



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



# **IMPLEMENTAÇÃO DE UMA INTERFACE PARA SENSOR DE GASES TÓXICOS.**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Natan Figueiredo (ETEP, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: [natan\\_figueiredo@hotmail.com](mailto:natan_figueiredo@hotmail.com)

Rogério de Moraes Oliveira (LAP/CTE/INPE, Orientador)

E-mail: [rogerio@plasma.inpe.br](mailto:rogerio@plasma.inpe.br)

Julho de 2015

# Sumário

	Pag.
<b>Resumo</b> .....	3
<b>1. Introdução</b> .....	4
1.1 Fundamentos Teóricos.....	4
<b>2. Atividades desenvolvidas</b> .....	4
2.1. Simulações.....	7
2.1.1 Circuito Derivador.....	8
2.1.2 Arduino.....	9
2.2. Testes .....	9
<b>3. Conclusão</b> .....	12

## Resumo

Foi desenvolvido no Laboratório Associado de Plasma (LAP) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), um sensor de gases tóxicos. Este desenvolvimento ocorreu em nível de doutoramento, recentemente concluído, sob a orientação do Dr. Rogério de Moraes Oliveira. Demonstrou-se que o sensor possui excelentes características, como: alta reprodutibilidade, alta sensibilidade, reduzidos tempos de resposta e de recuperação. Diante dos exitosos resultados obtidos decidiu-se dar prosseguimento às atividades, construindo uma interface para o sensor, sendo este o escopo deste trabalho. Basicamente, o funcionamento deste sensor à base de filme de ZnO depositado sobre lâmina de silício, se dá pela variação de sua resistência elétrica em função do tempo, dependendo da presença ou ausência do gás tóxico no ambiente. A taxa de variação da resistência ( $\Delta R/\Delta t$ ) é dependente do fluxo de gás, enquanto que a amplitude de variação é dependente do tipo do gás. Consistentes resultados experimentais foram obtidos para os gases acetileno ( $C_2H_2$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

Neste projeto de Iniciação Científica foi caracterizado o comportamento deste sensor, sendo utilizada para tal uma placa com microcontrolador programável do modelo *ARDUINO UNO R3*. Através dos dados já coletados, foram feitas simulações em software específico para mapear o funcionamento do sensor, correlacionando sua resposta ao fluxo do gás tóxico e selecionando entre os dois tipos de gás testados. Desta forma, a interface gera sinais elétricos e sonoros para identificar a presença do gás tóxico no ambiente, indicando inclusive seu fluxo.

# 1. Introdução

## 1.1 Fundamentos Teóricos.

Desde que foi descoberto pelo departamento de Física da Universidade de Burdwan na Índia, que a absorção das moléculas de um gás redutor por um filme de óxido metálico resulta na diminuição de sua resistência elétrica, iniciaram-se pesquisas nessa área tentando caracterizar essa variação da resistência.

Em Burdwan foi utilizado gás metano ( $\text{CH}_4$ ) para obter dados do funcionamento desses filmes de  $\text{ZnO}$ , que possui características de semicondutores do tipo N, independente do modo de obtenção filme.

No LAP/INPE os filmes de óxido de zinco foram obtidos através de um processo de deposição em plasma (IIP&D) onde um alvo sólido de zinco ( $\text{Zn}$ ) é vaporizado e seus átomos são parcialmente ionizados e acelerados em direção aos substratos onde serão formados filmes finos de zinco, que posteriormente foram submetidos a processo de pós-recozimento, para a formação do óxido de zinco. Neste trabalho foram utilizados os gases acetileno ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) para obtenção dos dados de resposta do sensor.

## 2. Atividades desenvolvidas

As figuras a seguir mostram resposta típica do sensor à presença do gás acetileno ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) e do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ). Em função do tipo de gás presente, observa-se variação do tempo de resposta do sensor. No caso da figura 1, para o gás acetileno, o fluxo de gás injetado foi de 20sccm. Para este caso em particular, a variação  $\Delta R/\Delta t$  foi de 19,43 ( $\Omega/\text{s}$ ), repetidamente para cada intervalo de tempo, onde ocorria injeção de gás toda vez que se observava que a resistência medida atingia um nível de saturação.

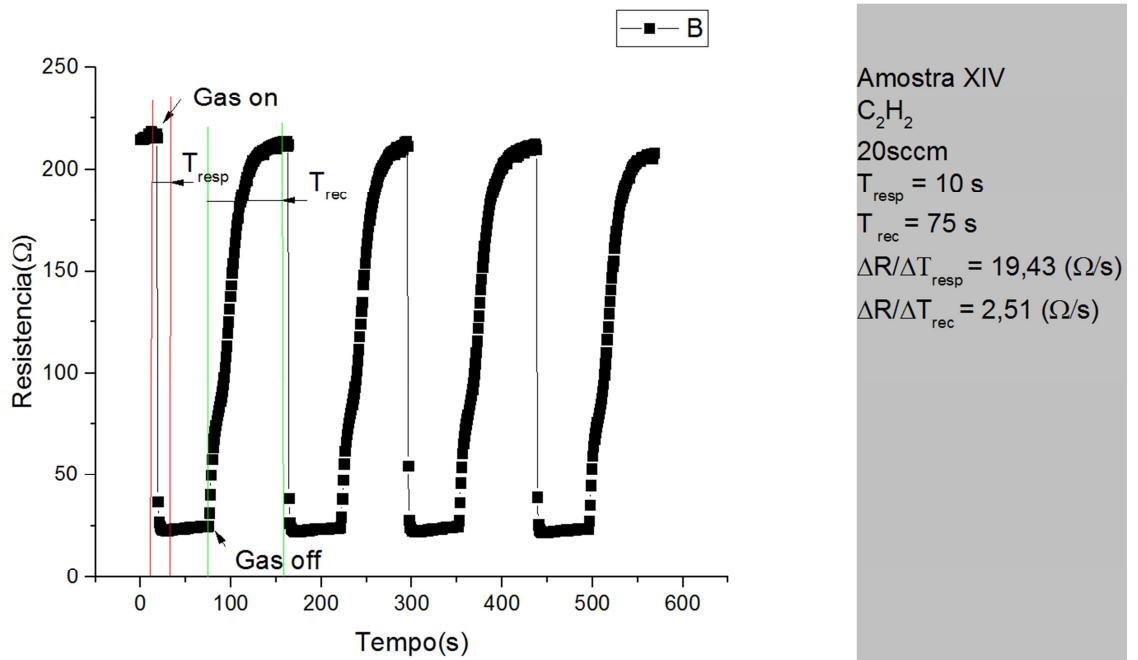


Figura 1 – Gráfico dos variação da resistência do sensor medida em função do tempo para o gás acetileno.

Quando o gás carbônico foi injetado no sistema, com um fluxo de 20sccm, a variação  $\Delta R/\Delta t$  passou de .... para 33,13( $\Omega/\text{s}$ ), conforme se observa no gráfico da Figura 2.

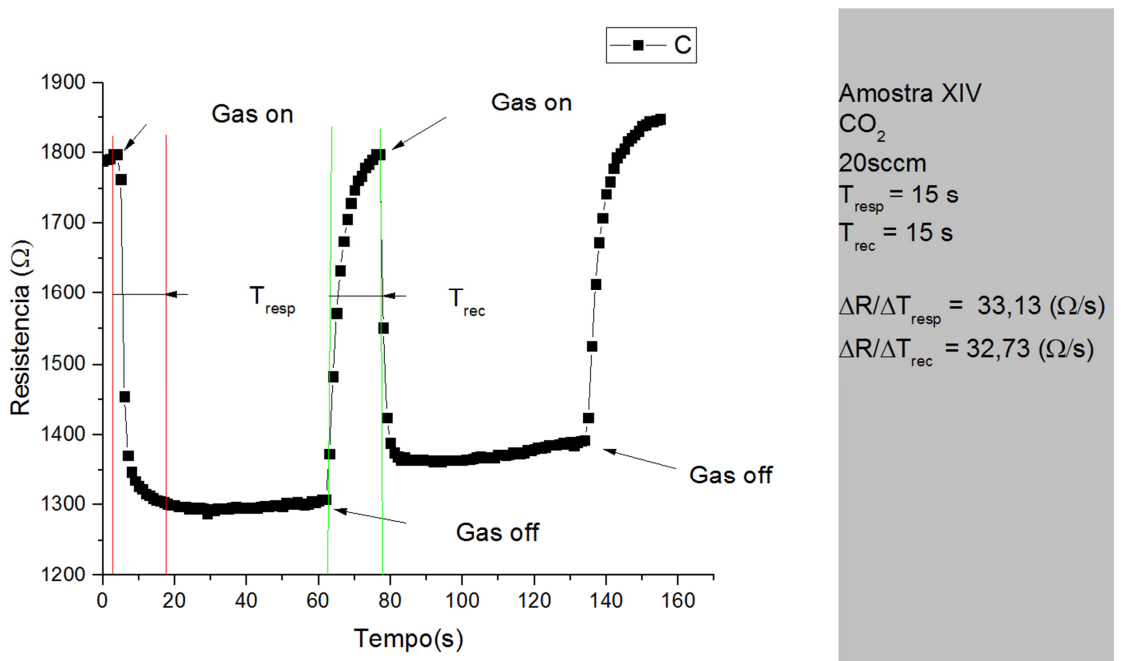


Figura 2 - Gráfico dos variação da resistência do sensor medida em função do tempo para o gás carbônico.

Repetindo os experimentos com o gás acetileno notou-se que alternando a concentração de gás na câmara, houve variação no tempo de resposta e nos valores da resistência elétrica, segundo os princípios de funcionamento do sensor.

Como mostrado na figura 3 e 4 quando se trabalha com uma concentração menor de gás, a variação da resistência em função do tempo de resposta é também menor.

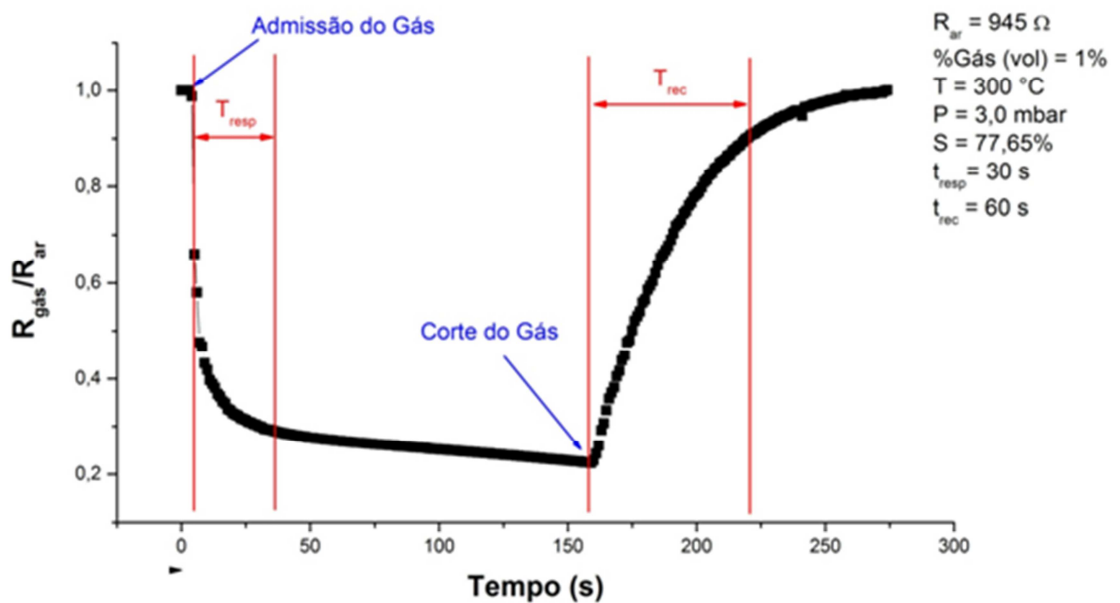


Figura 3 - Gráfico dos variação da resistência do sensor medida em função do tempo para o gás acetileno em relação à concentração de gás na câmara.

A figura 3 mostra a razão da resistência do sensor com a presença do gás, pela resistência do sensor na presença de ar, em função do tempo. Sendo possível identificar que com uma concentração de gás acetileno igual a 1% do volume da câmara obteve-se um tempo de resposta igual a 30 segundos, e uma variação  $\Delta R/\Delta t$  igual a 22,05 ( $\Omega/s$ ).

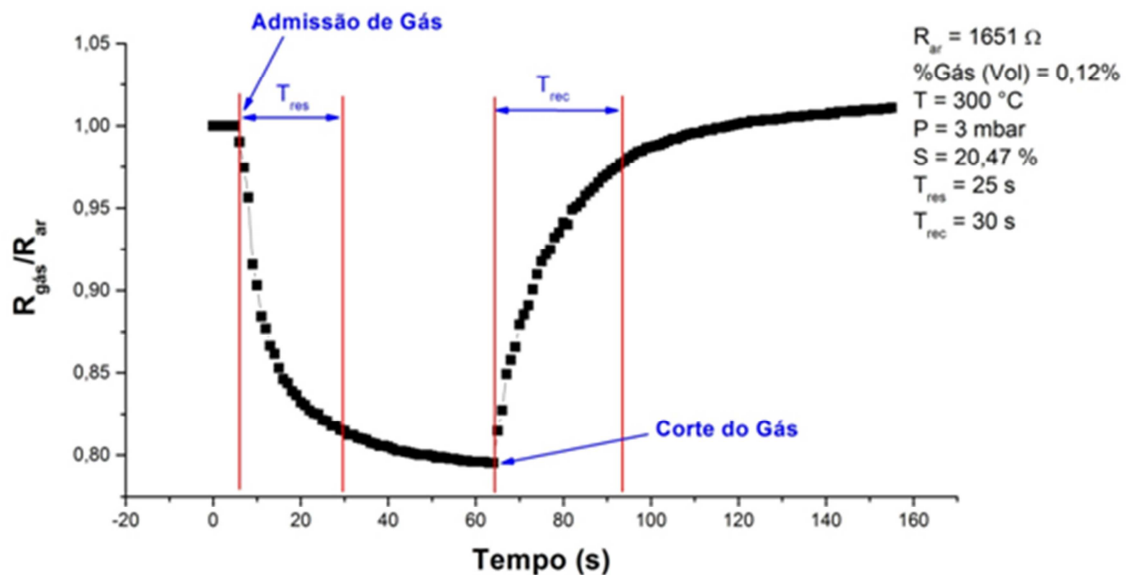


Figura 4 - Gráfico dos variação da resistência do sensor medida em função do tempo para o gás acetileno em relação à concentração de gás na câmara.

A figura 4 mostra a mesma razão  $R_{gás}/R_{ar}$  em função do tempo, porém a concentração do gás acetileno em relação ao volume da câmara foi de 0,12%, o tempo de resposta de 25 segundos e a variação  $\Delta R/\Delta t$  de 12,56 ( $\Omega/s$ ).

## 2. 1. Simulações.

Para implementação de uma interface gráfica para o sensor de gases tóxicos ZnO, foram feitas simulações através do software *PROTEUS* com base nos dados coletados pelo Dr. Maxson Souza Vieira.

Foi utilizada uma função específica do *PROTEUS* chamada *gerador de funções*, como mostrado na figura 5, que possibilita criar uma resposta em nível

de tensão elétrica com base nos gráficos citados acima, visando simular a resposta gerada pelo sensor, na presença do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) ou acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>).

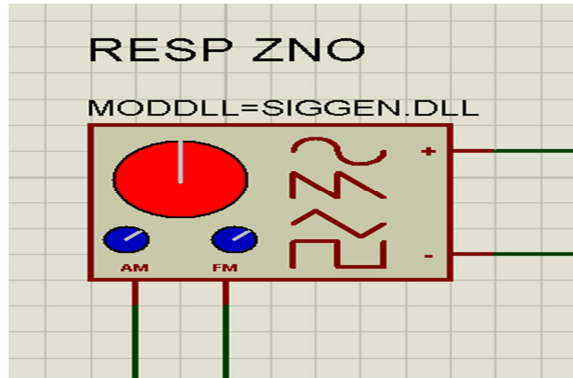


Figura 5 – Gerador de funções (SOFTWARE, PROTEUS).

## 2. 1. 1 Circuito Derivador

Inicialmente esse *gerador de funções* já configurado de maneira correta, foi acoplado a um *circuito Derivativo* (feito com amplificadores operacionais do tipo LM358), onde a resposta final seria a derivada do sinal de entrada. Essa configuração apresentou uma resposta rápida, porém pouco precisa, sendo que somente no intervalo onde a variação da resposta em nível de tensão elétrica for grande que será possível acusar a presença de um gás redutor na superfície do sensor.

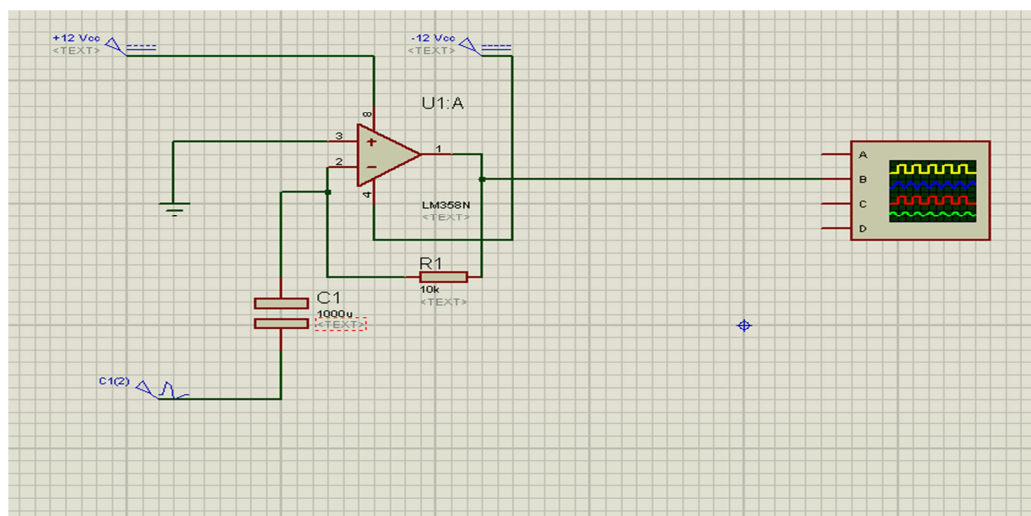


Figura 6 – Circuito Derivativo (SOFTWARE, PROTEUS).



## 2. 1. 2 Arduino

Sabendo da necessidade de uma análise mais eficaz, conforme citado acima, o *gerador de funções* foi acoplado a um *Arduino* (um microcontrolador programável); sendo assim o sinal gerado pôde ser analisado pela porta analógica do *Arduino* e com a programação correta foi caracterizado da melhor maneira possível, visando detectar com perfeição as variáveis do processo (tipo de gás e fluxo), gerando uma resposta (acender um *LED*, acionar um *BUZZER*, mostrar em uma tela de LCD, etc...) para cada tipo de variável de maneira específica.

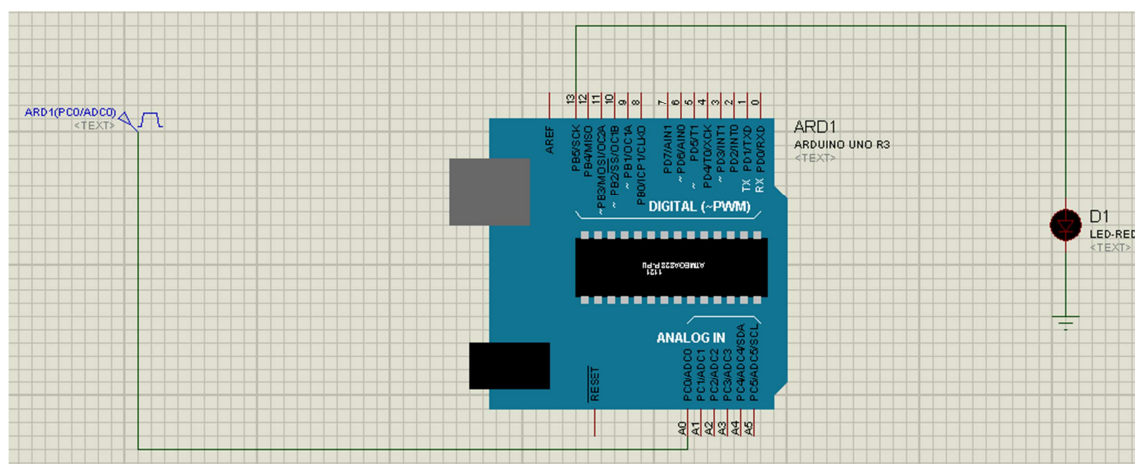


Figura 7 – Microcontrolador ARDUINO UNO, utilizando um LED para sinalização (SOFTWARE, PROTEUS).

## 2. 2. Testes

Foram realizados testes diretamente com o sensor ZnO, onde foi acoplado primeiramente o circuito derivador construído com amplificadores operacionais (montado em um protoboard).

Com o aparato experimental pronto como mostrado abaixo o sensor foi posto sobre o suporte, onde os passadores faziam o contato elétrico através de filamentos de cobres

que eram soldados à parte sensível sensor com uma resina especial feita à base de prata entre o sensor e o hardware que ira fazer essa interface.

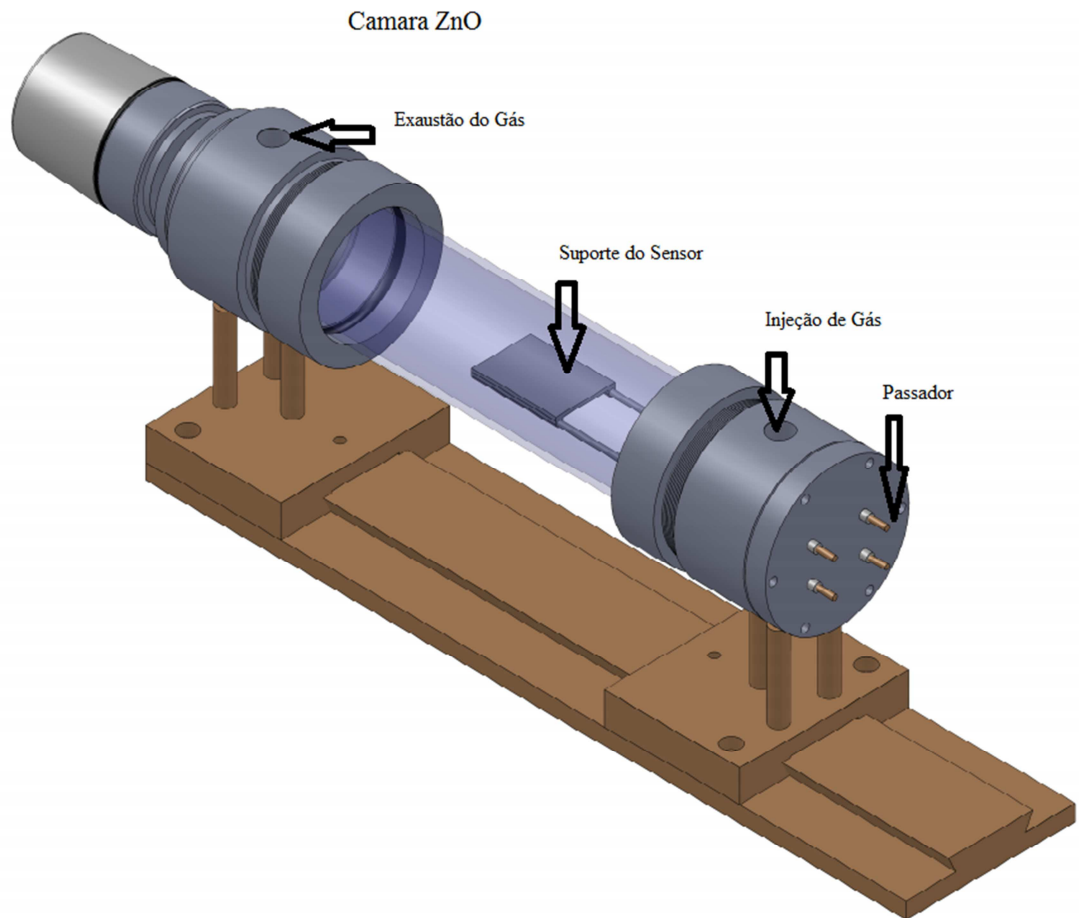


Figura 8 – Câmara de Vácuo para testes do sensor ZnO.

No início do experimento liga-se uma bomba de vácuo à parte de exaustão de gás para que haja um fluxo na superfície do sensor, então foi injetado gás na câmara e observado a resposta gerada pelo circuito derivador.

Visto que a resposta do circuito derivador não foi convincente, e que em simulações feitas em softwares provou que com um microcontrolador poderia obter uma resposta mais precisa o hardware atual foi substituído por um *Arduino*.

O microcontrolador programável foi configurado de maneira que uma de suas entradas leia o sinal gerado pelo sensor, e uma de suas saídas apresente uma resposta com base na variação desse sinal analisado.

O *Arduino* possui uma linguagem de programação simples, e de fácil entendimento. Utilizando somente o recurso de leitura de sinais analógicos já se torna possível caracterizar o comportamento do sensor ZnO em função da variação de sua resistência elétrica, como mostrado na figura 9.

```

int Zno =0;
int Inicial;
int Final;
int Varia;
int Teste;
int TestF;

void setup(){
  analogReference(DEFAULT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop(){
  Serial.print(analogRead(Zno));
  Inicial = analogRead(Zno); // leitura do sinal de entrada
  delay(1000);
  Final = analogRead(Zno); // leitura do sinal de entrada apos 1 segundo
  delay(1000);

  Varia = (Inicial - Final)/Inicial; //Salva em uma variavel a variaçao da resistencia em um intervalo de 1 segundo

  if(Varia < 0,5) // compara a variaçao e aciona uma saida
  {
    Teste = analogRead(Zno);

    while(Teste < Inicial)
    {
      digitalWrite(13, HIGH);
    }
  }

  else
  {
    Teste = analogRead(Zno);

    while(Teste < Inicial)
    {
      digitalWrite(12, HIGH);
    }
  }
}

```

Figura 9 – Programação em C, utilizada no ARDUINO.

Com essa programação a interface acenderia um LED ligado ao pino 13 do arduino acusando a presença do gás acetileno, e acenderia outro LED ligado ao pino 12 do arduino caso o gás presente seja o gás carbônico. Além disso, a interface ainda mostraria o valor de entrada na tela de um computador caso a mesma esteja conectada na porta USB.

### 3. Conclusão

O desenvolvimento de uma interface para o sensor de gases tóxicos ZnO se mostrou necessário para caracterizar o tipo e a concentração do gás presente no ambiente, uma vez notado que a resposta do sensor ao gás corresponde diretamente a esses parâmetros.

Feita a partir de um microcontrolador programável, a interface acusou de maneira precisa tais parâmetros, apresentando uma boa interação com o sensor, eficácia em acusar e mostrar para o usuário a presença do gás acetileno e/ou gás carbônico. Vale ressaltar que por ser feita sobre a plataforma *ARDUINO* a interface possui uma flexibilidade, podendo corrigir fatores que possam influenciar na precisão de medição realizando mudanças apenas na programação, sem a necessidade de troca de hardware. Sendo assim obteve-se êxito com a proposta do projeto de uma maneira flexível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MITRA, P.; MUKHOPADHYAY, A. K. ZnO thin film as methane sensor. BULLETIN OF THE POLISH ACADEMY OF SCIENCES TECHNICAL SCIENCES, Vol. 55, No. 3, 2007.

CHOU, S. M. et al. ZnO: Al thin Film Gas Sensor for Detection of Ethanol Vapor. Sensors, 6, 1420-1427, 2006.

WANG, L. et al. ZnO nanorod gas sensor for ethanol detection. Sensor and Actuators B, 162, 237-243, 2012.