

# Cheiro como uma Nova Mídia de Sinais Digitais

Francisco Luiz dos Santos

Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia (UA-EADTec/UFRPE)

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil

email: wsmota@gmail.com

**Resumo** – Neste artigo são apresentados os avanços para incluir o cheiro como uma nova mídia digital de alto potencial de aplicação e praticamente inexplorado; assim como o que estamos fazendo no Brasil para torná-la uma realidade.

**Palavras-chave** – Cheiro, mídia digital, sensores

## I. INTRODUÇÃO

A maior parte do conhecimento que temos do mundo vem da nossa excelente visão; pelo menos em cores e sutilezas, a nossa só perde para poucos animais como as aves. Depois temos a audição e o tato e, importante para a sobrevivência, o paladar. No entanto, por vezes, nos esquecemos de que os nossos sensores químicos mais sutis não estão na língua, mas no nariz. Nosso principal sensor químico [1], o nosso olfato corresponde a um verdadeiro instrumento de análise, como a espectroscopia ou cromatografia. É Também considerado o mais antigo dos sensores da vida animal na Terra, a sensibilidade química para alimentação das primeiras bactérias, como instrumento de sobrevivência na regulação das trocas de substâncias [2].

Embora o olfato ainda seja considerado muito útil à humanidade – como o primeiro cheiro, da mãe, logo após o nascimento do bebê; a amamentação e os outros de seus vários usos, como a detecção de comida estragada – negligenciamos sua importância para o estilo de vida atual. A maior importância que o homem ou a mulher moderna dão ao olfato está ligada à cosmética. Pouca atenção consciente é dada da sua importância na alimentação. Pessoas que são anósmicas (que não sentem cheiro) têm problemas para se alimentar, tanto de qualidade (verificar se a comida está saudável) quanto de quantidade (perda do apetite). É nesse campo que novos sensores químicos de espectro amplo, chamados de sensores de aroma, estão encontrando espaço [3]. A aplicação desses sensores, no momento, se dá com demanda mais intensa na indústria, especialmente naquelas ligadas aos setores de comida, bebida e de perfumes. De maneira menos explícita, laboratórios militares e indústrias bélicas estão encontrando aplicações importantes na detecção de gases perigosos para a saúde humana, além do uso de difusores eletrônicos de cheiro para treinamento de soldados através da realidade virtual de quarta ou quinta dimensão [4].

Por outro lado, do ponto de vista do desenvolvimento nacional, muita riqueza do país evapora de nossas florestas, vegetações delicadas, animais, comidas típicas e outros elementos emissores de um bem quase intangível detectado pelo nariz, os cheiros brasileiros. A exploração dessa riqueza ainda deve dar grande contribuição ao mundo e se transformar, como já vem acontecendo, em ganho econômico e desenvolvimento sustentável para o Brasil, a exemplo de essenciais em cosméticos com essências da Amazônia. Esta área sensorial humana pouco conhecida e as suas potencialidades, que vão muito além dos perfumes, muitas vezes só se tornam mais evidentes quando apresentamos alguns exemplos, como a possibilidade da TV Digital com cheiro, a detecção de câncer através do olfato de cães ou de drogas com um nariz eletrônico.

Neste artigo, abordaremos a atual situação das pesquisas, com enfoque em nossos resultados, na linha progressiva de tornar realidade a gravação e reprodução de cheiros em mídia digital, desde a possível captação de sinal com dispositivos acoplados a filmadoras até a emissão desses aromas pelo aparelho final receptor da mídia, como um computador ou TV, com a agregação de um dispositivo de liberação de odores.

## II. NARIZ ELETRÔNICO E PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS

A ideia de construir um dispositivo sensor de odores similar ao nariz é uma das tarefas mais difíceis ou complexas do nosso progresso na elaboração de sensores que imitem os sentidos humanos. Embora várias teorias se baseiem na ideia de que existe uma base primária de cheiros capaz de descrever todos os odores por combinação desses aromas básicos, ainda não foi provada nem encontrada cientificamente essa base limitada. Há também uma grande disputa sobre o real mecanismo fundamental de detecção dos cheiros pelo nariz humano. As duas principais teorias se baseiam na forma das moléculas – teoria estereoquímica – e a outra no espectro de frequências moleculares – teoria vibratória. Na primeira, os aromas ou as moléculas são identificadas pela sua forma geométrica que se encaixa em um receptor nas extremidades do nervo olfativo, num sistema de identificação semelhante aos das proteínas conhecido como combinação chave-fechadura. Na outra, a molécula é reconhecida pela frequência de vibração natural ou – de forma mais complexa – pelo espectro vibracional, de seus átomos [23]. As duas teorias apresentam falhas e acertos quando confrontadas com vários

experimentos envolvendo a detecção pelo nariz humano. Hoje há uma tendência em aceitar que as duas características são levadas em consideração conjuntamente na identificação molecular dos odores pelo nariz humano. Assim, diferente da identificação das cores pela visão, em que basta uma base de três cores para compor todas as outras do espectro luminoso, o olfato parece apresentar um espectro quase infinito de novas sensações não linearmente dependentes.

O nariz eletrônico é um equipamento construído com base na função de cheirar do nariz humano a partir da composição de sinais de vários sensores químicos, ou físico-químicos, na distinção de substâncias diferentes pelo seu vapor, ou odor, exalado no ar. Todo sistema olfativo se compõe de vários estágios complexos, desde os nervos sensores até a parte mais racional do cérebro. Por isso, a opção mais comum para esse equipamento é realizar a captura dos sinais por sensores físico-químicos de largo espectro e a identificação ser memorizada ou aprendida por uma unidade que imita o cérebro, normalmente uma rede neural artificial ou algoritmos estatísticos de baseados na extração de componentes principais.

As potencialidades apontadas para o nosso olfato e as vantagens tecnológicas do nariz eletrônico, com sensores de aroma, coloca os sensores de cheiros numa posição privilegiada por não exporem a vida humana a riscos e por auxiliarem na proteção ambiental. Com o avanço de pesquisas tecnológicas na obtenção de novos materiais e aumento da sensibilidade dos sensores artificiais dá-se início a uma nova fase importante do desenvolvimento da área de detectores químicos. Na Figura 1 temos um só esquema para representar as etapas de detecção de cheiros tanto pelo nariz humano como pelo artificial ou eletrônico. Para o nariz humano, a primeira etapa dos sensores é a do mecanismo fundamental, no nível molecular, da detecção discutido brevemente nas teorias estereoquímica e vibracional, anteriormente citadas. Esses sistemas nanoscópicos estão nas pontas dos nervos olfativos, mergulhados numa região úmida da parte alta de cada narina, conhecida como epitélio olfativo.

A segunda, do pré-processamento, envolve várias interconexões nervosas com estágios de concentrações e reagrupamentos de nervos especiais em unidades esféricas chamadas glomérulos, depois com células mitrales, além de outros elementos complexos de processamento de sinais nervosos. Na etapa seguinte, os sinais são primariamente reconhecidos do ponto de vista da memória profunda e de ações inconscientes na parte mais primitiva do cérebro. Finalmente, o reconhecimento chega à consciência e à etapa de elaboração de um juízo ou ação baseada no cheiro reconhecido [21].

No nariz eletrônico segue-se a mesma sequência, onde os sensores podem ser de diversos tipos, a exemplos dos óxidos metálicos, polímeros quimioresistivos, cristais piezelétricos e os corantes ou coberturas de fibra ópticas sensíveis a vapores.

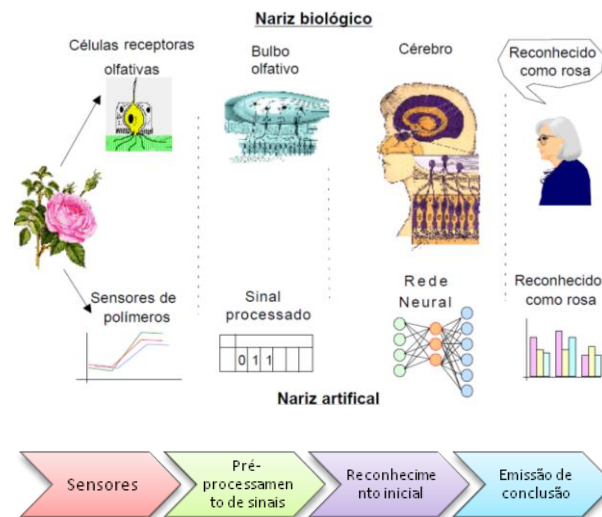


Figura 1: Sequência das etapas de detecção e reconhecimento de cheiros a partir de um paralelo entre o nariz humano e o eletrônico.

O pré-processamento ocorre com a normalização automática ou *a posteriori* dos sinais brutos. Uma forma comum é subtrair o patamar anterior da última exposição ou extrair a derivada do sinal bruto no lugar do valor absoluto, o que elimina alguns efeitos cumulativos de linha de base dos sensores. Com uma rede neural ou algoritmos estatísticos é realizada a etapa de reconhecimento básico do sinal com base em conhecimento prévio do cheiro por um nariz humano. Finalmente, uma interface amigável emite o resultado de forma que um humano entenda facilmente qual odor foi detectado.

### III. EMISSORES DE AROMA

Imaginemos agora o poder desse recurso em marketing direto, com um comercial de pizza na TV. Apenas com o recurso da imagem da fatia sendo partida, do queijo derretendo, pode ser o suficiente para levar uma pessoa com fome a salivar. O que tornará ainda mais intensa e inconsciente essa reação caso a cena seja acompanhada do cheiro. Os emissores de cheiro são normalmente baseados em difusores eletrônicos de um conjunto especial de ou temáticos de cheiros. Outros podem usar alguns “cheiros básicos” para simular cheiros complexos sem que a essência específica esteja disponível no equipamento. Ainda não existe tecnologia que faça com que o nariz eletrônico e o emissor de cheiro trabalhem juntos. Mas no futuro, há possibilidade de um nariz eletrônico ser acoplado a uma câmera, gravar o cheiro e enviar para os produtores de odor, que o emitirão simultaneamente com a imagem transmitida pela câmera. O olfato é um dos sentidos mais primitivos do ser humano e o cheiro fica registrado numa área básica do cérebro, onde está a memória de longo alcance. Os primeiros seres unicelulares já tinham um sentido químico, tido com precursor do olfato de vários animais multicelulares. Quando sentimos um cheiro, somos capazes de resgatar imagens e lembranças antigas. A

exploração desse sentido poderá significar uma revolução, principalmente nos segmentos de educação, medicina, publicidade e agrárias.

#### IV. O QUE ESTAMOS FAZENDO NESTA ÁREA

Em 1994 tivemos a honra de sermos os primeiros a desenvolver um nariz eletrônico no Hemisfério Sul.

Agora, esse grupo interdisciplinar (inicialmente com Física, Química e Ciência da Computação) volta a estudar as potencialidades dos cheiros de forma mais ampla (com mais universidades e instituições de pesquisa), ainda mais interdisciplinar, com outros grupos de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico de dispositivos e materiais com objetivo de transferir os resultados para a sociedade.

A proposta é a integração de grupos de pesquisa em um Centro do Aroma, com estudos e desenvolvimento científico e tecnologia nas instâncias relacionadas aos sensores, naturais e artificiais, e aos emissores, naturais e artificiais. Os sensores e emissores estão em desenvolvimento como dispositivos ou materiais especiais para possível aplicação na TV Digital Brasileira com cheiros. Quanto ao nariz eletrônico, continuamos as pesquisas, mas agora com outros tipos de sensores além dos de polímeros condutores como atuamos há vários anos.

Também contaremos com uma unidade educacional para desenvolvimento e formação em propriedades organolépticas com especialistas brasileiros e estrangeiros, além de atividades para crianças em idade escolar. A seguir, se descreve sucintamente quatro protótipos de nariz eletrônico desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa.

Segue os dois tipos mais importantes de projetos que desenvolvemos: reconhecimento e produção de odores.

##### A. Nariz Eletrônicos: Evolução de Modelos

Todos os protótipos do nariz artificiais têm a sequência e a estrutura de funcionamento ilustrada na Figura 2.

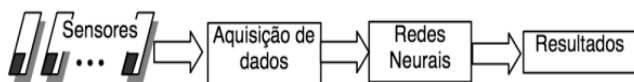


Figura 2: Diagrama geral de funcionamento dos protótipos do nariz artificial.

Vamos abordar ligeiramente alguns dos modelos de nariz eletrônicos que preparamos. Os sensores são desenvolvidos por equipes interdisciplinares de Física e Química. Os equipamentos e montagens para a aquisição automática de dados fica com a equipe de Física. As redes neurais artificiais ficam com a equipe de Computação. As vezes, essa etapa é realizada estatisticamente, utilizando métodos como análise de componentes principais (PCA) pelo grupo de química de uma área específica chamada quimiometria. Finalmente, os resultados são dados pela equipe de computação com a análise dos outros grupos.

Vamos abordar pelo menos alguns dos modelos de nariz

eletrônicos que preparamos.

##### B. Sensores

Todos os sensores que utilizamos nos protótipos que seguem são baseados em polímeros condutores de eletricidade. Para a preparação dos filmes poliméricos utilizamos como monômero o pirrol recém-destilado. Como oxidante, usamos o cloreto férrico anidro e como dopante foram utilizados os reagentes: metanossulfonato de sódio, etanossulfonato de sódio, 1-propanossulfonato de sódio, 1-pentanossulfonato de sódio, 1-hexanossulfonato de sódio, 1-heptanossulfonato de sódio, 1-octanossulfonato de sódio, ácido canforsulfônico, p-toluenossulfônico de sódio, 4-clorobenzenossulfonato de sódio e 3-nitrobenzenossulfonato de sódio (SOUZA, 2005).

O dispositivo sensor é composto basicamente dos eletrodos e do material sensível, o polipirrol. E é composto de, pelo menos, um substrato como base para eletrodos metálicos. Testaremos mais de um tipo de eletrodo quanto a geometria: interdigitados, ilustrado na Figura 3, e duas pontas planares, ilustrado na Figura 4. Quanto ao material, pretendemos utilizar ITO e alumínio ou ouro de camadas muito finas. O substrato também pode variar entre poliéster, vidro ou placa de circuito impresso em fibra de vidro com eletrodo de cobre recoberto.

##### C. Protótipos

O protótipo 1 foi denominado de fase zero, em razão de ter sido o primeiro trabalho de verificação da viabilidade do projeto. Nesta fase, foram construídos sensores com duas agulhas hipodérmicas de aço inoxidável coladas em forma de V em uma base rígida e isolante de papel pinheiro com 3 mm. Estas agulhas funcionaram como eletrodos. No ponto mais próximo entre as agulhas, no vértice V, existia uma separação ou “gap” de aproximadamente 40  $\mu\text{m}$  onde era construído o filme polimérico sensível através de polimerização eletroquímica.

No protótipo 2 e 3 foram realizadas melhorias significativas, comparado com o anterior, se refletindo na sensibilidade melhor relação sinal/ruído. O método de medida e aquisição da resistência agora foi feito por quatro pontas e não mais por duas e foi construída uma câmara especial de testes para exposição de odores aos sensores, conforme Figura 2.



Figura 33: Protótipo em funcionamento.

O protótipo 4 foi projetado considerando o funcionamento do nariz dos mamíferos, tanto para a estrutura sensora, quanto para a estrutura especial de redes neurais.

#### *D. Cheiros na TV Digital Brasileira*

Um protótipo em versão simples para testes em laboratório pode ser implementado com difusores com aberturas acionadas eletronicamente por computador ou microcontrolador para aparelhos portáteis. A primeira fase da TV funcionaria a partir de odores programados. O funcionamento seria da seguinte forma: o produtor da TV enviaria sinais eletromagnéticos, que seriam captados pelo produtor de cheiro (que poderia já estar dentro da televisão ou ser um aparelho acoplado) e esses reproduziriam o cheiro para o qual já estariam programados.

### V. MATERIAL E MÉTODOS

Para a preparação dos filmes será utilizado como monômero o pirrol recém-destilado, o qual, antes da utilização, será armazenado em ambiente escuro e sob refrigeração. Como oxidante, usaremos o cloreto férrico anidro e como dopante serão utilizados os reagentes: metanossulfonato de sódio, etanossulfonato de sódio, 1-propanossulfonato de sódio, 1-pentanossulfonato de sódio, 1-hexanossulfonato de sódio, 1-heptanossulfonato de sódio, 1-octanossulfonato de sódio, ácido canforsulfônico, p-toluenossulfônico de sódio, 4-clorobenzenossulfonato de sódio e 3-nitrobenzenossulfonato de sódio (SOUZA, 2005).

#### *A. Preparação do substrato*

Quando utilizamos substrato de vidro comum não se faz necessário um tratamento especial com o mesmo senão um cuidadoso procedimento de limpeza. Porém, para serem utilizados como sensores, os filmes devem ser depositados sobre um substrato que permita a monitoração de sua condutividade durante a exposição aos gases. Para isso, os substratos de ITO (óxido metálico de estanho-índio, normalmente sobre vidro ou poliéster) serão inicialmente recobertos com dois pedaços de fita adesiva lateralmente separados por uma distância de 1 mm, de modo a deixar exposta uma pequena faixa do óxido metálico. As dimensões do substrato serão da ordem de 2 cm x 1 cm para o ITO e de 2 cm x 2,5 cm para o vidro comum. Com o objetivo de corroer a camada de ITO exposta, mergulharemos o substrato em uma solução de ácido clorídrico concentrado durante 2 minutos, sendo lavado em seguida, com água deionizada para a retirada do excesso de ácido [22].

#### *Limpeza do substrato*

Para obtenção de uma boa adsorção dos filmes sobre o substrato é necessário que este seja inicialmente limpo, e tenha sua superfície tratada de modo a apresentar caráter hidrofóbico

ou hidrofílico. De uma maneira geral, um tratamento hidrofóbico dá origem a filmes com uma maior adesão ao substrato [22]. Para a limpeza da superfície do substrato será utilizado o seguinte tratamento: o substrato (lâmina de ITO ou de vidro) será sucessivamente mergulhado por cinco minutos em diferentes béqueres, cada um contendo solventes distintos (clorofórmio, acetona e metanol). Durante todo o procedimento de limpeza os béqueres serão mantidos em um banho ultra-sônico. Entre um banho de solvente e outro, a lâmina será colocada em água deionizada, o que deixará sua superfície hidrofílica. A lâmina assim tratada será colocada para secar em estufa a 110°C por uma hora.

#### *Polimerização*

Serão utilizados 30 mL de uma mistura com a seguinte composição: pirrol (0,02 molar), oxidante ( $\text{FeCl}_3$  0,006 molar), dopante (0,005 molar) com o pH da solução em 1,0, para cada um dos filmes sintetizados. Preparo da mistura: será dissolvido o dopante na solução de cloreto férrico, em seguida será adicionado o pirrol que será agitado até a dissolução do mesmo. Em seguida será mergulhado verticalmente o substrato na solução reagente. Todos os filmes serão sintetizados durante 60 minutos. Após a polimerização, o substrato será retirado da solução reagente e lavado abundantemente com jatos de água deionizada por três minutos, sendo finalmente seco com um fluxo de nitrogênio ou ar, para retirar qualquer material não adsorvido [22]. Após a realização dessa primeira fase de experimento na preparação dos filmes, será analisada visualmente a qualidade de deposição obtida, em termo de homogeneidade e do grau de adesão do filme ao substrato. Observaremos se haverá deposição homogênea e com uma boa adesão, uniformidade na espessura do filme ou baixa adesão do material que se destacou do substrato após o processo de lavagem.

#### *Projeto de um dispositivo sensor baseado em polipirrol*

O fato de utilizarmos um material sensível a gases pela variação de sua resistividade elétrica traz vantagens pelo acoplamento direto com a eletrônica. A variação da resistência elétrica entre dois eletrodos que tenha o polipirrol como ponte condutora pode ser registrada diretamente no computador por interface de aquisição automática de dados.

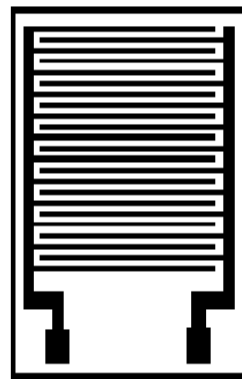


Figura 4: Geometria de um eletrodo interdigitado planar sobre um substrato isolante.

O dispositivo sensor é composto basicamente dos eletrodos e do material sensível, o polipirrol. E o eletrodo, do tipo que pretendemos utilizar, é composto de, pelo menos, um substrato como base para eletrodos metálicos. Testaremos mais de um tipo de eletrodo quanto a geometria: interdigitados, ilustrado na Figura 3, e duas pontas planares, ilustrado na Figura 4. Quanto ao material, pretendemos utilizar ITO e alumínio ou ouro de camadas muito finas. O substrato também pode variar entre poliéster, vidro ou placa de circuito impresso em fibra de vidro com eletrodo de cobre recoberto.

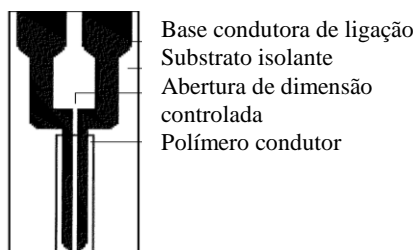


Figura 5: Par de eletrodos planares de ponta de dimensões micrométricas sobre substrato isolante.

O sistema de testes deve ser constituído de uma central de cilindros de gases, de um comando de controle de fluxo, medidores de pressão, uma possível bomba de vácuo e a câmara de amostragem onde deve ficar o sensor, como o esquema ilustrado na Figura 5. A Figura 5 também ilustra a ligação direta com o computador.

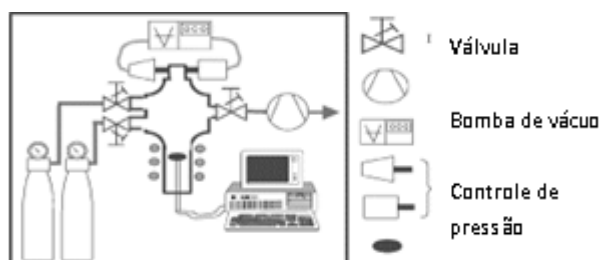


Figura 6: Pré-projeto do sistema de testes para o dispositivo sensor a base de polipirrol (GUILLET, 2004).

## VI. CONCLUSÃO

Um ponto importante de sucesso deste trabalho está na reunião de uma equipe interdisciplinar para a construção de um nariz artificial com tecnologia própria. Uma dificuldade em desenvolver essa tecnologia é a pouca informação aprofundada dada em artigos científicos. Acreditamos, a princípio, que isto ocorre em função dos dispositivos disponíveis comercialmente serem resultados de pesquisas científicas ligadas, muitas vezes, a essas empresas que comercializam estes dispositivos. Outra dificuldade é o controle da tecnologia para conseguir fazer uma boa distinção entre cheiros ligeiramente diferentes (especificidade) e a sensibilidade a uma faixa mais ampla de aroma

(generalização). O nariz natural consegue apresentar essas duas características, a princípio, de sentidos antagônicos.

## REFERÊNCIAS

- [1] L. Turin. *The Secret of Scent: adventure in perfume and science of smell*, HarperCollins Publisher, Nova York, 2007.
- [2] M. D'Alessandro and T. C. J. Turlings. "In Situ Modification of Herbivore-Induced Plant Odors: A Novel Approach to Study the Attractiveness of Volatile Organic Compounds to Parasitic Wasps". *Chemical Senses*, 30, pag. 739-753, 2005.
- [3] M. Mamat, S. A. Samad and M. A. Hannan. An Electronic Nose for Reliable Measurement and Correct Classification of Beverages, *Sensors*, 11, 2011, p. 6435-6453.
- [4] A. D. Wilson and M. Baiettp. Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies, *Sensors*, 9, 2009, p. 5099-5148.
- [5] C. Andrade. *Compendio de Nomenclatura Macromolecular*. UNLZ. Zamora. 1995.
- [6] C. Arantes, M. L. M. Rocco, A. G. B. Cruz e A. M. Rocco. Dessorção iônica e degradação de filmes de polipirrol dopado com dodecilsulfato induzidas por elétrons de alta energia. *Química Nova*. Vol.31, N.1, 2008.
- [7] P. L. Auger, B. Levesque, R. Martel, H. Prud, D. Bellemare, C. Barbeau, P. Lachance and M. Rhainds. An Unusual Case of Carbone Monoxide Poisoning. *Environ. Health Perspect*; 107(7), pag. 603-5, 1999.
- [8] G. M. Böhm. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias. 23. Artigo. S570, Sup 4: S570-S578. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2007.
- [9] CETESB – Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico. *Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. Riscos e Impactos na Saúde Pública*. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007.
- [10] J. M. Daltamir, M. A. De Paoli E O. F. Alves. Síntese de Polímeros Condutores em Matrizes Sólidas Hospedeiras. *Química Nova*. Vol 23, N. 2, 2000.
- [11] A. Giorda E F. R. Aquino Neto. Uso de sensores para caracterização da qualidade do ar de interiores. *Revista Brasindoor*, 4(5), pag.4-15, 2000.
- [12] N. Guillet, R. Lalauze R And C. Pijolat. Oxygen and carbon monoxide role on the electrical response of a non-Nernstian potentiometric gas sensor; proposition of a model. *Sensors and Actuators B: Chemical*. Vol. 98, N. 2-3, pag. 130-139, 2004.
- [13] G. Harsanyi, M. Réczey and R. Dobay. *Sensors Review*. Vol. 19, N. 2. MCB UP Ltd, 1999, pag. 128-134.
- [14] J. A. P. Luz, R. F. Brocenschi, C. P. Fonseca e S. Neves. Desenvolvimento de Eletrodos baseados em compostos de Polipirrol/acetato de celulose. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu. 2006.
- [15] E. B. Mano. *Introdução a Polímeros*. São Paulo: Edgard Blücher, 1985.
- [16] P. Neiva e R. Dias. Casal morre asfixiado dentro de carro em Pernambuco. *Diário de Pernambuco*, 2009.
- [17] D. S. S. Nunes, F. M. B. Coutinho. Principais Aspectos da Polimerização do 1,3-Butadieno. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 15, N. 4, pag. 296-305, 2005.
- [18] A. T. Pires, V. A. Soldi. *A Era dos Plásticos – Ver. Eletr. do Depto de Química da UFSC. Ano 4. Florianópolis*. 2009.
- [19] J. RUSSEL, *Química Geral*. São Paulo: MacGraw Hill, 1981.
- [20] F. L. Santos, Medidas de resistividade de filmes de polímeros condutores. *Dissertação de Mestrado*. Pag. 99. Recife. 1994.
- [21] Hyoung-Gon Song, Jae Young Kwon, Hyung Soo Han, Yong-Chul Bae, Cheil Moon. *Sensors*, 8, 2008, p. 6303-6320.
- [22] J. E. G. Souza. *Estudos das Interações entre Compostos Orgânicos Voláteis e Filmes Finos de Polipirrol*. Tese de Doutorado. Pag. 134. Recife. 2006.
- [23] D. Tronson. The Odour, the Animal and the Plant. *Molecules*, 6, 2001, p. 104-116.
- [24] A. A. Werneck, G. Goulart e D. Engelbrecht. *Laudos do IML confirmaram Mortes por asfixia por Monóxido de Carbono*. *Jornal O Globo*. Publicada em 14/09/2006, Rio de Janeiro. 2006