

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO INTERIOR DE AMBIENTE CLIMATIZADO DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DE FORTALEZA SEGUNDO ANVISA RE-09**

**Augusto César Rebouças Araújo – aug\_cesar@yahoo.com.br**

**Kamila Pereira Lins – kamilalins@unifor.br**

**Universidade de Fortaleza - UNIFOR**

**Av. Washington Soares, 1321**

**CEP 60811-905 – Fortaleza - Ceará**

**Resumo:** Este trabalho apresenta um estudo sobre a qualidade do ar interior e a necessidade de renovação do ar em ambientes climatizados artificialmente de uma Instituição de Ensino Superior. Para o desenvolvimento deste trabalho, os parâmetros físicos e quantificação de dióxido de carbono foram realizados de maneira simultânea em um único sistema de medição. Após a coleta dos dados foi realizado uma avaliação metrológica do sistema de medição, identificando as principais fontes de incertezas, a contribuição de cada uma delas na determinação da incerteza combinada. Assim, o conhecimento acerca dos parâmetros físicos, quantificação de dióxido de carbono e análise metrológica do sistema de medição pode influenciar na qualidade do ar interior e assim o conforto térmico de seus usuários.

**Palavras-chave:** Climatização, Renovação, Metrologia.

### **1. INTRODUÇÃO**

O organismo ainda que em repouso fornece calor ao ambiente em consequência do metabolismo basal que é quantidade mínima de calor produzida pelo indivíduo em repouso físico e intelectual a uma temperatura ambiente de 20°C e que pode variar conforme o tamanho do corpo, a idade, o peso e o sexo (TALAIA, 2004).

O conforto térmico de um ambiente é estabelecido a partir do bem-estar decorrido pela relação dos parâmetros físicos como temperatura média radiante, umidade relativa, temperatura e velocidade do ar com atividade desenvolvida (metabolismo) e o isolamento proporcionado pela vestimenta (TALAIA, 2006).

Nos países desenvolvidos na década de 70, em virtude de uma crise energética e a necessidade de economizar energia os edifícios tornaram-se selados (BRICKUS E NETO, 1999). A utilização de um sistema condicionador de ar se deve entre inúmeras aplicações ao conforto térmico do homem. Ao se condicionar o ar o sistema gerencia determinados parâmetros (temperatura, umidade e velocidade do ar) de acordo com o estabelecido em normas nacionais e internacionais (PEREIRA, 2007).

A Qualidade do Ar Interior (QAI) é descrita como a qualidade do ar no interior e no meio externo de edificações no que tange à saúde e o conforto térmico dos seus ocupantes (FERNANDES, 2014). A ventilação, a principal responsável por afetar a QAI, na qual todos os processos que envolvem a ventilação (entrada de ar externo, condicionamento e mistura do ar por todo edifício bem como a sua exaustão do mesmo) é que deslocam os poluentes do ambiente (SCHIRMER, 2009).

Um edifício é considerado doente quando apresenta uma qualidade do ar interno inadequado à saúde de seus ocupantes e a exposição prolongada desencadeia um quadro de sintomas específicos que caracterizam um dos três como a Síndrome do Edifício Doente (SED), a Doença Relacionada ao Edifício (DRE) e a Sensibilidade Química Múltipla (SQM) (HAGHIGHAT, 2009).

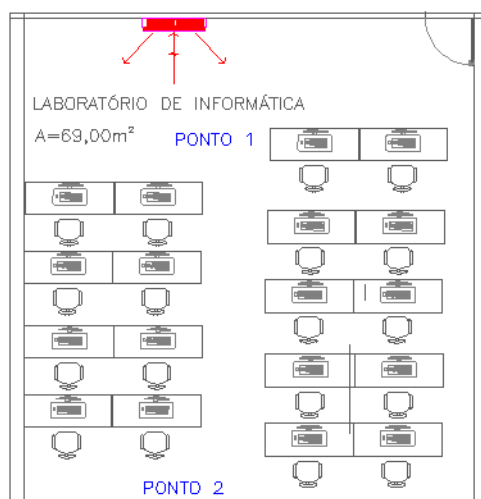
## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta uma análise da qualidade do ar interior através das medições dos parâmetros físicos (temperatura e umidade relativa) bem como a quantificação de dióxido de carbono como indicativo da renovação do ar do ambiente. Para a execução da análise, os resultados foram produzidos em pontos específicos presente em três ambientes climatizados artificialmente (laboratório de informática) com capacidade térmica unitárias iguais ou superiores a 60.000 BTU/h. Os resultados obtidos são fundamentados em dados obtidos através de sistema de medição simultânea dos parâmetros temperatura, umidade relativa e dióxido de carbono

### 2.1 Determinação dos parâmetros físicos (temperatura e umidade relativa) e quantificação de CO<sub>2</sub>

As medições dos parâmetros físicos e quantificação de dióxido de carbono se processaram no laboratório de informática (figura 1) em dois pontos onde apresentava neste ambiente um equipamento HITACHI SPLIT tipo Piso teto com capacidade de 60.000 BTU/h.

Figura 1 - Distribuição dos equipamentos laboratório de informática.



Fonte: Autor, 2017

### Determinação da Temperatura

As amostras foram determinadas a partir de leitura direta por meio de sensor eletroquímico através de equipamento medidor de CO<sub>2</sub>, umidade e temperatura, modelo CO277, marca AKSO, faixa de medição (-10 a 60) °C, resolução de 0,1°C, exatidão de

$\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ . De acordo com a legislação o ponto que foi coletado a amostra se encontrava a uma altura de 1,5 m do piso e em zona ocupada.

#### **Determinação da Umidade Relativa**

As amostras foram determinadas a partir de leitura direta por meio de sensor eletroquímico através de equipamento medidor de  $\text{CO}_2$ , umidade e temperatura, modelo CO277, marca AKSO, faixa de medição 0,0 a 99,9% UR, resolução de 0,1% UR, exatidão de  $\pm 3\%$  UR. De acordo com a legislação o ponto que foi coletado a amostra se encontrava a uma altura de 1,5m do piso e em zona ocupada.

#### **Quantificação de $\text{CO}_2$**

As amostras foram determinadas a partir de leitura direta por meio de sensor eletroquímico através de equipamento medidor de  $\text{CO}_2$ , umidade e temperatura, modelo CO277, marca AKSO, faixa de medição (0 a 5000) ppm, resolução de 1 ppm, exatidão de  $\pm 30$  ppm  $\pm 5\%$ , devidamente calibrado. De acordo com a legislação o ponto que foi coletado a amostra se encontrava a uma altura de 1,5m do piso e em zona ocupada.

### **2.2 Avaliação metrológica dos parâmetros físicos (temperatura e umidade relativa) e quantificação de $\text{CO}_2$**

Para avaliação metrológica foram coletadas duas amostras onde foi utilizado um cronômetro para marcar o início e o fim de cada período de 30 segundos. Os cálculos foram realizados em planilhas eletrônicas. Os cálculos se resumem a incertezas do tipo A, tipo B e incerteza combinada além dos gráficos que resumem a contribuição em percentual de cada fonte de incerteza na incerteza combinada. Para realização da incerteza expandida após levantamento do grau de liberdade utilizou-se o *t de Student* com nível de confiança de 95,45%

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

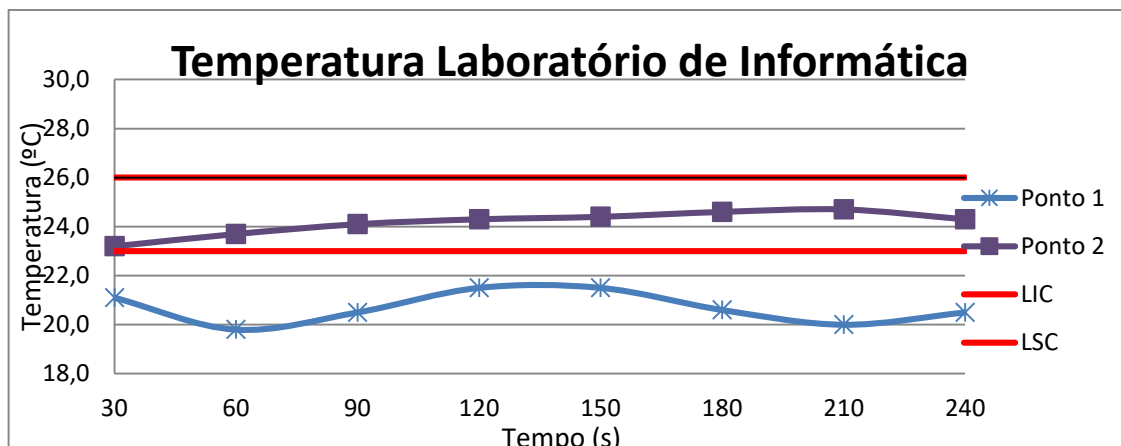
### **3.1 Determinação dos parâmetros Físicos (Temperatura e Umidade Relativa) e quantificação $\text{CO}_2$**

#### **Determinação da Temperatura**

Em relação ao laboratório de informática de acordo com a Figura 1 e conforme a Figura 2 a temperatura da maioria das medições no ponto 1 apresentam uma tendência a valores próximos do limite inferior de controle enquanto as medições realizadas no ponto 1 atendem aos valores preconizados em legislação.



Figura 2 - Temperatura laboratório de Informática.

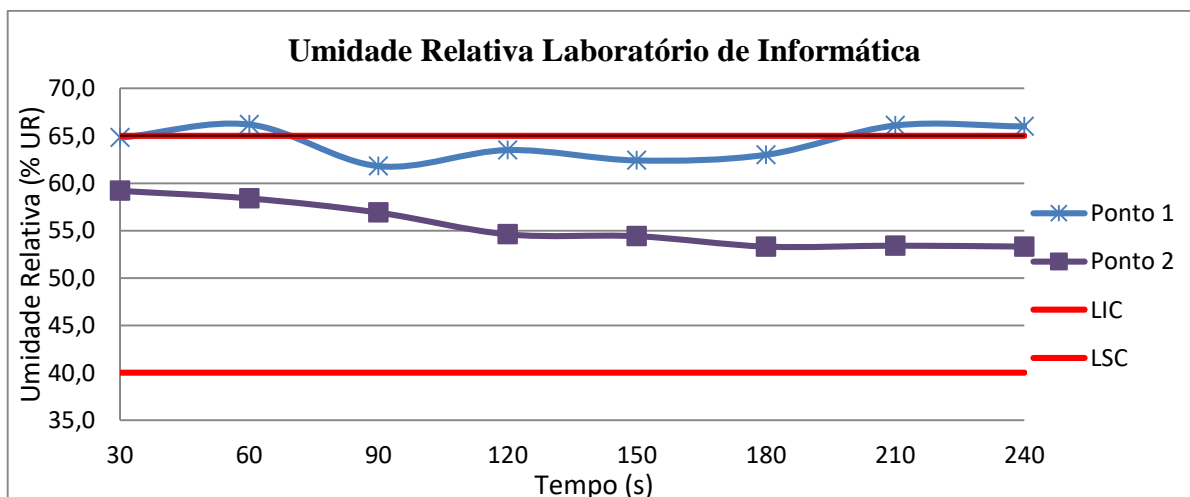


Fonte: Autor, 2017

### Determinação da Umidade Relativa

Em relação à umidade relativa mensurada no laboratório de informática (Figura 3) a maioria das medições no ponto 1 apresentam uma tendência a valores próximos do limite superior de controle enquanto as medições realizadas no ponto 2 atendem aos valores preconizados em legislação. Essa tendência dos valores de umidade acima do limite superior associada ao valor de temperatura que foi obtida acima do limite inferior de controle demonstra que o equipamento instalado no ambiente deve ser redimensionado para se adequar aos valores necessários.

Figura 3 - Umidade Relativa Laboratório de Informática.

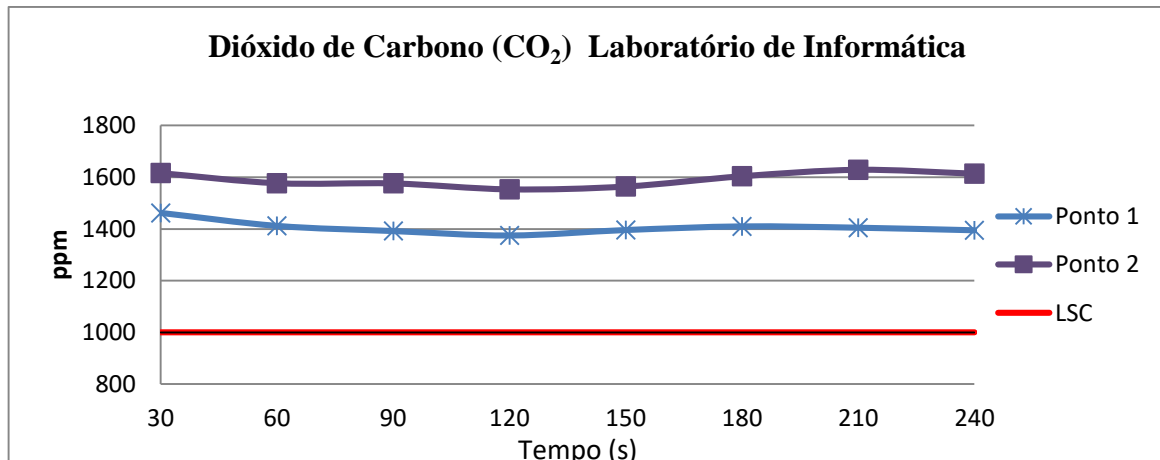


Fonte: Autor, 2017

### Determinação da Quantificação de CO<sub>2</sub>

Quanto a quantificação de dióxido de carbono conforme figura 4 no laboratório de informática, quando em utilização por 17 usuários, este apresentou valores elevados em todas as medições em ambos os pontos indicando assim a necessidade de renovação do ar naquele ambiente.

Figura 4 - Quantificação de CO<sub>2</sub> Laboratório de Informática.



Fonte: Autor, 2017

### 3.2 Avaliação Metrológica dos parâmetros Físicos (Temperatura e Umidade Relativa) e quantificação CO<sub>2</sub>

#### Determinação da Temperatura

Foram avaliadas as fontes de incerteza referente ao sistema de medição da temperatura no laboratório de informática da IES, em dois pontos distintos, onde foram consideradas para o cálculo da incerteza combinada e expandida.

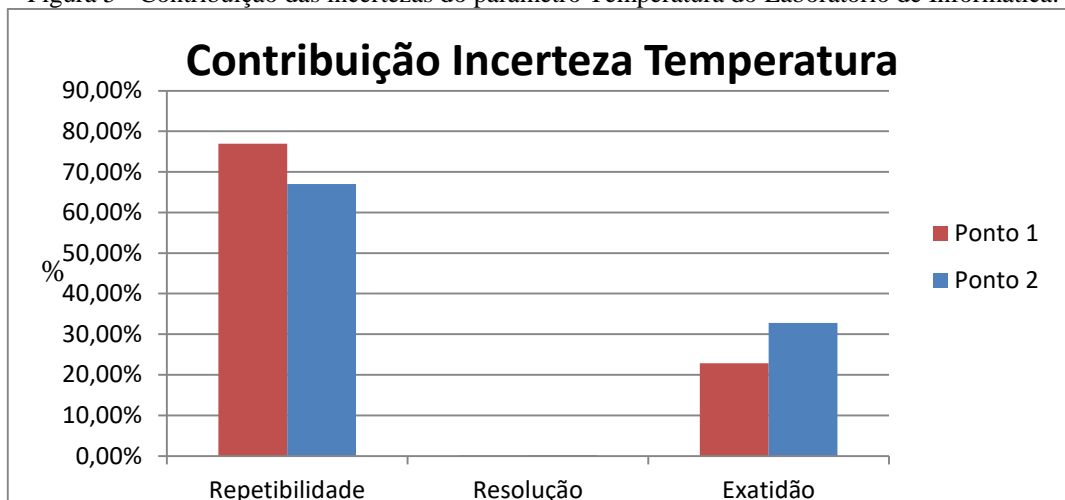
Como fontes de incerteza foram consideradas a precisão (de medição) como incerteza do tipo A e distribuição normal, no entanto não dividindo a mesma por raiz de n medições já que o mensurando era variável, a resolução como incerteza do tipo B sendo a metade do valor do dígito e equivale a meia largura de distribuição retangular, e a exatidão do instrumento como incerteza do tipo B e distribuição retangular. A seguir os resultados com suas respectivas incertezas expandidas, da temperatura nos pontos 1 e 2 respectivamente.

**Apresentação do resultado de medição - RM = (20,7 ± 1,6) °C – Ponto 1**

**Apresentação do resultado de medição - RM = (24,2 ± 1,3) °C – Ponto 2**

De acordo com a Figura 5 podemos verificar que a repetibilidade foi quem mais contribuiu em ambos os pontos sendo uma contribuição de cerca de 76,98% no ponto 1 e 67,02% no ponto 2.

Figura 5 - Contribuição das incertezas do parâmetro Temperatura do Laboratório de Informática.



Fonte: Autor, 2017

### Determinação da Umidade Relativa

Foram avaliadas as fontes de incerteza referente ao sistema de medição da umidade relativa no laboratório de informática da IES, em dois pontos distintos, onde foram consideradas para o cálculo da incerteza combinada e expandida.

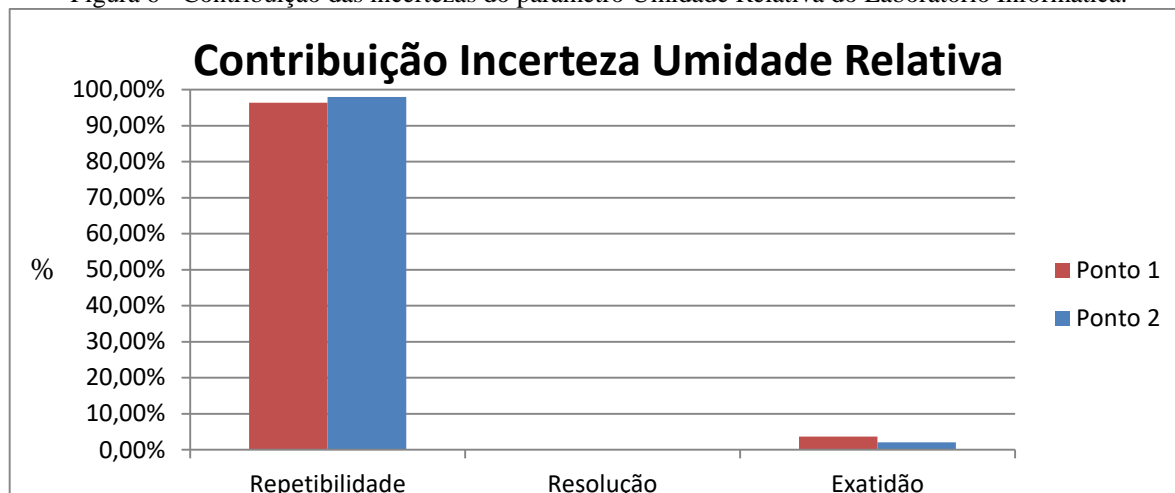
Como fontes de incerteza foram consideradas também a repetibilidade como incerteza do tipo A e distribuição normal, no entanto não dividindo a mesma por raiz de n medições já que o mensurando era variável, a resolução como incerteza do tipo B sendo a metade do valor do dígito e equivale a meia largura de distribuição retangular, e a exatidão do instrumento como incerteza do tipo B e distribuição retangular.

**Apresentação do resultado de medição -  $RM = (64,2 \pm 3,9) \%UR$  – Ponto 1**

**Apresentação do resultado de medição -  $RM = (55,4 \pm 5,2) \%UR$  – Ponto 2**

De acordo com a Figura 6 podemos verificar que a repetibilidade foi quem mais contribui para ambos os pontos amostrados no laboratório de informática dentre eles o ponto dois em função em virtude do desvio padrão para o ponto 2 de 2,3946 superior ao ponto um no laboratório de informática e assim apresentando cerca de 97% de contribuição.

Figura 6 - Contribuição das incertezas do parâmetro Umidade Relativa do Laboratório Informática.



Fonte: Autor, 2017

### Determinação da Quantificação de CO<sub>2</sub>

Foram analisadas para quantificação de dióxido de carbono no laboratório de informática da IES, em dois pontos distintos, onde foram consideradas para o cálculo da incerteza combinada e expandida.

Como fontes de incerteza foram consideradas a repetibilidade como incerteza do tipo A e distribuição normal, no entanto não dividindo a mesma por raiz de n medições já que o mensurando era variável, a resolução como incerteza do tipo B sendo a metade do valor do dígito e equivale a meia largura de distribuição retangular, e a exatidão do instrumento como incerteza do tipo B e distribuição retangular.

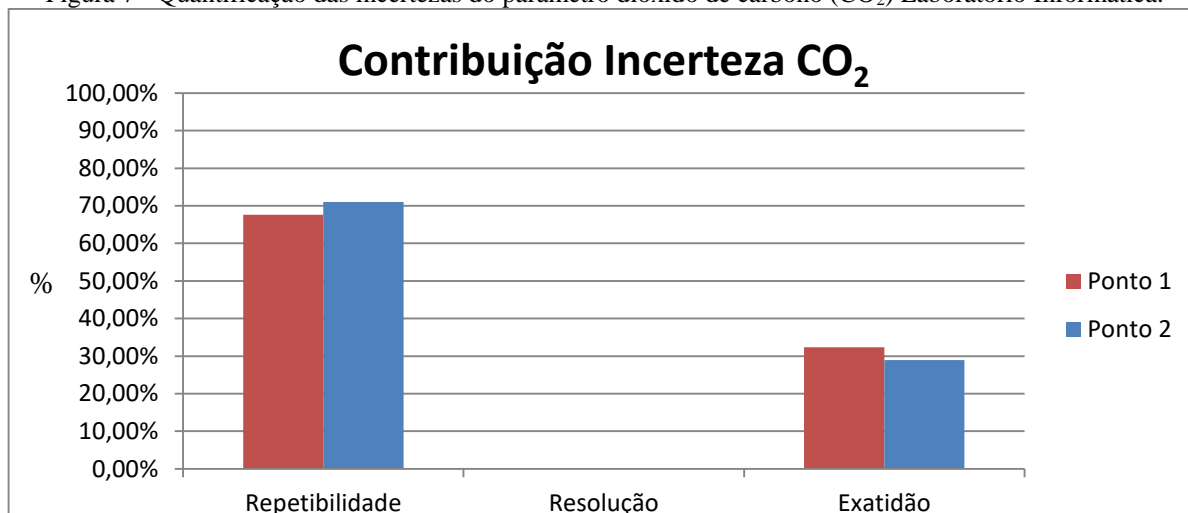
**Apresentação do resultado de medição - RM = (1406 ± 66) ppm – Ponto 1**

**Apresentação do resultado de medição - RM = (1592 ± 70) ppm – Ponto 2**

De acordo com a Figura 7 podemos verificar que a repetibilidade foi quem mais contribuiu para os dois pontos amostrados na biblioteca apresentando praticamente 100% das contribuições para incerteza de medição.



Figura 7 - Quantificação das incertezas do parâmetro dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) Laboratório Informática.



Fonte: Autor, 2017

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a medição da temperatura os valores encontrados no laboratório de informática no ponto 1 que é bem próximo ao condicionador de ar este apresentou em todas as medições valores abaixo do limite inferior especificado e com isso o ambiente naquela área traduzia uma sensação de frio em relação ao ponto 2 do mesmo ambiente.

Ao se realizar a coleta de dados da umidade relativa no laboratório de informática no ponto 1 para a umidade relativa já apresentou tendência a valores acima do limite superior o que confirma a necessidade de um ajuste na carga térmica do ambiente.

Na quantificação de dióxido de carbono no laboratório de informática apresentou valores bem superiores ao limite máximo permitido em norma nacional.

A necessidade de avaliação metrológica do sistema de medição simultânea de temperatura, umidade relativa e quantificação de dióxido de carbono, identificando as principais fontes de incertezas, contribuição de cada uma delas na determinação da incerteza combinada e auxiliado pelo diagrama de Ishikawa que permitiu uma visão geral sobre os problemas visando à redução dos mesmos durante aquisição dos dados.

De uma forma geral pode-se considerar que os objetivos inicialmente estabelecidos foram alcançados, pois ao longo do desenvolvimento deste trabalho foi possível compreender como o conhecimento dos parâmetros físicos, quantificação de dióxido de carbono e análise metrológica do sistema de medição pode influenciar na qualidade do ar interior e assim o conforto térmico de seus usuários.

#### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Faculdade UNINABUCO pela disponibilidade do local para ser coletado as amostras o que viabilizou a compilação de dados bem como a construção das tabelas e gráficos presentes neste trabalho.



## REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo**, Resolução, Nº 176, Brasília, de 24 de Janeiro de 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Orientação técnica revisada contendo os Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo**, Resolução, Nº 09, Brasília, de 16 de Janeiro de 2003.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR**, Resolução, Nº 03, Brasília, de 22 de Agosto de 1990.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. **Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados**, Portaria, Nº 3523, Brasília, de 28 de Agosto de 1998.

BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. A. A qualidade do ar de interiores e a Química. **Química Nova**, v. 22 (1), p. 65 – 74, 1999.

HAGHIGHAT, F., KIM, J.J **Sustainable Built Environment**. Vol. 1 United Kingdom: Eolss, 2009.

PEREIRA, N.J. **Estudo de concentração de CO2 em ambientes climatizados e meios de controle**. 2007. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2007.

SCHIRMER, W. N.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A. **Qualidade do ar interno em ambientes climatizados – verificação dos parâmetros físicos e concentração de dióxido de carbono em agência bancária**. Tecno-Lógica, v. 13 (1), p. 41 – 45, 2009.

TALAIA, M. A. R. **O comportamento humano e as alterações ambientais um estudo de caso em ambiente quente**. Espanha: Proceedings of the XXVIII Jornadas Científicas, La Meteorologia y El Clima Atlánticos, 5º Encuentro Hispano-Luso de Meteorologia: La Meteorologia y Climatologia em los sectores público e privado. p.474-483, 2004.

TALAIA, M. A. R.; RODRIGUES, F.A.G **O organismo humano num ambiente de stress térmico – caso de uma área com fornos**. Actas das XXIX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española “Aplicaciones Meteorológicas” & 7º Encuentro Hispano-Luso de Meteorológica Española. p.5, 2006.

**AIR QUALITY ASSESSMENT IN THE INTERIOR OF AIR-CONDITIONED  
ENVIRONMENT OF AN INSTITUTION OF HIGH EDUCATION OF FORTALEZA  
SECOND ANVISA RE-09.**

**Abstract:** This paper presents a study about indoor air quality and the need for air renovation in artificially air conditioned environments of a Higher Education Institution. For the development of this work, the physical parameters and quantification of carbon dioxide were carried out simultaneously in a single measurement system. After the data collection, a metrological evaluation of the measurement system was performed, identifying the main sources of uncertainties, the contribution of each of them in determining the combined uncertainty. Thus, knowledge about the physical parameters, quantification of carbon dioxide and metrological analysis of the measurement system can influence the indoor air quality and thus the thermal comfort of its users.

**Key words:** *Air conditioning, Renovation, Metrology.*