

# Relatório Final do Ensaio de Proficiência em Fotometria 1ª Rodada



Inmetro  
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**PEP-Inmetro**

Programa de Ensaios de Proficiência do Inmetro

**ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM FOTOMETRIA – 1ª RODADA  
MEDIÇÃO DE FLUXO LUMINOSO DE LÂMPADA DE  
VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO**

**RELATÓRIO FINAL – Nº 001/13**

**ORGANIZAÇÃO E COORDENAÇÃO**



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro  
Diretoria de Metrologia Científica e Industrial – Dimci  
Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias  
RJ – Brasil – CEP: 25250-020  
E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

**COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO**

Iakyrá Borrakuens Couceiro (Inmetro/Dimci/Diopt)  
Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)  
Damares da Silva Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)  
Joyce Costa Andrade (Inmetro/Dimci/Dicep)

**COMITÊ TÉCNICO**

Iakyrá Borrakuens Couceiro (Inmetro/Dimci/Diopt)  
Hans Peter Henrik Grieneisen (Inmetro/Dimci/Diopt)  
Ivo Antônio Ázara de Oliveira (Inmetro/Dimci/Diopt)  
Miguel Angelo Catharina Torres (Inmetro/Dimci/Diopt)

## ÍNDICE

1. Introdução.....	2
2. Objetivos.....	2
3. Preparo e Envio do Item de Ensaio.....	2
3.1. Preparo do Item de Ensaio .....	2
3.2. Estabilidade do Item de Ensaio .....	3
4. Transporte e Circulação do Item de Ensaio .....	3
5. Procedimentos e Métodos Estatísticos .....	3
6. Atribuição do Valor Designado .....	3
7. Avaliação do Desempenho dos Laboratórios Participantes.....	5
8. Conclusões .....	7
9. Laboratórios Participantes .....	8
10. Referências Bibliográficas.....	9

## 1. Introdução

Ensaio de proficiência (EP) é o uso de comparações interlaboratoriais com o objetivo de avaliar a habilidade de um laboratório em realizar um determinado ensaio ou medição de modo competente e demonstrar a confiabilidade dos resultados gerados. Em um contexto geral, o ensaio de proficiência propicia aos laboratórios participantes: avaliação do desempenho e monitoração contínua; evidência de obtenção de resultados confiáveis; identificação de problemas relacionados com a sistemática de ensaios; possibilidade de tomada de ações corretivas e/ou preventivas; avaliação da eficiência de controles internos; determinação das características de desempenho e validação de métodos e tecnologias; padronização das atividades frente ao mercado e reconhecimento de resultados de ensaios, em nível nacional e internacional.

As lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão estão presentes em mais de 9 milhões de pontos de iluminação pública no Brasil, e esse número tende a crescer pela substituição de lâmpadas a vapor de mercúrio ainda utilizadas. Isso demonstra a importância das medições de fluxo luminoso desse tipo de lâmpada.

Este relatório apresenta os resultados da avaliação de desempenho dos laboratórios participantes da primeira rodada do Ensaio de Proficiência em Fotometria – Medição de Fluxo Luminoso de Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão, promovido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

## 2. Objetivos

Este EP também contribui para:

- Avaliar o desempenho dos laboratórios para o ensaio proposto;
- Propiciar subsídios para a identificação e solução de possíveis problemas;

## 3. Preparo e Estabilidade do Item de Ensaio

### 3.1. Preparo do Item de Ensaio

Foi analisado um conjunto de 3 lâmpadas com potência nominal de 250 W, que foram sazoadas por 100 horas e selecionou-se a lâmpada que se apresentou mais estável.

Realizando-se uma série de medições preliminares com esta lâmpada concluiu-se que seria aceitável uma variação de até 2 % no fluxo luminoso entre as medidas realizadas no Inmetro antes e depois da medição em cada laboratório participante. Caso esse valor fosse ultrapassado, no decorrer do ensaio de proficiência, a lâmpada seria substituída por outra e os fluxos luminosos medidos tanto no Inmetro como nos laboratórios participantes seriam normalizados em relação ao fluxo nominal de cada lâmpada utilizada.

### **3.2. Estabilidade do Item de Ensaio**

As lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão apresentam variação de fluxo luminoso ao longo do tempo de utilização, não sendo, portanto consideradas estáveis. Por isso foi adotada a metodologia para estabelecer o valor designado descrita no item 6.

### **4. Transporte e Circulação do Item de Ensaio**

A coordenação deste EP foi responsável pelo envio e retirada do item de ensaio e do reator nos laboratórios participantes. Este transporte foi feito através de transportadora contratada pelo Inmetro.

A coordenação do EP, através dos seus comitês, elaborou um roteiro para a circulação do item de ensaio. Após as inscrições, foi definida a ordem de participação de cada laboratório. O item de ensaio permaneceu em cada laboratório participante por 10 dias úteis (contando o dia de envio do item de ensaio e de devolução).

### **5. Procedimentos e Métodos Estatísticos**

Cada laboratório participante realizou as medições como um trabalho de rotina do laboratório, isto é, foi utilizado o procedimento de medição próprio de cada laboratório para realização do ensaio. O resultado de cada laboratório participante foi obtido através de três medições realizadas em dias ou turnos distintos.

A lâmpada foi medida em esfera integradora por comparação a uma lâmpada padrão de fluxo luminoso de propriedade de cada laboratório. Foi definido no protocolo deste EP a posição horizontal com aplicação da tensão nominal (220 VAC) aos terminais do reator, e registro: da tensão nos terminais da lâmpada, da corrente total aplicada ao circuito e do fator de potência.

No laboratório piloto foi utilizado o padrão de trabalho PT104 (lâmpada incandescente), certificado de calibração DIMCI 0824/2010, incerteza expandida 1,5 % ( $k = 2$ ), calibração rastreável aos padrões nacionais de referência em fluxo luminoso.

As condições ambientais do laboratório são controladas: temperatura:  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ ; umidade relativa do ar:  $(50 \pm 5)\%$ . Foram utilizadas fontes de alimentação estabilizadas (controle de tensão CA para a LVSAP, através de multímetro calibrado, e controle de corrente CC para o padrão, utilizando-se resistor padrão e nanovoltímetro calibrado).

### **6. Atribuição do Valor Designado**

O Laboratório de Radiometria e Fotometria (Laraf), da Divisão de Metrologia Óptica do Inmetro (Diopt), foi o laboratório responsável pela determinação dos valores de referência do item de ensaio deste EP.

O fluxo luminoso da LVSAP foi inicialmente medido no Laraf e medido novamente sempre ao retornar de um laboratório participante. Assim, sua deriva foi acompanhada ao longo do tempo, e foi considerada como uma das componentes na planilha de incertezas do Inmetro. A maior contribuição para a incerteza foi a incerteza da lâmpada padrão, havendo contribuições importantes também da concordância da resposta do fotômetro com a função  $v(\lambda)$ , da resolução nas leituras do fotômetro referentes à lâmpada auxiliar, e da reprodutibilidade.

A tabela 1 apresenta o valor designado para cada laboratório participante, correspondente à média dos valores do fluxo luminoso medidos no Laraf, antes e após a medição do laboratório participante. Também são apresentados os respectivos valores de incerteza, calculados de acordo com a fórmula do item H.3.6 do "ISO-GUM", onde a incerteza expandida relativa ( $U$ ) foi de 1,7 %.

Cada laboratório é identificado apenas pelos dois últimos algarismos do seu código de identificação nas tabelas e gráficos seguintes.

Tabela 1 – Valor designado para cada laboratório participante

<b>Código de identificação</b>	<b>Valor designado (lm)</b>	<b>Incerteza <math>U</math> (lm)</b>
01	29126	495
07	29032	494
08	29356	499
09	29249	497
12	29740	506
14	30011	510
17	29976	510
20	29594	503

A maior variação do fluxo luminoso medido, entre duas medições consecutivas no laboratório piloto foi de 1,9 %. Portanto, foi atendida a condição mencionada no item 3.1 que limitava essa variação a 2 %. A figura 1 mostra a evolução do valor do fluxo luminoso medido no laboratório piloto. Observamos que a lâmpada teve o comportamento esperado e sua estabilidade melhorou ao longo do processo.

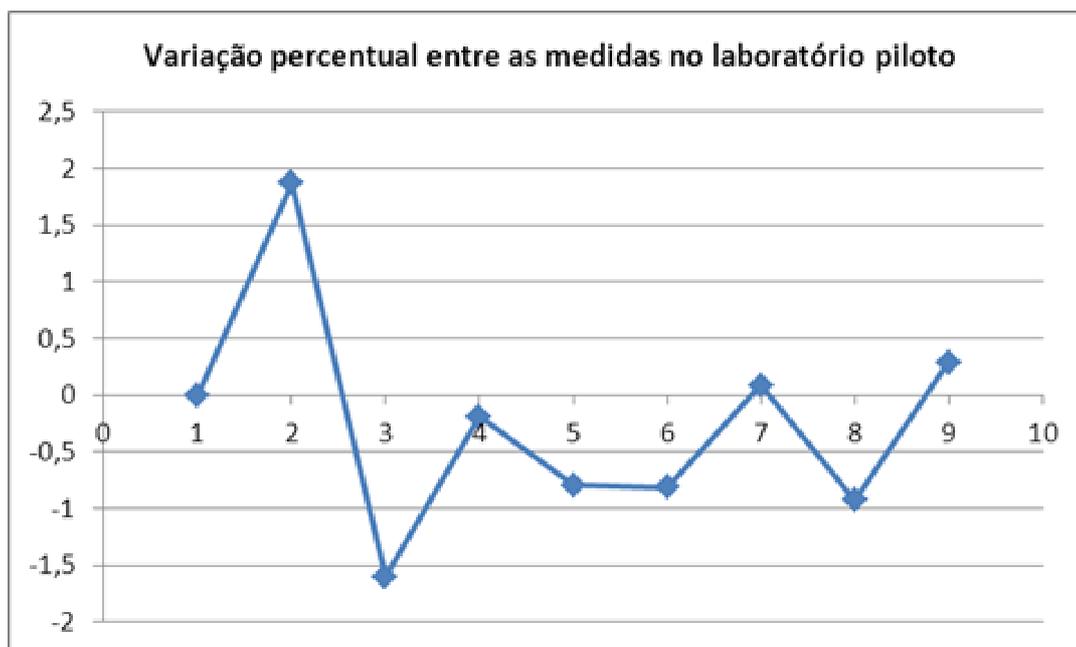


Figura 1 – Evolução relativa do fluxo luminoso entre medidas no laboratório piloto

## 7. Avaliação do Desempenho dos Laboratórios Participantes

Para avaliação de desempenho dos laboratórios participantes foi utilizado o Erro Normalizado ( $E_n$ ), definido por:

$$E_n = \frac{|x - X|}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}}$$

Onde:

$x$  = valor da média das medições do fluxo luminoso ( $I_m$ ) obtido pelo laboratório participante;

$X$  = valor designado pelo Laraf/Diopt;

$U_{\text{lab}}$  = incerteza expandida obtida pelo laboratório participante;

$U_{\text{ref}}$  = incerteza expandida obtida pelo laboratório de referência.

O critério de aceitação do erro normalizado é:

$E_n \leq 1$  Resultado Satisfatório

$E_n > 1$  Resultado Insatisfatório

Os resultados do Ensaio de Proficiência estão contidos na tabela 2, onde a incerteza expandida da medição ( $U$ ) é declarada como a incerteza padrão combinada, multiplicada pelo fator de abrangência  $k = 2$ , o qual corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95,45 %.

A incerteza expandida da medição foi determinada de acordo com a Terceira Edição Brasileira do “Guia para Expressão da Incerteza de Medição” e ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, item 5.4.6.

Tabela 2 – Resultados do Ensaio de Proficiência

Código de identificação	Fluxo Luminoso $\Phi$ (lm)	Incerteza $U$ (lm)	$E_n$
01	29899	480	1,1
07	28061	846	1,0
08	31139	934	1,7
09	28397	568	1,1
12	28306	821	1,5
14	30149	632	0,2
17	28694	390	2,0
20	31222	718	1,9

A figura 2 apresenta graficamente os resultados do Ensaio de Proficiência.

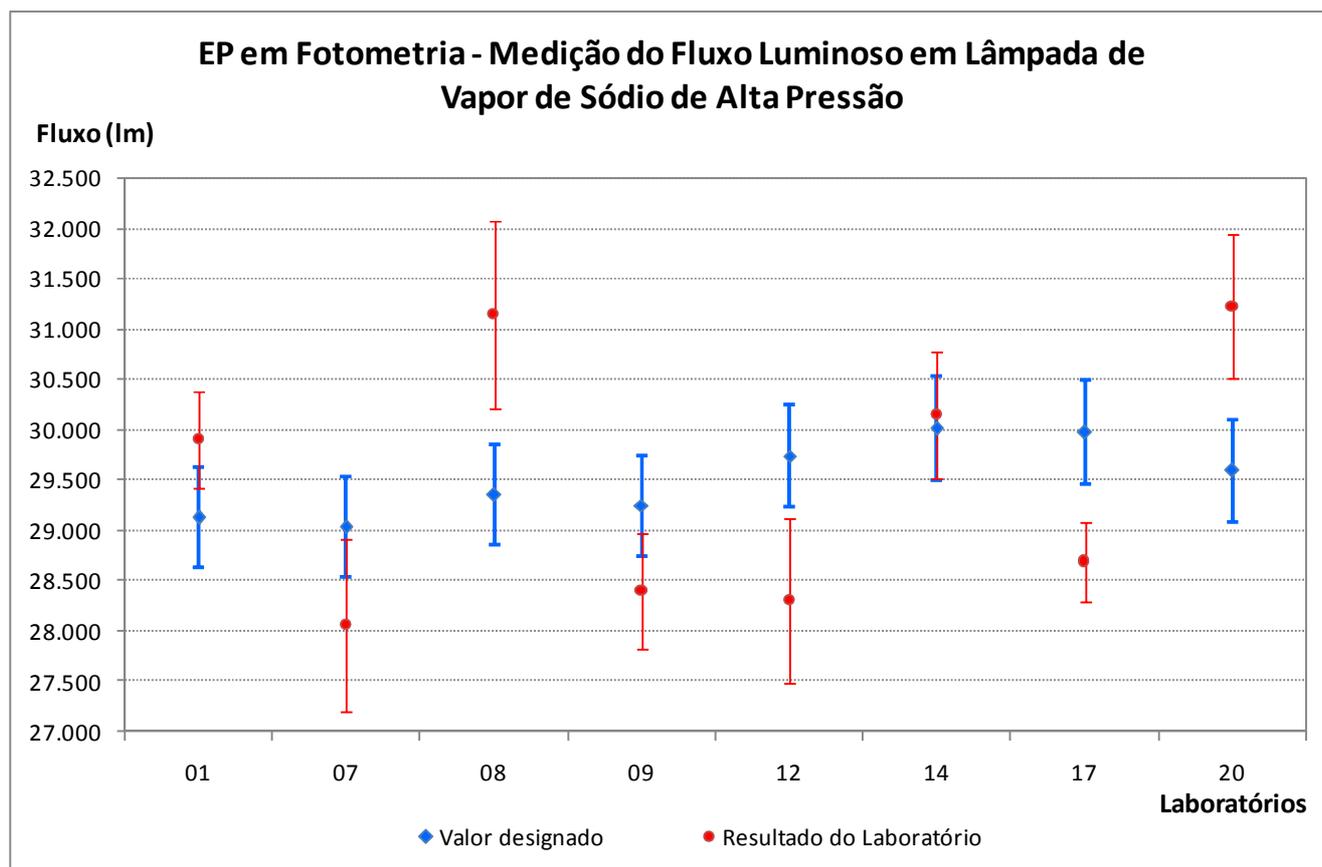


Figura 2 – Apresentação dos Resultados

## **8. Conclusões**

O estabelecimento de ações corretivas e a contínua participação em ensaios de proficiência desta natureza são ferramentas de grande contribuição para o aprimoramento das medições realizadas pelos laboratórios.

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão equipam atualmente cerca de 60 % das luminárias de iluminação pública no Brasil, e essa participação tende a aumentar devido à substituição das lâmpadas a vapor de mercúrio ainda existentes. Por isso o ensaio de proficiência é importante para que os laboratórios relatem o valor de fluxo luminoso desse tipo de lâmpada de forma confiável.

Neste ensaio de proficiência participaram oito laboratórios, sendo que para seis deles foi encontrado valor superior a 1,0 para o erro normalizado, o que por si só caracteriza a necessidade de avaliar suas metodologias de medição e a rastreabilidade de seus padrões.

Independente do resultado referente ao erro normalizado todos os laboratórios devem fazer uma análise crítica referente às incertezas, verificando se as contribuições para a incerteza foram devidamente avaliadas, qualitativamente e quantitativamente. Esta recomendação se aplica especialmente àqueles que declararam incertezas muito discrepantes (para mais ou para menos) no conjunto dos laboratórios participantes e do laboratório piloto.

A evolução do fluxo luminoso da amostra ocorreu de acordo como previsto, não tendo sido ultrapassada a variação máxima admissível de 2 % entre duas medições sucessivas no laboratório piloto.

## 9. Laboratórios participantes

Oito laboratórios se inscreveram neste EP e a lista com os nomes dos laboratórios participantes é apresentada na tabela 5. A numeração que consta na tabela 5 é apenas indicativa do número de laboratórios participantes no EP.

A identidade dos participantes em relação aos resultados do ensaio é confidencial, sendo conhecido apenas pelo responsável do laboratório e pela organização deste ensaio de proficiência, não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos laboratórios na apresentação dos resultados neste relatório. Os laboratórios foram codificados de forma a não haver possibilidade de associação do resultado com o respectivo laboratório.

Tabela 5: Laboratórios participantes do EP em Fotometria – 1ª rodada.

Instituição	
1.	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL Laboratório de Iluminação – MA8
2.	CJJ Partners Representação Comercial Ltda TOP LAB Laboratório de Luminotécnica
3.	FAPEU – Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária INEP – Instituto de Eletrônica de Potência (UFSC)
4.	Instituto de Eletrotécnica e Energia – USP Seção Técnica de Fotometria
5.	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC Laboratório Luminotécnica
6.	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul Laboratório LABELO
7.	Tuv Rheinland do Brasil Laboratório TUV
8.	Universidade Federal Fluminense Laboratório de Luminotécnica da UFF

## **10. Referências Bibliográficas**

- ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011: Avaliação de Conformidade – Requisitos Gerais para ensaios de proficiência.
- Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2008). 1ª Edição Brasileira. Rio de Janeiro, 2009.
- Guia para a Expressão da Incerteza de Medição – Terceira Edição Brasileira (2003)
- ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração



Programa de Ensaio da Proficiência do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - PEP-Inmetro  
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias - RJ - Brasil CEP: 25250-020  
Tel/Fax: +55 21 2679-9745 - [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) - E-mail: [pep-inmetro@inmetro.gov.br](mailto:pep-inmetro@inmetro.gov.br)