

III-204 – ANÁLISE DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS NO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS

Valeria Castro de Almeida⁽¹⁾

Profa. Associado do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Claudinei de Souza Guimarães

Prof. Substituto do Departamento de Engenharia Bioquímica da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Raquel dos Anjos Rodrigues

Graduanda do curso de Engenharia Química da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço⁽¹⁾: Av Horácio Macedo 2030 Bloco E sala 206 Centro de Tecnologia- Ilha do Fundão-Rio de Janeiro-RJ – CEP 21941-909-Brasil – Tel: (21) 25627595 – e-mail: valeria@eq.ufrj.br

RESUMO

A poluição do ar é devida às atividades humanas e, às vezes, às emissões naturais. São estas emissões que definem os poluentes primários, que são emitidos diretamente no ar como, por exemplo, os óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis (COVs). Uma vez na atmosfera urbana, estes poluentes estão sujeitos à dispersão e transporte, entre outros fatores secundários são formados por reações químicas dos poluentes primários e alguns constituintes atmosféricos.

Os COVs (compostos orgânicos voláteis) possuem importância na química atmosférica, pois são compostos precursores de ozônio e atuam indiretamente na formação do “smog” fotoquímico. Estes compostos formam diversos radicais e modificam a capacidade oxidante da atmosfera. Além de participarem na formação de poluentes secundários, muitos COVs possuem uma alta toxicidade o que ocasiona danos à saúde pública. Isto faz com que uma grande quantidade de recursos públicos sejam gastos com problemas de saúde, principalmente respiratórios em crianças e idosos

O objetivo deste trabalho foi analisar a emissão gasosa produzida durante a queima do material obtido da mistura de lodo gerado na estação de tratamento de uma indústria têxtil, do resíduo de poeira de jateamento (micro esferas de vidro) e de resíduos de tijolo visando o desenvolvimento materiais construtivos promovendo o reaproveitamento econômico do lodo têxtil, de micro esferas de vidro e de sobras de tijolos da construção civil até então descartados nos aterros.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, compostos orgânicos voláteis, cromatografia.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos gerados em processo industrial são atualmente responsáveis por inúmeras pesquisas que buscam alternativas ambientalmente menos agressivas e, mais eficazes na tentativa de reverter, ou pelo menos amenizar, o cenário negativo estabelecido pela disposição incorreta destes materiais.

A indústria têxtil brasileira constitui uma atividade tradicional, tendo sido peça fundamental na estratégia de desenvolvimento da política industrial brasileira. Através dela o Brasil iniciou seu processo de industrialização.

As indústrias têxteis produzem uma quantidade considerável de artigos tais como: artigos de confecção, cama, mesa e banho, cortinas, toalhas de mesa, tapetes, lonas automotivas, tecidos industriais, são apenas alguns exemplos produzidos pelas diversas indústrias do ramo. Cada um desses artigos é produzido de maneira própria, resultando em uma grande variedade de fluxos produtivos.

O lodo gerado é um problema para a indústria, pois não se apresenta ainda uma disposição final adequada apesar dos constantes avanços técnicos na área.

Devido à dificuldade ou falta de gerenciamento adequado desses resíduos sólidos, principalmente os lodos de estações de tratamento de efluente têxteis vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de

encontrar outra forma de disposição final, tentando paralelamente diminuir o impacto ambiental e agregar valor ao que antes era apenas descartado.

Na indústria galvânica além do lodo gerado com alto teor de metais pesados é gerado também resíduos de vidro. Estes vidros consistem de micro esferas utilizadas como abrasivos para a limpeza de peças metálicas antes do tratamento químico, que após alguns ciclos de uso no processo de limpeza se tornam resíduos.

A microesfera de vidro contém sílica amorfa com toxicidade pequena. Os resíduos de microesfera de vidro são gerados nas câmaras de jateamento após o uso no processo a que foram submetidas, sua classificação segundo a norma ABNT NBR 10004/204 e de resíduos sólidos industriais inertes, Classe IIB, portanto podendo ser utilizado para reciclagem.

A indústria da construção civil gera resíduos seja por demolições, obras em processo de renovação, edificações novas, isto em razão do desperdício de materiais resultante da característica artesanal da construção. Dos resíduos sólidos urbanos, 2/3 em massa são de entulho, segundo CAMARGO (1995), cerca de 30% do entulho é constituído por tijolos e blocos.

O índice de perda de tijolos e blocos pode variar de 3 a 48% dentre as diferentes fases de um empreendimento, concepção, execução ou utilização (FINEP, 1998).

As industriais gradativamente estão buscando novas alternativas para a disposição de seus resíduos sólidos, devido às pressões dos órgãos ambientais ou pelo fato de adquirirem certificações ambientais para tornarem mais competitivas no mercado. Todos os processos industriais geram resíduos que são inerentes de suas atividades industriais.

O reaproveitamento de resíduos de diversa natureza apesar de se apresentar como uma alternativa viável para a indústria cerâmica não se pode ignorar outro aspecto ambiental do setor cerâmico que são as emissões gasosas resultantes dos processos a altas temperaturas. Diversos trabalhos voltados às mudanças estruturais e físicas que estes resíduos provocam no produto cerâmico tem sido desenvolvidos (Faria Jr. *et al*, 2008). Porém a queima de um material cerâmico que está associada à liberação de componentes gasosos têm sido pouco investigada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados no presente trabalho foram os resíduos lodo têxtil proveniente da estação de tratamento da indústria têxtil, microesferas de vidro provenientes da câmara de jateamento da indústria galvânica e sobras de tijolos vermelhos oriundos da construção civil.

As sobras de tijolos as quais se apresentavam em tamanhos variados foram inicialmente submetidas ao processo de cominuição com a finalidade de reduzir a granulometria utilizando para isso um triturador de rolos e em seguida um pulverizador de disco. As microesferas de vidro (resíduo da câmara de jateamento) foram utilizadas após seu uso na câmara de jateamento sem qualquer pré-tratamento. A caracterização dos resíduos têxtil, microesferas de vidro e de tijolos foram realizados empregando-se as técnicas de Fluorescência de Raios-X (FRX) e, Difração de Raios-X (DRX).

Os corpos de prova foram preparados com a mistura de resíduos de tijolos retidos nas peneiras de 115, 170, 200 e 270 mesh (diâmetro médio de abertura de 0,085 mm) e com os resíduos de microesferas de vidro retidos nas peneiras de 170, 200, 270, 325 e 400 mesh (diâmetro médio de abertura de 0,056 mm) e do lodo in natura. O método utilizado para a determinação da proporção correta de resíduo têxtil + tijolo + resíduo de microesfera de vidro/água destilada foi tentativa e erro. Estabeleceu-se que, as quantidades de resíduos utilizados deveriam ser de 40% tijolo + 40% microesfera de vidro + 20% de lodo têxtil (mistura denominada A) em relação à massa total empregada nos corpos de prova (20 gramas). Esta mistura foi então prensada sob pressão de 220 kgf/cm² em uma matriz retangular de aço inox (60 mm x 5 mm), conforme aplicado no IPT (SANTOS, 1989).

Em geral a queima de massas cerâmicas argilosas pode liberar concentrações apreciáveis de certos componentes gasosos como: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrogênio (NO_x) e os COVs que contribuem para aumento da poluição atmosfera e a formação do *smog* fotoquímico. Em função da

natureza do lodo têxtil foi realizada a caracterização dos aldeídos e dos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) emitidos durante a queima. Para a identificação e quantificação dos aldeídos, utilizou-se a metodologia TO-11A e para os BTEX a metodologia TO-2, ambas da U.S EPA.

O sistema utilizado na amostragem foi constituído de uma bomba amostradora autônoma com um regulador de fluxo de 1 L/min. O sistema completo de amostragem dos COVs é apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Sistema completo de amostragem dos COVs.

A amostragem dos aldeídos consiste em passar um fluxo de ar por um cartucho de polímero (Sep-Pak C-18), impregnado com uma solução ácida de 2,4 dinitrofenilhidrazina (DNPH). A amostragem de BTEX consiste em passar um fluxo de ar por um tubo de carvão ativo de leito duplo, com 100 mg de leito principal e 50 mg de leito de segurança, da SKC.

Na análise dos aldeídos a técnica utilizada foi à cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com detector de UV/VIS e DAD. Foi utilizado um cromatógrafo líquido série 1100 (Agilent) com uma bomba binária. Na análise dos BTEX a técnica foi à cromatografia gasosa de alta resolução, com detector de ionização de chama (DIC) acoplado a um espectrômetro de massas (EM). Foi utilizado um cromatógrafo gasoso (GC CP 3800 – VARIAN).

Cada amostra foi analisada por duplicata sendo a diferença sempre menor que 10%. Os brancos de campo e do laboratório foram preparados e manipulados da mesma maneira que as amostras, mas não foram conectados na bomba. Em todos os experimentos, os brancos representaram menos que 5% e foram subtraídos de todos os resultados das amostras.

Foram analisadas duas das massas cerâmicas produzidas com os resíduos e avaliada em relação à emissão gasosa em faixas de temperaturas diferentes no período de 3 horas de amostragem para cada faixa de temperatura. A primeira massa cerâmica de 100% de tijolo (100% T) foi queimada numa faixa de temperatura de 25 a 300°C, depois de 300°C a 800°C. O segundo corpo de prova composto de 40% de tijolo e 40% de micro esfera de vidro e 20% de lodo têxtil foram calcinados nas mesmas condições do primeiro.

RESULTADOS

A composição química dos resíduos de tijolos, das microesferas de vidro e do lodo têxtil são apresentadas na Tabela 1.

A composição do lodo das estações de tratamento de efluentes têxtil esta intimamente ligada ao tipo de fibra, o tipo de processo de beneficiamento utilizado pela indústria e o tipo de produtos utilizados na estação de tratamento de efluentes. O lodo é um material de baixa densidade, provavelmente em função da grande quantidade de água presente no resíduo. Apresentou um pH igual a 7,6 e percentuais de sólidos em torno de 11,7 %. Para o resíduo de tijolo observa-se um alto teor de sílica, alumina e ferro e para as microesferas de vidro um alto teor de sílica.

Tabela 1 – Composição química elementar dos resíduos de tijolo e de micro esfera de vidro e do lodo têxtil

Determinações	Resíduo de Tijolo (% em peso)	Microesferas de Vidro (% em peso)	Resíduo lodo têxtil (% em peso)
SiO ₂	53,434	90,573	9,209
Al ₂ O ₃	34,331	1,281	55,042
CaO	-	2,767	1,559
Fe ₂ O ₃	8,668	1,073	0,461
K ₂ O	1,646	0,310	0,505
MgO	0,539	0,970	0,334
Na ₂ O	-	3,025	2,079
SO ₃	-	-	12,881
P ₂ O ₅	-	-	15,924
Cl	-	-	2,004

A análise dos resíduos por difração de raios X apresentou os seguintes resultados:

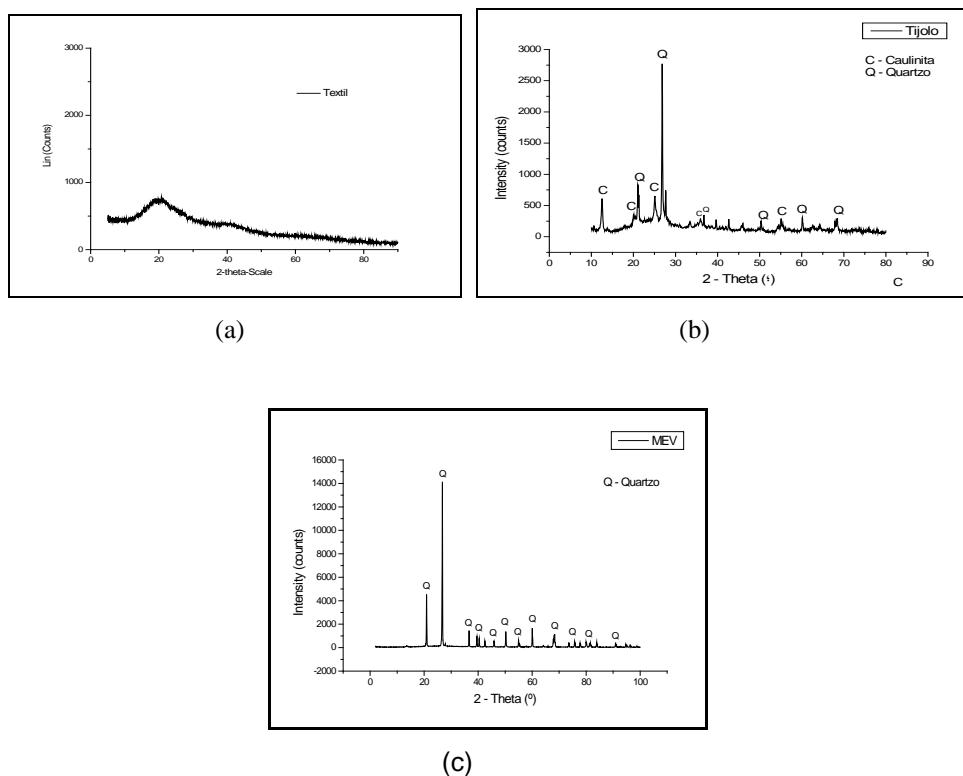


Figura 2 – Difratoograma dos resíduos: lodo têxtil (a), tijolo (b) e microesferas de vidro (c).

Baseado nos difratogramas da Figura 2 (a), (b) e (c), respectivamente, pode-se observar que o resíduo do lodo têxtil (a) mostra ser o lodo um material não cristalino e o deslocamento da linha de base observado deve-se a presença do ferro presente no lodo. O difratograma do resíduo tijolo (b) são compostos por caulinita e quartzo e as microesferas de vidro (c) por quartzo.

Em geral a queima de massas cerâmicas argilosas pode liberar concentrações apreciáveis de certos componentes gasosos como: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrogênio (NO_x) e etc. que em determinadas concentrações poluem o meio ambiente. Em função da natureza do lodo têxtil foi realizada a análise sobre possíveis compostos orgânicos que poderiam ser liberados durante a queima do material cerâmico produzido.

Os dados das emissões gasosas em relação a:

A análise dos aldeídos emitidos durante a queima dos corpos de prova pesquisados é apresentada a seguir:

Os compostos carbonílicos (CC), aldeídos e cetonas, são emitidos diretamente para atmosfera por um grande número de fontes e desempenham um papel de grande relevância na química atmosférica por resultarem da primeira fotooxidação dos hidrocarbonetos, por configurar-se a maior fonte de radicais livres e como precursores de aerossol orgânico em áreas urbanas.

Dentre os compostos carbonílicos atmosféricos, os mais abundantes são o formaldeído (HCHO) e o acetaldeído (CH_3CHO), embora exista uma fração significativa desses compostos (cerca de 10%) sob forma de propionaldeído ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$), propanona (CH_3COCH_3), acroleína ($\text{CH}_2=\text{CHCHO}$) e benzaldeído ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$), entre outros.

Os aldeídos e cetonas afetam a química atmosférica de áreas poluídas por uma série de rotas bastante complexas. O aumento da concentração desses compostos diminui o período de indução de geração do “smog” fotoquímico, devido a alta reatividade dos mesmos, além de aumentar a concentração de ozônio na troposfera, o que é indesejável. Com exceção do formaldeído, os outros compostos carbonílicos são os principais precursores de uma importante classe de poluentes secundários, os nitratos de peroxiacila (PANs) e os nitratos de peroxibenzila (PBNs), os quais são altamente irritantes para os olhos e fitotóxicos. Os compostos carbonílicos também são importantes precursores dos ácidos orgânicos atmosféricos, contribuindo assim para a chuva ácida e acidificação de lagos.

Dessa forma, os compostos carbonílicos afetam a qualidade do ar ambiente de forma direta e também indiretamente, através de suas transformações químicas, geração do “smog” fotoquímico e interação com outros poluentes.

✓ Para o corpo de prova 100% resíduo de tijolo:

Analisando o gráfico da Figura 3, pode ser verificado a presença de 8 aldeídos diferentes com uma massa total de $78,2 \mu\text{g m}^{-3}$. Sendo o formaldeído e o acetaldeído os mais abundantes, representando aproximadamente 93% da massa total obtida.

A razão em massa de [Acetaldeído/Formaldeído] foi de 0,4 indicando uma preponderância de formaldeído, emitido na atmosfera, nesta faixa de temperatura.

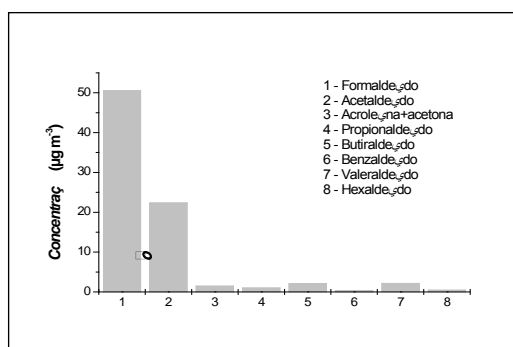


Figura 3 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima da amostra com a composição de 100% de tijolo. Faixa de temperatura de 25 a 300°C.

Para a faixa de temperatura de 300 a 800°C, verifica-se também a presença de 8 aldeídos diferentes com uma massa total de $53,9 \mu\text{g m}^{-3}$. Sendo o formaldeído e o acetaldeído os mais abundantes, representando aproximadamente 91% da massa total obtida.

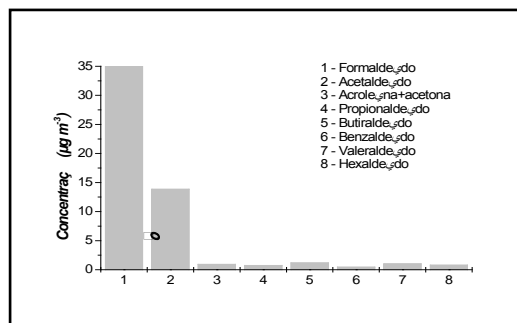


Figura 4 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima da amostra com a composição de 100% de tijolo. Faixa de temperatura de 300 a 800°C.

Apesar de a concentração total diminuir nesta faixa de temperatura, a razão em massa de [Acetaldeído/Formaldeído] continuou a mesma (0,4), indicando uma preponderância de formaldeído, emitido na atmosfera, também nesta faixa de temperatura.

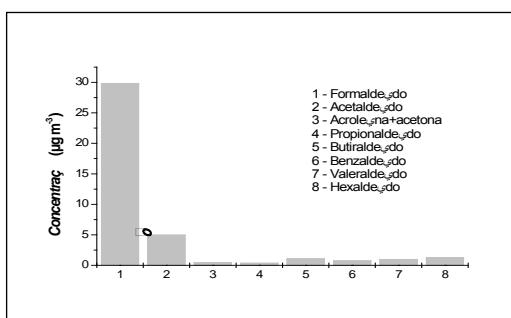


Figura 5 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima da amostra com a composição de 100% de tijolo. Faixa de temperatura de 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 5, pode ser verificado a presença de 8 aldeídos diferentes com uma massa total de 39,6 µg m⁻³. Sendo o formaldeído e o acetaldeído os mais abundantes, representando aproximadamente 88% da massa total obtida.

Nesta faixa de temperatura, a razão em massa de [Acetaldeído/Formaldeído] foi de 0,2, indicando uma preponderância de formaldeído, emitido na atmosfera, maior nesta faixa de temperatura que nas outras duas anteriores.

Pode ser observado uma diminuição (em massa) dos compostos emitidos na atmosfera quando queimamos a 800°C.

A análise global da queima do corpo de prova 100% tijolo pode ser visualizada na Figura 6.

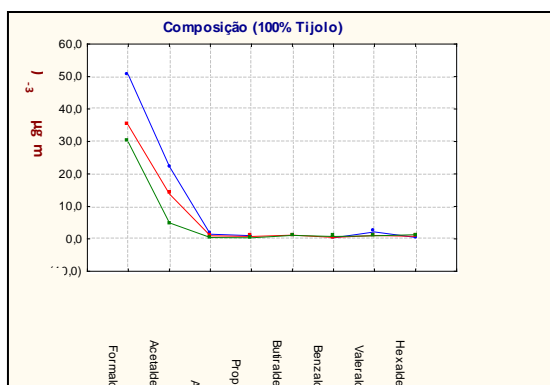


Figura 6 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima das amostras com a composição de 100% de tijolo nas faixas de temperatura de 25 a 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 6, pode ser observado que a concentração total (em massa) e as concentrações de formaldeído e acetaldeído diminuem com o aumento da faixa de temperatura. Essa diminuição se deve, provavelmente, a estes compostos serem emitidos logo no início da queima.

Os demais aldeídos apresentaram o mesmo comportamento em todas as faixas de temperatura.

As concentrações totais determinadas são, respectivamente, 78,2, 53,9 e 39,6 $\mu\text{g m}^{-3}$, sendo o formaldeído e o acetaldeído preponderantes em todas as faixas de temperatura.

As razões em massa de [Acetaldeído/Formaldeído] foram, respectivamente, 0,4, 0,4 e 0,2

- ✓ Para o corpo de prova 40% resíduo de tijolo + 40% microesfera de vidro + 20% de lodo têxtil:

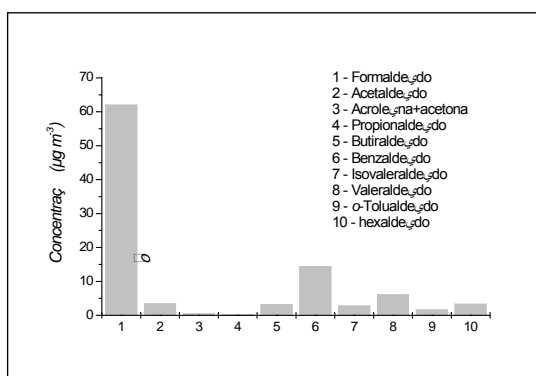


Figura 7 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima da amostra com a composição de 40% de tijolo, 40% de MEV e 20% de RT. Faixa de temperatura de 25 a 300°C.

Analisando o gráfico da Figura 7, pode ser verificado a presença de 10 aldeídos diferentes com uma massa total de 97,1 $\mu\text{g m}^{-3}$.

O formaldeído e o benzaldeído foram os compostos mais abundantes, representando, aproximadamente, 79% da massa total obtida.

As concentrações de benzaldeído e valeraldeído foram, respectivamente, 14,4 e 6,0 $\mu\text{g m}^{-3}$, maiores que a concentração de acetaldeído, 3,36 $\mu\text{g m}^{-3}$.

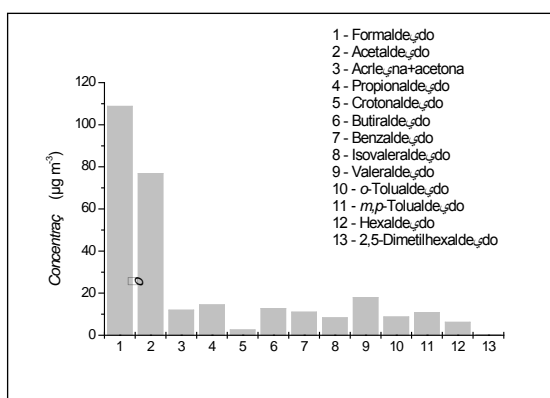


Figura 8 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima da amostra com a composição de 40% de tijolo, 40% de MEV e 20% de RT. Faixa de temperatura de 300 a 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 8, pode ser verificado a presença de 13 aldeídos diferentes com uma massa total de $290,7 \mu\text{g m}^{-3}$.

O formaldeído e o benzaldeído foram os compostos mais abundantes, representando, aproximadamente, 64% da massa total obtida.

Nesta faixa de temperatura, a razão em massa de [Acetaldeído/Formaldeído] foi de 0,7, indicando uma preponderância de formaldeído, emitido na atmosfera, mas se compararmos com as outras amostras e as diferentes faixas de temperatura esta é a maior relação, indicando, também, um aumento das emissões de acetaldeído.

Nestas amostras aparecem mais três aldeídos diferentes, o crotonaldeído, *m,p*-Tolualdeído e o 2,5-dimetilhexaldeído com as respectivas concentrações de 2,5, 10,8 e $0,3 \mu\text{g m}^{-3}$.

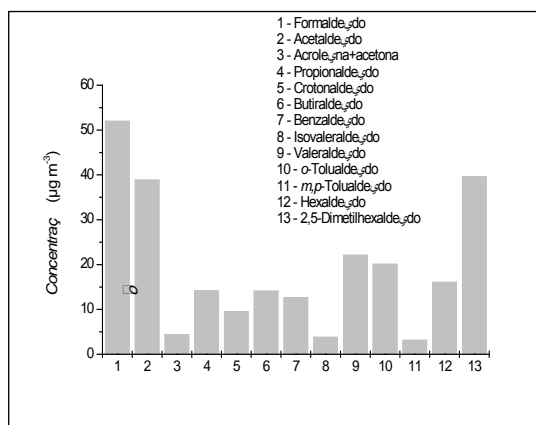


Figura 9 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima da amostra com a composição de 40% de tijolo, 40% de MEV e 20% de RT. Faixa de temperatura de 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 9, pode ser verificado a presença de 13 aldeídos diferentes com uma massa total de $250,12 \mu\text{g m}^{-3}$.

Nesta amostra, os compostos mais abundantes determinados foram o formaldeído, acetaldeído e o 2,5-dimetilhexaldeído, representando, aproximadamente, 52% da massa total obtida. Nesta faixa de temperatura, a razão em massa de [Acetaldeído/Formaldeído] foi de 0,8, indicando uma preponderância de formaldeído emitido na atmosfera. Esta relação indica, também, que a taxa de emissão do acetaldeído aumenta nesta faixa de temperatura.

Houve um grande aumento das emissões dos compostos isovaleraldeído, valeraldeído, *o*-tolualdeído, hexaldeído e o 2,5-dimetilhexaldeído.

A análise global da queima do corpo de prova 40% tijolo +40% Microesferas de vidro +20% lodo têxtil pode ser visualizada na Figura 10.

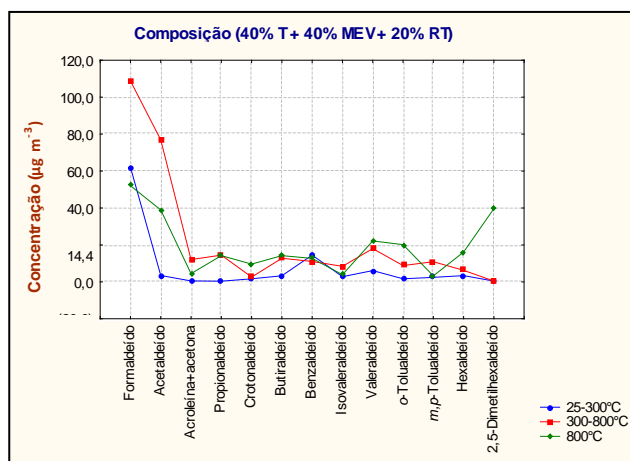


Figura 10 – Concentração média dos aldeídos identificados e quantificados na queima das amostras com a composição de 40% de tijolo, 40% MEV e 20% RT nas faixas de temperatura de 25 a 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 10, pode ser observado que a concentração total (em massa) e as concentrações de formaldeído e acetaldeído são maiores na faixa de temperatura de 300 a 800°C. Representando, aproximadamente, 64% dos aldeídos emitidos. Pode ser observado que o formaldeído, acetaldeído e a acroleína+acetona são emitidas em maiores quantidades nesta mesma faixa de temperatura.

O crotonaldeído, butiraldeído, valeraldeído, o-tolualdeído, hexaldeído e o 2,5 dimetilhexaldeído são emitidos em maiores concentrações na faixa de temperatura de 800°C.

As concentrações totais determinadas são, respectivamente, 97,1, 290,1 e 250,1 $\mu\text{g m}^{-3}$, sendo o formaldeído e o acetaldeído preponderantes em todas as faixas de temperatura.

A introdução do lodo têxtil, a mistura de sobras de tijolo e microesferas de vidro, resultou em uma elevação das concentrações dos aldeídos liberados, provavelmente devido à matéria orgânica presente no lodo.

Os hidrocarbonetos aromáticos voláteis são uma classe de compostos que incluem monoaromáticos de benzeno a alquilbenzenos com até quatro grupos alquila ligados ao anel, naftaleno, indano e seus respectivos derivados metilados. As investigações sobre a poluição de aromáticos no ar, destacam que os hidrocarbonetos aromáticos voláteis provocam danos à saúde, principalmente devido à toxicidade e/ou mutagenicidade ou carcinogenicidade. Além disso, xilenos e trimetilbenzenos estão entre os compostos orgânicos voláteis (COVs) mais reativos com relação a formação de O_3 .

O benzeno é o mais tóxico e, por isso, o poluente, entre os BTEX, para o qual foi realizado o maior número de estudos na área de saúde em ambientes ocupacionais, onde a concentração deste composto pode atingir níveis até 100 vezes superiores do que em outros ambientes. Os danos à saúde provocados pela exposição ao benzeno podem ser locais ou sistêmicos. As exposições locais ao líquido e ao vapor podem produzir irritação na pele, olhos e na parte superior do sistema respiratório. Caso o líquido seja aspirado para o pulmão, pode causar edema pulmonar e hemorragia, resultando em depressão do sistema nervoso central (SNC). Os sintomas podem ir de dor de cabeça, tontura, náusea e convulsões até coma e morte. O benzeno é classificado como cancerígeno pela *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) e pela *American Conference of Government Industrial Hygienists* (ACGIH).

A análise dos BTEX liberados na queima dos corpos de prova pesquisados pode ser visualizada a seguir:

- ✓ Para o corpo de prova 100% resíduo tijolo:

A Figura 11 apresenta os resultados da concentração média dos BTEX na composição 100% resíduos de tijolos durante o processo de queima na faixa de temperatura de 25 °C a 300°C.

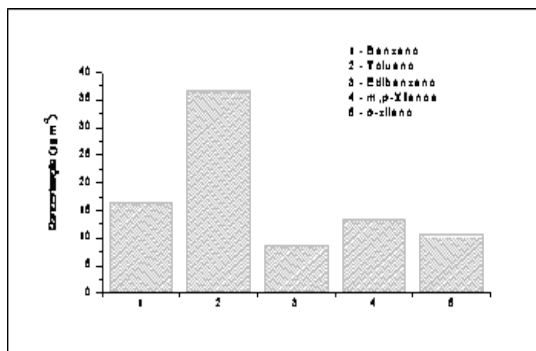


Figura 11 Concentração média de BTEX determinados na queima da amostra com a composição de 100% de tijolo. Faixa de temperatura de 25 a 300°C.

Analizando o gráfico da Figura 11, pode ser verificado a presença de todos os BTEX nesta faixa de temperatura, com uma concentração total de 85,5 $\mu\text{g m}^{-3}$.

O tolueno e o benzeno os mais abundantes e responsáveis, respectivamente, por 43% e 19% da massa total obtida. Os xilenos são responsáveis por aproximadamente 28% da massa total.

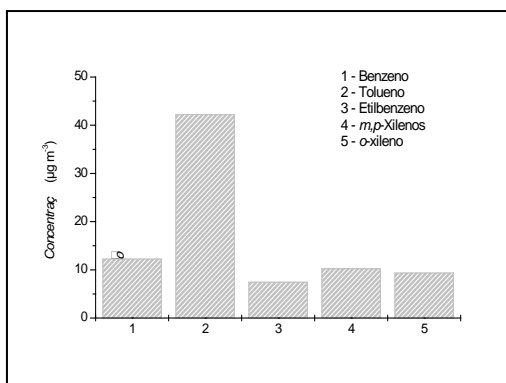


Figura 12 – Concentração média de BTEX determinados na queima da amostra com a composição de 100% de tijolo. Faixa de temperatura de 300 a 800°C.

Analizando o gráfico da Figura 12, pode ser verificado a presença de todos os BTEX nesta faixa de temperatura, com uma concentração total de 81,4 $\mu\text{g m}^{-3}$.

O tolueno e o benzeno os mais abundantes e responsáveis, respectivamente, por 52% e 15% da massa total obtida. Os xilenos são responsáveis por aproximadamente 24% da massa total obtida.

Pode ser observado que para esta faixa de temperatura, ocorre maior emissão de tolueno se comparado com a faixa de temperatura de 25 a 300°C.

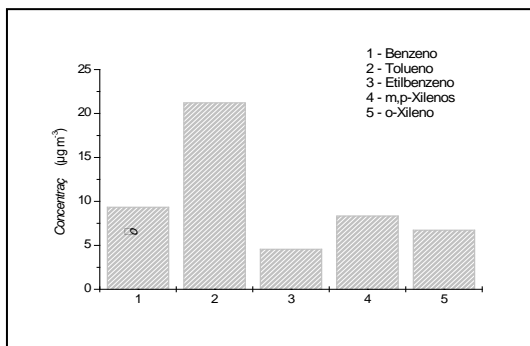


Figura 13 – Concentração média de BTEX determinados na queima da amostra com a composição de 100% de tijolo. Faixa de temperatura de 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 13, pode ser verificado a presença de todos os BTEX nesta faixa de temperatura, com uma concentração total de $50,1 \mu\text{g m}^{-3}$.

O tolueno e o benzeno os mais abundantes e responsáveis, respectivamente, por 42% e 19% da massa total obtida. Os xilenos são responsáveis por aproximadamente 30% da massa total obtida.

Pode ser observado que para esta faixa de temperatura, ocorre uma diminuição (em massa) de BTEX emitidos na atmosfera.

A análise global da queima do corpo de prova 100% tijolo pode ser visualizada na Figura 14.

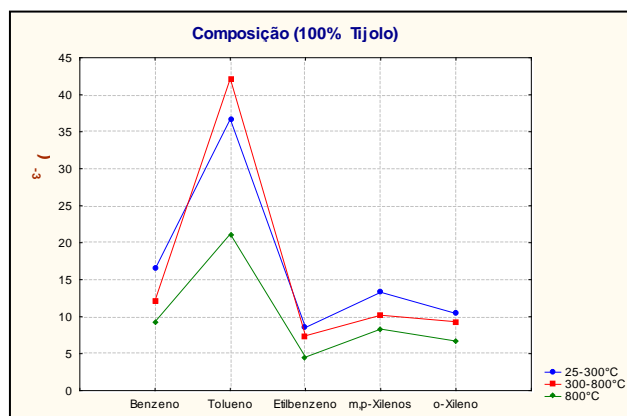


Figura 14 – Concentração média de BTEX identificados e quantificados na queima das amostras contendo 100% de resíduos de tijolos durante todo o processo de queima.

Os BTEX mostraram que: os compostos mais abundantes foram o tolueno e o benzeno e as concentrações de todos os BTEX são maiores na faixa de temperatura de 300 a 800°C. As concentrações totais determinadas na faixa de temperatura de 25-300°C, 300-800°C e 800°C foram, respectivamente, $51,5$, $104,41$ e $75,4 \mu\text{g m}^{-3}$.

Analisando o gráfico da Figura 11, pode ser observado que a concentração total (em massa) e as concentrações de benzeno, etilbenzeno e dos xilenos diminuem com o aumento da faixa de temperatura. Essa diminuição se deve, provavelmente, a estes compostos serem emitidos, em maiores quantidades, logo no início da queima.

A máxima emissão de tolueno ocorre entre 300-800°C, estando presente em maior porcentagem (em massa) em todas as faixas de temperatura seguido do benzeno.

As concentrações totais determinadas na faixa de temperatura de 25-300°C, 300-800°C e 800°C são, respectivamente, $85,5$, $81,4$ e $50,1 \mu\text{g m}^{-3}$.

✓ Para o corpo de prova 40% resíduo de tijolo + 40% microesfera de vidro + 20% de lodo têxtil

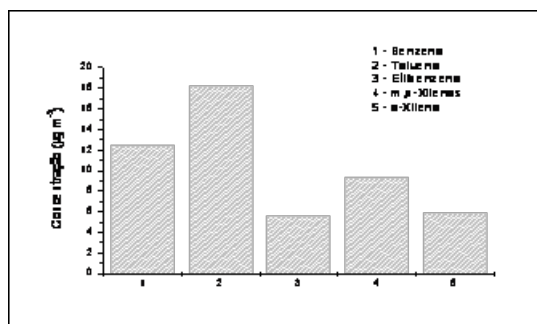


Figura 15 – Concentração média de BTEX determinados na queima da barrinha com a composição de 40% de tijolo, 40% de MEV e 20% de RT. Faixa de temperatura de 25 a 300°C.

Analisando o gráfico da Figura 15, pode ser verificado a presença de todos os BTEX nesta faixa de temperatura, com uma concentração total de $51,5 \mu\text{g m}^{-3}$

O tolueno e o benzeno são responsáveis, respectivamente, por 35% e 24% da massa total obtida. Os xilenos são responsáveis por aproximadamente 30% da massa total.

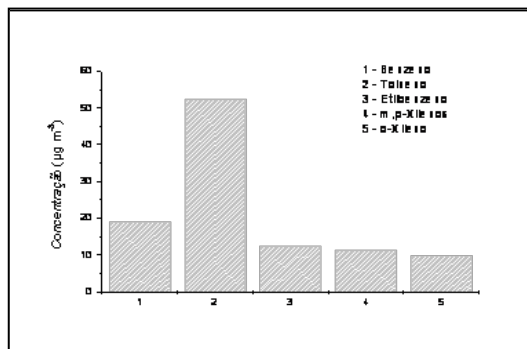


Figura 16 – Concentração média de BTEX determinados na queima da barrinha com a composição de 40% de tijolo, 40% de MEV e 20% de RT. Faixa de temperatura de 300 a 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 16, pode ser verificado a presença de todos os BTEX nesta faixa de temperatura, com uma concentração total de $104,4 \mu\text{g m}^{-3}$, aproximadamente, 100% maior que a concentração determinada na faixa de temperatura de 25 a 300°C.

O tolueno e o benzeno são responsáveis, respectivamente, por 50% e 18% da massa total obtida. Os xilenos são responsáveis por aproximadamente 20% da massa total.

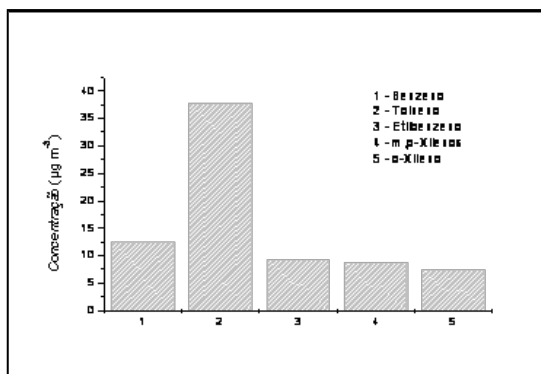


Figura 17 – Concentração média de BTEX determinados na queima da barrinha com a composição de 40% de tijolo, 40% de MEV e 20% de RT. Faixa de temperatura de 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 17, pode ser verificado a presença de todos os BTEX nesta faixa de temperatura, com uma concentração total de $75,4 \mu\text{g m}^{-3}$, aproximadamente, 45% maior que a concentração determinada na faixa de temperatura de 25 a 300°C.

O tolueno e o benzeno são responsáveis, respectivamente, por 50% e 16% da massa total obtida. Os xilenos são responsáveis por aproximadamente 21% da massa total.

A análise global da queima do corpo de prova 40% tijolo +40% Microesferas de vidro +20%lodo têxtil pode ser visualizada na Figura 18.

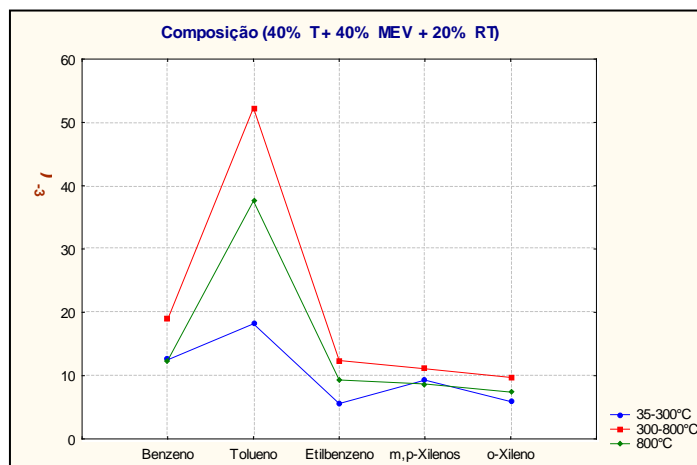


Figura 18 – Concentração média de BTEX identificados e quantificados na queima da barrinha com a composição de (40% de tijolo + 40% MEV + 20% RT) nas faixas de temperatura de 25 a 800°C.

Analisando o gráfico da Figura 18, pode ser observado que a concentração total (em massa) e as concentrações de todos os BTEX são maiores na faixa de temperatura de 300 a 800°C.

Em todas as análises, os compostos mais abundantes foram o tolueno e o benzeno.

As concentrações totais determinadas na faixa de temperatura de 25-300°C, 300-800°C e 800°C são, respectivamente, 51,5 , 104,41 e 75,4 µg m⁻³.

CONCLUSÕES

No intuito de avaliar, preliminarmente, o reaproveitamento de resíduos como fontes de matérias-primas para a produção de produto cerâmico, pode ser observado um grande número de compostos orgânicos voláteis emitidos na atmosfera durante a queima desses produtos alternativos. Atentando-nos para os limites legais de emissões atmosféricas oriundas dos fornos de aquecimento, principalmente ao que se refere à incorporação de resíduos e implementar novas medidas de controle na elaboração desse novo produto cerâmico. A introdução do lodo têxtil, a mistura de sobras de tijolo e microesferas de vidro, resultou em uma elevação das concentrações dos aldeídos liberados, provavelmente devido à matéria orgânica presente no lodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guimarães, C.S. Caracterização das emissões de compostos orgânicos voláteis na área de taxiamento de três aeroportos brasileiro. Tese (doutorado em química). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
2. NUNES, T. V.; PIO, C. A. Emission of volatile organic compounds from Portuguese eucalyptus Forest. Chemosphere: Global Change Science, Oxford, 3, 239-248, 2001.
3. Seinfeld, J. H.; Pandis, S. N. Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change. New York. John Wiley & Sons, Inc. 1998.
4. SANTOS, P.S., Ciência e Tecnologia de Argilas. Volume 1. Edgard Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1989.
5. Faria Jr. R.T.; Vargas, H.; Holanda, J.N.F.; Toledo, R.; Souza, V.P. Análise dos gases poluentes liberados durante a queima de cerâmica vermelha incorporada com lodo de estação de tratamento de água. Cerâmica, 54, 351-355, 2008.
6. U.S.EPA. Compendium Method TO-2. Method for the Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air by Carbon Molecular Sieve and Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS), Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH: 45268.
7. U.S.EPA. Compendium Method TO-11A. Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). EPA-625/R-96/010b. Cincinnati, OH: U.S. Environmental Protection Agency, 1997.