

## Produção de blocos de concreto para pavimentação utilizando resíduos contendo metais pesados

## Production of concrete blocks for paving using heavy metal waste

### RESUMO

**Beatriz Sayuri Komuro**  
[beatrizkomuro@alunos.utfpr.edu.br](mailto:beatrizkomuro@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

**Mariane Borges Gheller**  
[mariane\\_gheller@hotmail.com](mailto:mariane_gheller@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

**Rodolfo Krul Tessari**  
[rtessari@utfpr.edu.br](mailto:rtessari@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

**Juliana Guerra Sgorlon**  
[julianasgorlon@utfpr.edu.br](mailto:julianasgorlon@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

Tendo em vista o destaque da indústria curtumeira no âmbito nacional e a toxicidade dos resíduos dessa indústria, o presente trabalho teve como intuito inertizar os resíduos sólidos provenientes da indústria do couro em blocos de concreto para pavimentação, buscando uma disposição ambientalmente adequada para tais resíduos, evitando assim impactos ambientais e problemas na saúde da população. Foi realizada a caracterização do resíduo, fabricação dos blocos de concreto para pavimentação adicionando-se diferentes proporções de resíduo nas peças de concreto (2,0 e 4,0%) substituindo a areia e testes de absorção e resistência a compressão após 90 dias de cura. A caracterização do resíduo demonstrou que a quantidade de cromo presente no resíduo é aproximadamente dezoito vezes maior do que o permitido pela ABNT NBR 10004, sendo então classificado como Classe I – Perigos. Os resultados mostraram que os blocos de concreto com 2,0% de substituição apresentaram resultados satisfatórios, podendo ser utilizado concreto para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, além de outras construções.

**PALAVRAS-CHAVE:** Curtume. *Pavers*. Cromo.

### ABSTRACT

In view of the prominence of the tanning industry at the national level and the toxicity of the residues of this industry, the present paper aimed to inert the solid residues from the leather industry in concrete blocks of paving, seeking an environmentally suitable disposition for such residues, thus avoiding environmental impacts and problems in the population's health. The characterization of the waste was carried out, manufacture of concrete blocks for paving by adding different proportions of waste in the concrete pieces (2,0 and 4,0%) replacing the sand and tests of absorption and resistance to compression after 90 days of cure. The characterization of the residue showed that the amount of chromium present in the residue is approximately eighteen times greater than that allowed by ABNT NBR 10004, being then classified as Class I – Hazards. The results showed that the concrete blocks with 2,0% substitution presented satisfactory results, and concrete can be used for pedestrian traffic, light vehicles and commercial vehicles, as well as other constructions.

**KEYWORDS:** Tannery. *Pavers*. Chrome.

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria do curtume é uma das grandes responsáveis pelo alto impacto ambiental. No processamento de 1 tonelada de pele salgada são produzidos apenas 200 a 250kg de couro acabados, gerando 600kg de resíduos sólidos, apresentando um baixo rendimento médio de 22,5% e possuindo um alto potencial poluidor (GANEM, 2007). Segundo Ferrari e Pacheco (2015), para a produção de uma tonelada de couro consome-se cerca de 12 a 37 metros cúbicos de água, além de gerar aproximadamente 18,70 metros cúbicos de efluentes que contém altas concentrações de DQO e DBO. Os principais responsáveis pela geração dos resíduos e efluentes líquidos são as etapas de ribeira, curtimento (wet blue) e a serragem do couro, que ocorre na etapa de acabamento (GANEN, 2007).

Sendo assim, uma vez que a indústria curtumeira possui grande importância no âmbito nacional e apresenta consideráveis quantidades de resíduos perigosos, o presente trabalho teve como intuito inertizar os resíduos sólidos provenientes da indústria do couro em blocos de concreto para pavimentação e verificação da viabilidade para a utilização na construção de calçadas, buscando uma disposição ambientalmente adequada para tais resíduos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente realizou-se a caracterização do resíduo para sua classificação quanto a sua periculosidade. Posteriormente houve a fabricação blocos de concreto para pavimentação (pavers) com diferentes quantidades de resíduo (0%; 2,0% e 4,0%) em substituição ao agregado miúdo (areia). As quantidades de matérias-primas (m/m) e a relação água/cimento (A/C) utilizados para os respectivos traços está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Traços dos blocos de concreto para pavimentação

Traço	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Resíduo (g)	Brita (Kg)	A/C
Referência 0%	1,70	2,07	-	4,00	0,40
2%	1,70	2,03	41,50	4,00	0,40
4%	1,70	1,99	83,00	4,00	0,40

Fonte: Autoria Própria (2020).

Após a produção no laboratório P001 da UTFPR câmpus Apucarana, o concreto foi transferido para o molde retangular com dimensões de (19,5x9,5x8,0) cm e foi vibrado no Peneirador Elétrico Matest, com o intuito de retirar possíveis camadas de ar ali presentes e proporcionar uma melhor distribuição, os blocos de concreto foram fabricados em triplicata de cada traço.

Após 90 dias de cura em água, devido a pandemia do COVID-19, os blocos foram submetidos a ensaios de físicos e mecânicos para a verificação da influência do resíduo junto a matriz do concreto. As metodologias utilizadas para a caracterização do resíduo foram pH e lixiviação de acordo com as normas ABNT NBR 10005 (2004) e ABNT NBR 10004 (2004), respectivamente. A caracterização dos corpos de prova deu-se por meio de ensaios de absorção de água e resistência a compressão, ambos de acordo com a norma ABNT NBT 9781 (2013). Os resultados de resistência a compressão e absorção de água foram submetidos a

análise estatística ANOVA e Teste de Tukey, com um nível de 95% de confiança para melhor confiabilidade dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUOS

O valor médio de pH para o resíduo está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – pH médio das raspas de couro.

pH médio	Desvio Padrão
4,71	± 0,017

Fonte: A autoria Própria (2020).

A análise do pH é um importante fator a ser avaliado, pois pode influenciar diretamente na lixiviação e na solubilização de metais. Em baixos valores de pH ocorre a diminuição da capacidade dos contaminantes se ligarem aos aglomerantes empregados e o aumento da solubilidade dos constituintes químicos (SGORLON, 2014). Na etapa de curtimento as peles são imersas em uma solução salina de pH ácido (AMARAL,2008), onde é efetuado o banho de píquel, em que o pH da pele e do banho varia de 2,5 a 3,0 e posteriormente ocorre a fixação do curtente com pH entre 3,8-4,0 (PEREIRA,2006). Sendo assim, como o valor determinado de pH do resíduo foi de 4,71, pode-se dizer que é um resultado aceitável, uma vez que a pele passa por tratamentos em meio ácido, é esperado um valor de pH ao redor de 4,0.

A Tabela 3 apresenta o valor da concentração de contaminante encontrados no extrato lixiviado a partir da espectroscopia de absorção atômica.

Tabela 3 – Concentração de cromo do extrato lixiviado do resíduo

Contaminante	Limite NBR 10004/2004 (mg L-1)	Resíduo curtume (mg L-1)	Desvio padrão
Cr	5,00	89,98	± 4,57

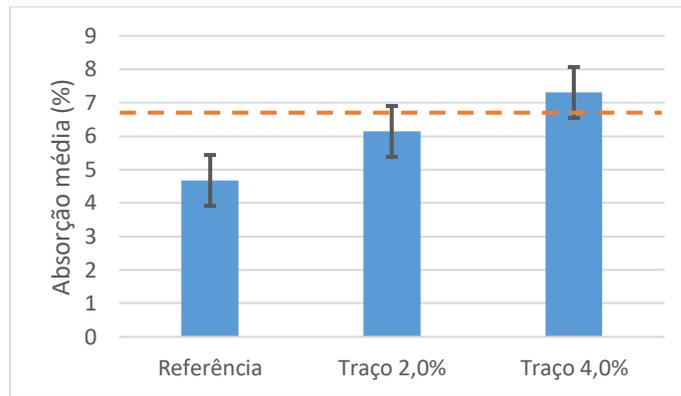
Fonte: A autoria Própria (2020).

A partir dos dados da Tabela 4 é possível verificar que a concentração de cromo no resíduo é aproximadamente 18 vezes maior do que o valor limite estabelecido pela ABNT NBR 10004 (2004), sendo então classificado como Classe I – Perigoso, podendo apresentar potenciais riscos ao meio ambiente e a saúde pública.

### CARACTERIZAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

A partir da Figura 1 é possível comparar a absorção média de água dos corpos de prova fabricados com diferentes proporções de resíduo.

Figura 1 – Comparação dos resultados médios de absorção de água das peças.



Fonte: Autoria Própria (2020).

É possível observar o aumento da absorção de água de acordo com o aumento de resíduo utilizado. Simões (2019) observa que quanto maior a quantidade de resíduo utilizado, maior será a quantidade de água absorvida, e isso se deve ao grande espaço poroso que é formado. Esses espaços não preenchidos podem vir a ocasionar perda de durabilidade e de resistência mecânica das peças (FIORITI, 2007). Para confirmar a existência de diferenças significativas entre as médias de absorção de água aplicou-se a Análise ANOVA nos dados, tal análise apresentou um Pvalor de 0,000563, ou seja, Pvalor<0,05 mostrando que há diferenças significativas entre as médias dos ensaios de absorção de água. Assim é possível afirmar que a quantidade de resíduo utilizada alterou as propriedades físicas de absorção de água dos pavers. Para verificar quais médias diferiram entre si, realizou-se o Teste de Turkey a fim de comparações de médias dos resultados.

Tabela 4<sup>1</sup>– Teste de Tukey para a absorção de água das peças fabricadas com resíduo.

Tratamento	Média (%)
Referência	4,677176 a
2% de resíduo	6,139623 b
4% de resíduo	7,305415 c

Fonte: Autoria Própria (2020).

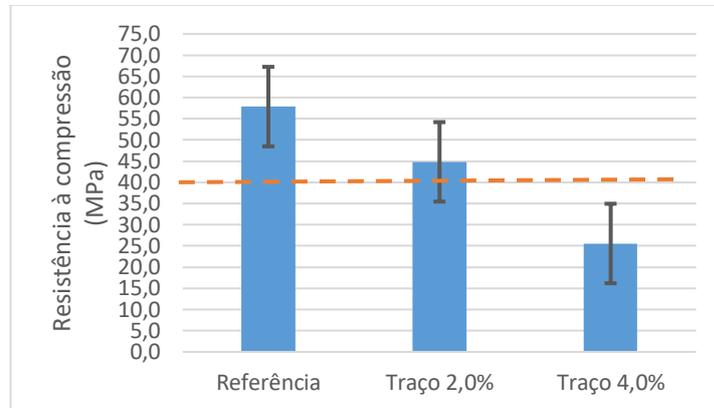
O Teste de Tukey mostra que as médias de absorção de água dos blocos referência (sem adição de resíduo) é inferior e diferente as médias de absorção de água dos blocos com adição de 2,0% e 4,0% de resíduo, e todos os blocos diferem estatisticamente entre si. Isso mostra que a adição de resíduo em substituição a areia no concreto, alterou a quantidade de água absorvida pelas peças, porém, as peças com substituição de 2% de resíduo, bem como os blocos referência mantiveram-se dentro do valor máximo para absorção de água (6%) que preconiza a norma brasileira.

## RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

A Figura 2 apresenta a comparação entre as tensões médias obtidas no teste a resistência a compressão.

Figura 2 – Comparação das tensões máximas.



Fonte: Autoria Própria (2020).

É possível observar a diminuição da resistência à compressão de acordo com o aumento da substituição do resíduo. De acordo com Pinto (2005), este comportamento ocorre devido à influência do cromo, que reage com o cimento e a formação de compostos expansivos com maior tendência a fissuras, por conta da presença do sulfato de cálcio, existente no cimento hidratado.

Neville (1995) apud Fioriti (2007) afirma que quanto maior a resistência e a massa específica dos agregados naturais utilizados para a produção de concretos, menor é a influência dos agregados sobre a resistência à compressão do concreto, uma vez que a resistência dos agregados supera a resistência da matriz. Portanto, ao se adicionar os resíduos da indústria do curtume no concreto, observa-se uma queda na resistência à compressão. É possível verificar uma redução de mais de 50% na resistência das peças com traço de 4,0% em relação ao referência.

A análise ANOVA para os resultados de resistência a compressão a um nível de confiança de 95% apresentou um Pvalor de 0,000007, ou seja, Pvalor < 0,05 mostrando que há diferenças significativas entre as médias dos ensaios. Assim é possível afirmar que a quantidade de resíduo utilizada alterou as propriedades físicas de resistência à compressão dos pavers. O teste de Tukey para as médias é apresentado na Tabela Para verificar quais médias diferem entre si, realizou-se o Teste de Turkey a fim de comparações de médias dos resultados, cujos resultados estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5<sup>2</sup> – Teste de Tukey para a resistência à compressão das peças fabricadas com resíduo

Tratamento	Média (MPa)	
Referência	60,76833	a
2% de resíduo	46,51833	b
4% de resíduo	26,7833	c

Fonte: Autoria Própria (2020).

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

O Teste de Tukey mostrou que as médias de absorção de água dos blocos referência (sem adição de resíduo) é superior e diferente as médias de absorção de água dos blocos com adição de 2,0% e 4,0% de resíduo, e todos os blocos diferem estatisticamente entre si. Isso mostra que a adição de resíduo em substituição a areia no concreto, altera a resistência à compressão dos pavers, mesmo assim, os corpos de prova com substituição de 2% de resíduo apresentaram resistência a compressão acima do valor mínimo estipulado pela norma brasileira que é de 35 MPa.

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos e das análises do mesmo, conclui-se que a aplicação das raspas de couro na fabricação dos blocos de concreto para pavimentação apresenta ser uma boa aplicação para a substituição ao agregado miúdo, uma vez que por meio dos testes de absorção e resistência à compressão os blocos de concreto com 2,0% de substituição apresentaram resultados satisfatórios, com valor de resistência a compressão de 44,83MPa e 6,14% de absorção de água, atendendo os parâmetros determinados pela ABNT NBR 9781 (2013).

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.781: Peças de concreto para pavimentação – Especificações e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.005: Procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- AMARAL, L. A. **Alternativas para o tratamento de resíduos de couro curtido ao cromo – Hidrólise enzimática e ação bacteriana**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- FERRARI, Walter Alves; PACHECO, José Wagner Faria. **Guia Técnico Ambiental de Curtumes**. 2. ed. São Paulo: Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2015. 128 p.
- FIORITI, Cesar Fabiano. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneu como material alternativo**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PEREIRA, S.V. **Obtenção de cromato de sódio a partir das cinzas de incineração de resíduos de couro do setor calçadista visando à produção de sulfato básico de cromo.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PINTO, Carolina Afonso. **Estudo da estabilização por solidificação de resíduos contendo metais pesados.** 2005. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

GANEM, Roseli Senna. **Curtumes: aspectos ambientais.** 2007. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/>. Acesso em: 8 mar. 2019.

SGORLON, J. G. **Utilização de Resíduos da Indústria Galvanotécnica no Desenvolvimento e Fabricação de Blocos de concreto Para Pavimentação Intertravada.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

SIMÕES, V. N. et al. **Avaliação da integridade e durabilidade de matriz de cimento contendo lodo de curtume.** Revista eletrônica de materiais e processos, v. 14, n. 1, p. 19-23, abr. 2019.