



## COMPARAÇÃO DOS LIXIVIADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM E SEM ADESÃO DE TINTA POR MEIO DE SIMULAÇÕES EM COLUNAS DE LIXIVIAÇÃO

Júlia Fonseca Colombo Andrade<sup>1</sup>

Rodrigo Eduardo Córdoba<sup>2</sup>

Valdir Schalch<sup>3</sup>

### Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos

#### *Resumo*

The construction and demolition waste (CDW), which can be recycled as aggregates, such as concrete, bricks, tiles, and ceramics, have long been considered inert, with the potential for leachate contamination from these wastes deemed insignificant. However, studies from different countries with varied compositions of CDW have observed that they may contain components with contamination potential, although the source of these components still requires further investigation. The main objective of this study was to investigate the influence of adhesion of architectural paints on the contamination potential of leachates generated in CDW landfills through leaching column experiments, thus evaluating the scenarios for the final disposal of CDW through laboratory simulations. The proposed method involved simulating rainwater percolation in CDW landfills. The results showed that the leachate generated from both paint-adhered and paint-free samples did not exceed the maximum allowable value for human consumption according to the current potability standards for the following parameters: aluminum, cadmium, lead, apparent color, total dissolved solids, and sulfate. However, the presence of paint had an impact on the results, resulting in higher concentrations for most of the analyzed parameters, except for chromium. Leachates from CDW, whether with or without paint adhesion, have the potential to pollute or contaminate the soil and groundwater, rendering them unsuitable for human consumption. Therefore, appropriate waste management and disposal measures are necessary to mitigate these environmental risks

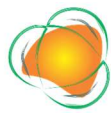
**Palavras-chave:** Aterro de resíduo da construção civil, RCC classe A, Qualidade dos Recursos Hídricos, Tintas imobiliárias.

---

<sup>1</sup>Doutoranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento– PPG-SHS, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, [juliacolombo@usp.br](mailto:juliacolombo@usp.br)

<sup>2</sup>Prof. Adjunto II no Departamento de Engenharia Civil (DECiv) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), [cordoba@ufscar.br](mailto:cordoba@ufscar.br)

<sup>3</sup>Prof. Sênior no Departamento de Hidráulica e Saneamento, na Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), [vschalch@sc.usp.br](mailto:vschalch@sc.usp.br)



## INTRODUÇÃO

No Brasil são coletados anualmente cerca de 48 milhões de toneladas de resíduos da construção civil (RCC) (ABRELPE, 2022). Ao analisar a composição gravimétrica desses resíduos em alguns municípios brasileiros (LIMA e CABRAL, 2013; LAFAYETTE et al., 2018; CÓRDOBA et al., 2019) observa-se uma predominância de resíduos classe A (BRASIL, 2002), que são aqueles que podem ser reciclados na forma de agregado, como tijolos, blocos, argamassa, concreto e resíduos de obras de infraestrutura.

A partir de julho de 2004, a Resolução Conama 307 (BRASIL, 2002) determinou que os municípios brasileiros estariam proibidos de destinar os resíduos da construção civil para aterros sanitários e áreas de "bota fora". Além disso, os RCCs classificados como classe A devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados para áreas específicas de aterro de resíduos da construção civil, de forma a permitir sua utilização ou reciclagem futura.

Apesar de a maior parte dos RCC gerados no Brasil ser passível de reciclagem, a taxa de reciclagem registrada em 2020 foi de apenas 7,06% (BRASIL, 2022). É importante salientar que, mesmo quando os RCCs são devidamente coletados e destinados de maneira ambientalmente adequada, ainda existe a possibilidade de sua disposição acarretar riscos ambientais. Isso ocorre devido à ausência de impermeabilização da base e sistemas de drenagem de líquidos percolados nos aterros de RCC, sendo exigido o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas apenas em aterros com área superior a 10.000m<sup>2</sup> e com volume de disposição superior a 10.000 m<sup>3</sup> (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a).

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos visando simular a disposição de RCC em aterros e analisar o lixiviado gerado e seu potencial de contaminação (TOWNSEND et al., 1999; CÓRDOBA e SCHALCH, 2015; SACA et al.; 2017). Os autores observaram que o lixiviado de RCC apresenta potencial de contaminação da água e do solo, sendo a composição e origem dos RCCs um dos fatores preponderantes nos seu potencial de

Realização





contaminação.

A presença de tinta imobiliárias nos RCCs pode influenciar na composição do lixiviado gerado. Laadila et al. (2022) atribuíram às tintas e madeiras tratadas como fonte de contaminação dos RCC com metais pesados. Um dos mais preocupantes é o chumbo, que foi historicamente incorporado às tintas devido suas propriedades que as tornam mais duráveis, melhoram a aderência nas superfícies e como pigmento (O'CONNOR et al.,2018).

Embora a concentração de chumbo tenha sido regulamentada no Brasil, pela Lei nº 11.762 (BRASIL,2008), que fixou um limite de 60 ppm, os RCCS podem ser gerados em obras de reforma ou demolição de edifícios mais antigos. Além disso, tintas ainda são comercializadas em dissonância com a legislação (INMETRO, 2015).

Nesse contexto, este trabalho pretende avaliar o lixiviado gerado por resíduos da construção civil classe A com e sem adesão de tinta, simulando a disposição destes resíduos em aterros de resíduos da construção civil, por meio de colunas de lixiviação.

## METODOLOGIA

### AMOSTRAGEM

De modo a evitar contaminação, amostras de resíduos de revestimento de paredes foram coletadas diretamente em obras de demolição e reforma. Foram visitadas quinze obras diferentes, sendo coletadas amostras de cerca de 6 kg, que foram armazenadas em sacos plásticos estéreis. Quando as amostras foram coletas de pilhas de resíduos, evitou-se a base e o topo, sendo coletadas de diversos pontos da pilha, seguindo as recomendações da NBR 10007 (ABNT, 2004b). No laboratório, com auxílio de um martelo envolto em plástico, as amostras foram separadas em com e sem adesão de tintas imobiliárias e posteriormente foram moídas, de modo a passar por uma peneira com abertura de 9,5 mm.

Cerca de 2 Kg de cada amostra foi separado e colocado sob uma lona plástica. O material foi misturado e a massa total foi reduzida, pelo método do quarteamento, até 6,5 Kg. A Figura 1 apresenta os passos do quarteamento até massa suficiente para encher uma coluna.

Realização





Figura 1. Passo a passo do método do quartejamento

Fonte: Autora (2023)

## COLUNAS DE LIXIVIAÇÃO

Para simular a lixiviação dos resíduos em aterro foram utilizadas seis colunas de lixiviação, sendo 3 saturadas e 3 não saturadas, desenvolvidos por Córdoba (2014), de tubo acrílico reforçado com 9 cm de diâmetro interno, 100 cm de altura e volume útil de 6,3 litros. Essas colunas possuíam as seguintes estruturas de apoio: reservatório-fonte para solução lixivante, bomba para o recalque da solução lixivante e nas colunas saturadas foram utilizadas bombas peristálticas automáticas e reservatório de armazenamento de líquidos percolados com capacidade de 1,6 litros (Figura 2)

Realização





Figura 2. Colunas de lixiviação operando.

Fonte: Autora (2023)

Nas colunas não saturadas foram instalados micro aspersores com altura regulável, a fim de gerar uma nuvem de solução lixiviante no espaço superior das colunas e simular uma chuva. A solução lixiviante utilizada foi o fluido de extração nº 2 do Método 1312 – Synthetic Precipitate Leaching Procedure (EPA, 1994), pois este é o mais indicado para ensaios de lixiviação sob condições de precipitação levemente ácidas (pH= 5,0), na qual se enquadra a área urbana de várias cidades brasileiras (MARTINS et al., 2019).

Para a determinação da quantidade de solução lixiviante utilizada em cada coluna foi realizado um balanço hídrico para o município de São Carlos-SP. Com base no balanço hídrico foi possível estimar a quantidade de chuva que infiltra no aterro (mm/ano), que representa 1.317,0 mm/ano (CÓRDOBA, 2014). Para o bombeamento da solução lixiviante, foram utilizadas bombas peristálticas com fluxo diário de 230 mL. Essas bombas peristálticas fizeram o recalque de líquido lixiviante de maneira alternada, ou seja, recalcaram aproximadamente 19 mL a cada meia hora, cuja velocidade de percolação foi aproximadamente  $4,98 \cdot 10^{-3}$  cm/s.

Cabe ressaltar que nas simulações em condições saturadas foram adotados fluxos ascendentes com pressão contínua, a fim de evitar a formação de caminhos preferenciais, e

Realização



assim garantir maior interação dos RCC com a solução lixiviante. Para o funcionamento do sistema em condições não saturadas, o fluxo adotado da solução lixiviante foi descendente. Para tanto, foram aspergidos 533 mL de solução lixiviante em dias alternados – segunda, quarta e sexta, mediante o uso de bomba elétrica de alta pressão e microaspersores

As colunas ficaram por operação durante um mês, sendo coletados amostras do lixiviado semanalmente. Para avaliar possíveis interferências do equipamento e da solução lixiviante uma coluna em condições saturadas e uma em condições não saturadas não teve material inserido, sendo o branco.

## METODOLOGIA ANALÍTICA

Os parâmetros dos lixiviados como temperatura, pH e condutividade elétrica, foram medidos e registrados *in situ*, com base em APHA et al. (2005). Os demais parâmetros foram analisados junto ao Laboratório, em consonância com APHA et al. (2005).

A metodologia analítica utilizada para análise das amostras de lixiviados, bem como os parâmetros analisados são apresentados no Quadro 1. Os resultados foram comparados com a Portaria GM/MS 888 (BRASIL,2021).

Quadro 1. Metodologia analítica utilizada para análise dos lixiviados

Parâmetro	Método	Equipamento
pH	Potenciométrico - 4500-H <sup>+</sup> B	pHmetro Bancada. Digimed Modelo: DM-22
Condutividade elétrica (mS/cm)	Condutivímetro - 2510 B	Condutivímetro Horiba – DS20
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Titulométrico	-
Sulfatos (mg/L)	Turbidimetria - 4500- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	Hach COD reactor 45600-00/Hach DR 2010 espectrofotômetro, Sulfaver4 (HACH)
Cloreto (mg/L)	Método de tiocianato mercúrico	
Fluoreto (mg/L)	Método Hach 8029	
Sólidos dissolvidos total (mg/L)	Método 8277	-
Turbidez (Ut)	Método nefelométrico- 2130 B	Turbidímetro Digimed Modelo DM-TU
Cor aparente	Comparação visual	Hellige aqua tester

Realização

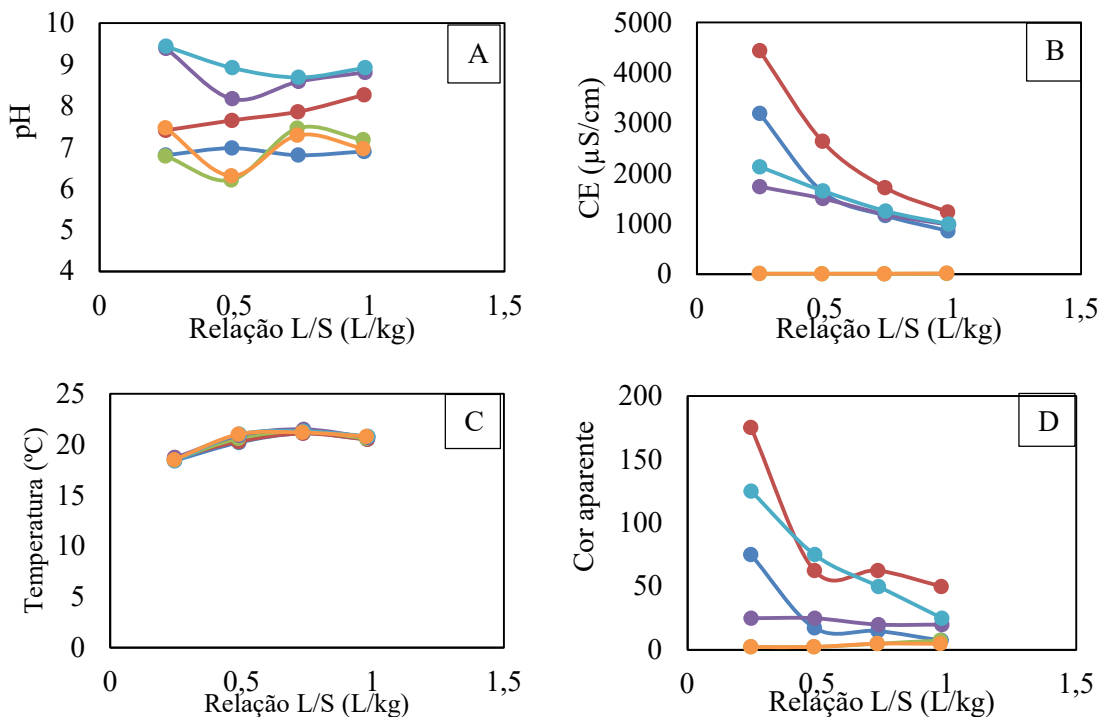


<p>Metais em solução (alumínio, cádmio, cromo, chumbo, ferro solúvel, manganês solúvel, níquel e zinco ) (mg/L)</p>	<p>Espectrometria de absorção atômica - 3111 B</p>	<p>Varian AA240 FS espectrofotômetro de absorção atômica</p>
---	--	--

Fonte: APHA et al. (2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 são apresentados os resultados dos parâmetros analisados para os lixiviados coletados nas seis colunas. Percebe-se que há uma tendência de queda para a maioria dos parâmetros e que os maiores valores encontrados são para as colunas com RCC com tinta aderida.



Realização

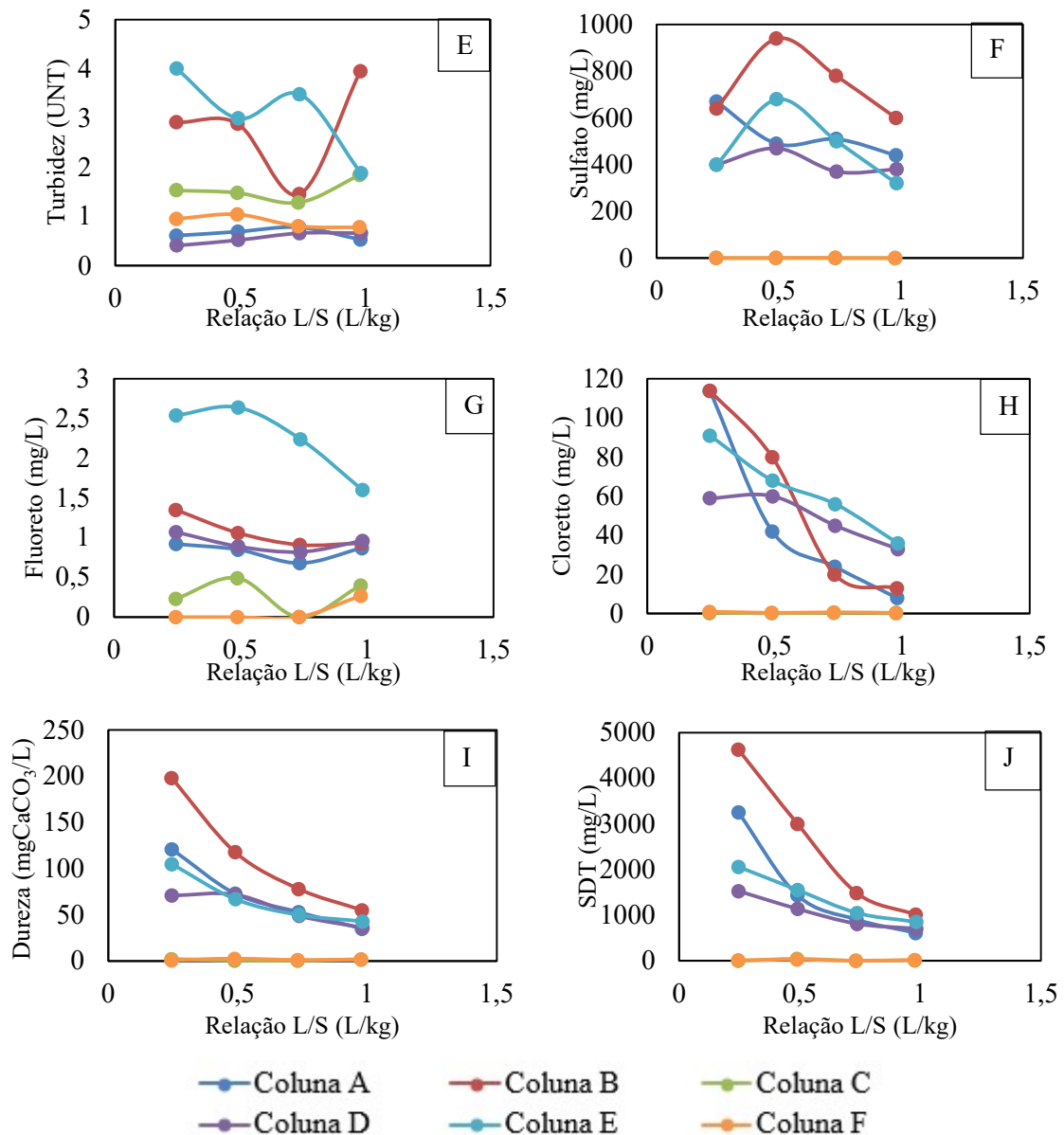


Figura 3. Valores dos parâmetros analisados ao longo do mês

A temperatura variou de 18,4°C a 20,5 °C, correspondendo à temperatura ambiente no local onde foram instaladas as colunas. Com relação ao pH, as colunas com RCC com tinta aderida apresentaram o pH levemente superior, tanto nos regimes saturados quanto insaturados, o que pode ser devido aos componentes presentes nas tintas. Por outro lado, o regime apresentou uma maior interferência nos valores de pH encontrados, variando no regime saturado de 8,17 a 9,44 enquanto nas colunas insaturadas o pH ficou mais próximo da neutralidade (6-7). O mesmo foi observado por Townsend et al. (1999), todavia o autor

Realização

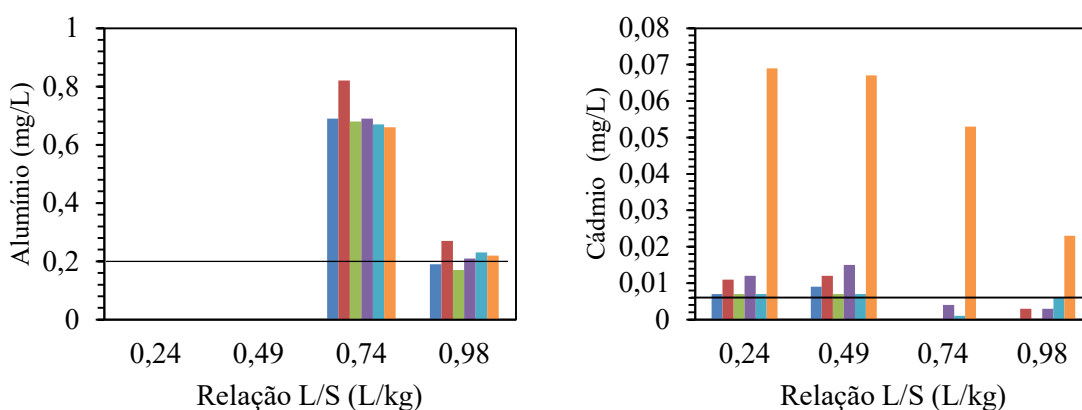




atribui isso à mudanças nas características físicas do lixiviado, já que observou uma mudança na coloração do lixiviado das colunas insaturadas, de amarelo claro para preto e um odor de sulfeto de hidrogênio, enquanto no presente trabalho isto não foi observado.

Já as colunas C e F , que são os brancos, apresentaram um pH superior a 5,00, valor esse correspondente ao pH da solução lixivante, isso se deve à solução lixivante não ser tamponada ou ainda a pequenas interferências do sistema possa ter ocorrido esse aumento de pH.

O pH, juntamente com o diâmetro das amostras de RCC, o tempo de contato e a relação Líquido/Sólido (L/S) interferem diretamente na composição do lixiviado (TOWNSEND et al.,2003;GÁLVIN et al., 2012; TIRUTA-BARNA e BARNA, 2012; MEDINA et al., 2014). Gálvin et al. (2012) analisaram os padrões de liberação de contaminantes em função da faixa de pH, entre 3,5 e 9,6 e observaram que o pH desempenha um papel crucial na solubilização dos metais estudados ( As, Ba, Cu, Ni, Se, Sb), sendo que a maior quantidade de metais foi lixiviada em valores de pH inferiores a 7. Na Figura 4 são apresentados os resultados obtidos para os metais analisados e o valor máximo permitido (VMP) em águas potáveis, segundo a Portaria GM/MS 888(BRASIL, 2021)



Realização

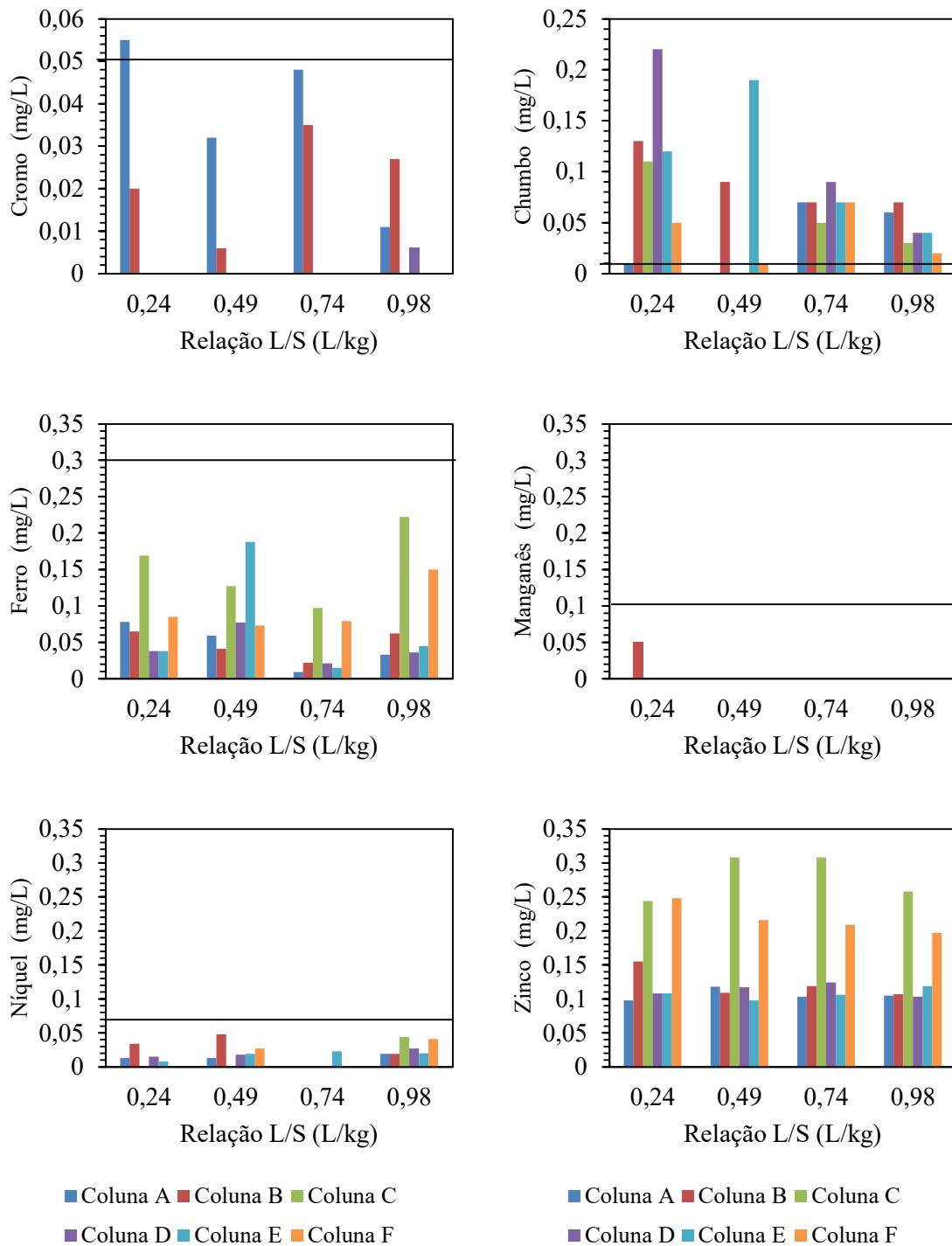


Figura 4. Concentração dos metais estudados e valor máximo permitido para potabilidade

O alumínio só foi observado no lixiviado coletado após 3 semanas de operação das colunas e apresentou concentração superior ao VMP de 0,2 mg/L em todas as colunas, até mesmo nos brancos, podendo, assim, ser advindo da solução lixiviante e não em

Realização



decorrência da liberação de alumínio das amostras de RCC. Já o ferro e o zinco foram encontrados em concentrações maiores nos brancos do que nas colunas com resíduos, tanto no regime saturado quanto insaturado. Todavia suas concentrações foram inferiores ao VMP, que é de 0,3 e 5,0 mg/L, respectivamente.

Córdoba e Schalch (2015) também observaram maiores concentrações de zinco nas colunas sem RCC, atribuindo os resultados aos mecanismos de sorção ou precipitação do zinco contido na água no interior das colunas. Segundo Coleman et al. (2005) as frações finas de resíduos de concreto podem ser um sorvente eficaz de espécies metálicas aquosas em virtude de suas fases de íons trocáveis e pH alto.

O chumbo, que foi historicamente incorporado nas tintas imobiliárias, apresentou concentrações superiores ao VMP em todas as colunas. Nas duas primeiras coletas (relação L/S igual a 0,24 e 0,49) o lixiviado dos RCC com adesão de tinta apresentaram maior concentração de chumbo, todavia nas demais coletadas, a presença da tinta não apresentou influência considerável.

Na Tabela 1 é apresentado o valor máximo encontrado para cada um dos parâmetros analisados e o VMP para águas potáveis segundo a Portaria GM/MS 888(BRASIL, 2021). É possível observar que o lixiviado das amostras com tinta imobiliárias apresentaram valores superiores em todos os parâmetros avaliados.

Tabela 1. Concentração máxima encontrada para os parâmetros analisados

Parâmetro	Amostras com tinta			Amostras sem tinta			VMP
	Valor máximo	L/S (L/kg)	Regime	Valor máximo	L/S (L/kg)	Regime	
pH	9,44	0,24	S	9,39	0,24	S	-
	8,27	0,98	NS	6,98	0,49	NS	
Condutividade (µS/cm)	2134,0	0,24	S	1739,2	0,24	S	-
	4442,0	0,24	NS	3192,0	0,24	NS	
Cor aparente	125	0,24	S	25	0,24	S	15uH
	175	0,24	NS	75	0,24	NS	
Turbidez	3,48	0,73	S	0,66	0,73	S	5 uT
	3,95	0,98	NS	0,78	0,73	NS	

Realização



Dureza	105	0,24	S	72	0,49	S	300
	198	0,24	NS	121	0,24	NS	mg/L
Sólidos dissolvidos totais	2054	0,24	S	1525	0,24	S	500
	4629	0,24	NS	3254	0,24	NS	mg/L
Sulfato	680	0,49	S	470	0,49	S	250
	940	0,49	NS	670	0,24	NS	mg/L
Cloreto	91	0,24	S	60	0,49	S	250
	114	0,24	NS	114	0,24	NS	mg/L
Fluoreto	2,64	0,49	S	1,34	0,24	S	1,5
	1,07	0,24	NS	0,92	0,24	NS	mg/L

S= colunas saturadas; NS=colunas não saturadas

Ao comparar os resultados encontrados com o VMP para potabilidade observa-se que a cor aparente, os sólidos totais dissolvidos e o sulfato foram superiores tanto nas amostras com tintas quanto sem, bem como tanto no regime saturado quanto insaturado. O sulfato é relatado como um dos parâmetros mais problemáticos, por apresentar altas concentrações nos lixiviados de RCC (BARBUDO et al., 2012; BUTERA et al., 2014), o que foi confirmado no presente trabalho. A principal fonte de sulfato são o gesso e os componentes cerâmicos presente nos RCC (BUTERA et al., 2014), todavia neste trabalho pode-se observar que a tinta também é um potencial fonte de sulfato, muito provavelmente pela utilização de sulfato de bário nas tintas. Já o fluoreto só foi superior ao VMP para a coluna com RCC com tinta e em regime saturado.

## CONCLUSÕES

Ao simular um cenário no qual todos os resíduos da construção civil dispostos em um aterro possuem tinta aderida foi possível concluir que a tinta aumenta a concentração dos parâmetros estudados. O chumbo que é um dos contaminantes mais preocupantes, apresentou maior concentração no lixiviado de RCC com adesão de tinta nas primeiras semanas, sendo recomendado maiores estudos sobre a lixiviação de chumbo e seu potencial

Realização





de contaminação. Todavia, o presente estudo apontou que existe potencial de contaminação dos lixiviados gerados em aterros de RCC Classe A tanto com quanto sem adesão de tinta, os quais podem vir a poluir ou contaminar o solo e as águas subterrâneas, e por sua vez pode inviabilizar o uso dessas águas para consumo humano.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Capes, pela bolsa de fomento. Ao Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (PPGSHS/USP). Ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (SHS/USP). Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (LabSan). Ao Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (NEPER/USP). Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (DECiv/UFSCar) e ao Laboratório Integrado de Ensino e Pesquisa em Resíduos Sólidos (LIEPRES/DCAm/UFSCar).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** . São Paulo, 2022. 64 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Washington, APHA, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes- Aterros- Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004 a . 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004b . 21 p

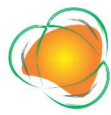
BARBUDO, A.; GÁLVIN, A.P.; AGRELA, F.; AYUSO, J.; JIMÉNEZ, J..R. Correlation analysis between sulphate content and leaching of sulphates in recycled aggregates from construction and demolition wastes. **Waste Management**, n. 32 , p.1229–1235, 2012

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente . **Resolução nº 307- Dispõe sobre gestão dos resíduos de construção civil**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2002

BRASIL .Ministério do Meio Ambiente .**Plano Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, DF, 2022

Realização





BRASIL. Portaria GM/MS nº 888. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília, DF, 2021

BRASIL. Lei nº 11.762 de 1º de agosto de 2008. Fixa o limite máximo de chumbo permitido na fabricação de tintas imobiliárias e de uso infantil e escolar, vernizes e materiais similares e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/111762.htm#:~:text=LEI](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111762.htm#:~:text=LEI)

BUTERA, S.; CHRISTENSEN, T.H.; ASTRUP, T.F. Composition and leaching of construction and demolition waste: Inorganic elements and organic compounds. **Journal of Hazardous Materials**, v. 276, p.302–311, 2014

COLEMAN, N. J.; LEE, W. E.; SLIPPER, I. J. Interactions of aqueous  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$  ions with crushed concrete fines. **Journal of Hazardous Materials**, B121, 203-213, 2005.

CÓRDOBA, R.E. **Estudo do potencial de contaminação de lixiviados gerados em aterro de resíduos da construção civil por meio de simulação em colunas de lixiviação**. São Carlos. 340f. Tese de Doutorado (EnGenharia Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014

CÓRDOBA, R.E.; SCHALCH, V. Estudo do potencial de contaminação de lixiviados gerados em aterros de resíduos da construção civil por meio de simulações em colunas de lixiviação. **Engenharia Civil UM**, n.51, p.23-36,2015

CÓRDOBA, R. E.; MARQUES NETO, J. C.; SANTIAGO, C.D.; PUGLIESI, E.; SCHALCH, V. Proposta de método alternativo para identificação da composição de resíduos de construção civil (RCC). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n.1, p.199-212, 2019

EPA. **Test Methods for Evaluating Solid waste**. U.S. EPA SW-846, Office of Solid Waste. 3ª. Edição, Washington D.C., 1994

GÁLVIN, A.P.; AYUSO, J.; JIMÉNEZ, J.R.; AGRELA, F. Comparison of batch leaching tests and influence of pH on the release of metals from construction and demolition wastes. **Waste Management**, v.32, p. 88-95, 2012

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Relatório de análise de chumbo em tintas. 23 p. 2015

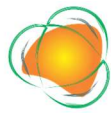
LAADILA, M.A.; LEBIHAN, Y.; CARON, R.F.; VANEECKHAUTE, C. Physical and chemical characterization of construction, renovation and demolition waste in the Quebec province. **Cleaner Waste Systems**, v.1, 2022

LAFAYETTE, K.P.V.; PAZ, D.H.F. da; HOLANDA, M.J. da O.; COSTA, L.A. R. da C. Analysis of generation and characterization of construction and demolition waste on construction sites in the city of Recife, Brazil. **Revista Matéria**, v.23, n.3, p.1-16, 2018

LIMA, A.S.; CABRAL, A.E.B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE), **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18 n.2, p.169-176, 2013

Realização





MARTINS, E.H.; NOGAROTTO, D.C.; MORTATTI, J.; POZZA, S.A. Chemical composition of rainwater in an urban area of the southeast of Brazil. **Atmospheric Pollution Research**, v. 10, n.2, p.520-530, 2019

MEDINA,C.; ZHU, W.; HOWIND, T.; ROJAS, M.I.S. de; FRÍAS, M. Influence of mixed recycled aggregate on the physical – mechanical properties of recycled concrete. **Journal of Cleaner Production**. v. 68, p. 216-225, 2014

O’CONNOR, D.; HOU, D.; YE, J.; ZHANG, Y.; OK, Y.S.; SONG, Y.; COULON, F.; PENG, T.; TIAN, L. Lead-based paint remains a major public health concern: A critical review of global production, trade, use, exposure, health risk, and implications. **Environment International**, v. 121, part 1, p.85-101, 2018

SACA, N.; DIMACHE, Al. ; RADU, L.R.; IANCU, I. Leaching behavior of same demolition waste. **Journal Mater Cycles Waste Management**, v. 19, p. 623-630, 2017

TIRUTA-BARNA, L. ; BARNA, R. Potential hazards from waste based/recycled building materials. **Toxicity of Building Materials**, In: Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. p. 391-426,2012

TOWNSEND, T.G.; JANG, Y.; THURN, L.G. Simulation of construction and demolition waste leachate. **Jornal of Environmental Engineering**, v. 125, n. 11,1999.

Realização

