



Composição Química da Poeira em Ambientes Internos e Externos de Regiões Mineradoras em Minas Gerais

Ricardo S. Gonçalves (PG)¹, Gabriela S. Caldeira (PG)², Mariana M. Lage (IC)², Bianca D. Pereira (IC)², Pedro C. Evangelista (IC)², Cláudia C. Windmoller (PQ)², Emanueli N. da Silva (PQ)¹, Louise A. Mendes (PQ)¹

¹Universidade Federal de Ouro Preto; ²Universidade Federal de Minas Gerais; [*ricardo.sg@aluno.ufop.edu.br](mailto:ricardo.sg@aluno.ufop.edu.br)

RESUMO

A mineração é uma das atividades econômicas mais relevantes para Minas Gerais, porém seus efeitos adversos, como impactos ambientais e riscos à saúde das populações circunvizinhas, não podem ser negligenciados. Um dos principais problemas associados a essa atividade é a dispersão de poeira contendo metais e metalóides, que pode resultar na inalação ou ingestão de substâncias potencialmente tóxicas. Este estudo teve como objetivo avaliar a composição química da poeira, interna externa, em residências localizadas nas proximidades de empreendimentos mineradores. Amostras foram coletadas em residências de Lobo Leite (Congonhas/MG), Itabirito (MG), Fonseca (Alvinópolis/MG) e Santa Bárbara (MG), as quais foram analisadas por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado. Os resultados preliminares indicam a presença de arsênio, chumbo, vanádio e zinco. Tais achados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade do ar e da implementação de políticas ambientais mais eficientes nesses locais.

Palavras-chave: poeira; metais, metalóides; mineração; poluição atmosférica.

Introdução

Apesar de desempenhar um papel crucial para o desenvolvimento da humanidade (1), a mineração está associada a impactos negativos como a contaminação ambiental, perda de biodiversidade e riscos sérios à saúde (2). Poeira é uma forma de descrever um material composto por uma mistura heterogênea de partículas inorgânicas e orgânicas, de 30 a 300 micrômetros de diâmetro (3), oriunda, em geral, de diversas fontes antropogênicas como mineração (3). Considerando a poeira *indoor*, aquela presente em ambientes fechados, uma parcela significativa, 35%, é de fontes externas (2). Conforme descrito por Alotaibi e colaboradores (2022) de maneira geral, as concentrações dos metais são maiores nos ambientes internos do que nos ambientes fechados (4). Esses dados, atrelado com o fato de que as pessoas passam cerca de 94% do dia em ambiente fechado evidenciam a urgência de um olhar mais rigoroso nas questões de emissão de poeira (5). A legislação brasileira sobre qualidade do ar (Resolução CONAMA 506/24) estabelece limites apenas para o chumbo, e não inclui outros metais e metalóides na avaliação da qualidade do ar (6). Isso é uma falha, pois esses elementos também podem causar impactos negativos à saúde humana. No Brasil, o custo com internações hospitalares e mortes prematuras por causa da poluição atmosférica ultrapassa US\$1,7 bilhão por ano (7). Além disso, a Organização Mundial da Saúde estima que 7 milhões de mortes prematuras ocorrem anualmente por causa dessa poluição (8). Diante disso, o trabalho buscou investigar a concentração de metais e metalóides da poeira de regiões mineradoras em Minas Gerais. Além disso, estão sendo feitos testes de bioacessibilidade gastrointestinal e em fluido pulmonar para avaliar a porção que fica disponível para absorção pelo corpo, bem como testes complementares como MEV/EDS, DRX e Mössbauer para obter informações sobre a morfologia e composição da poeira.

Experimental

Coleta das Amostras

Utilizou-se o método de varrição para a coleta das amostras, realizada pelos próprios moradores com o auxílio de trinchas, sendo o material armazenado em potes plásticos. As amostras foram identificadas de acordo com o local de coleta: POS, coletadas em superfícies de móveis; POC coletadas do chão e; POT, coletadas no telhado. a(s) última(s) letra(s) mostram as cidades onde foram coletadas, sendo Itabirito (IT), Lobo Leite (L), Fonseca (F) e Santa Bárbara (SB).

Preparo das Amostras

Para solubilizar as amostras de poeira, empregou-se o método de digestão parcial assistida por forno micro-ondas EPA 3051A. Pesaram-se 0,25 g de cada amostra em tubo de politetrafluoroetileno (PTFE) para micro-ondas. Em seguida, adicionaram-se 3 mL de ácido clorídrico e 9 mL de ácido nítrico. O aparelho foi ajustado para um programa de 5:30 min de rampa até atingir 175°C, e permanecendo a essa temperatura por 4:30 min, totalizando 10 minutos de digestão ácida. Após, foi iniciado o processo de resfriamento até a temperatura ambiente. O conteúdo obtido foi transferido para tubos de centrifuga do tipo Falcon, sendo o volume aferido para aproximadamente 25 mL. É importante ressaltar que se trabalhou com a razão m/m. As amostras foram analisadas em ICP-MS, junto com Material de Referência TILL-3 para obter as recuperações.

Resultados e Discussão

As equações da reta para as curvas analíticas de calibração foram avaliadas para cada elemento, bem como o coeficiente de determinação, cujos valores se aproximaram de 1, e os limites de quantificação (LQ). As recuperações do Material de Referência apresentaram valores de 73, 91, 72 e 70% para arsênio, chumbo, vanádio e zinco, respectivamente. Além disso, foi realizado o teste de Tukey para avaliar se há diferença significativa, a um nível de confiança de 95%, entre as médias encontradas para cada

amostra. A Tabela 1 apresenta os valores encontrados para os elementos arsênio, chumbo e zinco, além do LQ e a representação, por meio de letras sobrescritas, do teste de Tukey. Na Tabela 1, é possível ver que as amostras POSC3L, POCC3L e POTC3L (coletadas na mesma casa) apresentaram valores semelhantes, o que pode ser confirmado pelo teste de Tukey, para todos os elementos analisados. Já as amostras POCC5IT e POTC5IT apresentou diferença significativa para o elemento zinco, mesmo sendo coletadas na mesma casa, onde a amostra do chão da casa obteve valor maior. Em contrapartida, para o elemento arsênio, as amostras POCF e POTF também apresentaram valores significativamente diferentes, porém a amostra do telhado apresentou uma maior concentração. Por outro lado, para o elemento vanádio, as concentrações das amostras POCF e POTF foram diferentes, tendo a amostra externa um teor maior que a amostra interno. Já para as amostras POSSB e POCBSB, mesmo sendo *indoor*, apresentaram valores significativamente distintos, onde a superfície de móveis apresentou valor muito maior do que o chão.

Tabela 1. Concentração dos elementos (mg/kg) para os elementos arsênio, chumbo e zinco.

	As	Pb	V	Zn
POSC3L	6,25 ± 0,27 ^a	14,37 ± 0,83 ^a	34,40 ± 1,57 ^a	110 ± 6 ^a
POCC3L	6,33 ± 0,17	14,64 ± 0,25 ^a	34,45 ± 0,48 ^a	102 ± 3 ^a
POTC3L	6,09 ± 0,25	15,02 ± 0,77 ^{a, b}	37,56 ± 0,82 ^a	105 ± 3 ^a
POCC5IT	23,1 ± 2,5 ^b	29,05 ± 1,49 ^b	16,69 ± 0,10 ^b	196 ± 19 ^b
POTC5IT	22,9 ± 0,5 ^b	133,6 ± 6,0 ^c	16,16 ± 1,25 ^b	107 ± 10 ^a
POCF	1,63 ± 0,03 ^c	<5,98	12,60 ± 0,07 ^b	<20
POTF	8,80 ± 1,03 ^d	7,05 ± 0,46 ^a	47,07 ± 0,59 ^c	<20
POSSB	5,31 ± 0,22 ^a	25,12 ± 2,45 ^{a, b}	29,65 ± 1,09 ^d	115 ± 2 ^a
POCSB	5,46 ± 0,41 ^a	7,92 ± 0,38 ^a	17,12 ± 1,52 ^b	32 ± 1 ^c
LQ	0,96	5,98	1,53	20

Possíveis explicações para essas variações são: i) distância entre o centro de mineração e a casa, pois a poeira tem partículas grandes e pesadas, o que faz com que ela tenha a distância de transporte reduzido; ii) Correntes de ar: visto que a poeira é transportada pelo vento, isso influencia diretamente na quantidade de poeira, e consequentemente de metais e metaloides, para as casas; iii) Clima: uma vez que em períodos de chuva, há menores emissões de poeira do que em períodos de seca. Porém uma estiagem ou chuvas incomuns durante o período podem afetar a emissão dessas partículas. A análise morfológica por MEV de partícula coletada em Lobo Leite (POTC4L) (Figura 1) – dados gerados no Laboratório de Microscopia e Microanálises do DEGEO - revelou estrutura irregular, angulosa e com superfície rugosa, características indicativas de transporte curto e baixa abrasão.

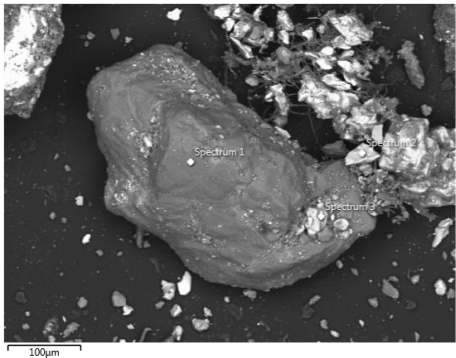


Figura 1. Imagem MEV da morfologia de partícula mineral.

Conclusões

Os resultados obtidos até o momento mostram que a poeira coletada em regiões mineradoras do Quadrilátero Ferrífero contém metais e metaloides, possivelmente influenciadas pela mineração e pela composição geológica da região. Trata-se de uma questão de saúde pública, uma vez que afeta diretamente os moradores das áreas próximas às atividades de mineração, considerando que há

evidências de que as concentrações de elementos em ambientes internos são superiores às encontradas no ambiente externo. Nesse contexto, a poeira presente em ambientes internos torna-se ainda mais perigosa, dado o maior grau de exposição dos moradores. Além disso, estão sendo realizadas testes de bioacessibilidades gastrointestinais e em fluido pulmonar para avaliar as porções disponíveis para absorção pelo corpo humano, sendo uma porção mais representativa para impacto na saúde humana. Ainda, análises como Möussbauer e DRX estão sendo realizadas para complementar o estudo de composição química e morfologia da poeira. Diante dos achados desta pesquisa, destaca-se a importância do monitoramento ambiental contínuo em áreas mineradoras, bem como a necessidade de regulamentação mais rigorosa para minimizar os impactos da poeira contaminada na saúde da população.

Agradecimentos

Agradeço à FAPEMIG, à CAPES, ao Programa de Pós-Graduação em Química PPGQUIM/UFOP, ao Departamento de Química, DEQUI/UFOP, ao Departamento de Química DQ/UFMG e ao Laboratório de Microscopia e Microanálises do Departamento de Geologia/UFOP

Referências

- IBRAM, Instituto Brasileiro De Mineração. Coletiva de imprensa: resultados 3º trimestre 2024 (3T24). IBRAM, **2024**. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2024/10/IBRAM-Coletiva-de-Imprensa-Resultados-3T24_V0.pdf . Acesso em: 28 jul. 2025.
- Shi T, Wang Y. Heavy metals in indoor dust: Spatial distribution, influencing factors, and potential health risks. *Science Of The Total Environment*. **2021**,755.
- Melymuk L, Demirtepe H, Jílková S. Indoor dust and associated chemical exposures. *Current Opinion In Environmental Science & Health*. **2020**, 15, 1-6.
- Alotaibi M, Albedair L, Alotaibi N, Elobeid M, Al-Swadi H, Alasmay Z, *et al*. Pollution Indexing and Health Risk Assessment of Heavy-Metals-Laden Indoor and Outdoor Dust in Elementary School Environments in Riyadh, Saudi Arabia. *Atmosphere*. **2022**, 13.
- Dong H, Srivastava A, Cetin K, Mitra D. Socioeconomic factors influencing residential occupancy trends during and post COVID pandemic. *Science And Technology For The Built Environment*. **2024**, 30(9), 1070-84.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024: Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. Brasília, DF: Diário Oficial da União; **2024**
- Abe K, Miraglia S. Health Impact Assessment of Air Pollution in Sao Paulo, Brazil. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*. **2016**, 13(7).
- OMS, Organização Mundial da Saúde. Ambient (outdoor) air quality and health: key facts Genebra, Suíça, **2024**. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) Acessado em 28 de jul de 2025.