Estudos Tecnológicos - Vol. 5, n°2:195-211 (mai/ago. 2009) ISSN 1808-7310
doi: 10.4013/ete.2009.52.07

Aplicações do nariz eletrônico nas indústrias e na gestão de odores

Application of electronic noses in industries and in the odor management

Henrique de Melo Lisboa
Prof. doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC (ENS/UFSC)
Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC, 88010-970, Brasil
hlisboa@ens.ufsc.br

Thierry Pagé
Engenheiro químico e Diretor Presidente da Odotech
Montreal, Qc, Canadá
tpage@odotech.com

Christophe Guy
Professor doutor do Dpt de Génie Chimique, École Polytechnique
Montreal, Qc, Canadá
christophe.guy@polymtl.ca

Resumo

O Nariz Eletrônico é especialmente útil onde uma resposta de qualidade sobre a emissão ou impacto odorantes tem que ser mantida sobre períodos de tempos longos, ou onde a exposição repetida a uma amostra põe em risco a saúde dos painelistas de um júri olfatométrico. Este artigo se propõe a apresentar uma revisão bibliográfica dos usos dos Narizes Eletrônicos. Neste sentido, este artigo objetiva demonstrar as principais aplicações dos narizes eletrônicos, o que será feito em 4 estudos de casos: casos 1 e 2 – aplicações ao meio ambiente; caso 3 – aplicação à segurança; caso 4: aplicação à medicina. Este artigo procura também dar ênfase às aplicações voltadas ao monitoramento ambiental de odores, ou gestão de odores. Os dados apresentados reforçam as aplicações e o desenvolvimento dos Narizes Eletrônicos nas mais diversas atividades humanas, particularmente no domínio da proteção do meio ambiente e da qualidade de vida.

Palavras-chave: nariz eletrônico, odores, impacto odorante, meio ambiente.

Abstract

The electronic nose is especially useful where consistent odor emission quality or odor impact has to be maintained over long periods of time. This is a review article on the current uses of the electronic noses. This article presents diverse applications of the electronic noses as demonstrated by four case-studies: cases 1 and 2 - applications to the environment; case 3 - application to security; case 4: application to medicine. This article gives emphasis to the applications directed to the environment monitoring of odors or management of odors. The presented data strengthen the applications and the development of the electronic noses for the most diverse human activities, particularly in the domain of the protection of the environment and the quality of life.

Key words: electronic nose, odors, odor impact, environment.

1. Introdução

O Nariz Eletrônico é especialmente útil onde uma resposta de qualidade sobre a emissão ou impacto odorantes tem que ser mantida sobre períodos de tempos longos, ou onde a exposição repetida a uma amostra põe em risco a saúde dos painelistas de um júri olfatométrico. Embora o Nariz Eletrônico seja também eficaz para produtos químicos puros, os métodos analíticos convencionais são freqüentemente mais práticos (Stetter, 2007).

Devido aos recentes avanços na química orgânica, na tecnologia dos sensores, na eletrônica, e inteligência artificial, a medida e caracterização dos odores pelos Narizes Eletrônicos estão se transformando numa realidade comercial (Ouellette, 1999).

Este artigo se propõe a apresentar uma revisão bibliográfica dos usos dos narizes eletrônicos. Neste sentido, este artigo objetiva demonstrar as principais aplicações dos narizes eletrônicos, o que será feito em 4 estudos de casos. Será dado ênfase às aplicações voltadas ao monitoramento ambiental de odores, ou gestão de odores, aproveitando experiências anteriores dos autores do trabalho aqui apresentado.

Este artigo não se propõe a descrever como se dá o funcionamento dos narizes eletrônicos, para tanto se recomenda a leitura da nota técnica publicada por estes autores na Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (De Melo Lisboa *et al.*, 2009).

2. Aplicações do nariz eletrônico

Existem numerosas aplicações dos Narizes Eletrônicos em inúmeros campos da produção industrial e atividades humanas, incluindo diagnósticos médicos, aplicações ao monitoramento do meio ambiente e do controle da qualidade de produtos alimentícios. O nariz eletrônico tem também sido usado em sistemas de segurança e na luta contra o terrorismo, ao "cheirar" explosivos ou elementos tóxicos no ar (Ouellette, 1999; Kell e Martin, 2007). Aplicações usuais dos Narizes Eletrônicos:

- Identificação de vazamento de produtos químicos comercializados (Guarda Costeira dos EUA);
- Classificação da qualidade de grãos armazenados;
- Analises de água e esgotos;
- Identificação da origem e qualidade do café;
- Monitoramento de processos cozimentos;
- Medida da qualidade do óleo de oliva;
- Detecção e diagnóstico de infecções pulmonares;
- Diagnósticos de úlceras por testes do hálito;
- Qualidade do pescado;
- Processos de controle de qualidade de queijos, lingüiças, cerveja e pães;
- Controle do crescimento bacteriano em alimentos, tais como carne e vegetais frescos;

- Aplicação dos Narizes Eletrônicos ao monitoramento ambiental dos odores.

2.1 Aplicação dos Narizes Eletrônicos na indústria alimentícia

Atualmente, o maior mercado para os narizes eletrônicos é a indústria alimentícia. Em algumas aplicações os Narizes Eletrônicos podem ser usados para dar suporte ou emular os painéis de peritos humanos. Em outros casos, os Narizes Eletrônicos podem ser usados reduzir a quantidade de análises químicas que é necessária à produção do alimento, especialmente quando resultados qualitativos são necessários (Keller *et al.,* 1995). A cromatografia gasosa é cara e demanda tempo. Os peritos humanos são sujeitos a variáveis como a fadiga, estado de saúde, alergias, disposição, e preferências pessoais, que afetam a confiabilidade da avaliação sensorial (Ouellette, 1999).

As aplicações dos Narizes Eletrônicos na indústria alimentícia, pelo odor, incluem a avaliação da qualidade da produção de alimentos, controle do cozimento de alimentos, inspeção do frescor dos pescados, monitoramento do processo de fermentação, verificação da qualidade da maionese, queijos e sucos, monitorando o alimento e a inspeção dos recipientes das bebidas, classificação do whiskey, controle do cozimento por micro-ondas, e o controle automatizado do sabor, entre outros (Ouellette, 1999).

O Nariz Eletrônico tem também sido usado já na indústria de alimento para monitorar a produção do café, da cerveja, do vinho e do pão, para determinar se o produto e/ou os ingredientes são aprovados (Ryan, 2007).

Os Narizes Eletrônicos tem sido usados para verificar o autenticidade de queijos do tipo parmesão. O *headspace* de um queijo parmesão tem mais de 160 voláteis. Dentre os voláteis mais importantes para o aroma característico do queijo parmesão estão os ésteres e os ácidos graxos. Além das aplicações ao queijo parmesão, o Nariz Eletrônico tem sido usado com sucesso para discriminar outros tipos de queijos em estágios diferentes da maturidade.

2.2 Aplicação dos Narizes Eletrônicos ao monitoramento ambiental

As aplicações ambientais dos Narizes Eletrônicos incluem a análise de misturas de combustíveis, detecção de vazamentos de óleo, verificação da contaminação da água subterrânea pelos odores, e identificação de odores residenciais. Outras aplicações do Nariz Eletrônico incluem a identificação de resíduos tóxicos, monitoramento da qualidade do ar e dos fatores de emissões industriais (Keller *et al.,* 1995; Ouellette, 1999).

Alguns países desenvolveram metodologias para avaliar a distância de separação entre a fonte emissora de um odor e áreas residenciais, como o caso da criação de animais domésticos, a fim de evitar o incômodo odorante. Estas metodologias são baseadas numa parametrização simples da fonte do odor, numa avaliação do fator da diluição e do nível de proteção, dependendo da categoria do uso de terra. Um Nariz Eletrônico pode significativamente melhorar a avaliação da fonte e a qualidade do monitoramento, verificar a eficácia das medidas de controle do odor e propor níveis máximos de emissão dos odores (Di Francesco *et al.,* 2001).

2.3 Aplicação dos Narizes Eletrônicos aos sistemas de segurança

O Nariz Eletrônico pode servir como a parte sensorial de um sistema inteligente de segurança, conectado a um computador central. Toda a mudança na atmosfera implica numa seqüência de atividades. Se o sinal sugerir um fogo, haverá uma notificação imediata. Não sendo o caso, então um computador tentaria determinar o que pode estar acontecendo. Dependendo das respostas, o sistema pode escolher dentre uma escala de ações - notificar os responsáveis para que se liguem ventiladores ou que se mude o sentido do fluxo de ar, colocar em operação medidas ou equipamentos de controle, entre outros. Como um dispositivo de segurança, o Nariz Eletrônico, com algumas modificações, pode ser usado verificar para ver se há acúmulos de gases em ambientes ou equipamentos. Entre outros exemplos, os trabalhadores em obras de saneamento poderiam ser advertidos da existência de algum gás venenoso (Miller, 2007).

Um Nariz Eletrônico pode ser usado monitorar a qualidade do ar inclusive em espaços confinados, tal como um submarino, um avião, ou em túneis. Os usos industriais incluem verificar a identidade de um tanque cheio de líquido (é álcool ou acetona?) e monitorar fugas de gases em reservatórios pressurizados (Ryan, 2007).

O Nariz Eletrônico deve ser usado para identificar as substâncias cujos padrões são conhecidos (De Melo Lisboa *et al*., 2009). Entretanto, pesquisas têm sido dirigidas ao desenvolvimento de um modelo computacional que possa dar respostas a qualquer polímero ou analito, sem que se tenha que testar centenas de polímeros. Isto significa que se poderia identificar respostas desconhecidas. Tal Nariz Eletrônico podia identificar gases ou vapores inesperados em ambientes abertos ou confinados (Miller, 2007).

O Nariz Eletrônico não é um instrumento analítico. Ele não pode ser usado para andar num quarto ou numa nave espacial e determinar todos os constituintes do ar. Ele é usado para monitorar para as mudanças no ar, tais como aquelas oriundas de vazamentos, emissões de fontes diversas ou de filtros de ar que necessitam ser reparados ou trocados, ou para detectar princípios de fogos. Se um evento tal como uma fuga de gases exigir que se use equipamentos de respiração artificial, o Nariz Eletrônico pode ser usado para determinar quando será novamente seguro respirar o ar do ambiente monitorado (Ryan, 2007).

2.4 Aplicação dos Narizes Eletrônicos à medicina

Devido ao fato que o olfato é um sentido importante à prática da medicina. Os Narizes Eletrônicos tem sido usados para determinar os níveis de glicose em diabetes e para detectar condições patológicas tais como a tuberculose. O Nariz Eletrônico poderia ser também ser aplicado como uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico. A literatura aponta que com ele, em futuro próximo, se poderia examinar odores corporais (exalados pela respiração, feridas, líquidos, e assim por diante) identificando possíveis problemas (Ouellette, 1999). Os odores exalados na respiração podem ser indicativos de patologias, como diabetes, infarto, e de problemas gastro-intestinais e do fígado. Além disso, as feridas e os tecidos infectados emitem odores bem distintos que podem ser detectados por um Nariz Eletrônico (Keller *et al.*, 1995).

Os odores que vêm dos líquidos do corpo podem indicar problemas do fígado e da bexiga. Segundo Pope (1995 *in* Keller *et al.*,1995), um Nariz Eletrônico tem sido testado no hospital universitário em South

de Manchester para examinar infecções da ferida. Segundo Ouellette (1999), análises do odor do sangue e da urina podem revelar problemas do fígado e da bexiga.

Um Nariz Eletrônico poderá um dia ser usado diagnosticar a asma, pois ele possui sensores químicos sensíveis aos vapores, que reagem à presença de compostos orgânicos voláteis, ou COV, exalados pela respiração de uma pessoa. A respiração humana contém uma mistura de grande quantidade de COV, o que pode ser usado como marcador de doenças pulmonares. Segundo Kell e Martin (2007), investigadores compararam a "impressão odorífera" de 20 pessoas com diagnóstico de asma (metade com asma severa e metade com uma versão branda da doença) e de 20 pessoas sem asma, para ver se o Nariz Eletrônico poderia os classificar como asmáticos ou não asmáticos. As pessoas respiraram a partir de uma máscara ligada a um saco conectado ao Nariz Eletrônico. Este foi capaz de detectar os odores provenientes das pessoas asmáticas, mas foi menos preciso em classificá-las entre aquelas com asma severa ou não (Kell e Martin, 2007).

2.5 Aplicação dos Narizes Eletrônicos a outras indústrias

Narizes Eletrônicos também tem sido utilizados com sucesso no controle de qualidade de outras atividades industriais, tais como as indústrias de perfumes, produtos para residências e farmacêutica (Ouellette, 1999).

3. Estudos de caso

De modo a melhor exemplificar o uso de Narizes Eletrônicos serão apresentados quatro estudos de casos: casos 1 e 2 – aplicações ao meio ambiente; caso 3 – aplicação à segurança; caso 4: aplicação à medicina.

3.1 Caso 1: Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da cidade de Montreal

Durante os trabalhos de tratamento de esgotos ou águas servidas, efluentes sólidos e gasosos são produzidos, o que pode gerar uma poluição secundária caso não haja um controle eficaz. Os rejeitos gasosos ocasionam uma poluição atmosférica principalmente na forma de odores, o que podem causar grande impacto na população na vizinhança. As emissões odorantes afetam a qualidade de vida, afetando psicologicamente a população, causando stress e sintomas tais como insônia, perda do apetite e problemas comportamentais. Esta situação resulta em uma imagem pública negativa e em queixas contra a empresa de tratamento (Gostelow *et al.,* 2001).

Gostelow *et al.* (2001), apresentaram um interessante artigo em que foram revistos os métodos aplicados à medida dos odores em estações de tratamento de esgotos. As medidas sensoriais e analíticas foram revistas, juntamente com um desenvolvimento recente, o Nariz Eletrônico.

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Montreal está localizada em plena área urbana e possui capacidade de tratamento para quase a metade de todas as águas servidas pela população da província do Quebec (população de 7 milhões de habitantes). Ela é, portanto, uma das maiores ETE do mundo, com capacidade para 3 milhões de pessoas-equivalente. A planta tem 10 diferentes fontes de emissões odorantes – Figura 1 (Guy *et al.,* 2004; Purenne *et al.,* 2006).

É sabido que para implementar medidas para o controle de odores, deve-se primeiramente quantificá-los. A partir desta quantificação os operadores e os projetistas da ETE poderão tomar as melhores decisões sobre a escolha ou modificação dos processos, no sentido de controlar as emissões odorantes. Infelizmente, os odores são muito difíceis de serem medidos (Belli Filho e De Melo Lisboa, 1998; De Melo Lisboa *et al.,* 2006).

Desde 1998 a ETE de Montreal vem implementando um plano de ações para reduzir as emissões odorantes que estejam incomodando os vizinhos ou os transeuntes das rodovias próximas. Entre as medidas que foram implementadas para monitorar, identificar e quantificar o impacto odorante encontra-se a instalação de um sistema de narizes eletrônicos (sistema OdoWatch®, da empresa Odotech) – Figura 2. Ele permite o monitoramento contínuo das principais fontes odorantes. Com a implantação destas medidas reduziram-se significativamente as emissões odorantes, assim como a quantidade de observações e reclamações (Purenne *et al.,* 2006). Segundo Gostelow *et al*. (2001) a minimização dos odores tem se tornado um dos principais desafios dos gestores e projetistas das ETE.

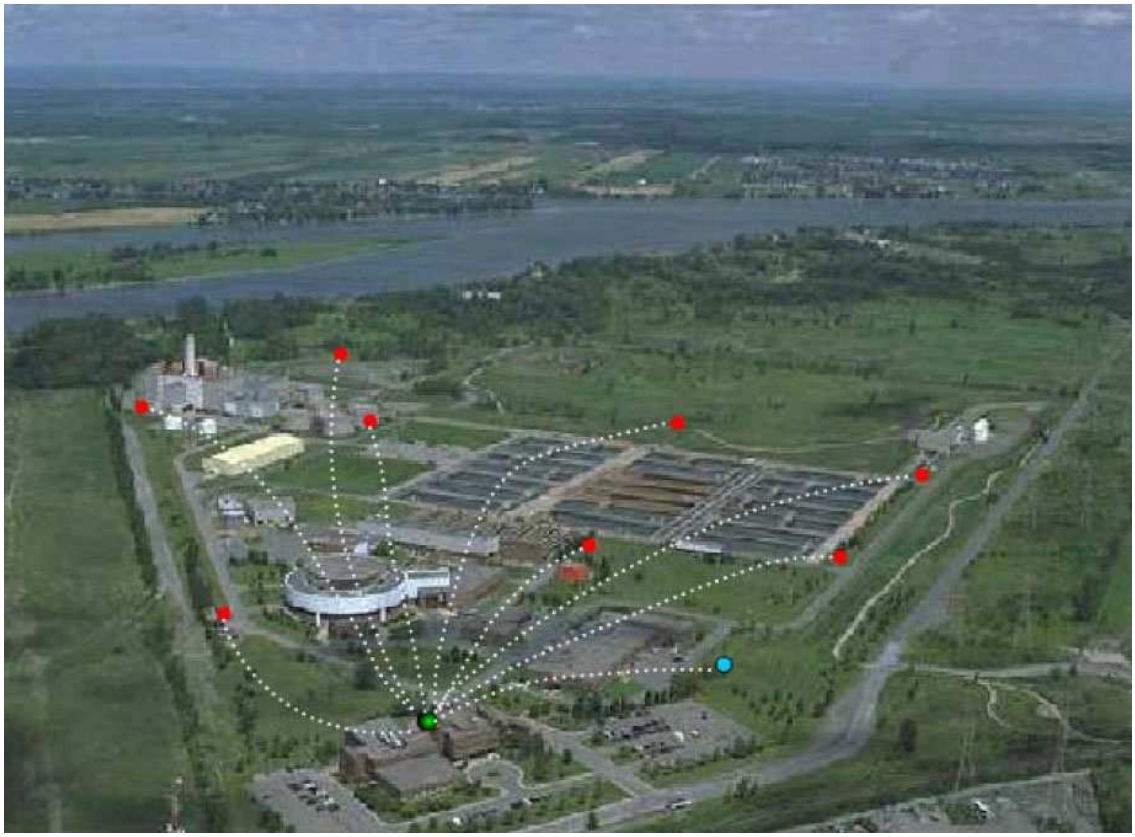

Figura 1: *ETE de Montreal e localização dos narizes eletrônicos. Os pontos vermelhos indicam os locais onde se encontram instalados os narizes eletrônicos. O ponto azul indica a posição da torre meteorológica. O ponto verde indica a central de comando do sistema, incluindo o modelo de dispersão atmosférica. (fonte: Adaptado de Guy et al., 2004; Purenne et al., 2006).*

Figura 2: *Nariz Eletrônico instalado na ETE de Montreal (fonte: Adaptado de Purenne et al., 2006).*

A ETE de Montreal adquiriu, no verão de 2002 um novo sistema de Narizes Eletrônicos de modo a tornar-se mais pró-ativa, ou seja, detectar os odores antes mesmo que impactem a população. O sistema implantado possui 12 Narizes Eletrônicos capazes de medir continuamente, em tempo-real, as emissões odorantes – Figura 1.

Os dados medidos em cada nariz eletrônico são transmitidos para um centro de monitoramento, onde eles são analisados e armazenados, de modo a identificar e quantificar os vários odores emitidos na ETE e enviados para um modelo de dispersão atmosférica para serem processados. O resultado é uma figura apresentando a situação em tempo-real e outra prevendo a pluma odorante em futuro próximo (computado em intervalos regulares, a cada minuto) – Figura 3. Juntamente com os dados da estação meteorológica instalada na ETE, este sistema também considera a previsão meteorológica para as próximas horas (Purenne *et al.,* 2006).

Os odores das estações de tratamento de esgotos originam-se principalmente da degradação biológica dos constituintes dos efluentes domésticos e são particularmente associados com a atividade microbiana anaeróbica. Odores adicionais podem ser gerados, direta ou indiretamente das águas servidas de origem industrial ou outras fontes (Gostelow *et al.,* 2001).

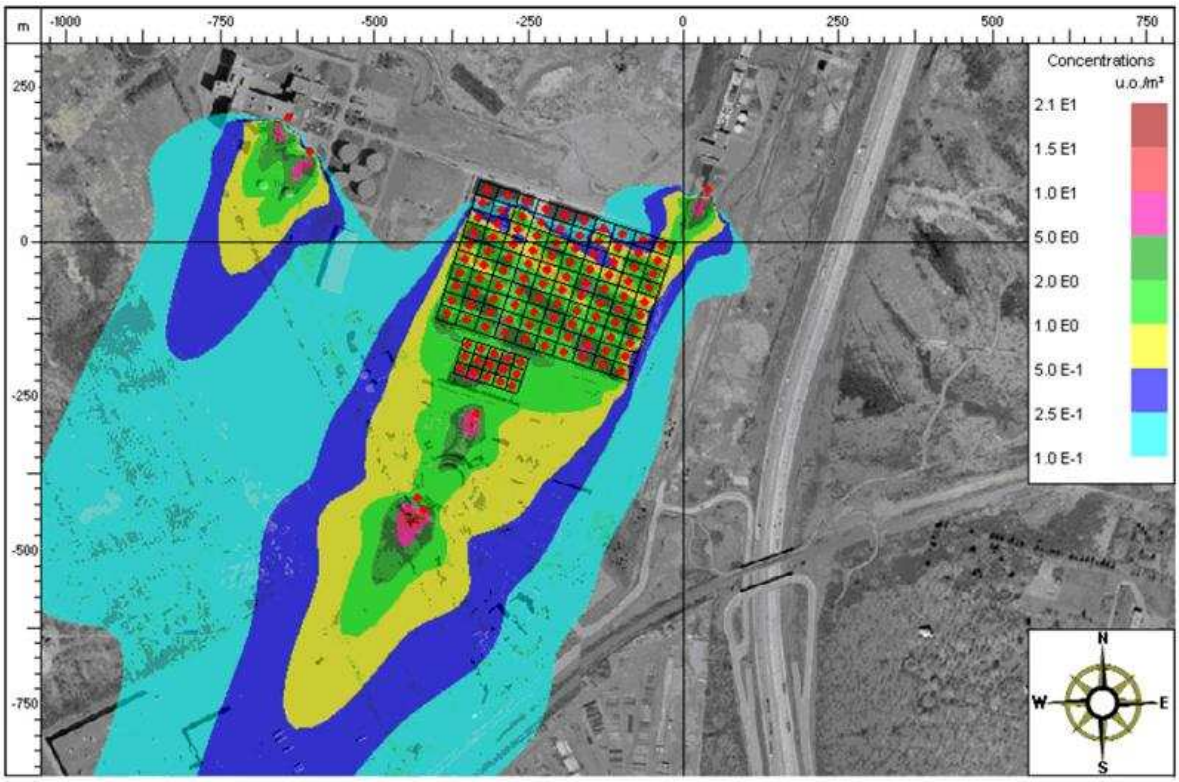

Figura 3: *Aplicação do modelo de dispersão de odores à ETE de Montreal Fonte (Guy et al., 2004).*

Antes da instalação da rede de Narizes Eletrônicos na ETE de Montreal diversas notificações a respeito de odores eram registradas. Infelizmente, o evento odorante já tinha ocorrido e a gerência da ETE somente podia agir após o fato registrado. É muito difícil ou mesmo impossível controlar o odor se não for possível medi-lo ou prever seu impacto (Purenne *et al.,* 2006).

Os sensores utilizados nestes Narizes Eletrônicos são do tipo MOS (*metal oxide semiconductor sensors*). Para cada odor a ser caracterizado, amostras foram coletadas em campo e analisadas por cromatografia gasosa, de modo a determinar sua composição química. Posteriormente, estas amostras foram analisadas pela olfatometria dinâmica, fazendo uso de um olfatômetro - Figura 4. Este procedimento permitiu "educar" a resposta odorífera enviada por cada um dos sensores não específicos (ou seja, os sensores detectam a presença de qualquer substância odorante) (Purenne *et al.,* 2006).

Figura 4: *Júri olfatométrico trabalhando junto a um olfatômetro.*

Nos últimos cinco anos, a freqüência e a intensidade dos odores emitidos por esta ETE diminuíram substancialmente, reduzidos pela instalação de equipamentos de tratamento, melhorias na gestão de operações e manutenção e pela implementação do sistema de Narizes Eletrônicos (Purenne *et al.,* 2006).

3.2. Caso 2: aplicação a uma usina de compostagem

A unidade de compostagem de Ginestous (Toulouse, França) trata 11.000 T/ano de lodo desidratado (30% de matéria sólida) originário do tratamento de esgotos. A produção do composto é relativamente convencional: após misturar com um co-produto estruturador, a lama da Estação de Tratamento de Esgotos é armazenada em pilhas, sendo arejada mediante ventilação forçada e agitação mecânica. O ar proveniente das pilhas de fermentação e o ar extraído dos edifícios são desodorizados (Renner *et al.,* 2006).

Foi instalado um biofiltro heterotrófico, consistindo de uma camada turfa de 1,3 metros de espessura, coberta com fibra de côco, tratando um volume de ar de 60.000 m³/h. Todos os gases gerados e processados no sistema são continuamente medidos por uma rede de Narizes Eletrônicos dispostos cuidadosamente. Os Narizes Eletrônicos foram distribuídos da seguinte maneira: 1 na área dos co-produtos, 1 no duto de aspiração do ar da câmara de fermentação, 1 na sala de maturação, e 1 na saída do biofiltro. O sistema, chamado OdoWatch®, trata os dados transmitidos continuamente por cada um dos sensores, a cada 5 segundos de intervalo (tempo para diluição até o limite de percepção odorante). Portanto, é possível conhecer o nível de redução dos odores associados com o biofiltro, instantaneamente, ou historicamente. O sistema inclui uma estação meteorológica a fim de permitir a estimativa da pluma odorante em tempo real sobre a região circunvizinha – Figura 5 (Renner *et al.,* 2006). Para isto, os dados são recebidos numa estação central, que os armazena, identificando e quantificando os vários odores emitidos no sítio, sendo estes dados trabalhados por um modelo de dispersão de odores. O resultado é apresentado em tempo real e

também na forma de previsão da pluma odorante, em intervalos regulares (normalmente, o minuto) – Figura 6.

Figura 5: *Vista do biofiltro (a), estação meteorológica (b) e nariz eletrônico (c). Fonte : Renner et al. (2006).*

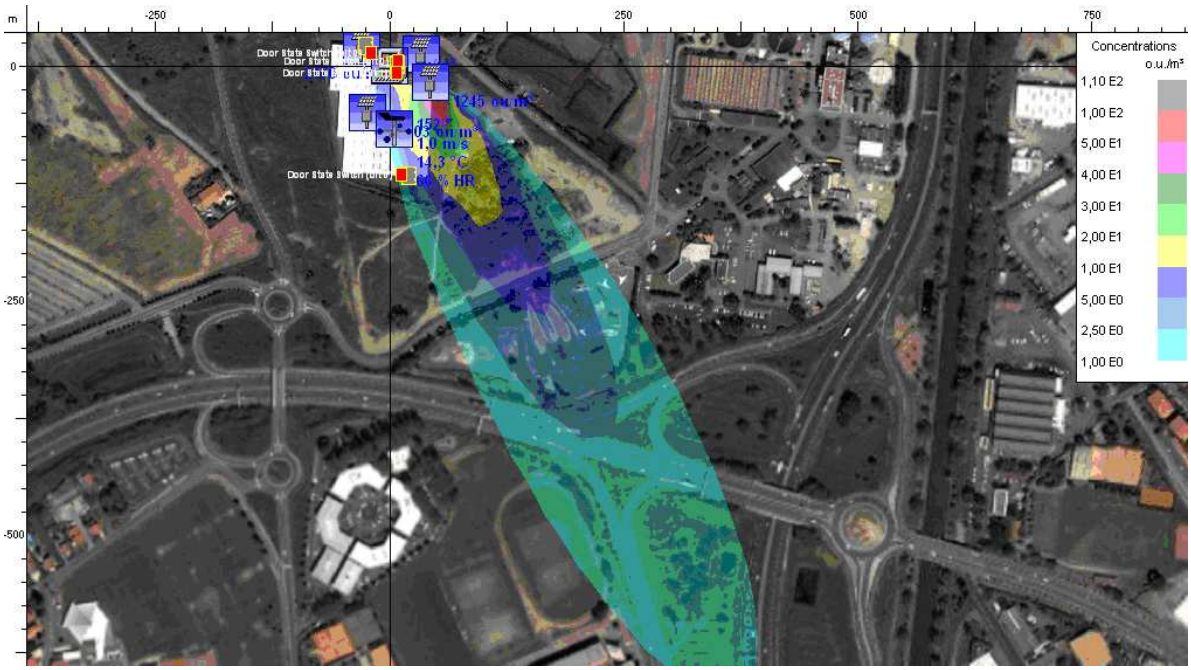

Figura 6: *Pluma odorante (25 de maio de 2006, 9AM). Fonte: Renner et al. (2006).*

O equipamento instalado para reduzir as emissões odorantes pode, em algumas circunstâncias operacionais, ter sua eficiência reduzida sem que se possa detectá-lo rapidamente. Alguns processos, que na maioria das vezes têm emissões odorantes baixas, podem transformar-se, sob determinadas condições meteorológicas, numa importante fonte de incômodo.

O sistema de Narizes Eletrônicos, adquirido no verão de 2005, permitiu que a ETE pudesse se tornar mais pró-ativa, ou seja, detectar odores antes que estes impactem a população. O sistema instalado consiste em uma rede de Narizes Eletrônicos colocados em pontos cuidadosamente selecionados, e uma estação central para tratamento dos dados monitorados no local (Renner *et al.,* 2006).

O software do sistema OdoWatch®, analisa e armazena os dados, a fim caracterizar (identificar e quantificar) os vários odores emitidos, enviando estas informações para um modelo de dispersão atmosférica de odores. O resultado é apresentado na forma de previsão da pluma odorante em tempo real e prevista, em intervalos regulares (uma vez a cada minuto) – Figura 6.

A fim de se aproximar da realidade, o modelo de dispersão utilizado procura levar em conta a percepção humana dos odores no ar ambiente. Trata-se de um modelo gaussiano que procura incorporar as flutuações nas concentrações devido a influência dos parâmetros meteorológicos (Renner *et al.,* 2006).

O modelo de dispersão pode prever a direção e a intensidade dos odores em diversos pontos ao redor da planta, permitindo que se possam tomar ações mitigadoras imediatas de modo pró-ativo, visando impedir que os odores alcancem a vizinhança.

Sistema de monitoramento contínuo do odor

A usina de compostagem não opera de modo contínuo, variando todos os dias. Portanto, os odores emitidos podem variar segundo a carga sobre o biofiltro, do estágio da compostagem e da abertura de portas. Como exemplo, a Figura 7 apresenta as variações nos registro de concentrações dos odores na maturação, fermentação, sala de estocagem de co-produtos e saída do biofiltro para a primeira semana de junho de 2006.

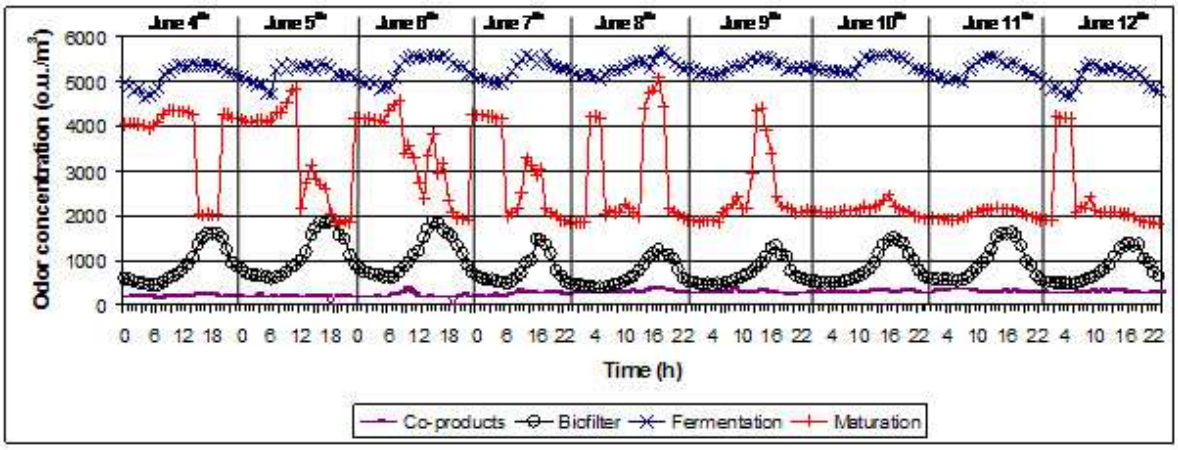

Figura 7: *Registro dos odores pela rede de nariz eletrônico. Fonte: Renner et al. (2006).*

Os valores monitorados indicam significantes flutuações nos odores emitidos pelos setores de maturação, fermentação e biofiltro. As bruscas variações dos odores do setor de maturação podem ter sido induzidas pelas aberturas e fechamentos de portas durante o dia. O Nariz Eletrônico deste setor encontra-se instalado em área aberta, próximo ao local onde as máquinas entram e removem materiais. Apesar de que em condições normais os odores da maturação não devam ser detectáveis em ambiente aberto, é notável a influência da abertura de portas para sua percepção (Renner *et al.,* 2006).

O Nariz Eletrônico da unidade de fermentação é posicionado no duto de sucção da ventilação. O ar é então emitido ao biofiltro. O comportamento do Nariz Eletrônico da fermentação e do Nariz Eletrônico do biofiltro mostra uma correlação forte, com um comportamento senoidal. Por volta de 7-8:00 da manhã, a

planta recebe entre 50 a 60 T de lodo do sistema de tratamento de esgotos. Isto provoca uma ascensão imediatamente mensurável da concentração do odor na fermentação, como evidenciado pela inclinação na curva azul da Figura 7. A saída do odor da unidade de fermentação é com efeito, o gás de entrada no biofiltro. O odor do da sala de estocagem de co-produtos é relativamente constante (Renner *et al.,* 2006).

Estes resultados ilustram o quanto são significativas as flutuações nas emissões de odor em um biofiltro e numa usina de compostagem. Fica claro a importância do monitoramento contínuo para a gestão dos odores e que amostragens discretas podem não ser muito representativas nos estudos de impacto odorante.

As condições meteorológicas são outro fator a explicar as flutuações dos odores na vizinhança. Em muitas situações de queixas de odores em locais industriais, entre o momento da queixa e a chegada de um inspetor para proceder à constatação, o incômodo pode ter desaparecido ou tido suas características mudadas. Conseqüentemente ninguém - a gerência do local, as autoridades ou os vizinhos - podem ter um retrato claro do incômodo olfativo (Renner *et al.,* 2006).

As Figuras 8 e 9 mostram um deslocamento típico da pluma odorante segundo a mudança na direção do vento, devido a turbulência, fato este ocorrido na tarde de 15 de abril de 2006, num intervalo de tempo de 15 minutos.

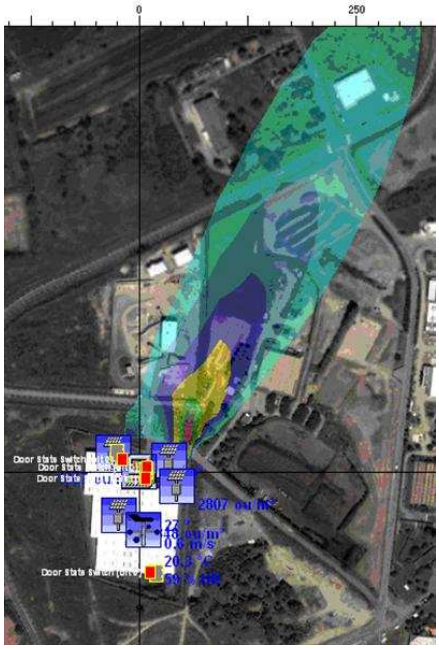

Figura 8: *Pluma odorante as 3:45 PM.*

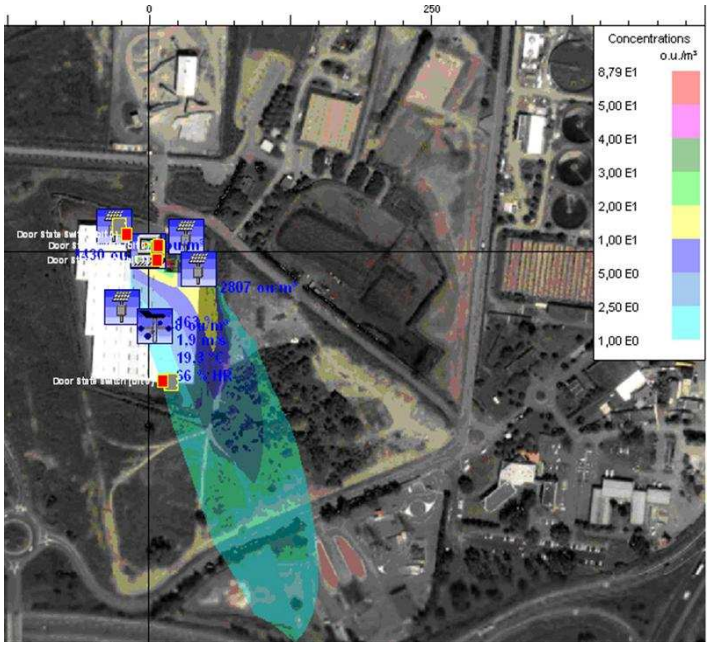

Figura 9: *Pluma odorante às 4:00 PM. Fonte: Renner et al. (2006).*

É muito difícil ou até impossível controlar odores quando não se é capaz de medi-los ou prever o seu impacto. Neste sentido, torna-se importante poder medir as emissões de odor rápida e objetivamente e prever seu impacto nas próximas horas.

A usina de compostagem de Ginestous tem apresentado ao público os resultados das medidas para controle de odores. Segundo Renner *et al.* (2006), em 2005 a freqüência e a intensidade dos odores emitidos foram consideravelmente reduzidos pela instalação de equipamentos para tratamento dos odores e melhorias nas operações e manutenção, assim como pela implementação de um Sistema de Narizes Eletrônicos.

3.3 Caso 3: Aplicação do Nariz Eletrônico na exploração espacial

A bordo de uma estação espacial, a amônia ajuda a manter o calor, carregando o calor gerado dentro da estação (pelas pessoas e equipamentos eletrônicos) para o espaço. Mas ela é também um veneno. Acontecendo um vazamento, os astronautas necessitarão saber rapidamente. A amônia torna-se perigosa em uma concentração de algumas partes por milhão (ppm). Os seres humanos não podem detectá-la até que alcance aproximadamente 50 ppm. A amônia é apenas um entre aproximadamente quarenta ou cinquenta compostos necessários numa estação espacial, que não podem ser permitidos que se acumulem em um ambiente fechado (Miller, 2007).

No caso de fogo ou antes que o fogo em um equipamento eletrônico se propague, o aumento do calor libera uma grande variedade de substâncias tóxicas. Os seres humanos não podem detectá-las até que suas concentrações se tornem elevadas. Os astronautas necessitam os narizes melhores! Esta é a razão pela qual a NASA está desenvolvendo Narizes Eletrônicos (Miller, 2007).

Segundo Ryan (2007), a empresa JPL, juntamente com a Caltech está desenvolvendo um Nariz Eletrônico portátil, capaz de identificar contaminantes no ambiente em níveis potencialmente prejudiciais à

saúde das pessoas em ambiente fechado. Isto seria extremamente importante para monitorar a qualidade do ar reciclado numa nave espacial, além de indicar fugas e vazamentos de gases tóxicos.

Conforme Medelius (2006), a empresa ASRC Aeroespace está desenvolvendo nano-sensores para a detecção de vários gases, incluindo: H_2, NH_3, N_2O_4, hidrazina, e outros. Testes iniciais em laboratório demonstraram a capacidade para detectar gases em concentrações inferiores ao ppm. O uso de sensores pequenos e sensíveis pode permitir a colocação destes dispositivos sobre uma grande área, permitindo assim uma determinação mais precisa e mais oportuna de um vazamente de gás, especialmente nas naves espaciais.

3.4 Caso 4: aplicação do Nariz Eletrônico à medicina

Compostos característicos de determinadas doenças podem ser detectados, e as bactérias podem ser diferenciadas mediante o uso de um Nariz Eletrônico (Ryan, 2007). Com ele se pode reconhecer o coquetel de compostos orgânicos voláteis excretados por duas espécies de bactérias *Staphylococcus. aureus* resistentes, a saber, Methicillin-Resistent *Staphylococcus aureus* (MRSA) e Methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* (MSSA), responsáveis por infecções do nariz, garganta e ouvido, quando presentes na solução ágar-padrão no ambiente hospitalar (Marks, 2005; Ritabrata e Ritaban, 2006). Um Nariz Eletrônico com sensores poliméricos (De Melo Lisboa *et al.,* 2009) também tem sido usado para identificar os *staphylococci coagulase-negative* (C-NS) em ambiente hospitalar (Ritabrata e Ritaban, 2006).

Os MRSA são caracterizados por sua resistência ao tratamento com antibióticos comuns. Ambos MRSA e MSSA podem causar infecções, entretanto alguns indivíduos podem também carregá-lo no organismo sem serem afetados por eles. Uma pessoa que os carrega em seu o organismo, mas não é infectada, é dita ser uma portadora ou colonizada. Praticamente até 33% dos indivíduos saudáveis carreguam o *Staphylococcus aureus*, incluindo o MRSA, predominantemente em seus narizes e também em outros locais (Ritabrata e Ritaban, 2006).

Inicialmente, um Nariz Eletrônico foi treinado para reconhecer a "impressão digital" do odor exalado à partir de pessoas infectadas pelos MRSA e MSSA. Após isto, o Nariz Eletrônico foi usado para testar 150 pacientes com estado de infecção conhecido à parti de testes da cultura. O sistema detectou corretamente 96 por cento daqueles que tiveram uma infecção causada pelo *Staphylococcus aureus* (Marks, 2005).

O estudo de Dutta e Dutta (2006), demonstrou que um Nariz Eletrônico pode ser uma muito forte solução para a rápida identificação de infecções por *Staphylococcus aureus* no ambiente hospitalar.

4. Conclusão

Os casos apresentados reforçam as aplicações e o desenvolvimento dos Narizes Eletrônicos nas mais diversas atividades humanas, particularmente no campo industrial e no domínio da proteção do meio ambiente e da qualidade de vida, especialmente no que diz respeito a gestão do impacto odorante originário

de sistemas de tratamentos de efluentes. Novas aplicações dos Narizes Eletrônicos nos sistemas de controle de segurança e na medicina apontam para um futuro promissor do uso desta técnica.

É muito difícil ou até impossível controlar odores quando não se é capaz de medi-los ou prever o seu impacto. Neste sentido, torna-se importante poder medir as emissões de odor rápida e objetivamente e prever seu impacto nas próximas horas.

Para as análises químicas das substâncias odorantes utilizam-se equipamentos laboratoriais de amplo domínio, tais como a cromatografia gasosa e espectrometria de massa. Técnicas olfatométricas tem sido usadas, com sucesso, permitindo a medida da percepção nasal dos odores pelos seres humanos, especialmente pelo uso do olfatômetro. Ambas técnicas são demoradas, caras e apresentam uma situação amostrada num determinado tempo. Os Narizes Eletrônicos fazem, enfim, a medida contínua dos odores, o que permite uma gestão pró-ativa, uma vez que propicia a medida instantânea dos odores e a tomada imediata de providências mitigadoras.

No campo da gestão ambiental dos odores, os Narizes Eletrônicos permitem a todo momento, conhecer precisamente o nível dos odores emitidos pelas mais variadas fontes, de modo a poder se tomar medidas de minimização do impacto odorante sobre a vizinhança. Certos problemas podem ser antecipados, antes mesmo os odores sejam percebidos pelos vizinhos.

Os casos aqui apresentados sobre o uso dos Narizes Eletrônicos na gestão dos problemas ambientais gerados pelos odores ressaltam como procedimentos operacionais podem reduzir a emissão odorante de forma a minimizar o impacto na vizinhança, podendo também minimizar os custos de instalação e operação de equipamentos para tratamento de odores. Como os Narizes Eletrônicos permitem reduzir os episódios odorantes, diminuindo custos operacionais, a expansão de sua utilização é fato esperado para os próximos anos. Vale lembrar que mais de 70% das reclamações ligadas à qualidade do ar dizem respeito aos odores.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao CNPQ pela oportunidade de formação oferecida na forma de bolsa pós-doutoral que permitiu a realização deste trabalho.

Referências

BELLI FILHO, P.; DE MELO LISBOA, H.M. 1998. Avaliação de emissões odorantes. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*, **3**(3/4):101-106.

DE MELO LISBOA, H.; PAGÉ, T.; GUY C. 2009. Gestão de odores: fundamentos do nariz eletrônico. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*, **14**(1):9-18.

DE MELO LISBOA, H.; BELLI FILHO, P.; SCHIRMER, W.N.; LACEY, M.E.Q. 2006. A olfatometria como ferramenta no controle da poluição atmosférica: Caso de uma refinaria de petróleo. *In:* VIII SIBESA -

Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Fortaleza, 1-4. Acessado em: 09/05/2008 disponível em http://docs.google.com/gview?a=v&q=cache:RvsUe5XVdx0J:www.lcqar.ufsc.br/adm/publicacoes/Sibesa2006%2520Marina.pdf+A+olfatometria+como+ferramenta+no+controle+da+polui%C3%A7%C3%A3o+atmosf%C3%A9rica:+Caso+de+uma+refinaria+de+petr%C3%B3leo.+Henrique+de+Melo+Lisboa&hl=pt-BR.

DI FRANCESCO, F.; LAZZERINI, B.; MARCELLONI, F.; PIOGGIA, G. 2001. An electronic nose for odour annoyance assessment*. Atmospheric Environment,* **35**(7):1225-1234.

DUTTA, R.; DUTTA, R. 2006. Maximum probability rule based classification of MRSA infections in hospital environment: Using electronic nose*. Sensors and Actuators, B: Chemical,* **120**(1):156-165.

GOSTELOW, P.; PARSONS, S.A.; STUETZ, R.M. 2001. Odor measurements for sewage treatment works. *Water Research*, **35**(3):579-597.

GUY, C.; GIASSON, F.; PURENNE, P. 2004. *Automated electronic nose network for measuring industrial odours*. *In:* European Conference on Environmental Odour Management. *Anais...* VDI-Berichte Nr. 1850.

KELL, B.; MARTIN, S. 2007. An Electronic Nose in the Classification of Asthma (Session B96; Abstract # 2470). American Thoracic Society 2007 International Conference. *Electronic journal of American Thoracic Society*. Acessado em: 05/06/2007, disponível em: <www.thoracic.org/sections/publications/press-releases/conference/articles/2007/press-releases/electronic-nose-may-help-diagnose-asthma.html>.

KELLER, P.E.; KANGAS, L.J.; LIDEN, L.H.; HASHEM, S.; KOUZES, R.T. 1995. Electronic Noses and Their Applications. Document Number: PNL-SA-26597. *In:* Neural Network Applications Studies Workshop in the IEEE Northcon/Technical Applications Conference (TAC'95). Portland, Oregon, USA. Acessado em: 07/06/2007, disponível em: <http://cns-web.bu.edu/pub/laliden/WWW/Papers/nose.html>

MARKS, P. 2005. E-nose to sniff out hospital superbugs. Sensors and Actuators B, 109: 355. *New Scientist*, nº 2518, p. 30. Acessado em: 08/06/2007, disponível em: www.newscientist.com/article.ns?id=mg18725186.300.

MEDELIUS, P.J. 2006. Nano sensors for gas detection in space and ground support applications. (ASRC Aerospace Corporation, M/SASRC-19). *In:* MNT for Aerospace Applications, Estados Unidos, 2006, *Anais...* CANEUS2006, 5p.

MILLER, K. 2007. *Electronic Nose NASA researchers are developing an exquisitely sensitive artificial nose for space exploration.* Acesso em: maio 2007, disponível em: http://science.nasa.gov/headlines/y2004/06oct_enose.htm.

OUELLETTE, J. 1999. Electronic noses sniff out new markets. *The Industrial Physicist,* **5**(1):26-29. Acessado em: 22/06/2007, disponível em: <http://www.aip.org/tip/INPHFA/vol-5/iss-1/p26.pdf>.

PURENNE, P,.; PAGÉ, T.; GUY, C. 2006. *Odor monitoring at the city of Montreal Waste Water Treatment plant. In:* WEF/A&WMA odors and air emission, Hartford, 8 p.

POPE, K. 1995. Technology Improves on the Nose As Science Tries to Imitate Smell. *Wall Street Journal*, Março, p. B1-2.

RENNER, C.; LEVASSEUR, J.P.; MICONE, P.G.; PAGÉ, T. 2006. *Real time odour abatement monitoring using electronic noses on a WWTP biosolid composting facility. In:* US Composting Council, Annual conference, Orlando, 2006. *Anais...* Orlando 10 p.

RITABRATA, D.; RITABAN, D. 2006. Maximum probability rule" based classification of MRSA infections in hospital environment: Using electronic nose. *Sensors and Actuators, B: Chemical,* **120**(1):156-165.

RYAN, M.A. 2007. Electronic Nose Project. Jet Propulsion Laboratory. Acessado em: 15/05/2007, disponível em: <www.nasatech.com/NEWS/ntb.nov00_ryan.html>.

STETTER, J.R. 2007. Electronic nose research at IIT. Illinois Institute of Technology, BCPS Department. Acesso em: 09/06/2007, disponível em: www.iit.edu/~jrsteach/enose.html.

Submissão: 15/06/2009
Aceite: 10/07/2009