas por termopares é que o mesmo desenvolve uma força eletromotriz que é função da diferença de temperatura de sua junção de medida (junta quente) e da junta de referência (junta fria). Se a temperatura de referência é conhecida, a temperatura da junta de medição pode ser determinada pela medição da fem gerada pelo circuito. Para medida de forças eletromotrizes, existem dois tipos básicos de instrumento em uso na indústria: milivoltímetros e potenciômetros. Para uso em aferição, o primeiro é inadequado devido as suas limitações.

Potenciômetros registradores são grandemente usados nos processos industriais de medida de temperatura. Entretanto, eles não são úteis em medidas de aferição devido a imprecisões nas cartas e efeitos de umidade. Potenciômetros de indicação são, portanto, os adequados para testes de aferição pois são precisos.

O princípio de operação de um potenciômetro é a comparação da tensão fornecida pelo termopar contra uma fonte padrão, usando para isto resistências e galvanômetros. Em se medindo fem por meio de potenciômetros, nenhuma corrente passa através da célula padrão ou da fonte a ser medida, no caso o termopar. Isso torna a medida independente da resistência externa do circuito.

Existem 3 tipos básicos de potenciômetros que são de 1,2 ou 3 dias, como mostrado na Figura 3. Quanto ao desempenho dos potenciômetros, eles podem ser divididos em: de laboratório (de alta precisão), de precisão industrial e precisão portátil, como mostrados na Tabela 4.

#### 4.2.3 Junta de Referência

Como citado em 4.2.2, a fem, gerada pelo termopar é uma função da temperatura da junta de medição e de referência. A temperatura da junta de referência deve então ser conhecida para que se possa determinar a temperatura da junta de medição. É evidente então que a precisão com que a temperatura da junta de medição é medida não pode ser maior que a precisão com que a temperatura da junta de referência é conhecida.

Existem compensadores de temperatura automáticos para junta de referência porém estes são de precisão muito baixa. Ao se fazer a aferição de um termopar deve-se usar banhos de ponto fixo para juntas de referência ou introduzir-se uma fem correspondente à temperatura da junta de referência. Como ponto fixo para junta de referência pode-se citar o ponto triplo da água,  $+ 0,01^{\circ}\text{C}$ , que é reproduzível até  $0,0001^{\circ}\text{C}$  e banho de gelo, como mostrado na Figura 4.

### 5. BANCADA DE AFERIÇÃO DE TEMPERATURA

Para se decidir quanto ao equipamento específico necessário à montagem de uma bancada de aferição de medidores de temperatura, deve-se definir primeiramente os tipos de sensores a serem aferidos e ainda a classe de precisão de cada um deles.

Na falta de informação do tipo específico de sensor que possa vir a ser aferido, sugere-se a montagem de uma bancada que sirva a um número mais genérico de medidores de temperatura. Os equipamentos que compõem esta bancada podem ser divididos em três partes, sensores, comparadores e instrumentos medidores ou acessórios.

#### 5.1 Sensores

Seria conveniente a aquisição de dois sensores padrões contra os quais os medidores de temperatura seriam aferidos.

Para a faixa de  $0$  ( $32^{\circ}\text{F}$ ) a  $630^{\circ}\text{C}$  ( $1166^{\circ}\text{F}$ ) o sensor utilizado seria uma termoresistência padrão de platina com 4 terminais. Para a faixa compreendida entre  $630^{\circ}\text{C}$  ( $1166^{\circ}\text{F}$ ) e  $1064^{\circ}\text{C}$  ( $1947,2^{\circ}\text{F}$ ) utilizar-se-ia o termopar padrão platina 10% ródio versus platina.

## 5.2 Comparadores

Na faixa que vai de 0 a 400°C o comparador adequado seria o de banho líquido com agitação. Entre 300°C (572°F) e 1100°C (2012°F) poder-se-ia usar o forno com bloco equalizador de metal.

## 5.3 Instrumentos Medidores e Acessórios

Como aparelhos medidores seria conveniente a utilização de uma ponte de Mueller para medição da termoresistência padrão de platina e um potenciômetro de alta precisão com 2 ou 3 diais e ajuste manual para medição do termopar padrão platina x platina 10% ródio. Para junta de referência seria conveniente a utilização do ponto triplo da água ou um banho de gelo tal como mostrado na Figura 4. Na aferição de termômetros de líquido em vidro seria conveniente um sistema ótico para leitura tal como é mostrado na Figura 5.

## 6. CONCLUSÃO

Foi feito um levantamento dos instrumentos normalmente utilizados em aferições, as vantagens e dificuldades relacionadas ao uso de cada um deles e a classificação dos mesmos junto a órgãos competentes.

A partir disto foi possível fazer uma sugestão dos equipamentos necessários para montagem de uma bancada para aferição de medidores de temperatura na faixa de 0°C (32°F) a 1064°C (1947,2°F). Deve-se ressaltar o fato de que para se determinar exatamente o equipamento necessário à montagem de uma bancada de aferição, os objetivos da mesma, envolvendo tipos de medidores a serem aferidos, suas respectivas faixas e precisão, devem estar bem claros.

## BIBLIOGRAFIA

- [ 1 ] ASME PERFORMANCE TEST CODES, U.S.A., Temperature Measurement 1974 (ASME PTC 19.3)

DETR. PD-073/79

- [ 2 ] REINHOLD, Temperature Its Measurement and Control in Science and Industry, Vol. 3, Part I, New York, 1962.
- [ 3 ] REINHOLD, Temperature, Its Measurement and Control in Science and Industry, Vol. 3, Part II, New York, 1962.
- [ 4 ] BENEDICT, R.P. Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements, John Wiley e Sons, Inc, 1969.

TABELA 1

## PONTOS FIXOS E SUAS RESPECTIVAS TEMPERATURAS

Definição do Ponto Fixo	IPTS-68		°F
	°C	K	
p.t. Hidrogênio	- 259,34	13,81	- 434,81
p.e. Hidrogênio	- 252,87	20,28	- 423,17
p.e. Neônio	- 246,048	27,102	- 410,89
p.t. Oxigênio	- 218,789	54,361	- 361,82
p.e. Oxigênio	- 182,962	90,188	- 297,33
p.t. Água	+ 0,01	273,16	32,02
p.e. Água	100	375,15	212,00
p.f. Zinco	419,58	692,73	787,24
p.e. Enxofre	444,674	717,824	832,41
p.f. Prata	916,93	1235,08	1682,47
p.f. Ouro	1064,43	1337,58	1947,97

Símbolos: p.e. - ponto de ebulição

p.f. - ponto de fusão

p.t. - ponto triplo



## TABELA 2

## MEIOS DE INTERPOLAÇÃO

## FAIXA 1

Limites de Temperatura

- 259,34 a 0°C

- Subdivisões:

Parte 1 - p.t. até p.e. do hidrogênio

Parte 2 - p.e. H<sub>2</sub> até p.t. do O<sub>2</sub>

Parte 3 - p.t. até p.e. do oxigênio

Parte 4 - p.e. do O<sub>2</sub> até p.f. da água

Relação de Interpolação

Equação 1 - item 3.2.1

Instrumento de Interpolação

Termômetro à resistência de platina

## FAIXA 2

Limites de Temperatura

0 a 630,74°C

Relação de Interpolação

Equação 2 - item 3.2.1

Instrumento de Interpolação

Termômetro à resistência de platina

## FAIXA 3

Limites de Temperatura

630,74 a 1064,43°C

Relação de Interpolação

Parábola

Instrumento de Interpolação

Termopar de platina versus platina 10% ródio

## FAIXA 4

Limites de Temperatura

Acima de 1064,43°C

Relação de Interpolação

Equação 3 - item 3.2.3

Instrumento de Interpolação

Pirômetro ótico

## TABELA 3

## GRADUAÇÃO FRACIONÁRIA DE TERMÔMETROS

Nº TERMÔMETRO PELA ASTM *	FAIXA (°F)	DIVISÕES (°F)	COMPRIMENTO (mm)
62 F	- 36 a 35	0,2	380
63 F	18 a 89	0,2	380
64 F	77 a 131	0,2	380
65 F	122 a 176	0,2	380
66 F	167 a 221	0,2	380
67 F	203 a 311	0,5	380
68 F	293 a 401	0,5	380
69 F	383 a 581	1,0	380
70 F	563 a 761	1,0	380

\* ASTM - American Society for Temperature Measurement

TABELA 4  
TIPOS DE POTENCIÔMETROS INDICADORES PARA ESTUDO DE DESEMPENHO

Tipo	Precisão Alta de Laboratório			Precisão Indústria	Precisão Portátil
	IA	IB	IC		
Descrição	3 - Dial Balanço Automático	3 - Dial Balanço Manual	2 - Dial Balanço Manual	2 - Dial Balanço Automático	2 - Dial Balanço Manual
Faixa(s) mV	0 - 70,1	0-16/0-160/0-1600	0-16/0-160/0-1600	0 - 40,1	0 - 16/0 - 80,5
Dial 1, mV	0 - 60	0-15/0-150/0-1500	0-15/0-150/0-1500	0 - 35	0 - 15/0 - 75
Dial 2, mV	0 - 9	0-1/0-10/0-100	-	0 - 5,1	0 - 1,1/0 - 5,5
Dial 3, mV	0 - 1,1	0,1/1,0/10,0	1,0/10,0/100,0	-	-
Limite de Erro	3µV ou* 0,02%	1µV/3µV/30µV ou* 0,015%/0,015%/0,01%	0,015% ou* 0,05 mV	0,5% abaixo 6mV 0,33% acima 6mV	0,01 mV/0,05 mV
Compensação Manual de Junta de Referência	não	não	não	não	sim
Faixa mV	-	-	-	-	0 - 1/0 -5
Método de Balanço	automático	manual	manual	automático	manual
Portátil	não	não	não	não	sim
Auto Suficiente	sim	não	não	sim	sim
Chave Seletora de Tipos de Termopar	opcional	-	-	opcional	-

\* O maior deles

DETR. PD-073/79

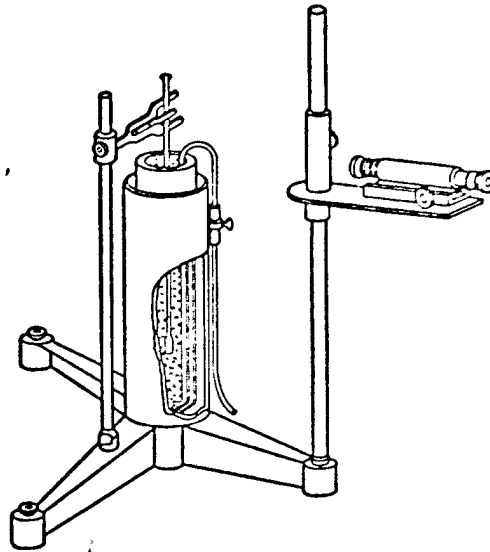


FIGURA 1

EQUIPAMENTO PARA PADRONIZAÇÃO DO PONTO DE GELO

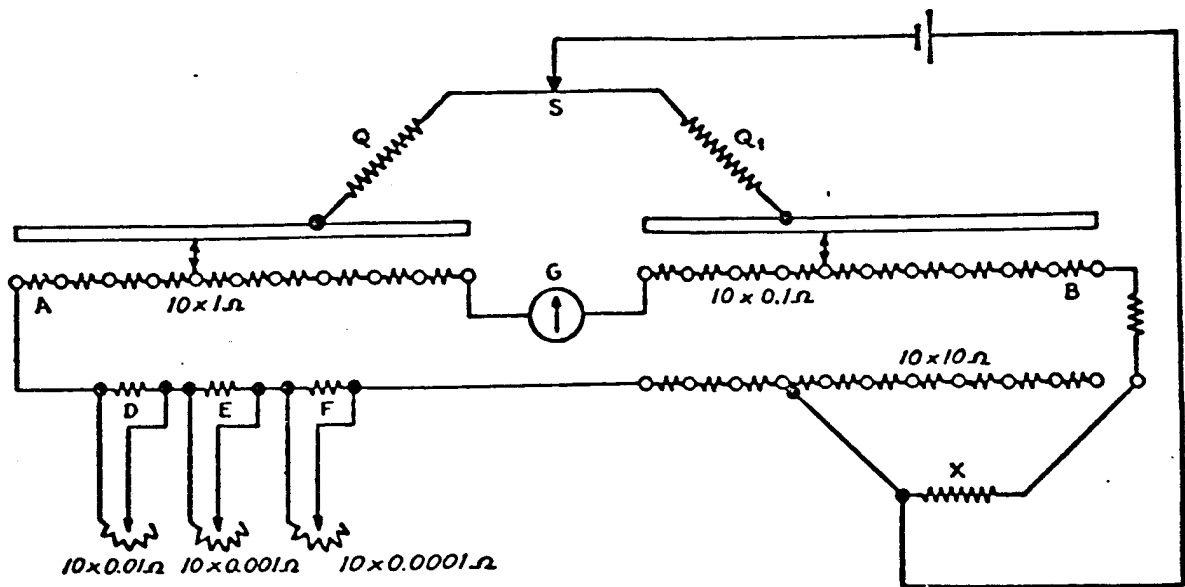
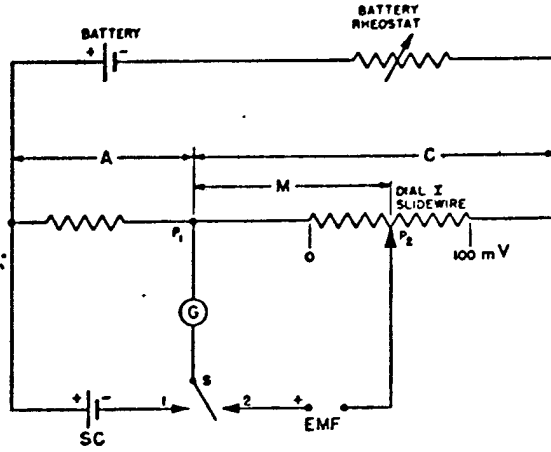


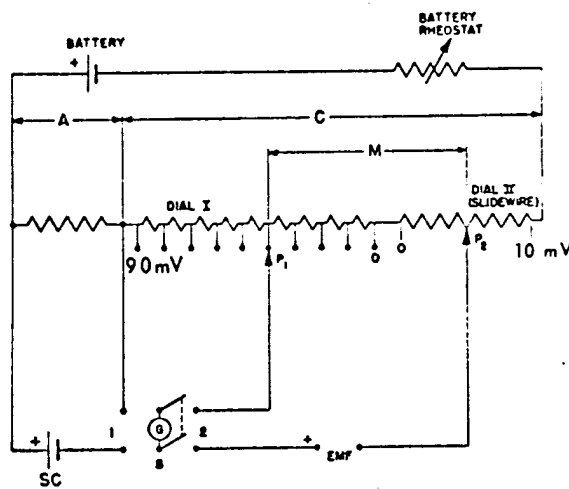
FIGURA 2

DIAGRAMA DA PONTE DE MUELLER

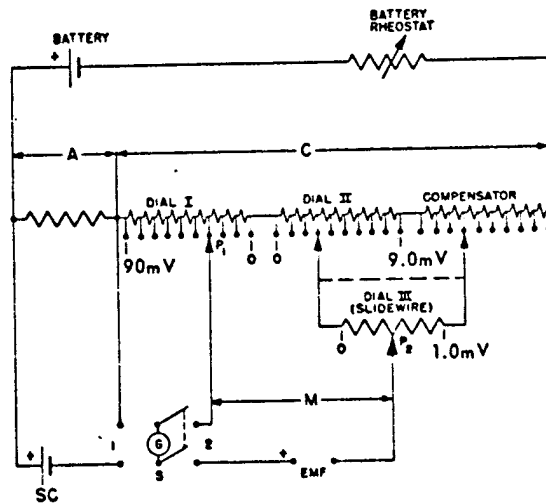
DETR. PD-073/79



POTENCIÔMETRO 1-DIAL (0-100 mV)



POTENCIÔMETRO 2-DIAL (0-100 mV)



POTENCIÔMETRO 3-DIAL (0-100 mV)

FIGURA 3

DETR.PD-073/79

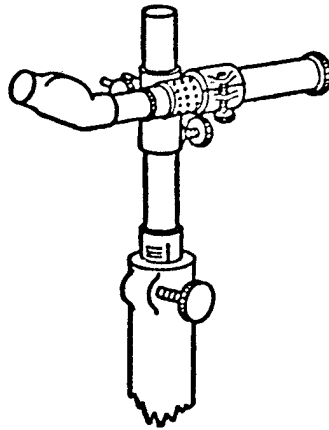


FIGURA 5  
TELESCÓPIO PARA LEITURA  
DE INSTRUMENTOS

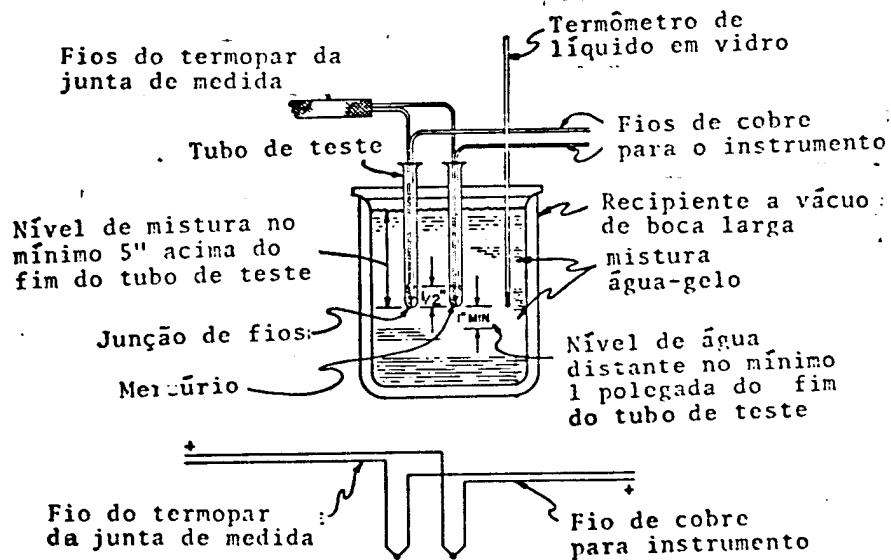


FIGURA 4  
BANHO DE GELO PARA JUNÇÃO DE  
REFERÊNCIA DO TERMOPAR