

ISSN 2236-0476

ESTUDO DA DISPERSÃO DE ODOR GERADO EM INDÚSTRIA DE SUCO DE LARANJA

Clairon Lima Pinheiro¹, Tânia Fujimoto¹, Milena Ponczek¹ e Edson Tomaz²
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química
¹claironlp@yahoo.com.br, ²etomaz@feq.unicamp.br

Introdução

Geralmente, a palavra “odor” é utilizada como sinônimo de cheiro desagradável. No entanto, odor pode ser definido como uma resposta fisiológica das células olfativas à presença de moléculas de dado composto no ar inspirado, sendo percebido mesmo em baixas concentrações (da ordem de partes por bilhão) e discernido em meio a uma mistura de outras substâncias e contaminantes, odoríferos ou não. Com relação à sensação odorífera, ela está relacionada à concentração momentânea de um dado composto no ar. Quando essa concentração atinge um valor mínimo capaz de ser percebido pelo olfato humano, ela é chamada de limite de percepção odorífera (LPO) (SCHAUBERGER et al., 2000; GOMES et al., 2005; SARAL et al., 2009).

Levantamentos indicam que a maior parte das reclamações ambientais sobre poluição é relativa a odores incômodos por ser um tipo de poluição com efeitos diretos sobre a população que vive nas proximidades de uma fonte geradora de odor, interferindo na saúde e no bem-estar destas pessoas (SCHWAB, 2003).

Dentre as atividades que geram emissões odoríferas, tem-se o beneficiamento industrial de laranja, no qual se obtém, em massa, 45% de suco e 55% de subprodutos, como bagaço e óleos essenciais, tais como o d-limoneno, que são substâncias odoríferas utilizadas como fragrâncias, aromatizantes, em aplicações cosméticas e alimentícias. O bagaço (constituído pelas cascas, fibras, sementes e etc.) é seco para ser comercializado como ração para bovinos (BRADDOCK, 1995). Porém, nesse processo, o bagaço enviado para a secagem pode conter quantidades de óleos essenciais e d-limoneno, as quais, durante a secagem, podem ser emitidas para a atmosfera e tornarem-se uma fonte primária de: poluição do ar, emissões de compostos orgânicos voláteis e de substâncias odoríferas (GENTRY et al., 2001), podendo atuar como precursores na formação de ozônio troposférico, além de poderem causar problemas à saúde humana, tais como danos ao sistema respiratório, irritação dos olhos, entre outros (SEINFELD; PANDIS, 1998; MALLORQUÍ et al., 2007).

Assim, para avaliar a dispersão do d-limoneno, podem ser utilizados modelos de dispersão, como o *ISCST3*, que consiste em um sistema de modelagem de pluma em estado estacionário. Este é um modelo de dispersão Gaussiano, onde a concentração do poluente possui distribuição normal, com concentração máxima ao longo da linha do centro da pluma, uma componente de dispersão na direção horizontal e outra na direção vertical (TURNER, 1970; UEDA, 2010). Na aplicação deste modelo, a dispersão de poluentes emitidos por determinadas fontes é simulada, levando em consideração dados de emissão dessas fontes, a presença de edifícios na região de interesse, assim como dados de relevo e meteorológicos.

ISSN 2236-0476

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar a dispersão de d-limoneno emitido através da chaminé de um secador de bagaço de laranja utilizando o modelo *ISCST3* através de uma interface denominada *ISC-PRIME* da *Lakes Environmental* e verificar se o limite de percepção odorífera do d-limoneno é atingido no ponto de máxima concentração.

Material e Métodos

Neste estudo de dispersão empregou-se o modelo *ISCST3* (*Industrial Source Complex, Short Term, 3ª geração*) do U.S. EPA, através de uma interface denominada *ISC-PRIME* da *Lakes Environmental*.

Os receptores foram definidos como pontos, em que as concentrações dos poluentes são calculadas pelo modelo. Neste estudo, os receptores foram determinados por uma grade cartesiana, com: coordenadas da origem (vértice SW): 263554,57 e 7502807,53; número de pontos (P_x , P_y): 80 x 80; espaçamento (Δx , Δy , em metros): 250 x 250; dimensão total (em metros): 19750 x 19750. A origem da grade cartesiana foi definida para que a fonte fixa (chaminé) da unidade de processamento de suco de laranja em estudo ficasse centralizada (Figura 01).

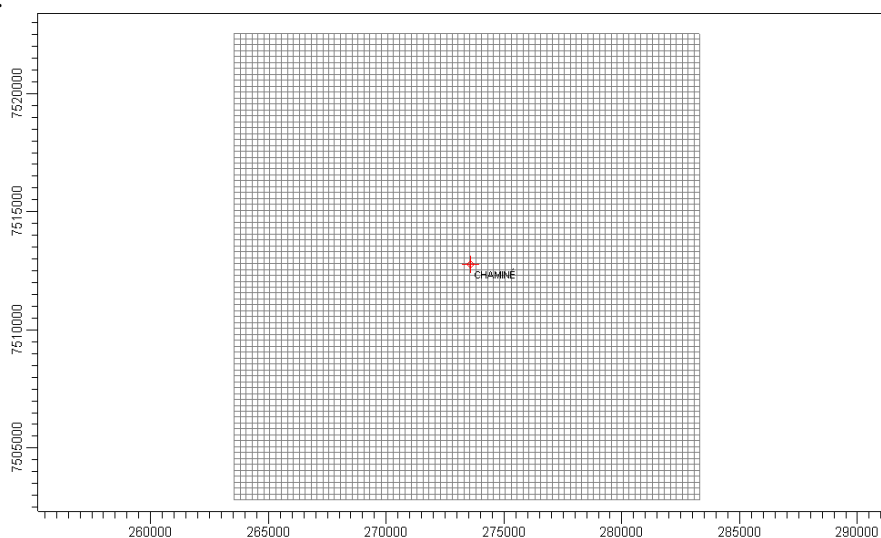


Figura 3 – Localização da grade receptora

A região de interesse localiza-se no município de Engenheiro Coelho (São Paulo) e foi delimitada em mapa obtido do software *Google Earth*[®]. Esses mapas e dados referentes às dimensões dos edifícios, ao relevo da região obtido do *Geographic Information System Resource* (WEBGIS, 2011) e à meteorologia da região foram inseridos no *ISC-PRIME*.

Os dados meteorológicos corresponderam aos 12 meses do ano de 2008 obtidos da estação de monitoramento da qualidade do ar Paulínia-Centro da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo). Os dados coletados foram: médias horárias de velocidade e direção do vento, desvio padrão da direção do vento e temperatura. Para a estimativa das classes de estabilidade utilizou-se o Método Sigma A (σ_A) de acordo com o *Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications* do U.S.

ISSN 2236-0476

EPA (2000) baseado na turbulência que usa o desvio padrão da direção do vento em combinação com a velocidade escalar média do vento, utilizados como critérios para a determinação da classe de estabilidade de Pasquill-Gifford (P-G). A classificação de estabilidade dos ventos apontou os ventos como estabilidade atmosférica “classe 2” (C.E.=2).

Os dados utilizados para as emissões da chaminé foram: temperatura de 332,15 K; velocidade dos gases na saída igual a 20,02 m/s; 0,950 m de diâmetro interno e; 32 m de altura da chaminé. Além disso, o composto considerado neste estudo de dispersão foi o d-limoneno com taxa de emissão de 2,931 g/s (10,552 kg/h).

O limite de percepção odorífera (LPO) do d-limoneno adotado foi 2500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TONDER et al., 2008). A concentração média de um longo período foi transformada para valores de pico observados em curto período. Para isto, adotou-se a relação da razão pico para média (*peak to mean ratio, PTM*) (Eq. 01), em que φ é a razão pico para média; C_P é o pico de concentração do poluente para um tempo de pico t_P ; C_M é a concentração média do poluente para um tempo médio t_M ; α é uma constante que depende da classe de estabilidade atmosférica igual a 0,65 (C.E. = 2) ou 0,52 (C.E. = 3) ou 0,35 (C.E. = 4) (SMITH, 1973; SCHAUBERGER et al., 2000).

$$\varphi = \frac{C_P}{C_M} = \left(\frac{t_M}{t_P} \right)^\alpha \quad (01)$$

Como a classe de estabilidade atmosférica é “classe de estabilidade 2”, o valor de α utilizado para transformar as concentrações médias para concentração de pico foi igual a 0,65. A concentração média para 60 minutos (horária) foi transformada para picos de concentração de 1 minuto com uma relação PTM (φ) igual a 14,32. A máxima concentração de pico foi comparada com o LPO do d-limoneno de 2500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Resultados e Discussão

Os resultados das simulações mostraram que as coordenadas do ponto (vértice SW) de concentrações máximas previstas são: 271.304,56 e 7.512.057,50.

A concentração máxima de pico prevista foi de 1318,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para a taxa de emissão de d-limoneno de 2,931 g/s. Comparando-se este valor ao LPO do d-limoneno, observou-se que a concentração máxima de pico prevista não o excede. Desta forma, o odor de d-limoneno não é perceptível para as condições de emissão da chaminé.

Assim, uma segunda simulação foi realizada para determinar a taxa de emissão para a qual o odor de d-limoneno fosse percebido pela população nas proximidades da unidade de processamento de suco de laranja, ou seja, encontrar a taxa mínima de emissão de d-limoneno, na qual concentração máxima de pico prevista fosse igual ou superior ao LPO. Os resultados dessa segunda simulação mostraram que, para o odor de d-limoneno ser perceptível nas proximidades da unidade em estudo, a taxa de emissão deveria ser maior que 5,56 g/s (20,016 kg/h), sendo a concentração máxima de pico prevista igual a 2501,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

As Figuras 01, 02 e 03 apresentam as curvas de isoconcentração das máximas horárias, pico máximo em 1 minuto e pico máximo para taxa de emissão de 5,56 g/s, respectivamente. Elas mostram que as máximas concentrações estão próximas à fonte de

ISSN 2236-0476

emissão (chaminé) e, devido à influência do relevo e da meteorologia da região, há também pontos de máxima concentração em outras direções.

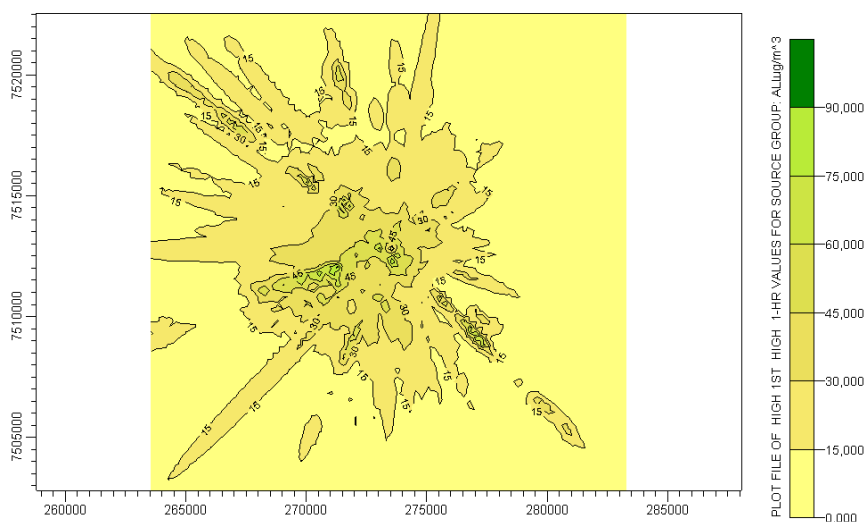


Figura 01 - Concentrações médias de uma hora d-limoneno

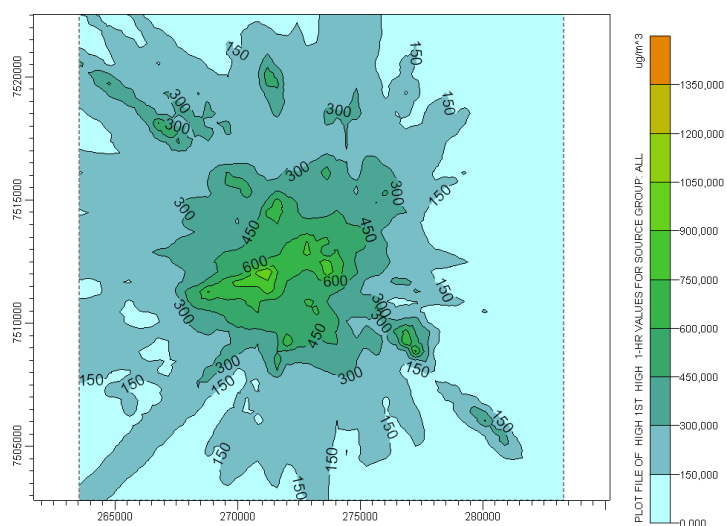


Figura 02 – Concentrações em picos de um minuto para d-limoneno (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ISSN 2236-0476

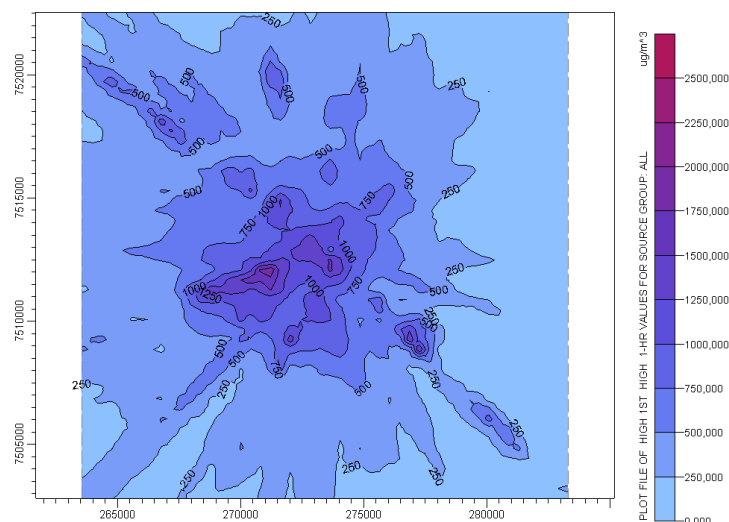


Figura 03 – Concentrações em picos de um minuto para d-limoneno (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Taxa de emissão: 5,56 g/s.

Conclusões

A partir dos resultados do estudo de dispersão da emissão de d-limoneno por uma fonte pontual (chaminé) da unidade de processamento de suco de laranja, pode-se concluir que o odor de d-limoneno não é perceptível para as condições de emissão da chaminé estudadas, ou seja, a concentração de d-limoneno no ponto de máxima concentração não excede o seu LPO. Para o odor de d-limoneno ser perceptível nas proximidades da unidade em estudo, a taxa de emissão deveria ser maior que 5,56 g/s e mantendo constantes as demais condições de emissão sendo esta taxa correspondente a um aumento de 89,7% em relação à taxa de emissão de 2,931 g/s. Além disso, observou-se que a dispersão do d-limoneno ocorre predominantemente para as regiões noroeste, oeste e sudoeste da fonte.

Referências Bibliográficas

BRADDOCK, R. J. **By-products of citrus fruit**. Food technology, 1995.

GENTRY, T. S. et al. Volatile organic compounds from citrus feed mill emissions. **Journal of Food Process Engineering**, v. 24, p. 1-15, 2001.

GOMES, P. B.; MATA, V. G.; RODRIGUES, A. E. Characterization of odor performance using headspace analysis. In: 2º Mercosur Congress on Chemical Engineering, Costa Verde, Rio de Janeiro, 2005.

ISSN 2236-0476

MALLORQUÍ, M.R.; MARCÉ-RECASENS, R. M.; BORRUL-BALLARÍN, F. Determination of volatile organic compounds in urban and industrial air from Tarragona by thermal sorption and gas chromatography-mass spectroscopy. **Talanta**, v. 72, n. 3, p. 941-950, 2007.

SARAL, A.; DEMIR, S.; YILDIZ, S. Assessment of odorous VOCs released from a main MSW landfill site in Istanbul-Turkey via a modelling approach. **Journal of Hazardous Materials**, v. 168, p. 338–345, 2009.

SCHAUBERGER, G.; PIRINGER, M.; PETZ, E. Diurnal and annual variation of the sensation distance of odour emitted by livestock buildings calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM). **Atmospheric Environment**, v. 34, p. 4839-4851, 2000a.

SCHWAB, F. C. C. Odores incômodos em instalações industriais: aspectos teóricos, práticas atuais e um estudo de caso em fábrica agroquímica. 2003. 92 p. Dissertação (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2003.

SEINFELD, J. H. e PANDIS, S. N. **Atmospheric Chemistry and Physics – From Air Pollution to Climate Change**, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1998.

SMITH, M.E. **Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents**. ASME, N.Y, 1973.

TONDER, D. et al. Discrimination between freshly made and stored reconstituted orange juice using GC Odour Profiling and aroma values. **Food Chemistry**, v. 61, n. 1 e 2, p. 223-229, 1998.

TURNER, D. B. **Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Environmental Health Series – Air Pollution**. U. S. Department of Health, Education and Welfare. 84 p. 1970.

UEDA, ANA CLÁUDIA. Estudo de Compostos Orgânicos Voláteis na Atmosfera da Região Metropolitana de Campinas. 2010. 256 p. Tese (Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, 2010.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency) Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. 2000.

WEBGIS. (GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM RESOURCE) SRTM3 Shuttle Radar Topography Mission Global Coverage (~90m) Version 2. Disponível em: http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/South_America/>. Acesso em: jul. 2011.