

# AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS NO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO PINHAL-SP ATRAVÉS DE AMOSTRAGEM PASSIVA – PARTE I.

Danielle Gonçalves Rodrigues<sup>1</sup>; Ana Cláudia Camargo de Lima Tresmondi \*<sup>2</sup>;

Édler Lins de Albuquerque<sup>3</sup>; Edson Tomaz<sup>4</sup>

---

## RESUMO

Os compostos orgânicos voláteis (COV) são poluentes atmosféricos que apresentam um impacto nocivo à saúde humana e, em conjunto com NO<sub>x</sub>, são precursores do ozônio troposférico, o principal problema de qualidade do ar no estado de São Paulo atualmente. Apesar da poluição atmosférica pelos COV ser mais evidente em grandes centros urbanos e industriais, ela também está presente nos municípios de menor porte, tendo como causa a comercialização e queima de combustíveis fósseis pelos veículos, além das emissões fugitivas em indústrias. Esse trabalho teve por objetivo apresentar os resultados do monitoramento de COV em Espírito Santo do Pinhal, no estado de São Paulo. A amostragem foi realizada por meio de amostradores passivos em quatro locais, através da adsorção em tubos de aço empacotados com a resina TENAX TA, os quais ficaram expostos na atmosfera por treze dias, no período de outubro a novembro de 2004. A análise dos compostos foi feita por dessorção térmica (ATD 400 – Perkin Elmer) acoplada a cromatógrafo gasoso com detecção por ionização em chama. Os valores de concentrações dos COV encontrados apresentaram variação espacial e estiveram na faixa de 1,7 a 12,3 µg.m<sup>-3</sup> para tolueno; 0,78 a 2,01 µg.m<sup>-3</sup> para benzeno e 1,5 a 10,3 µg.m<sup>-3</sup> para m,p-xileno.

**Palavras-chave:** emissões veiculares, compostos orgânicos voláteis, poluição atmosférica, amostragem passiva.

## EVALUATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS CONCENTRATION IN ESPÍRITO SANTO DO PINHAL –SP USING PASSIVE SAMPLING - PART I.

### ABSTRACT

Volatile Organic Compounds (VOC) are atmospheric pollutants that presents one harmful impact to the health human and associates to NO<sub>x</sub>, are tropospheric ozone precursors, the main problem of air quality in Sao Paulo state currently. Despite the VOC atmospheric pollution be more evident in big urban and industrial centers, it is also present in small cities, having as cause the commercialization and burning of fossil fuels in vehicles, and fugitive emissions in industries. The main goal of this research was to present the results of the monitoring of volatile organic compounds at Espírito Santo do Pinhal, located in the state of São Paulo. The sampling was performed by passive sampler in four different places through the adsorption in steel pipes packed with TENAX TA resin, which had been displayed in the atmosphere per 13 days, in the period of October the November, 2004. The analysis of compounds was made by thermal desorption (ATD 400 – Perkin Elmer) connected to gas chromatograph with flame ionization detector (FID). The values of concentrations of VOC found had presented spatial variation and had been in the range of 1.7 – 12.3 µg.m<sup>-3</sup> for toluene; 0.78 the 2.01 µg.m<sup>-3</sup> for benzene and 1.5 the 10.3 µg.m<sup>-3</sup> for m, p-xileno.

**Keywords:** vehicles emissions, volatile organic compounds, atmospheric pollution, passive sampling.

---

Trabalho recebido em 27/05/2007 e aceito para publicação em 27/07/2007.

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental, Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal - UNIPINHAL, Av. Hélio Vergueiro Leite, s/n, C.P. 05, CEP 13.990-000, Espírito Santo do Pinhal- SP E-mail: dannyambiental@uol.com.br;

<sup>2</sup> Docente do Curso de Engenharia Ambiental, UNIPINHAL; Pesquisador colaborador voluntário - Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP, Av. Hélio Vergueiro Leite, s/n, C.P. 05, CEP 13.990-000, Espírito Santo do Pinhal - SP E-mail: anates@directnet.com.br;

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Rua Rodolpho Coelho Cavalcante, 237, apto. 903, Salvador-BA, CEP 41750-166 .E-mail: edlerlins@gmail.com;

<sup>4</sup> Docente da Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Av. Albert Einstein, 500 Barão Geraldo- Campinas-SP CEP 13083-970 E-mail: etomaz@feq.unicamp.br.

## 1. INTRODUÇÃO

O incremento da economia e o crescimento industrial fizeram com que se elevasse a demanda pelo uso de recursos naturais. Tem-se ainda o aumento da população na área urbana associado ao número crescente de veículos em circulação, gerando com isso, inevitáveis impactos ambientais como a poluição do ar, do solo e da água.

Encontrar formas de prevenção e combate à poluição é um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade moderna. Uma das formas de se evitar a degradação ambiental é a utilização de um método de investigação para a avaliação de impactos ambientais, identificando sobre um determinado poluente suas fontes de emissão, impactos negativos sobre o meio biótico e abiótico e suas formas de controle.

Dentre os poluentes atmosféricos, destacam-se os compostos orgânicos voláteis (COV), os quais são encontrados em centros urbanos e industriais, originados de fontes biogênicas e antropogênicas, sendo esta última, a principal fonte de emissão em centros urbanos. Segundo a U.S.EPA “Compostos orgânicos voláteis (COV) são quaisquer compostos que contenham carbono que participem de reações fotoquímicas na atmosfera, excluindo o monóxido de

carbono, o dióxido de carbono, o ácido carbônico, os carbetos ou carbonatos metálicos e o carbonato de amônio”. (GHELARI, 2003).

Compostos orgânicos voláteis constituem uma classe de poluentes do ar que são predominantemente emitidos na atmosfera pela frota veicular (combustão de combustíveis fósseis e perdas evaporativas) e por processos industriais, mas que também podem ser gerados naturalmente por processos metabólicos de certos tipos de vegetais (DERWENT, 1995 *apud* ALBUQUERQUE & TOMAZ, 2003).

Os COV têm sido alvos de estudo devido aos impactos ambientais negativos que provocam quando presentes na atmosfera, os quais incluem prejuízos aos seres humanos, animais e plantas. Quando emitidos, os COV participam de reações fotoquímicas, entre elas a de formação do ozônio troposférico (SEINFELD & PANDIS, 1998; ATKINSON, 2000), poluente que é o principal responsável pelos eventos de ultrapassagem de padrões de qualidade do ar no estado de São Paulo (CETESB, 2006).

Alguns COV geram diretamente diversos problemas sobre a saúde humana, pois são tóxicos e apresentam potencial carcinogênico; outros causam a diminuição da visibilidade, devido à formação de

névoa, irritação aos olhos e ao trato respiratório superior.

Não há padrão de qualidade do ar na legislação brasileira para COV e, portanto, não são monitorados pela CETESB no estado de São Paulo. No Brasil alguns trabalhos foram realizados sobre o monitoramento de COV na atmosfera, os quais visaram o conhecimento das concentrações de alcanos e aromáticos em um município com forte industrialização como Paulínia (SOUSA, 2002) e com intenso tráfego veicular, como Campinas (JUNQUEIRA et al., 2005). Outros estudos visaram a identificação de ácidos carboxílicos (SOUZA & CARVALHO, 1997) e ácidos carboxílicos e aldeídos (MONTERO et al., 2001) na Região Metropolitana de São Paulo e hidrocarbonetos aromáticos no município do Rio de Janeiro (FERNANDES et al., 2002).

Dentre os compostos orgânicos voláteis, um que merece atenção especial é o benzeno, um composto reconhecidamente carcinogênico, que está presente na atmosfera devido às emissões antropogênicas e não há limite seguro de exposição para este composto. Não se pode mais desprezar a exposição ao benzeno em ar ambiente, pois há um aumento gradativo da concentração desse composto em atmosferas urbanas (COUTRIM et al,

2000). Atualmente, de acordo com a União Européia, a concentração média anual de benzeno máxima permitida, em ar ambiente, é de  $5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (CZAPLICKA & KLEJNOWSKI, 2002).

Para que sejam mitigados os impactos negativos causados por COV é fundamental que sejam conhecidas suas fontes e taxas de emissão, e as concentrações dos mesmos no ar ambiente.

As amostragens ativa e passiva são métodos de investigação que têm sido muito utilizados para o monitoramento da qualidade do ar na atmosfera de centros urbanos e industriais para os COV.

A amostragem passiva consiste em um método no qual o adsorvente, acondicionado dentro de um tubo amostrador, é exposto à atmosfera sem o bombeamento do ar por um período de aproximadamente doze dias. A amostragem ativa utiliza bombeamento de um volume conhecido de ar através do leito adsorvente, a uma vazão de 10 a 50  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ , proporcionando uma massa coletada que possa ser detectada pelo detector utilizado durante a análise de amostras. (GHELARI, 2003)

A amostragem passiva é um método simples e de baixo custo quando comparada com a amostragem ativa. As maiores vantagens da amostragem passiva para o monitoramento da qualidade do ar

são sua simples operação e a não necessidade de utilização de energia elétrica, podendo o tubo amostrador ser deixado em campo durante longos períodos.

O município de Espírito Santo do Pinhal, localizado no estado de São Paulo, possui uma população de aproximadamente 45 mil habitantes e apresenta atividade comercial e industrial. A qualidade do ar no município, apesar de sua economia ser predominantemente a agropecuária, pode ser afetada pelas emissões de COV.

O objetivo desse trabalho é a identificação e quantificação dos COV presentes na atmosfera do município de Espírito Santo do Pinhal - SP, a partir de dados de monitoramento passivo, realizado simultaneamente em quatro diferentes locais, visando o conhecimento dos níveis dos mesmos na atmosfera do município.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A amostragem dos COV foi realizada por meio de amostradores passivos, nos quais o adsorvente, acondicionado dentro do tubo amostrador, é exposto ao ar ambiente, sem o bombeamento do ar. A adsorção dos COV foi feita em tubos de aço empacotados com a resina TENAX-TA (óxido de 2,6-difenil-p-fenileno), utilizada para adsorção de

compostos na faixa de C6-C26, apropriada principalmente para a coleta de compostos orgânicos apolares. Compostos oxigenados não são adsorvidos nesta resina. Os tubos ficaram expostos na atmosfera por treze dias, no período de 29 de outubro a 11 de novembro de 2004.

A Figura 1 demonstra um dos tubos de aço empacotados com a resina, utilizado para a amostragem passiva dos COV na atmosfera de Espírito Santo do Pinhal – SP.



**Figura 1.** Tubo de aço utilizado para amostragem passiva de COV.

A amostragem dos COV foi realizada simultaneamente em quatro locais diferentes do município, os quais são descritos a seguir:

*Local 1:* encontra-se no bairro Jardim Universitário, em uma rua próxima ao campus do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal

(UNIPINHAL), tendo uma região comercial em sua vizinhança, além do trânsito de veículos leves e pesados que utilizam a avenida, a qual está localizada nas proximidades do ponto de amostragem. Esta avenida é rota de transporte de carga para a rodovia SP 342 e para o acesso ao campus do UNIPINHAL, fatos que acentuam o trânsito de veículos em seu entorno.

*Local 2:* encontra-se na Rua Emydio Francisco e próxima à Avenida Rafael Orichi Neto, a qual apresenta um moderado fluxo veicular, além de possuir um sistema de recreação no local.

*Local 3:* encontra-se na Praça da Independência, uma das regiões com maior fluxo de veículos e pessoas no município, devido ao complexo comercial instalado e a presença de instituições financeiras nas suas proximidades, além do clube Sociedade Recreativa e Esportiva Pinhal, um dos principais centros de eventos do município. Na vizinhança desse local, situam-se alguns dos postos de gasolina do município, sendo que um deles está a cerca de 200 m do amostrador.

*Local 4:* encontra-se no UNIPINHAL, situado na avenida Hélio Vergueiro Leite, a principal via de trânsito do município. Nesta instituição de ensino superior estudam aproximadamente três mil alunos e, por esse motivo, há um intenso trânsito

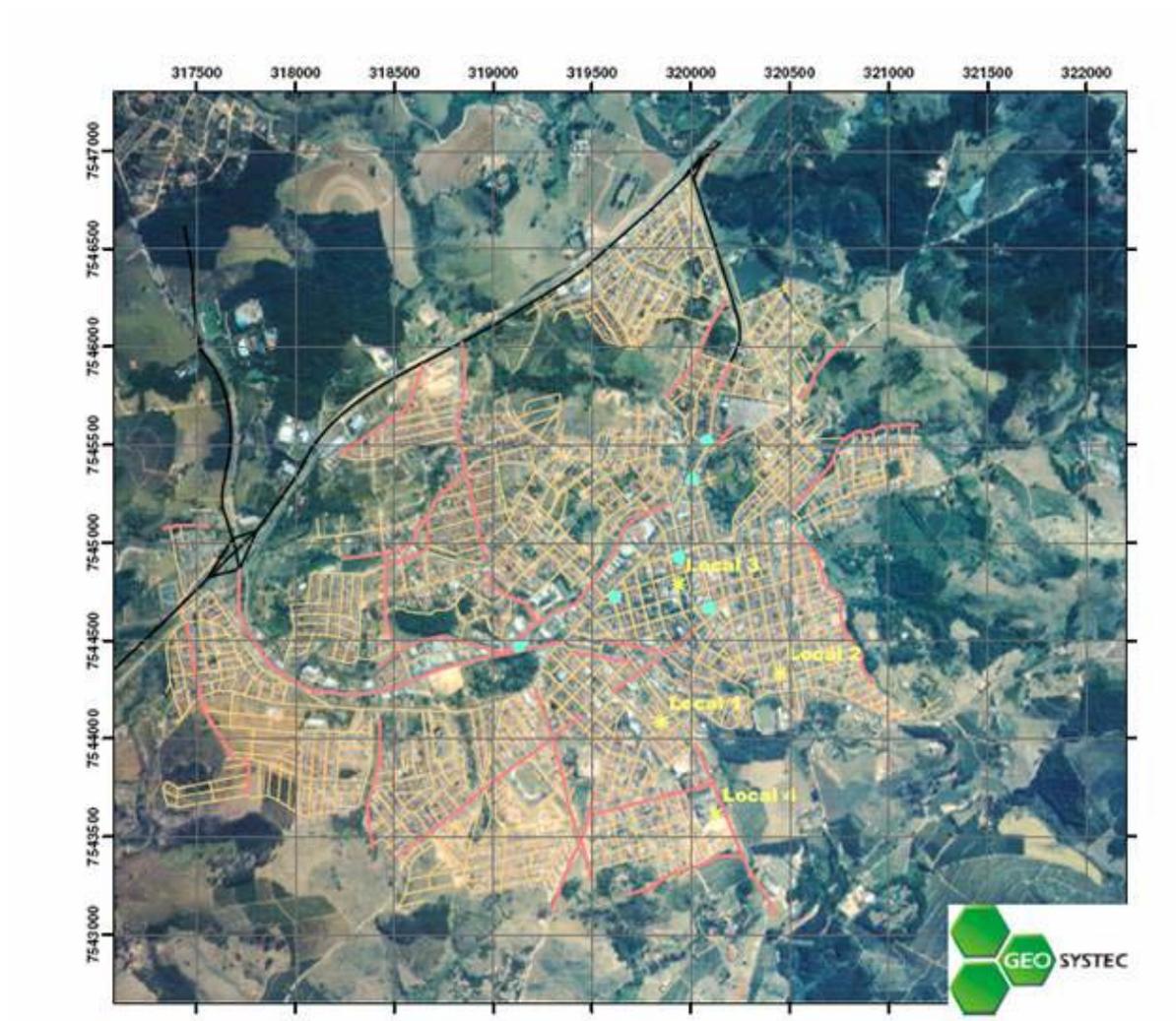
de veículos, principalmente no período noturno, quando cerca de dois mil e quinhentos estudantes, provenientes de cidades da região, se dirigem ao centro universitário por meio de carros e, principalmente ônibus e vans, o que intensifica as emissões veiculares.

A Figura 2 apresenta os locais de amostragem dos COV na atmosfera de Espírito Santo do Pinhal – SP, sendo os pontos salientes em azul alguns dos postos de gasolina do município e os traços em vermelhos as suas principais avenidas.

No período de amostragem a temperatura média do município alcançou 23,3 °C, sendo a média da máxima temperatura de 30,8 °C e a média da temperatura mínima de 15,1 °C. A precipitação no período atingiu 59,9 mm, sendo que choveu em quatro dos treze dias.

A identificação e quantificação dos compostos amostrados foram feitas por dessorção térmica (ATD 400 – Perkin Elmer) e análise por cromatografia gasosa com detecção por ionização em chama.

Os compostos presentes nas amostras foram injetados automaticamente no cromatógrafo por aquecimento controlado e injeção de gás de arraste (gás Hélio) (JUNQUEIRA, ALBUQUERQUE, TOMAZ, 2005).



Legenda

- Postos de gasolina
- Principais avenidas do município
- Principais ruas do município
- \* Locais de amostragem

**Figura 2.** Locais de amostragem passiva de COV em Espirito Santo do Pinhal – SP.

No cromatógrafo foi utilizada uma coluna CIOLA 1 (fase estacionária 100% poli-dimetilsiloxano, com dimensões de 60

m × 0,25 mm × 0,2 µm). A Tabela 1 apresenta as condições empregadas na análise cromatográfica

**Tabela 1.** Condições da análise cromatográfica utilizada na avaliação do COV em Espírito Santo do Pinhal, no ano de 2004.

Condições no dessorvedor térmico	Programação de temperatura no cromatógrafo	Condições no detector
Temperatura de dessorção: 300°C	35 °C por 10 min;	Fluxo H <sub>2</sub> : 45 mL min <sup>-1</sup>
Tempo de dessorção: 30 min	35 - 100°C (5°C min <sup>-1</sup> );	Fluxo ar sintético: 420 mL.min <sup>-1</sup>
Fluxo de dessorção: 60 mL min <sup>-1</sup>	100°C por 7 min.	Temperatura: 250°C
Divisão de saída: 25 mL min <sup>-1</sup>		

As taxas de amostragens (“uptakes rates”) empregadas nos cálculos para os diversos compostos foram validadas anteriormente na atmosfera da cidade de São Paulo. A validação permitiu relacionar a massa obtida para cada composto através da amostragem passiva com a obtida por amostragem ativa (realizadas simultaneamente). A equação 1 foi então utilizada para determinação das concentrações.

$$C_i = \frac{(m_{pi} - m_{bi})}{t U_{ti}} \quad (1)$$

Em que C<sub>i</sub> é a concentração de cada composto i (µg.m<sup>-3</sup>); m<sub>bi</sub> a massa obtida no branco de campo (ng); m<sub>pi</sub> a massa adsorvida na amostragem passiva (ng); t o tempo de amostragem (min); U<sub>ti</sub> a taxa de

amostragem de cada composto i (ng [(µg m<sup>-3</sup>) (min)]<sup>-1</sup>)

Os valores de branco de campo foram obtidos a partir da análise de um tubo que não foi deixado em campo, e que foi condicionado no mesmo período que os demais, sem ser usado na monitorização. Dessa forma são descontadas possíveis interferências de alguns compostos, que possam ser adsorvidos por difusão molecular entre as etapas de condicionamento e amostragem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de amostragem passiva, realizada em quatro locais distintos da cidade de Espírito Santo do

Pinhal- SP, no período de 29 de outubro a 11 de novembro de 2004, foi possível identificar e quantificar vinte diferentes COV.

A Figura 3 apresenta os COV encontrados na atmosfera, mas é importante ressaltar que outros COV podem estar presentes e, pela restrição da resina utilizada, não foi possível sua identificação, uma vez que os compostos mais voláteis que o benzeno não são adsorvidos por essa resina empregada.

Nota-se que o ponto 3 foi aquele com as maiores concentrações para, praticamente, todos os compostos analisados, e isto provavelmente se deve à sua localização no centro comercial do município, no qual há um intenso fluxo de veículos leves, pesados e de motocicletas. Convém ressaltar a proximidade do ponto 3 a postos de gasolina.

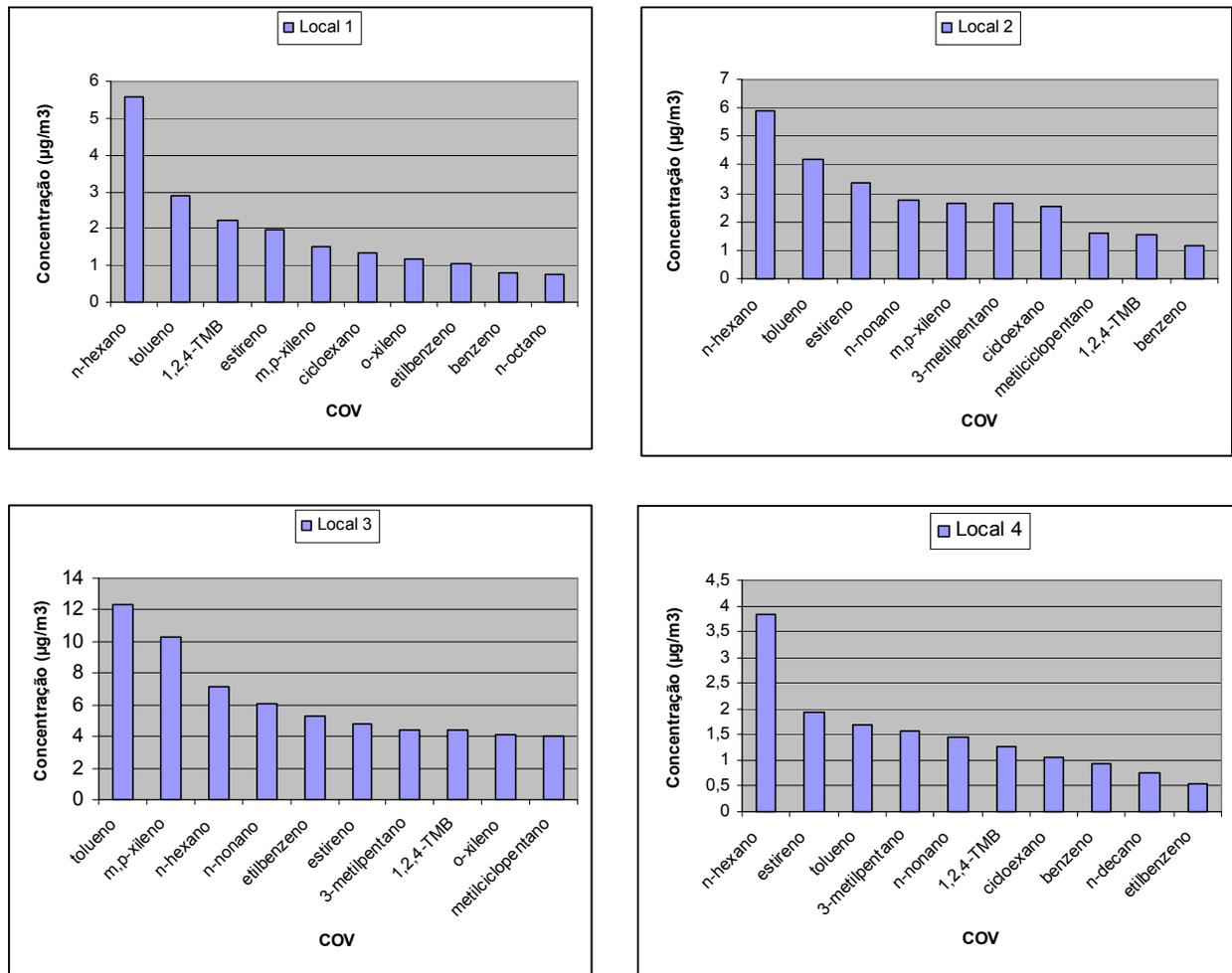
A substância etilbenzeno apresentou concentração superior aquela verificada em Paulínia, e próxima daquela observada na cidade de São Paulo por Sousa (2002), e de Campinas, conforme levantado por Junqueira, Albuquerque, Tomaz (2005). Etilbenzeno é utilizado na produção de inseticidas, mas ainda não é possível estabelecer uma relação de causa por se tratar de apenas um valor, encontrado em um único ponto amostrado. Os demais compostos com elevadas concentrações

estão associados, principalmente, à queima de combustíveis fósseis em veículos, como benzeno, tolueno, m-p xileno e o próprio etilbenzeno. Em geral, a emissão destes compostos aumenta conforme se eleva o teor de aromáticos dos combustíveis (PERRY & GEE, 1994).

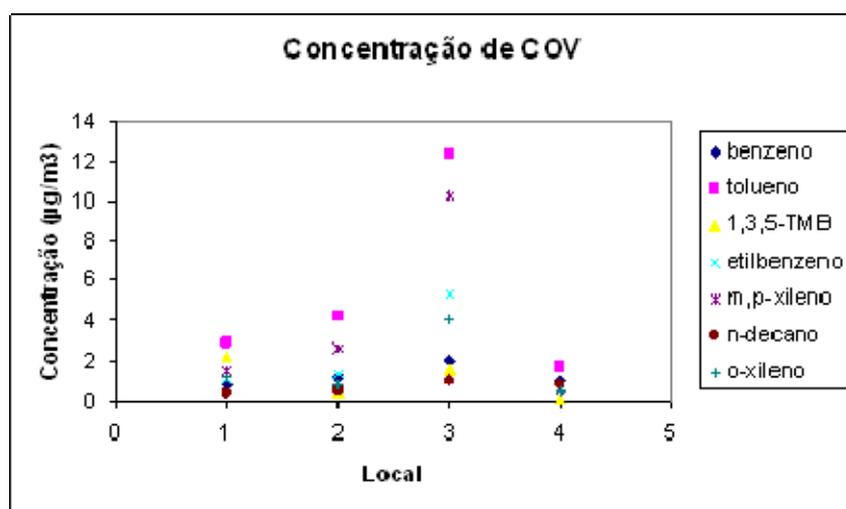
Os demais locais apresentaram perfis similares de concentração quanto aos principais compostos identificados (n-hexano, tolueno, m-p xileno, etilbenzeno, benzeno), presentes em concentrações muito próximas nos diferentes locais e indicando a influência de emissões veiculares, devido à queima de combustível fóssil.

A dispersão dos poluentes está associada às condições meteorológicas e à topografia do local, portanto mesmo que as fontes sejam praticamente as mesmas, a localização do ponto de amostragem, como a proximidade a vales ou a terrenos mais elevados, irá refletir em maiores ou menores concentrações de um mesmo poluente, ainda que proveniente das mesmas fontes de emissão, como veículos, por exemplo, e em um mesmo município, de médio porte.

A Figura 4 apresenta os principais COV com efeitos ecotoxicológicos à saúde humana encontrados no município.



**Figura 3.** Concentrações ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de compostos orgânicos voláteis encontrados no município de Espírito Santo do Pinhal, em 2004.



**Figura 4.** Principais COV com efeitos ecotoxicológicos encontrados nos locais avaliados do município de Espírito Santo do Pinhal, em 2004.

O padrão anual (europeu) para benzeno é de  $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Nota-se que no período avaliado de 13 dias a concentração média esteve abaixo deste valor, tendo sido encontrado um valor máximo de aproximadamente  $2,01 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Porém, apenas um monitoramento por um período maior de tempo poderia fornecer informações mais conclusivas em relação a este poluente no município. Desconhece-se a existência de fonte industrial emissora de benzeno no local.

As possíveis fontes de emissão atmosférica, além daquela associada ao uso e comercialização de combustíveis, dos compostos identificados em maior concentração são (SOUSA, 2002):

*Benzeno*: matéria prima na fabricação de plásticos, resinas, nylon, fibras sintéticas e, em algumas borrachas e lubrificantes;

*Tolueno*: produzido durante a destilação do petróleo, utilizado na fabricação de tintas, solventes comerciais, ceras, laques, adesivos e borrachas. É utilizado na fabricação de alguns produtos como o ácido benzóico, o fenol e o nitrotolueno;

*1,2,4 Trimetilbenzeno*: utilizado na fabricação de perfumes e resinas;

*Xileno*: ocorre naturalmente no petróleo e é formado em incêndios florestais, sendo utilizado na fabricação de tintas, vernizes e borrachas. Utilizado também como solvente e como matéria-prima na

produção de ácido benzóico, anidrido ftálico e ácido tereftálico.

*Etilbenzeno*: ocorre naturalmente no petróleo e em produtos manufaturados como tintas, tintas para impressão e inseticidas. Utilizado na fabricação de acetato de celulose, estireno e borracha sintética.

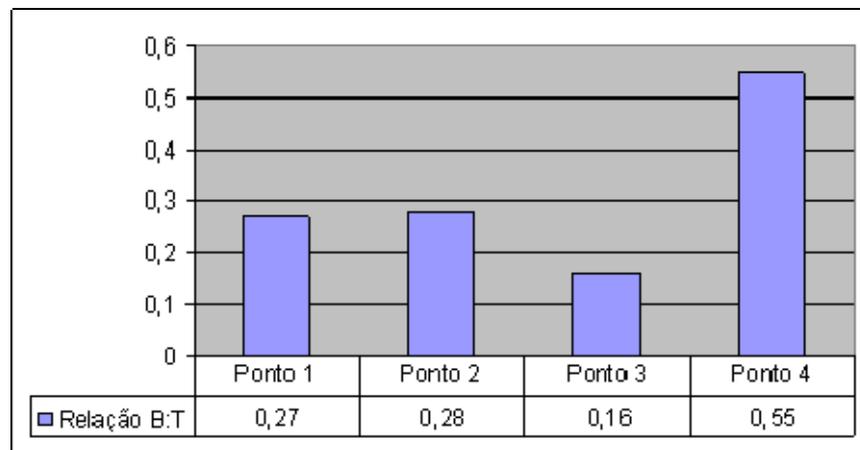
A Tabela 2 apresenta os efeitos ecotóxicológicos sobre a saúde humana causados por alguns dos COV encontrados no município.

Segundo Gee & Solars (1998), a razão entre a concentração de benzeno e de tolueno na atmosfera pode ser usada como traçador da poluição veicular. Na América Latina essa razão varia entre 0,3 e 0,5 base mássica, sendo observada uma relação de 0,6 e 0,3 para as cidades de Paulínia e de São Paulo respectivamente (SOUSA, 2002).

Determinou-se, portanto, a razão entre as concentrações de benzeno/tolueno para os locais monitorados em Espírito Santo do Pinhal, as quais são apresentadas na Figura 5. Nota-se que, exceto para o ponto 3, pode-se considerar que os demais locais sofrem a influência de emissões veiculares. No ponto 3, os valores elevados da concentração de tolueno podem estar associados a outras fontes emissoras, não identificadas no presente trabalho.

**Tabela 2.** Informações ecotoxicológicas dos COV sobre a saúde humana (SOUSA, 2002).

COV	Informações ecotoxicológicas
Benzeno	Carcinogênico
Tolueno	Afeta o cérebro e fala, visão e audição
1, 3, 5 - TMB	Inibição enzimática, mudança no sangue, alteração da urina
Etilbenzeno	Irritação aos olhos e ao trato respiratório; desmaio
m, p - xileno	Afeta o cérebro, causa dores de cabeça, irritação aos olhos, nariz e boca
n - decano	Irritação aos olhos, mucosas e trato respiratório superior;
o-xileno	Perda auditiva



**Figura 5.** Razão média entre as concentrações de benzeno/tolueno para os locais monitorados em Espírito Santo do Pinhal, no ano de 2004.

Apesar de a poluição atmosférica ser mais evidente em grandes centros urbanos e industriais como as cidades de Paulínia, que sofre influência predominantemente da poluição industrial, e de Campinas que sofre influência predominantemente da poluição veicular, nota-se que algumas das concentrações dos COV encontrados no município de Espírito Santo do Pinhal encontram-se em níveis superiores aos grandes centros urbanos e industriais,

como pode ser verificado na Tabela 3. Este fato não deve ser tomado como regra, uma vez que os dados de concentração estão relacionados não apenas às emissões, mas também às condições de dispersão dos poluentes, e uma amostragem de curto período não é representativa das condições meteorológicas de um ano, quando são contempladas diferentes velocidades e direções de vento e temperaturas do ar.

**Tabela 3.** Comparação entre as concentrações de COV encontradas em Espírito Santo do Pinhal (E. S. Pinhal) e nos centros urbano (Campinas) e industrial (Paulínia), no estado de São Paulo.

COV	Paulínia – SP (*)	Campinas – SP (**)	E. S. Pinhal (Ponto 3)
		( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	
benzeno	29,4	51,1	2,0
n-heptano	2,1	6,2	3,9
tolueno	38,6	96,5	12,3
etilbenzeno	3,4	6,0	5,3
m,p-xileno	48,7	12,1	10,3
o xileno	1,5	4,4	4,1
1,2,4 TMB	1,7	6,7	4,4

\* Sousa (2002), máximos valores obtidos de cada poluente, em diferentes locais, em diferentes campanhas.

\*\*Junqueira, Albuquerque, Tomaz (2005), máximos valores obtidos, em diferentes campanhas no mesmo local.

#### 4. CONCLUSÕES

O presente trabalho é pioneiro no estudo dos compostos orgânicos voláteis no município de Espírito Santo do Pinhal – SP, dessa forma, contribui fornecendo as concentrações de COV encontrados na atmosfera do mesmo. Baseando-se na relação benzeno/tolueno, as principais fontes de emissão podem ser consideradas predominantemente veiculares. Apesar do método não possibilitar um perfil temporal, de curto período (na ordem de horas), a amostragem passiva possui várias vantagens para este tipo de estudo como a mínima operação e energia.

É importante ressaltar que não há padrão de qualidade do ar na legislação

nacional para compostos orgânicos voláteis, portanto faz-se necessária a comparação dessas substâncias com padrões internacionais para a classificação da qualidade do ar. Os valores de benzeno para um período de treze dias estiveram abaixo do padrão anual de  $5 \mu\text{g.m}^{-3}$  da legislação europeia, porém trata-se de um padrão de longo período, o que não possibilita nenhuma afirmação conclusiva sobre este poluente no local, principalmente pelo fato de as coletas terem sido efetuadas em períodos de primavera, quando há uma melhor dispersão dos poluentes, associada à maior incidência de radiação solar e menor cobertura de nuvens, o que favorece as

reações fotoquímicas que envolvem os COV. Apesar de ser um município pouco industrializado e com baixo número de veículos, notam-se variações nas concentrações dos compostos de um local para outro, reforçando a influência do tráfego de veículos na alteração da qualidade do ar e possivelmente a presença de outras fontes de emissão dos mesmos em Espírito Santo do Pinhal.

### REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. L.; TOMAZ, E. Concentração indoor e outdoor de COV selecionados em atmosfera urbana. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE QUALIDADE DO AR, 2003, Canoas. **Anais...Canoas, 2003**. CD-ROM
- ATKINSON, R. Atmospheric chemistry of VOCs and NO<sub>x</sub>. **Atmospheric Environment**, v. 34, p. 2063-2101, 2000.
- CETESB, **Relatório da qualidade do ar no estado de São Paulo – 2005**. São Paulo: CETESB, 2006, 140 p.
- COUTRIM M.X.; CARVALHO, L.R. F.; ARCURI, A.S. Avaliação dos métodos analíticos para a determinação de metabólitos do benzeno como potenciais biomarcadores de exposição humana ao benzeno no ar. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p.653-663, 2000.
- CZAPLICKA, M., KLEJNOWSKI, K. Determinacion of volatile organic compounds in ambient air: comparison of methods. **Journal of Chromatography**, v. 976, p. 369-376, 2002.
- DERWENT, R. G., Sources, distributions, and fates of VOCs in the atmosphere. In: HESTER, R. E.; HARRISON, R. M. **Volatile organic compounds in the atmosphere: issues in environmental science and technology**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1995. vol. 4, p. 1-15,
- FERNANDES, M.B.; BRICKUS, L.S.R.; MOREIRA, J.C. E CARDOSO, J.N. Atmosphere BTX and polyaromatic hydrocarbons in Rio de Janeiro, Brazil, **Chemosphere**, v. 47, p. 417-425, 2002.
- FERNÁNDEZ-VILLARRENAGA, V.; LÓPEZ-MAHIA, P.; MUNIATEGUI-LORENZO, S.; PRADA-RODRÍGUEZ, D. Possible influence of a gas station on volatile organic compound levels in the ambient air of an urban area, **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 14, n. 5, p. 368-372, 2005
- GEE, I.L.; SOLLARS, C.J. Ambient air levels of volatile organic compounds in latin american and asian cities. **Chemosphere**, v. 36, n. 11, p. 2497-2506, 1998.
- GHELIERI, L. C. **Amostragem passiva de benzeno na atmosfera**. 2003. 127 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas – SP, 2003.
- JUNQUEIRA, T.L.; ALBUQUERQUE, E. L. ; TOMAZ, E. Estudo sobre compostos orgânicos em Campinas - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., Campinas, 2005.

- MONTERO, L.; VASCONCELLOS, P.C.; SOUZA, S.R. *et al.* Measurements of atmospheric carboxylic acids and carbonyl compounds in São Paulo city, Brazil. **Environmental Science Technology**, v.35, n. 15, p. 3071-3081, 2001
- PERRY, R.; GEE, I.L. Vehicle emissions in relation to fuel composition. **The Science of the Total Environment**, v.169, p. 149-156, 1995.
- SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric chemistry and physics**: from air pollution to climate change, John Wiley and Sons, Inc. USA, 1998, 998 p.
- SOARES, F. M.; ALBUQUERQUE, E. L.; TOMAZ, E. Estudo preliminar de COV selecionados na atmosfera próxima a postos de abastecimento de combustíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2003, v.1.
- SOUZA, K. R. P. **Estudo sobre compostos orgânicos voláteis presentes no ar do município de Paulínia**. 2002. 185 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas – SP, 2002.
- SOUZA, S. R.; CARVALHO, L. R. F. Determinação de ácidos carboxílicos na atmosfera urbana de São Paulo: uma abordagem analítica e ambiental. **Química Nova**, v. 20, n. 3, p. 245-251, 1997.