

Gases de incêndio: a coleta e análise em experimentos em escala real

Smoke and fire gases: collection and analysis techniques in full-scale systems

Cristiano Corrêa^{1*}, George Cajaty Braga², Jorge Vinícius Fernandes Cavalcanti³, Wladimir José Lopes Martins¹

RESUMO

Os gases dos incêndios são a maior causa de mortes em espaços estruturais, compartimentados, visto que as intoxicações exógenas provenientes da inalação desses constituem o principal motivo de letalidade. Contudo, pesquisas que coletem e analisem estes gases são raras, principalmente no Brasil e na América Latina. Sendo assim, esta pesquisa relata um protocolo experimental com esta finalidade: recolhimento e consequente análise dos produtos de incêndio, em escala real, visto a inexistência de norma no subcontinente latino-americano. Para isso, foram utilizadas ampolas em vidro cilíndricas, com duas torneiras nas extremidades e capacidade de 125 ml, com semi-vácuo, as quais coletaram, em diferentes tempos, gases provenientes de dois ensaios: ambiente construído em aço leve (*Steel Frame*), e o outro com paredes e teto em *drywall* (gesso acartonado), mobiliados. O processo de análise das amostras passou por cromatografia. Por fim, ainda que preliminares, os dados são alarmantes, pois o dióxido de carbono, um dos produtos perigosos de estudo, que é encontrado no ar atmosférico em percentuais médios de 0,03%, teve, no experimento, taxa 191 vezes maior.

Palavras-chave: Combate a incêndio; Experimento de incêndio; Gases de incêndio.

ABSTRACT

Fire and smoke gases are the main cause of deaths in structural or enclosed spaces, such as residences, as the exogenous intoxications originated from the inhalation of these products are the main reason for lethality. However, studies that collect and analyze these gases are scarce, especially in Brazil and Latin America. Therefore, this research reports an experimental protocol for this purpose: collection and subsequent analysis of fire products, on a real scale, given the lack of a standard in the Latin American subcontinent. In order to achieve this, cylindrical glass ampoules were used, capacity of 125 millilitres each one of them, with semi-vacuum. At different times, gases were collected from two tests: the first one with steel frame building and the other with walls and ceiling in drywall, both furnished. Primarily, the process of analyzing was based on chromatography. In conclusion, although preliminary, the data are alarming, since carbon dioxide, one of the dangerous products of the study, was found with rate of concentration 191 times higher than the average in the atmospheric air.

Keywords: Fire fighting; Fire experiment; Fire gases; Smoke gases.

¹ Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

*E-mail: cristianocorreacbmpe@gmail.com

² Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

³ Universidade Federal de Pernambuco

INTRODUÇÃO

Os gases dos incêndios são a maior causa de mortes nestes trágicos eventos, visto que as intoxicações exógenas provenientes da inalação de gases da combustão constituem o principal motivo de letalidade nessas situações. Contudo, pesquisas que colem e analisem esses gases são raras, principalmente no Brasil e na América Latina, salientado por Corrêa *et al.* (2017).

Entre os poucos registros de pesquisas experimentais com coletas de gases no território brasileiro, faz-se lembrar o ensaio desenvolvido por técnicos e pesquisadores do Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LEME/UFRGS), em que gases externos ao ambiente incendiado foram recolhidos, sendo apresentado por Lorenzi *et al.* (2013). Outra iniciativa importante é o trabalho de Hurtado e colaboradores (2013) que tratou de simulação computacional de experimento em escala real de edificação residencial popular, onde os movimentos dos gases de incêndio foram estudados em detalhes. Entretanto, em ambos trabalhos, os gases do interior das edificações populares, não foram recolhidos ou analisados.

Esta pesquisa relata um protocolo experimental com esta finalidade: recolhimento e consequente análise de gases de incêndios em escala real, visto a inexistência de norma no subcontinente latino-americano.

MÉTODO

Para os experimentos desenvolvidos, foram utilizadas ampolas em vidro cilíndricas, com duas torneiras nas extremidades e capacidade de 125 ml.

Aplicou-se, então, um semi-vácuo em cada ampola, através de uma seringa de 10 ml, a qual aspirou o conteúdo da vidraria por dez vezes sequencialmente, buscando uma pressão negativa padrão em todos os coletores. Essas ampolas foram etiquetadas e acondicionadas em bancada própria, sendo utilizadas respectivamente para aspirar os gases nos dois experimentos, como se vê, a seguir, na Figura 1.

Figura 1 - Ampolas sendo preparadas e dispostas na bancada



Fonte: os autores

Os experimentos de incêndio em escala real foram feitos com salas construídas em estrutura de aço leve (*steel frame*) e paredes e teto em *drywall* (gesso acartonado).

Devidamente mobiliada com um sofá de dois lugares e uma televisão de tela plana, estas edificações foram construídas nas instalações do Centro de Treinamento do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal - CBMDF, conforme pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Imagens das salas ensaiadas



Fonte: os autores

Uma das salas tinha o mobiliário brasileiro, e a outra possuía peças análogas fabricadas no exterior, mais especificamente nos Estados Unidos da América – EUA e Inglaterra (BRAGA *et al.* 2021).

DESENVOLVIMENTO E CONCLUSÕES

As amostras foram recolhidas em ambas as salas nos tempos: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 18 e 21 minutos após o início da chama inicial (Figura 3), sendo estas ampolas direcionadas ao Laboratório do Departamento de Investigação de Incêndios do CBMDF.

Foram ainda recolhidas réplicas das amostras (tempos 3, 5, 7, 11 e 13 minutos) na sala com o mobiliário brasileiro e levadas ao Laboratório de Estequiometria do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

As amostras provenientes da sala com mobiliário estrangeiro foram recolhidas em único lote com 10 ampolas nos tempos análogos aos da primeira sala e destinados ao laboratório do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Figura 3 - Preparação e coleta de gases



Fonte: os autores

Importante observar que o recolhimento se deu através da introdução da saliência da ampola em um pequeno orifício de aproximadamente 5 mm feito em uma das peças de *drywall* na parte central posterior da estrutura, a uma altura de 1,6 m em relação ao solo.

No procedimento, foi aberta por 2 segundos a torneira da extremidade introduzida na sala em chamas e em ato contínuo fechada. A escolha da altura baseia-se na localização das vias respiratórias de um brasileiro de estatura mediana. Após cada coleta, o pequeno furo era preenchido com um chumaço de papel aluminizado.

A seguir, pode ser vista uma pequena tabela que sintetiza os recolhimentos dos gases nos dois experimentos:

Tabela 1 - Resumo das coletas de gases de incêndio em escala real

Tempo (minutos)	Experimento 01 – Móvel Brasileira	Experimento 02 – Móvel Estrangeira
1	1 Ampola	1 Ampola
3	2 Ampolas	1 Ampola
5	2 Ampolas	1 Ampola
7	2 Ampolas	1 Ampola
9	1 Ampola	1 Ampola
11	2 Ampolas	1 Ampola
13	2 Ampolas	1 Ampola
15	1 Ampola	1 Ampola
18	1 Ampola	1 Ampola
21	1 Ampola	1 Ampola

Os gases contidos nas ampolas ainda estão sendo analisados nos dois laboratórios, conforme já relatado anteriormente, estando 15 amostras no Departamento de Investigação de Incêndio no Distrito Federal e 05 amostras no Departamento de Engenharia Química em Pernambuco.

O processo de análise das amostras vem sendo realizado através de duas técnicas diferentes: I - Coleta direta dos valores com seringa para gases, e; II - Extração com fibras SPME (*Solid Phase Micro Extraction*, com tradução livre “Microextração em Fase Sólida”). O segundo baseia-se na ausência do uso de solventes, reduzindo-se ou simplificando etapas de preparação de amostras, possibilitando cenários de menor interferência da matriz nas análises da cromatografia gasosa.

Ainda preliminarmente, visto que a pesquisa encontra-se em andamento, as amostras trazidas para Pernambuco já apresentam dados significativos em relação ao monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂), como pode ser visto na Tabela 2:

Tabela 2 - Resumo das coletas de gases de incêndio em escala real

Tempo (minutos)	Monóxido de Carbono (%)	Dióxido de Carbono (%)
3	1,60	5,87
5	1,67	5,22
7	1,65	5,33
11	1,70	5,36
13	1,71	5,75

Destaca-se que os dados preliminares dizem respeito à sala que continha mobiliário brasileiro.

Nessa análise, foi utilizada a injeção de 200 microlitros em modo *splitless*, com temperatura 40°C durante 2,5 minutos, com aquecimento de 20°C/min até 80°C, mantidos por mais 5 minutos. Coluna Porapak-N, nitrogênio como gás de arraste na vazão de 30 ml/min. O equipamento, por fim, foi o Cromatógrafo HP 5890, com detector de condutividade térmica, recentemente calibrado e inspecionado.

Ainda que preliminares, os dados são alarmantes, pois o monóxido de carbono tem uma alta afinidade com a hemoglobina, tornando-se um competidor (com muito mais atração química) do oxigênio. Assim, rapidamente através do sangue o monóxido se espalha por todos os órgãos e tecidos do corpo humano. Porém, o principal malefício dessa intoxicação é a anoxia resultante da conversão de oxiemoglobina em carboxiemoglobina (COHb), já que a afinidade da hemoglobina pelo CO é 240 vezes maior que pelo O₂, destacado por Lacerda, Leroux e Morata (2005).

A exposição ao monóxido de carbono, por certo período de tempo, à concentração de 10 ppm produzirá sinais de envenenamento, enquanto que com 100 ppm é letal para 50% da população submetida a este ambiente por alguns minutos, conforme afirmam Jachic e Jachic (2001).

O dióxido de carbono ou gás carbônico é encontrado no ar atmosférico em percentuais médios de 0,03 %. No experimento em tela, essa taxa foi 191 vezes maior que esse padrão exposto por Jachic e Jachic (2001).

Outros padrões gasosos estão sendo pesquisados, contudo no momento ainda não se tem precisão científica para divulgá-los.

Conclui-se que este protocolo pode ser um início para um estudo sistemático dos gases provenientes de incêndios na América Latina, onde são raras pesquisas de detecção gasosa na combustão de materiais de mobiliário e de construção, podendo ser replicado em outros ensaios de incêndio em escala real.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Corpos de Bombeiros Militar do Distrito Federal e Pernambuco pela possibilidade de execução dos ensaios e acompanhamento dos mesmos. Como também manifestam gratidão aos gestores e técnicos dos Laboratórios de Investigação de Incêndio do Distrito Federal e de Estequiometria da Universidade Federal de Pernambuco, pelas inúmeras análises gasosas realizadas na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, G. C. B.; CORRÊA, C.; MATOS, B. C. L. A.; ROSA, L. M.; LISBOA NETO, J. P. *INCÊNDIOS EM AMBIENTE COM MATERIAIS BRASILEIROS E ESTRANGEIROS: UM ESTUDO COMPARATIVO*. **Revista FLAMMAE**, v. 7, n.20, p. 07-29, 2021.
- CORRÊA, C.; BRAGA, G. C.; JUNIOR, J. B.; RÊGO, J. J.; TABACZENSKI, R.; PIRES, T. A. *Fire in residence in the City of Recife: An experimental study*. **ALCONPAT**, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2017.
- JACHIC, J.; JACHIC, J. *Poluição Monóxido de Carbono em Ambiente Fechado*. **Tuiuti Ciência e Cultura**, v. 25, n. 3, p. 19-41, 2001.
- HURTADO, J.P; CALDAS, R.B; RODRIGUES, F.C; MEIRA, L.O. *Simulação Computacional de um Incêndio em Edificação Residencial de Baixo Custo*. In: CONGRESSO IBERO LATINO AMERICANO SOBRE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO, 2, 2013, Coimbra. **Anais[...]** Coimbra: ALBRASCI, p. 627-635, 2013.
- LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. *Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão*. **Pró-Fono Revista de atualização científica**, v. 17, n. 3, p. 403-12, 2005.
- LORENZI, L. S.; KLEIN, D. L.; CAETANO, L. F.; SILVA FILHO, L. C. P.; RODRIGUES, E. E. C. *Avaliação do Comportamento de Edificação Habitacional construída em chapas de aço com preenchimento de poliuretano em situação de incêndio*. In: CONGRESSO IBERO LATINO AMERICANO SOBRE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO, 2, 2013, Coimbra. **Anais[...]**Coimbra: ALBRASCI, p. 617-625, 2013.

TABACZENSKI, Roberta et al. Simulação computacional de um incêndio natural compartimentado: validação com um estudo experimental. *In: 4 Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança Contra Incêndios (4º CILASCI)*, Recife-PE (Brasil). **Anais[...]** Olinda: Livro Rápido, p.253-255, 2017.

Recebido em: 10/08/2022

Aprovado em: 12/09/2022

Publicado em: 21/09/2022