

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

**GARANTIA DA QUALIDADE METROLÓGICA DAS  
MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA DAS ESTAÇÕES  
CEMIG / PUC MINAS**

**Eliziane Gonçalves Arreguy**

Belo Horizonte  
2008

**Eliziane Gonçalves Arreguy**

**GARANTIA DA QUALIDADE METROLÓGICA DAS  
MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA DAS ESTAÇÕES  
CEMIG / PUC MINAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Belo Horizonte  
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

A774g Arreguy, Eliziane Gonçalves  
Garantia da qualidade metrológica das medições de iluminância das estações  
Cemig / PUC Minas / Eliziane Gonçalves Arreguy. Belo Horizonte, 2008.  
112f. : il.

Orientadora: Elizabeth Marques Duarte Pereira  
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

1. Iluminação natural. 2. Medição - Incerteza. 3. Crepúsculo. I. Pereira,  
Elizabeth Marques Duarte. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

CDU: 628.92

Eliziane Gonçalves Arreguy

**GARANTIA DA QUALIDADE METROLÓGICA DAS MEDIÇÕES DE  
ILUMINÂNCIA DAS ESTAÇÕES CEMIG / PUC MINAS**

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

---

Profª Dra. Elizabeth Marques Duarte Pereira – Presidente (Orientadora) – PUC Minas

---

Dra. Denise das Mercês Camarano – (Co-orientadora) – CDTN

---

Profª Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza – UFMG

---

Profª Dra. Antônia Sônia Cardoso Alves Diniz – CEMIG / PUC Minas

Belo Horizonte, 30 de junho de 2008.

## RESUMO

Este estudo trata da avaliação da qualidade metrológica das medidas de iluminância na determinação da disponibilidade de luz natural da abóbada celeste no crepúsculo local. Uma aplicação relevante dos resultados obtidos é a estimativa das horas de uso da iluminação pública artificial noturna por concessionárias de energia elétrica, como previsto no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento CEMIG / ANEEL (P&D 128), do qual este trabalho é parte integrante. São consideradas as variáveis climatológicas locais e as características do tecido urbano, como arborização e verticalização das construções, através de uma estação fixa e cinco estações remotas respectivamente. Apresenta-se uma descrição do aparato experimental e dos cuidados nas instalações das cinco estações remotas e da estação fixa para garantir as condições operacionais dos equipamentos e a qualidade dos dados medidos. Uma metodologia para estimação da incerteza de medição de iluminância das estações foi proposta, com o levantamento das fontes de incerteza e determinação do modelo de medição de acordo com o *Guide to the Expression of Uncertainty of Measurement*. Os cálculos estão exemplificados para o nível de iluminância de 80 lx. O resultado obtido para a estimativa da incerteza expandida para uma probabilidade de abrangência de 95 % é de 10 %. Constatou-se que o componente de incerteza que possui maior peso no resultado final está relacionado ao fotômetro utilizado, como inicialmente esperado. A incerteza de medição tem um impacto da ordem de 2 min no horário de ocorrência das iluminâncias medidas. Portanto, para os níveis de iluminância de (3, 20 e 80) lx definidos pela norma NBR 5123 para atuação dos relés fotoelétricos utilizados nos postes de iluminação pública, a incerteza na duração do é da ordem de 4 min.

Palavras-chave: disponibilidade de luz natural, iluminância, crepúsculo, incerteza de medição.

## ABSTRACT

The aim of this study is the measurement sky daylight availability in local twilight, with metrological quality guarantee. A relevant application of the achieved results is the scheduling of nocturnal public artificial lighting by energy companies, as predicted in Research and Development project CEMIG / ANEEL (P&D 128), from which this work is an intregant part. The local climatological variables are considered and the characteristics of the urban fabric, such as tree coverage area and buildings verticalization, are represented by a fixed station and five remote stations respectively. A description of the experimental apparatus and the procedures carried out in the installation of the stations is presented to ensure the operational conditions of the equipment and the quality of the measured data. A methodology for estimating the uncertainty of illuminance measurements of the stations was proposed, with the survey of the uncertainty sources and the determination of the measurement model in accordance with the Guide to the Expression of Uncertainty of Measurement was made. The calculations were made for 80 lx illuminance level as reference. The result achieved for the expanded uncertainty estimated is 10 % to a coverage probability of 95 %. It was verified that the uncertainty component that has the greater weight in the final outcome is related to the photometer used, as originally expected. The uncertainty of measurement has an impact in the order of 2 min. Therefore, for low illuminance levels, as (3, 20 and 80) lx limits defined by standard NBR 5123 for photoelectric relays performance used on public lighting posts, the daylength can have a range up to 4 min.

Key words: dayligth availability, illuminace, twilight, uncertainty of measurement.