

DEPOSIÇÃO DE METAIS PESADOS NO SOLO DO ENTORNO DE PLANTAS CIMENTEIRAS: UM ESTUDO DE CASO NOS MUNICÍPIOS DE ARCOS E PAINS EM MINAS GERAIS.

Gustavo Augusto Lacorte ¹

Washington Santos Silva ²

Thiago Augusto da Costa Silva ³

Marcos de Paula Júnior ³

Tecnologia Ambiental

Resumo

A indústria de cimento apresenta elevado potencial poluidor em todas as etapas de produção. Os níveis e as características das emissões dos poluentes dependem das características tecnológicas e operacionais do processo industrial, em especial, dos fornos rotativos de clínquer, da composição química e mineralógica das matérias-primas, dos combustíveis empregados e da eficiência dos sistemas de controle de emissão de poluentes instalados. Foram delineados 26 pontos de coleta das amostras de solo nas duas regiões, representando os ambientes impactados e não impactados e os ambientes urbanos e rurais nas 2 cidades. Para análise dos metais pesados foram coletados aproximadamente 2 quilos de solo em cada ponto, com profundidade entre 10 e 20 centímetros e armazenados em sacos plásticos esterilizados. As amostras foram coletadas com a utilização de um trado, o qual foi sempre lavado com álcool 70% e água destilada autoclavada, anteriormente a remoção de cada amostra. A essa análise descritiva primária dos dados foi realizado o teste de Shapiro – Wilk, para cada metal separadamente em cada planta cimenteira. O teste apresentou $p < 0,05$ para os metais alumínio, manganês e zinco, na planta CSN, alumínio, cobalto, cromo, estanho e ferro na planta CRH e alumínio, cobre, cromo, estanho, ferro e molibdênio na mineradora Carmocal. Os resultados obtidos neste estudo mostram que existe a deposição de todos os metais pesados descritos na literatura pelas respectivas plantas cimenteiras, demonstrando com isso que o processo de fabricação de cimento, apesar de toda tecnologia empregada na mesma ainda é uma importante fonte de poluição ambiental.

Palavras-chave: Metais pesados; Cobertura vegetal; Concentração; CONAMA N° 420/09; COPAM N° 166/11.

¹Prof. Dr. Gustavo Augusto Lacorte, Instituto Federal Minas Gerais - Campus Bambuí Depto. de Ciências e Linguagens, gustavo.lacorte@ifmg.edu.br

²Prof. Dr. Washington Santos Silva, Instituto Federal Minas Gerais - Campus Formiga Diretor Geral, washington.silva@ifmg.edu.br

³Alunos do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal Minas Gerais - Campus Bambuí, thacs2006@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A palavra **cimento** é originada do latim **caementu**, que designava na velha Roma espécie de pedra natural de rochedos e não esquadrejada. A origem do cimento remonta há cerca de 4.500 anos. Os imponentes monumentos do Egito antigo já utilizavam uma liga constituída por uma mistura de gesso calcinado que possuíam propriedades de endurecimento sob a ação da água. BATTAGIN (2009); CAVALCANTI (2015).

A indústria de cimento apresenta elevado potencial poluidor em todas as etapas de produção (YADEGARNIA 2019). Os níveis e as características das emissões dos poluentes dependem das características tecnológicas e operacionais do processo industrial, em especial, dos fornos rotativos de clínquer, da composição química e mineralógica das matérias-primas, dos combustíveis empregados e da eficiência dos sistemas de controle de emissão de poluentes instalados. CHEN (2015); USEPA (1996).

Objetiva-se com esse trabalho verificar a deposição de metais pesados no entorno das plantas cimenteiras das cidades de Arcos e Pains – MG, além de verificar se a presença de cobertura vegetal pode vir a diminuir a concentração de metais pesados no solo.

METODOLOGIA

Foram delineados 26 pontos de coleta das amostras de solo nas duas regiões, representando os ambientes impactados e não impactados e os ambientes urbanos e rurais nas 2 cidades da seguinte maneira: 18 amostras nas proximidades das 3 plantas cimenteiras (CSN, CRH e Mineradora Carmocal) sendo: 9 com cobertura vegetal e 9 sem cobertura vegetal; 4 amostras no perímetro urbano e rural da cidade de Arcos – MG: 2 com cobertura vegetal e 2 sem cobertura vegetal; 4 amostras no perímetro urbano e rural da cidade de Pains – MG: 2 com cobertura vegetal e 2 sem cobertura vegetal.

O motivo da escolha das cidades deve-se ao fato da proximidade entre elas e ambas possuírem plantas cimenteiras. Todas as amostras foram coletadas no mês de maio de 2019 respeitando o limite mínimo de 10 metros de distância entre os pontos de coleta para aumentar a representatividade do solo da região. Os pontos de coleta estavam localizados

em um raio de 6 quilômetros das plantas cimenteiras e os pontos urbanos e rurais em regiões das respectivas cidades com mais 20 quilômetros de distância das plantas cimenteiras, longe de sua influência. (DINIS *et al.*, 2011).

Para análise dos metais pesados foram coletados aproximadamente 2 quilos de solo em cada ponto, com profundidade entre 10 e 20 centímetros e armazenados em sacos plásticos esterilizados. As amostras foram coletadas com a utilização de um trado, o qual foi sempre lavado com álcool 70% e água destilada autoclavada, anteriormente a remoção de cada amostra. (PACCHIONI 2010 e MANDAL 2011).

As quantificações e identificações dos metais pesados foram realizadas pelo laboratório terceirizado Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA – EPP, certificado pelo INMETRO sob o número CRL0306, seguindo a metodologia de absorção atômica de chama ar-acetileno. CAMPOS (2005); CONAMA N° 420/09.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resolução CONAMA N° 420/09 versa sobre a quantidade de metais pesados encontrados no solo a nível nacional, porém a mesma não dispõe sobre os valores de referência de qualidade, deixando os mesmos a cargo de cada estado. Sendo assim o estado de Minas Gerais editou a deliberação normativa COPAM N° 166/11 com as mesmas medições de Prevenção e Investigação, incluindo, portanto, valores de referência de qualidade adotados no âmbito do estado de Minas Gerais.

Para análise da quantificação dos metais pesados nas áreas impactadas (proximidades das plantas cimenteiras) e não impactadas (nos perímetros urbanos e rurais) foi confeccionado uma tabela descritiva com todos os metais encontrados, incluindo dados estatísticos básicos como: Média, mediana, variância, desvio padrão, valores mínimos e máximos encontrados, além da profundidade de coleta conforme Tabela 1.

Metais	Média em (mg.kg⁻¹)	Mediana em (mg.kg⁻¹)	Desvio Padrão em (mg.kg⁻¹)	Medição Mínima (mg.kg⁻¹)	Medição Máxima (mg.kg⁻¹)	Profundidade (cm)
Alumínio	10.819,85	8.550,54	6.756,99	2.423,75	26.093,49	10 – 15
Cádmio	0,06	0,05	0,04	0,05	0,20	10 – 15
Chumbo	19,87	17,25	10,71	5,68	45,68	10 – 15
Cobalto	4,73	2,49	4,65	0,41	15,95	10 – 15

Cobre	10,24	9,05	7,17	3,3	41,00	10 – 15
Cromo	28,09	30,36	11,90	8,57	47,21	10 – 15
Estanho	1,50	1,515	0,71	0,44	2,79	10 – 15
Ferro	22.003,18	22.061,00	11.028,61	5.819,00	43.425,20	10 – 15
Manganês	419,78	299,37	378,17	70,39	1.504,66	10 – 15
Molibdênio	0,33	0,26	0,19	0,12	0,76	10 – 15
Níquel	4,43	3,75	2,42	1,50	12,90	10 – 15
Selênio	1,05	1,03	0,45	0,50	1,86	10 – 15
Zinco	25,11	21,65	25,30	5,00	131,40	10 – 15

Tabela 1: Análise exploratória dos dados analisados dos metais pesados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observando a tabela 1 verifica-se que a diferença entre as concentrações mínimas e máximas encontradas variaram consideravelmente, principalmente nos metais: Alumínio, Ferro, Manganês e Zinco, ambos com elevados desvio padrão.

Posteriormente a essa análise descritiva primária dos dados foi realizado o teste de Shapiro – Wilk, para cada metal separadamente em cada planta cimenteira. O teste apresentou $p < 0,05$ para os metais alumínio, manganês e zinco, na planta CSN, alumínio, cobalto, cromo, estanho e ferro na planta CRH e alumínio, cobre, cromo, estanho, ferro e molibdênio na mineradora Carmocal. os outros metais não apresentaram distribuição normal, logo $p > 0,05$.

Após essa verificação realizou-se uma análise multivariada PERMANOVA entre as áreas impactadas (planta cimenteira) e não impactadas (cidades de Arcos para CSN e CRH e cidade de Pains para mineradora Carmocal), apresentando $p < 0,05$, ou seja, existe diferença nas concentrações de metais pesados entre as plantas cimenteiras quando comparados com suas respectivas cidades.

Também foi realizada uma análise PERMANOVA para verificar se a presença de cobertura vegetal foi capaz de diminuir a concentração de metais pesados, porém o resultado foi 0,8068, não apresentando com isso diferença estatística significativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo mostram que existe a deposição de todos os metais pesados descritos na literatura pelas respectivas plantas cimenteiras, demonstrando com isso que o processo de fabricação de cimento, apesar de toda tecnologia empregada na mesma ainda é uma importante fonte de poluição ambiental. Ressalta-se que os metais

pesados não se decompõem no ambiente, acumulando-se com o passar do tempo, com isso as concentrações dos mesmos só tendem a aumentar caso uma alternativa não seja colocada em prática.

Apesar das médias das concentrações estiverem dentro do limite permitido de acordo com as resoluções CONAMA Nº 420/09 e com a deliberação normativa COPAM Nº 166/11 a crescente produção de cimento poderá aumentar significativamente as concentrações de metais com o passar do tempo caso medidas não sejam adotadas. Os resultados também demonstraram também que a cobertura vegetal não foi eficaz para redução da concentração dos metais pesados, sendo $p > 0,05$.

REFERÊNCIAS

- BATTAGIN, A. F. (2009). **Uma breve história do cimento Portland**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimentos.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **CONAMA. Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Seção 1, 20p.
- CAMPOS, Mari Lucia et al. **Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 4, p. 361-367, 2005.
- CHEN, Wei; HONG, Jinglan; XU, Changqing. **Pollutants generated by cement production in China, their impacts, and the potential for environmental improvement**. Journal of Cleaner Production, v. 103, p. 61-69, 2015.
- DINIS, M.L., Fiúza, A., Góis J., Carvalho, J.S., Castro, A.C.M. (2011). **Assessment of direct radiological risk and indirect associated toxic risks originated by Coal-Fired Power Plants**. *Radioprotection*, Vol. 46, nº 6 (2011) S137–S143, EDP Sciences, 2011.
- MANDAL, A., & Voutchkov, M. (2011). **Heavy metals in soils around the cement factory in Rockfort, Kingston, Jamaica**. International Journal of Geosciences, 2(1), 48.
- MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Nº 166, de 29 jun. 2011. Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH Nº 2, de 6 set. 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos. Disponível em: Acesso em: 11 jul. 2020.
- PACCHIONI, Ralfo Goes. **Metagenômica comparativa de solo de regiões de Mata Atlântica e Caatinga do Estado do Rio Grande do Norte-Brasil. 2010**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency (1996) **Indicators of the Environmental Impacts of Transportation, United States Environmental Protection Agency**.
- YADEGARNIA NAEINI, Firouzeh et al. Avaliação de risco ecológico de metais pesados a partir de poeira de fábricas de cimento. **Revista de Engenharia e Gerenciamento de Saúde Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 129-137, 2019.