

## X-022 - CALIBRAÇÃO DE PROTÓTIPO DE NARIZ ELETRÔNICO PARA ANÁLISE DE GÁS AMÔNIA

**Vitor Santos Guimarães<sup>(1)</sup>**

Graduando de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Bolsista Iniciação Científica pelo Laboratório de Controle de Qualidade do Ar (LCQAr/UFSC).

**Andy Blanco-Rodríguez<sup>(2)</sup>**

Mestre em Desenho de Sistemas Eletrônicos – Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPAE) Doutorando em Engenharia Ambiental – Laboratório de Controle de Qualidade do Ar (LCQAr) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Fernando Campo Garcia<sup>(3)</sup>**

Engenheiro de automação - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPAE)

Mestre em Computação aplicada – Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI).

**Henrique de Melo Lisboa<sup>(4)</sup>**

Doutor em Poluição Atmosférica pela Université de Pau Et Des Pays de L'Adour/ Ecole Des Mines D'alès. Professor coordenador do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr/UFSC).

**Alejandro Durán Carrillo de Albornoz<sup>(5)</sup>**

Doutor em Ciências Técnicas – Instituto de Ciência e Tecnologia de Materiais (IMRE), Universidade de Havana.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Irineu Bornhausen, 3770 bloco A apto. 303 – Agrônômica – Florianópolis – SC - 88025-201 – Brasil – Tel:(48) 9170-3020 – e-mail: [vitorsguimaraes@hotmail.com](mailto:vitorsguimaraes@hotmail.com)

### RESUMO

Os Sistemas de Produção de Animais Confinados juntamente com as estações de tratamento de efluentes e os aterros sanitários têm contribuído significativamente para o aumento das emissões de amônia na atmosfera. Nesse contexto, são necessários instrumentos para a medição da concentração desse composto nas fontes emissoras. Sendo assim, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento e a calibração de um protótipo de nariz eletrônico para medição de amostras de amônia geradas em laboratório. O processo de calibração do instrumento exigiu a implementação de um sistema de diluição para elaboração das amostras com diferentes concentrações de amônia e a utilização de um instrumento padrão para aferir essas concentrações. O protótipo de nariz eletrônico foi calibrado com sucesso, obtendo-se curvas de calibração, calculadas a partir da média da resistência dos sensores, com coeficientes  $R^2$  ajustados de 98,6%, 90,1%, 89,9% para os sensores TGS826, TGS2610 e TGS2602 respectivamente. Também foi calculado o parâmetro %NRMSE, com valores próximos a 3%, 3,5% e 13% para os sensores TGS826, TGS2610 e TGS2602, respectivamente. A partir do estudo confirmou-se que o protótipo constitui uma opção promissora para medições de concentrações de amônia geradas por fontes reais de emissão, levando-se em conta aspectos como custo, qualidade do resultado e flexibilidade do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nariz eletrônico, Odores, Poluição Atmosférica, Amônia, Calibração.

### INTRODUÇÃO

As altas demandas de produção e consumo da sociedade moderna, assim como os resíduos causados pelo rápido processo de desenvolvimento humano têm provocado o aumento das emissões de gases poluentes na atmosfera. Entre esses compostos nocivos, a amônia ( $\text{NH}_3$ ) é um dos mais frequentemente citado na literatura como causador de impactos adversos. As principais fontes antropogênicas de emissão de  $\text{NH}_3$  são a criação de aves, suínos e bovinos, especialmente os chamados Sistemas de Produção de Animais Confinados (SPAC) (DELGADO, 1999). Nesses ambientes, concentrações de aproximadamente 30 ppm podem causar problemas na saúde dos animais e dos trabalhadores, além de provocar incômodo e desconforto na vizinhança, inclusive valores acima dessa faixa podem ainda ser letais aos animais. As estações de tratamento de efluentes e aterros

sanitários são outras fontes que também contribuem à emissão de  $\text{NH}_3$  na atmosfera (FELIX e CARDOSO, 2004).

Nesse contexto, são necessários instrumentos para a medição, monitoramento e controle da concentração desse composto no ambiente. Assim, o emprego de sistemas eletrônicos robustos, portáteis e de baixo custo, se tornam uma alternativa interessante para a realização, por exemplo, de análises quantitativas dos gases de interesse. Entre as opções disponíveis, destacam-se dois instrumentos que podem ser úteis pelas suas características: os narizes eletrônicos e os analisadores de gases, pois usualmente têm a possibilidade de medição contínua e *in-situ*; o baixo consumo de amostras; baixo custo de manutenção; e a possibilidade de medir simultaneamente diferentes espécies químicas (MORENO et al., 2009).

Os analisadores de gases são instrumentos muito usados para medir concentrações de gases específicos devido a sua relativa simplicidade e fácil manipulação. Geralmente medem vários compostos ao mesmo tempo e a tendência destes equipamentos é a miniaturização, portabilidade e os baixos custos. Os narizes eletrônicos, entretanto, são instrumentos voltados para realizar não somente análises quantitativas, como o caso dos analisadores, senão também para oferecer resultados qualitativos de amostras gasosas complexas. Além de compostos puros, estes instrumentos têm a capacidade de medir padrões de odores, o que resulta uma característica atrativa para avaliar o impacto dos odores nas pessoas e comunidades.

Normalmente, a maioria dos sistemas de medição necessitam de etapas prévias de desenvolvimento antes de serem aplicados para funcionar condições reais. Essa fase, chamada tipicamente de calibração, é de vital importância, pois os posteriores resultados fornecidos pelo instrumento dependem em grande medida da qualidade desta etapa. Por esse motivo, o atual trabalho apresenta o desenvolvimento de uma bancada experimental para medição de  $\text{NH}_3$ , focado na calibração dos sensores MOS de um protótipo de nariz eletrônico. Neste processo, são necessários um sistema de diluição de gases, para gerar diferentes concentrações do composto em análise, e um medidor de gases (instrumento padrão) para aferição dos valores de concentração das amostras.

O objetivo do atual trabalho é apresentar o desenvolvimento de um protótipo de nariz eletrônico de medição simples, flexível e de baixos custos, dando ênfase na calibração dos sensores do instrumento. Para tal propósito foram adquiridos sete perfis de odores correspondentes a diferentes valores de concentração de amônia. Posteriormente foram calculadas e geradas as curvas de calibração para cada sensor, obtendo-se resultados satisfatórios em relação aos parâmetros de  $R^2$  ajustado e %NRMSE.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A bancada experimental desenvolvida funciona basicamente estabelecendo a seguinte sequência de operações: geração de amostras gasosas com diferentes concentrações de  $\text{NH}_3$  a partir de um sistema de diluição; medição das amostras com um analisador de gases comercial; e medição/calibração com um protótipo de sistema eletrônico de medição desenvolvido à medida da aplicação.

A bancada experimental funciona basicamente estabelecendo a seguinte sequência de operações: geração de amostras gasosas de  $\text{NH}_3$  a partir do sistema de diluição; medição das concentrações das amostras a partir do analisador de gases comercial; e medição a partir do protótipo do sistema eletrônico de medição desenvolvido.

O protótipo de nariz eletrônico, Figura 1, é constituído de: um filtro de carvão ativado fabricado em laboratório, para a obtenção do gás de referência ou linha base (branco da medição); sacos amostrais Tedlar da marca DuPont, com capacidade máxima de 80 litros em condições normais; três válvulas de solenoide; uma câmara de medição de alumínio, com dimensões de 15,5 cm x 9,0 cm x 4,5 cm (comprimento, largura, altura), contendo três sensores de gases de óxido-metálico (MOS) da marca Figaro: TGS826, TGS2610 e TGS2602; uma bomba de vácuo Fisatom, modelo 820; uma placa de controle feita à medida para o controle das válvulas e a bomba; uma placa de condicionamento eletrônico, com um circuito divisor de tensão para cada sensor; uma placa Arduino Mega 2560, que contém um microcontrolador para adquirir, processar e enviar os dados ao computador, além de comandar a placa de controle; um computador para o processamento, armazenamento e visualização dos resultados; e as tubulações que conectam alguns dos elementos anteriores.

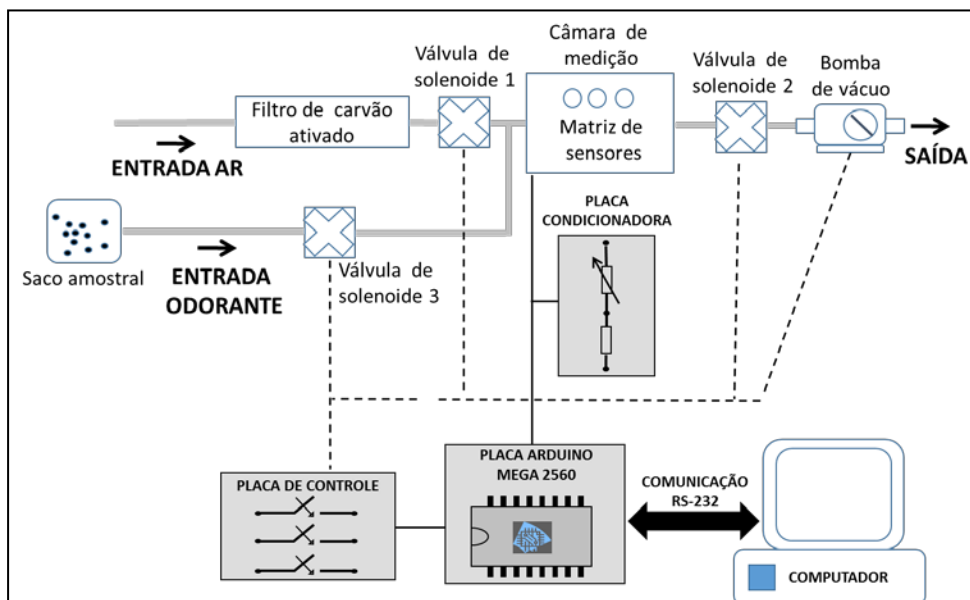


Figura 1 – Diagrama em blocos do protótipo de nariz eletrônico.

O funcionamento do protótipo baseia-se na medição de compostos gasosos a partir das leituras dos três sensores MOS. Estes dispositivos, sob certas condições de trabalho, seguem uma relação potencial entre a resistência elétrica do material ( $R_s$ ) e a concentração do gás/odorante medido ( $C$ ), Equação 1:

$$R_s = K \cdot [C]^{-\alpha} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde  $K$  é uma constante específica de cada sensor e  $\alpha$  é sua sensibilidade. As variações de  $R_s$  dependem do tipo de gás/odorante medido, a concentração da amostra e as condições experimentais.

Durante o processo de medição são obtidos/medidos perfis odorantes através de um regime transitório de operação. Estes pulsos fornecem informação dinâmica do comportamento do sensor quando entra em contato com o gás/odorante. Desse modo, é adquirida mais informação que a medição de forma estática, melhorando o desempenho analítico do protótipo. Estes pulsos são gerados pelo controle do estado das válvulas e da bomba, o que permite a passagem do odorante (amônia) ou do gás de referência (ar ambiente filtrado) pela câmara de medição.

O sistema de diluição, entretanto, tem o objetivo de gerar as amostras gasosas com diferentes concentrações de amônia nos sacos Tedlar. O sistema é composto por: um cilindro de gás amônia, com concentração de 100 ppm; um controlador de fluxo mássico Aalborg Totalizer Input/Output; um controlador de fluxo volumétrico do tipo BG4 da marca Ritter; tubulações; filtros de carvão ativado; válvulas manuais; e um sistema de exaustão. As amostras gasosas são geradas a partir de uma determinada combinação entre o gás proveniente do cilindro de amônia e um volume de ar puro filtrado pelas instalações do laboratório. A fim de garantir uma adequada mistura, o gás amônia e o ar filtrado serão inseridos intercaladamente nos sacos Tedlar. Serão ainda geradas amostras contendo somente ar filtrado para representar o branco das medições.

Com o intuito de aferir a concentração de amônia nos sacos amostrais é utilizado um analisador portátil de gás Drager X-am 7000 como instrumento padrão, que contém um sensor eletroquímico de amônia. Os valores de concentração de cada saco amostral são enviados em tempo real para o computador pessoal a partir de um transmissor infravermelho do próprio Drager, emparelhado com o analisador. Esses dados, então, são registrados, visualizados e armazenados pelo *software* Gas Vision instalado no computador pessoal.

Desse modo, o procedimento experimental se baseia na obtenção das amostras gasosas pelo sistema de diluição, seguida da verificação da concentração dentro dos sacos amostrais através do Drager X-am 7000 e da

obtenção das respostas da amostra gasosa pelo protótipo de nariz eletrônico. A partir desse procedimento são obtidos os perfis de tensão elétrica,  $V_{RL}$ , dos sensores TGS826, TGS2610 e TGS2602 na presença de 7 diferentes concentrações de amônia. A fim de obter repetibilidade nas medições, para cada amostra de concentração de amônia são obtidos 6 perfis de resposta com o protótipo de nariz eletrônico. Além disso, mede-se um perfil de ar filtrado (branco das medições). Esta sequência (6 perfis de amônia - 1 perfil branco) é realizada em duplicata para cada amostra.

Posteriormente, os pulsos de tensão elétrica ( $V_{RL}$ ) dos sensores são convertidos em valores de resistência elétrica sensora ( $R_S$ ) de acordo com a configuração do circuito condicionador divisor de tensão implementado no protótipo, Equação 2:

$$R_S = \frac{R_L \cdot (V_C - V_{RL})}{V_{RL}} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde  $V_C$  é a tensão de alimentação do circuito divisor, igual a 5V, e  $R_L$  é a resistência de carga, igual a 10k $\Omega$ .

Para a obtenção dos perfis odorantes, foram selecionados os seguintes tempos: 100 s para a linha base; 100 s para o transitório de subida; 1 s para o estado estacionário e 150 s para o transitório de recuperação. A linha base consiste em passar ar limpo, obtido com o filtro de carvão ativado, através da câmara de medição. Nessa etapa as válvulas de solenoide 1 e 2 são abertas, ao mesmo tempo que é ligada a bomba de vácuo. Após essa etapa, fecha-se a válvula de solenoide 1 e abre-se a 3 (entrada do gás odorante), mantendo-se a bomba ligada. Assim, o gás odorante começa a fluir através da câmara, obtendo-se o transitório de subida. Logo após esse período, todas as válvulas se fecham e a mistura gasosa fica confinada na câmara, atingindo-se o estado estacionário de medição. Finalmente, retorna-se à configuração inicial, onde o ar filtrado volta a fluir pela câmara, representando o transitório de recuperação do perfil odorante.

Durante todo o período de medição o protótipo de nariz eletrônico é conectado ao computador para que as respostas dos perfis de cada sensor sejam transferidas ao computador, visualizadas e processadas. Os dados de tensão elétrica,  $V_{RL}$ , são convertidos em resistência elétrica sensora,  $R_S$ , usando a Equação 2 e posteriormente são removidos os brancos. Extrai-se os valores mínimos de  $R_S$  de cada um dos 6 perfis em duplicata (total de 12 repetições) e calcula-se média e a mediana desses valores mínimos. Esse procedimento é realizado para cada uma das 7 amostras. Por fim, para se obter as curvas de calibração, correlaciona-se as médias e as medianas de  $R_S$  de cada um dos 3 sensores com as concentrações medidas de amônia. O software livre *RStudio* foi utilizado para visualizar e processar os dados.

## RESULTADOS

Os resultados das medições de concentração de amônia realizadas pelo analisador de gás Drager X-am 7000 são apresentados na Tabela 1:

| Número da amostra         | 1   | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
|---------------------------|-----|---|----|----|----|----|----|
| Concentração Medida (ppm) | 0.5 | 3 | 11 | 18 | 24 | 35 | 39 |

**Tabela 1 – Concentração de Amônia medida em cada saco amostral**

Nas Figuras 2, 3 e 4, apresentam-se os perfis odorantes obtidos com o protótipo de nariz eletrônico, a partir das respostas dos sensores TGS826, TGS2602 e TGS2610, respectivamente. O eixo “Y” representa a tensão elétrica medida  $V_{RL}$  e o eixo “X” o tempo transcorrido. Cada figura mostra sete perfis de tensão que correspondem aos sete valores de concentração de amônia gerados, Tabela 1, onde cada um dos pulsos é calculado a partir da média das 12 repetições realizadas para cada concentração. A modo de facilitar a visualização dos perfis, as três figuras anteriormente citadas foram desenhadas com escalas diferentes no eixo “Y”.

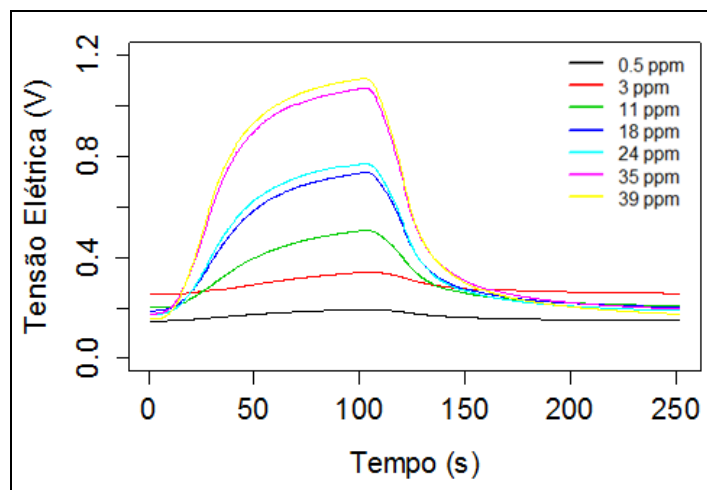


Figura 2 – Perfis de Tensão por concentração amostral - Sensor TGS826

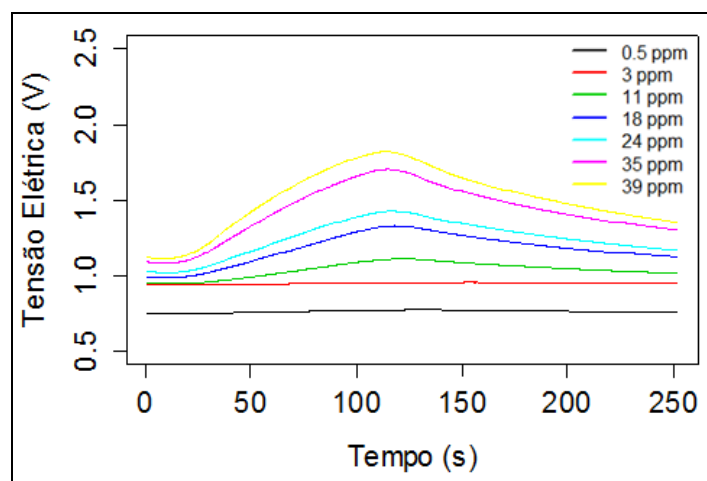


Figura 3 – Perfis de Tensão por concentração amostral - Sensor TGS2602

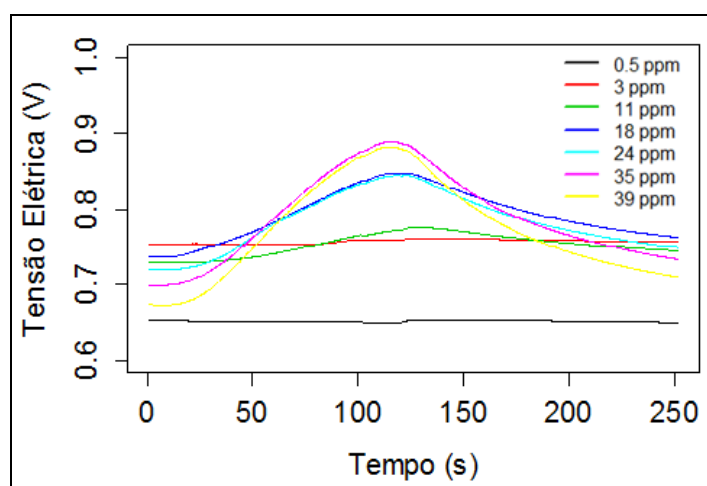


Figura 4 – Perfis de Tensão por concentração amostral - Sensor TGS2610

A partir dos gráficos anteriores, é possível observar que na maioria dos perfis as amplitudes aumentam de acordo com incremento da concentração medida. Conforme reporta o fabricante (FIGARO, 2004; FIGARO, 2005; FIGARO, 2006), é possível notar que na maioria dos casos os sensores respondem com amplitudes

diferentes perante os mesmos valores de concentração. Neste sentido, foi verificado que o sensor TGS826 oferece as respostas com maior amplitude. Inclusive, foi detectado que através do protótipo de nariz eletrônico proposto é possível obter perfis odorantes de amônia a partir do sensor TGS 2610, mesmo que este dispositivo não esteja reportado para reagir ante esse composto (FIGARO, 2006). Em relação ao comportamento temporal, percebe-se que os máximos valores de  $V_{RL}$  de cada curva geralmente são atingidos aos 100 segundos, o que corresponde a fase do estado estacionário dos perfis. Observa-se ainda que o sensor TGS826 responde mais rapidamente ao composto estudado, pois apresenta as maiores inclinações nos transitórios de subida e maior estabilidade no estado estacionário. Além disso, durante o transitório de recuperação o TGS826 foi o sensor que mais facilmente atingiu os valores de tensão iniciais da linha base. Neste aspecto, o sensor que apresentou resultados mais adversos foi o TGS2602, pois para quase nenhum valor de concentração recupera-se o valor de tensão elétrica da linha base. É importante frisar que para a concentração mínima de 0,5 ppm os sensores apresentam baixas amplitudes, mesmo assim esses pontos não foram removidos das análises para testar a mínima sensibilidade do sensor TGS826, que é o sensor que melhor responde a essas condições.

Conforme apontado anteriormente, após a obtenção dos perfis odorantes foi realizada a remoção dos brancos de medição desses pulsos. Na sequência, foram convertidos os valores de tensão elétrica de cada perfil,  $V_{RL}$ , nos correspondentes valores de resistência elétrica sensora,  $R_S$ , Equação 2. A partir desses sinais, foram extraídos os valores mínimos de  $R_S$  de cada um dos 252 pulsos (12 repetições de perfis x 7 concentrações x 3 sensores), equivalentes aos valores máximos  $V_{RL}$  dos pulsos de tensão elétrica apresentados nas Figuras 2, 3 e 4. Posteriormente, para cada sensor e para cada valor de concentração de amônia, calculou-se a média e a mediana dos valores mínimos de  $R_S$  das 12 repetições de perfis. Assim, a partir desses valores de  $R_S$  é possível obter as curvas de calibração de cada sensor para as concentrações de amônia medidas com o instrumento padrão do experimento (Dräger X-am 7000).

Na Figuras 5, 6 e 7 são apresentados os gráficos *boxplots* (diagramas de caixa) das curvas de calibração para os sensores TGS826, TGS2602 e TGS2610, respectivamente. O eixo “Y” se representa os valores de  $R_S$  e o eixo “X” os valores de concentração de amônia.

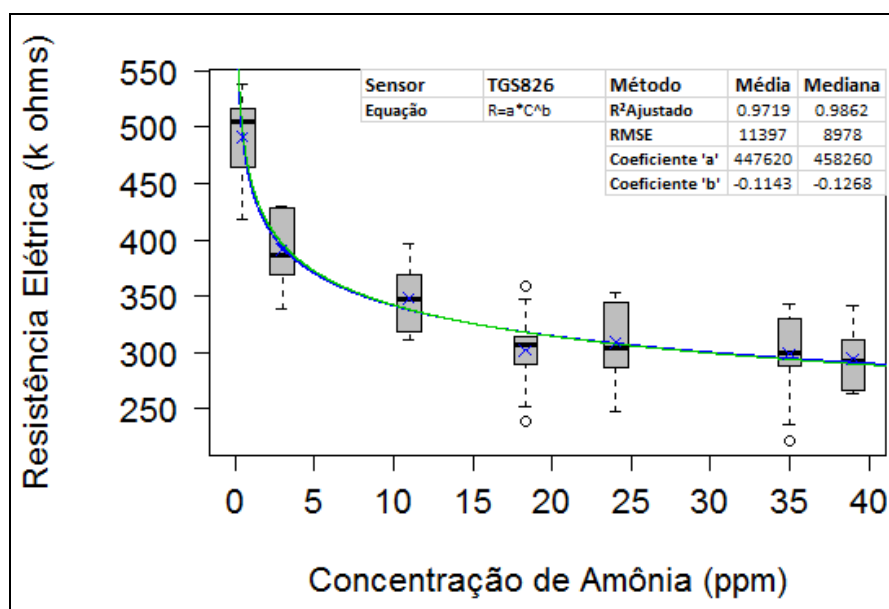


Figura 5 – Curva de calibração Sensor TGS826



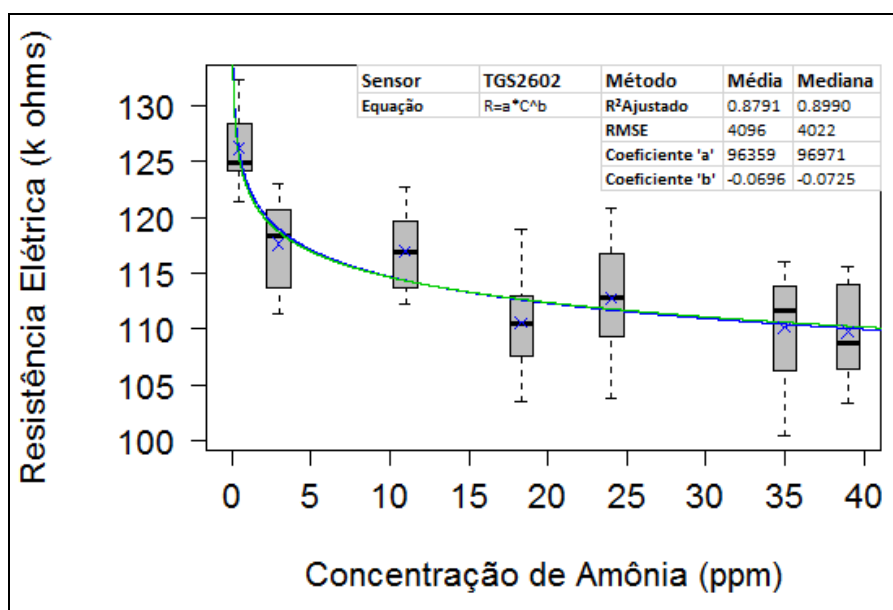


Figura 6 – Curva de calibração Sensor TGS2602

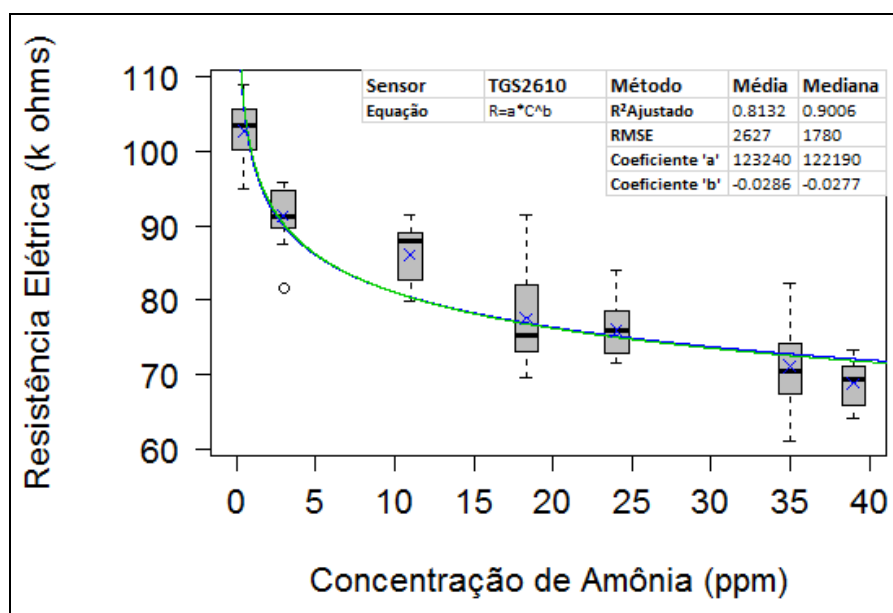


Figura 7 – Curva de calibração Sensor TGS2610

Em cada uma das Figuras 5, 6 e 7 foram mostradas duas curvas de calibração, calculadas a partir das médias (linha azul) e das medianas (linha verde). Assim como reporta o fabricante (FIGARO, 2004; FIGARO, 2005; FIGARO, 2006), verificou-se que todas as curvas de calibração apresentaram comportamento potencial, segundo a Equação 1. Esses gráficos contêm ainda os diagramas de caixa das respostas do protótipo. Dentro de cada caixa são apresentadas a média e a mediana, representadas pelos 'x' e pela linha horizontal preta respectivamente. Nota-se ainda que existem poucos possíveis valores atípicos (ou *outliers*), aparecendo apenas 4 desses pontos: três deles no sensor TGS826 (dois ao redor da concentração de 18 ppm e outro ao redor de 35 ppm) e um no sensor TGS2610 (ao redor da concentração de 3 ppm). Essa baixa quantidade de pontos atípicos indica uma baixa dispersão dos dados ao respeito da média e mediana para cada concentração. Juntamente com cada gráfico observa-se uma tabela, que proporciona as informações sobre a equação das curvas, seus coeficientes, os  $R^2$  ajustados e as RMSE (ou raiz quadrada do erro quadrático médio), para as curvas obtidas a partir da média e também para as curvas obtidas pelas medianas. Nessas figuras também é possível notar que, visualmente, as curvas de calibração das médias e medianas são semelhantes, porém o resultado das medianas

apresenta melhor ajuste de curva em todos os sensores, resultando em uma maneira mais apropriada para estabelecer as curvas de calibração.

Considerando o resultado das medianas, observa-se que o coeficiente de determinação  $R^2$  ajustado do sensor TGS826 ( $R^2=0,9862$ ) é satisfatório. Do mesmo modo este coeficiente foi superior ao dos sensores TGS2610 ( $R^2=0,9006$ ) e TGS2602 ( $R^2=0,8990$ ). De forma semelhante acontece para as médias, onde o  $R^2$  do sensor TGS826 ( $R^2=0,9719$ ) é superior ao dos sensores TGS2610 ( $R^2=0,8132$ ) e TGS2602 ( $R^2=0,8791$ ). As tabelas das Figuras 5, 6 e 7 também apresentam os valores de raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE), fatores que também ajudam na avaliação do ajuste das curvas de calibração. A partir dos RMSE foram calculados os parâmetros %NRMSE (porcentagem do RMSE normalizado) que representam a porcentagem do RMSE em relação ao intervalo de trabalho, ou seja,  $RMSE/(y_{\max}-y_{\min})$ . Esses parâmetros, que indicam uma relação entre o RMSE e o intervalo de trabalho de cada sensor, foram calculados e resultaram em valores próximos a 3%, 3,5% e 13% para os sensores TGS826, TGS2610 e TGS2602, respectivamente. Desse modo é possível observar que os sensores TGS826 e TGS2610 possuem menor erro durante as medições, enquanto o sensor TGS2602 não oferece resultados apropriados.

## CONCLUSÃO

No presente trabalho foi apresentada a calibração de um protótipo de nariz eletrônico em relação à medição de concentrações de amônia geradas em laboratório. O protótipo está baseado em três sensores comerciais MOS, TGS826, TGS2602 e TGS2610; e um sistema eletrônico para aquisição, tratamento e visualização dos perfis odorantes. É importante destacar que no protótipo foram usadas ferramentas de *hardware/software* livre como a placa Arduino Mega 2560 para adquirir os perfis, comandar os dispositivos e estabelecer a comunicação com o computador; e o programa *RStudio* para visualizar e processar os perfis odorantes, além de calcular as curvas de calibrações. Estes elementos de *hardware/software* livre favorecem a diminuição de custos e facilitam o acesso à informação para o desenvolvimento de *firmware*.

Nos experimentos também foi utilizado um sistema de diluição de amônia, desenhado na medida da aplicação para a obtenção das concentrações desejadas. A faixa de concentrações analisada foi de 0,5 até 38 ppm, a modo de atingir um intervalo aproximado das concentrações de amônia encontradas em ambientes reais. Como instrumento padrão foi usado um analisador de gases comercial Drager X-am 7000.

Com o protótipo de nariz eletrônico primeiramente foram obtidos os perfis odorantes,  $V_{RL}$  vs tempo, para cada sensor e para cada concentração. Estes resultados mostraram um comportamento adequado nas respostas dos destes dispositivos, sendo o sensor TGS826 o que apresentou qualidade superior.

Posteriormente foram obtidas as curvas de calibração,  $R_s$  vs concentração, para cada sensor do protótipo desenvolvido. Neste processo foram calculadas as médias e as medianas para cada concentração e para cada sensor. Assim, foi possível verificar que todas as curvas de calibração apresentaram comportamento potencial. Além disso, nos *boxplots* foi constatado uma baixa quantidade de pontos *outliers*, o que indica uma baixa dispersão dos dados ao redor da média e da mediana para cada concentração. Salienta-se que o sensor TGS826 apresentou as curvas de calibração (tanto para média quanto para a mediana) com os resultados mais favoráveis, pois mostrou coeficientes  $R^2$  ajustados de 97,19% (média) e 98,62% (mediana), e um %NRMSE de aproximadamente 3% (resultado semelhante para média e mediana), indicando principalmente um satisfatório ajuste ao modelo potencial.

O protótipo de nariz eletrônico desenvolvido apresenta moderados custos de desenvolvimento, quando comparado com outros sistemas de medição de gases comerciais, devido principalmente ao uso de ferramentas de *hardware/software* livre e utilizar sensores comerciais de baixo custo. O sistema ainda possui uma linha de transporte de fluidos automática, que possibilita precisão e rapidez nas medições.

Por fim, considerando as vantagens citadas anteriormente o protótipo de sistema de medição proposto constitui uma opção interessante para medições de concentrações de amônia geradas por fontes reais de emissão, levando-se em conta aspectos como custo, qualidade do resultado e flexibilidade do sistema.





## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Projeto CAPES-MES 139/11 “Desenvolvimento de narizes eletrônicos para a detecção de substâncias gasosas no meio ambiente: Contribuição para a avaliação do impacto de odorantes” e ao Programa Estudantes-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG) da CAPES/CNPq – Brasil.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. DELGADO, C. Livestock to 2020: the next food revolution international. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Policy Research Institute. International Livestock Research Institute. Washington, Rome and Nairobi. 1999.
2. FELIX, E. P., CARDOSO, A. A. “Amônia (NH<sub>3</sub>) atmosférica: Fontes, Transformação, Sorvedouros e Métodos de Análise”, Química Nova, v.27, n.1, p.123-130, 2004.
3. MORENO, I., CABALLERO, R., GALÁN, R., MATÍA, F., JIMÉNEZ, A., “La Nariz Electrónica: Estado del Arte”, Revista iberoamericana de automática e informática industrial, v.6, n.3, p.76-91, 2009.
4. FIGARO ENGINEERING INC., “Technical Information for TGS826”, Datasheet TGS826, 2004.
5. FIGARO ENGINEERING INC., “Product information TGS2602 – for the detection of Air Contaminants”, Datasheet TGS2602, 2005.
6. FIGARO ENGINEERING INC., “Technical Information for TGS2610”, Datasheet TGS2610, 2006.