



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013  
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

**CALIBRAÇÃO DOS SENSORES DE CO<sub>2</sub> DO AR DO EXPERIMENTO FACE**

João Paulo **Teixeira**<sup>1a</sup>; André **Torre-Neto**<sup>2b</sup>; Raquel **Ghini**<sup>3c</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Meio Ambiente; <sup>2</sup> Embrapa Instrumentação; <sup>3</sup> Embrapa Meio Ambiente

**Nº 13416**

**RESUMO** – O experimento FACE (Free Air Carbon-dioxide Enrichment), localizado na Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP), tem o objetivo de estudar os impactos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> da atmosfera sobre a cultura do café. Sensores comerciais de CO<sub>2</sub>, baseados na técnica IRGA (Infrared gas analyzer), estão instalados na área e são parte fundamental da instrumentação do sistema. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um método de calibração desses sensores. Para garantir maior eficiência no processo, foi implementado um kit que possibilita a calibração de até seis sensores simultaneamente. O método se mostrou eficaz em 75% dos sensores modelo GMP222 e 100% dos sensores modelo GMP343, ambos fabricados pela empresa Vaisala.

**Palavras-chave:** Free Air Carbon-dioxide Enrichment, CO<sub>2</sub>, sensor, IRGA

<sup>a</sup> Bolsista: Graduação em Engenharia de Controle e Automação, jauuun@hotmail.com, <sup>b</sup> Pesquisador, <sup>c</sup> Orientadora



**ABSTRACT-** *The objective of the FACE experiment (Free Air Carbon-dioxide Enrichment) established at Embrapa Environment (Jaguariúna, SP) is to study the effects of increased atmospheric CO<sub>2</sub> concentration in coffee crops. Commercially available CO<sub>2</sub> probes based on IRGA (Infrared Gas Analyzer) technology are installed into the area as essential part of the system instrumentation. The objective of this work was to develop a calibration method for those probes. To improve efficiency a calibration kit was used, that allows calibrating six probes simultaneously. The calibration method was efficient for 75% of the GMP222 model probes and 100% of the GMP343 model probes.*

**Key words:** *Free Air Carbon-dioxide Enrichment, CO<sub>2</sub>, sensor IRGA.*

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera é um dos fatores que contribuem para as mudanças climáticas. Desde a Revolução Industrial, essa concentração vem aumentando e as previsões indicam que essa tendência deve continuar (IPCC, 2007). Assim, surgiu a necessidade de serem estudados os impactos desse aumento sobre as plantas e suas doenças. Alguns experimentos foram iniciados, como por exemplo, as OTC's (*Open Top Chambers*), que são estufas de topo aberto nas quais é injetada uma quantidade de CO<sub>2</sub> para alcançar a concentração alvo. Como algumas variáveis sofrem alterações em estufas, como por exemplo, a temperatura, surgiu a necessidade de um experimento que simulasse as condições encontradas pelo agricultor no campo. Este tipo de experimento é denominado FACE (*Free Air Carbon-dioxide Enrichment*) e consiste basicamente em uma estrutura montada em campo aberto, onde é plantada uma determinada cultura e exposta a uma concentração elevada de CO<sub>2</sub>. O único FACE brasileiro está localizado no campo experimental da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP (Ghini et al., 2011). Esse FACE conta com seis blocos, cada um contendo duas parcelas, sendo uma com injeção de CO<sub>2</sub> e outra não. Nas parcelas onde há injeção de CO<sub>2</sub> estão presentes estações meteorológicas que realizam leituras de variáveis, como: temperatura, umidade, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento. A injeção é feita de forma automática, utilizando as informações de direção e velocidade do vento como referência (Torre-Neto, Ghini, 2011).

No centro das parcelas estão instalados sensores de CO<sub>2</sub>, a 50 cm de altura. Para garantir o funcionamento correto do sistema, registrar a concentração em que as plantas foram submetidas e possibilitar o mapeamento da concentração de CO<sub>2</sub> das parcelas, os sensores precisam ser



## VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

calibrados. O experimento conta com dois tipos de sensores, os GMP343 e os GMP222, ambos da marca Vaisala. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um método eficiente, rápido e seguro de calibração dos sensores presentes no experimento FACE.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Calibração do sensor GMP222

O processo de calibração do sensor GMP222 é feito de forma manual, ou seja, enviando comandos através da rede Zigbee para os sensores, que possuem uma interface digital e um firmware, que interpretam e executam comandos, inclusive os de calibração. Para otimizar o processo foi desenvolvido um kit de calibração que permite que o gás passe por seis sensores em série.

Após ligar os sensores, é necessário esperar 30 minutos para que eles possam atingir sua precisão máxima, segundo manual do fabricante. Os gases utilizados para a calibração foram adquiridos nas concentrações de 622, 292 e 0 ppm de CO<sub>2</sub>. Todos os gases utilizados no processo de calibração continham o certificado de pureza cedido pela empresa responsável pelo fornecimento. Primeiramente, o gás de menor concentração (0 ppm) foi injetado no kit por cinco minutos. A seguir, os comandos foram enviados para o sensor, que ao recebê-los começa a fazer iterações para calcular os parâmetros de calibração. Os comandos são enviados via rádio utilizando o padrão Zigbee. Para isso são utilizados os módulos ETRX3 da Telegesis.

Ao terminar as iterações, o gás de menor concentração é fechado e, então, o gás de maior concentração de CO<sub>2</sub> (622 ppm) é injetado. Após cinco minutos, comandos semelhantes aos anteriores são enviados e novamente é iniciado o processo de iterações. Após o término desse processo, o gás é fechado e é enviado um comando para que os novos parâmetros de calibração sejam gravados. Os sensores são desligados e após alguns instantes ligados novamente para aferição, onde é passado um gás de concentração intermediária de CO<sub>2</sub> (292 ppm) e são feitas leituras de todos os sensores.

### 2.2 Calibração dos sensores GMP343

O processo de calibração do sensor GMP343 também é feito de forma manual e individualmente. Deve-se esperar 30 minutos até que ele atinja a precisão máxima antes de começar a calibração. Inicialmente é enviado um comando que habilita o processo de calibração, após isso, o gás de menor concentração de CO<sub>2</sub> (0 ppm) é injetado e um comando é enviado ao



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013  
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

sensor para que ele comece a fazer leituras da concentração da CO<sub>2</sub>. Deve-se aguardar até as medidas se estabilizarem, segundo manual do fabricante. Com as medidas estabilizadas, outro comando é enviado para encerrar as leituras. É necessário então digitar a leitura feita pelo sensor e o valor do gás de referência. O gás de maior concentração pode ser injetado (622 ppm de CO<sub>2</sub>) e é repetido o processo feito para o gás de menor concentração. É então enviado um comando para que o sensor grave os novos parâmetros de calibração na memória e por fim um comando que encerra o processo de calibração.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

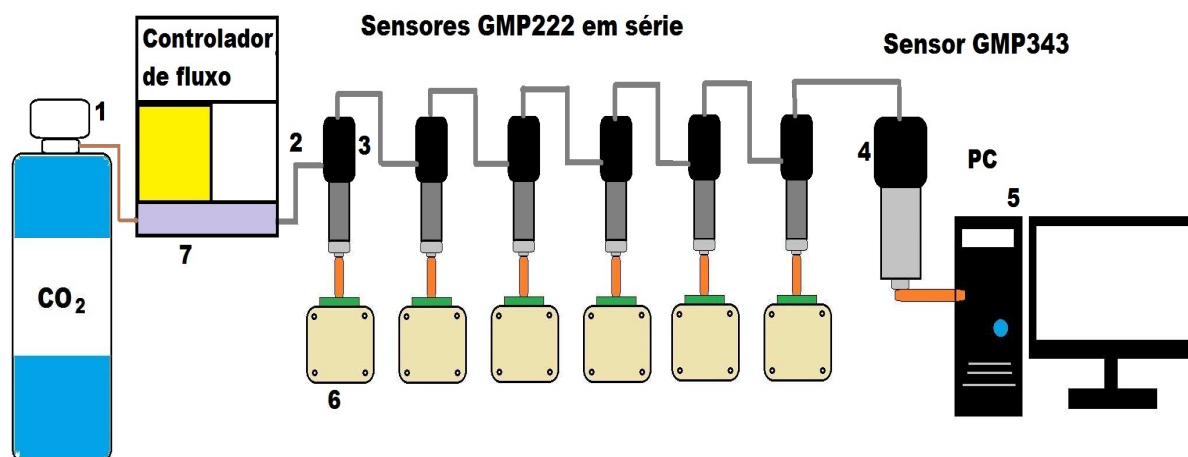
O processo desenvolvido para calibração foi utilizado nos dois modelos de IRGAs do FACE. Na Tabela 1 e 2 estão apresentadas médias de leituras realizadas com os sensores GMP222 e GMP343, respectivamente. Pode-se observar que o sensor 7 não ficou dentro da tolerância ao ser submetido ao gás de maior concentração. O kit construído [Figura 1] foi eficiente para a calibração dos sensores, mostrando resultados mais confiáveis e sempre dentro da tolerância (5 ppm para o GMP343 e 20 ppm para o GMP222).

**Tabela 1.** Leituras dos sensores GMP222.

GMP222 (0 ppm)						
Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7
15,1	13,6	16,4	14,2	3,1	7,0	14,5
GMP222 (292 ppm)						
276,17	281,3	303,6	274,0	257,7	302,8	302,8
GMP222 (623 ppm)						
613,2	614,3	631,1	614,3	605,9	642,9	522,6

**Tabela 2.** Leituras do sensor GMP343.

GMP343 (0 ppm)		
Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
1,9	1,2	2,4
GMP343 (292 ppm)		
290,6	291	293,1
GMP343 (623 ppm)		
621,8	622,3	624,6



**Figura 1.** Esquema kit de calibração.

A lista com os materiais utilizados na construção do kit pode ser vista na tabela 3.

**Tabela 3.** Materiais utilizados na construção do kit.

Referência	Material
1	Tubo de cobre 6mm diâmetro externo
2	Tubulação PVC transparente 7mm diâmetro externo
3	Adaptador para Sensores GMP222
4	Adaptador para Sensores GMP343
5	Computador
6	Caixa de controle do Sensor GMP222
7	Controlador de fluxo

Contudo, alguns sensores GMP222 não atingiram a tolerância esperada. Em alguns casos realizar o processo de calibração fez com que isso fosse resolvido, mas outros ainda permaneceram fora da tolerância.

#### 4 CONCLUSÃO

A calibração dos sensores pode ser feita com o sistema desenvolvido. Porém, ainda é necessário fazer adaptações para a calibração do modelo GMP222 e desenvolver um programa que torne o processo de calibração automático.

#### 5 AGRADECIMENTOS

A Embrapa Meio Ambiente, pela bolsa concedida.



**VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013**  
**13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo**

**6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

GHINI, R.; BETTIOL, W.; HAMADA, E. Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: Current knowledge and perspectives. **Plant Pathology**, v. 60, p. 122-132, 2011.

IPCC. Climate Change 2007. The physical science basis. Geneva Switzerland Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

TORRE-NETO, A.; GHINI, R. Rede de sensores sem fio para monitoramento e controle de processos em ambiente agrícola. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. de C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos, SP. Embrapa Instrumentação, 2011. Pag. 115-119.