

Produção de concreto com adição de embalagens cartonadas recicladas

Este trabalho aborda a utilização de tiras de embalagens cartonadas como adição para concreto. Para avaliar a influência da adição das tiras sobre as características do concreto, foram estudados traços contendo adição de 3%, 5% e 9% de tiras de embalagens cartonadas, em relação à massa do cimento. Os corpos de prova foram confeccionados em triplicatas, e curados por 28 dias. Ao longo do processo de cura, foram avaliados aos 7, 21 e 28 dias, para ensaio de resistência à compressão e ensaio de abatimento de tronco de cone. Os resultados mostraram que a adição de tiras de embalagens cartonadas diminui a resistência à compressão do concreto, e aumenta a porosidade do material. Desta forma, os resultados apontam que a adição de resíduos de embalagens cartonadas é uma alternativa para destinação destes resíduos, dentro do conceito de economia circular, apresentando um potencial de aplicabilidade do material poroso em áreas de absorção de água.

Palavras-chave: Concreto; Embalagem cartonada; Reciclagem; Economia circular.

Production of concrete with the addition of recycled carton packaging

This work addresses the use of strips of carton packs as an addition to concrete. To evaluate the influence of the addition of strips on the characteristics of the concrete, traces containing the addition of 3%, 5% and 9% of strips from carton packs were studied, in relation to the cement mass. The specimens were made in triplicate and cured for 28 days. Throughout the curing process, they were evaluated at 7, 21 and 28 days, for compressive strength testing and cone slump test. The results showed that the addition of strips of carton packs decreases the compressive strength of concrete, and increases the porosity of the material. In this way, the results indicate that the addition of waste from carton packaging is an alternative for the destination of this waste, within the concept of circular economy, presenting a potential for applicability of the porous material in areas of water absorption.

Keywords: Concrete; Carton packaging; Recycling; Circular economy.

Topic: **Engenharia Ambiental**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **24/06/2022**

Approved: **06/10/2022**

William Michelin 
Universidade do Contestado, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1915524637784633>
<http://orcid.org/0000-0003-0713-0150>
eng.williammichelon@gmail.com

Bruno Luiz Martinazzo Possamai 
Universidade do Contestado, Brasil
<http://orcid.org/0000-0003-3136-175X>
engpossamai@hotmail.com

Denilson Lorenzatto 
Universidade do Contestado, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3741011810065791>
<http://orcid.org/0000-0001-5476-6878>
delorenzatto@hotmail.com

Aline Viancelli 
Universidade do Contestado, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1177756678285550>
<http://orcid.org/0000-0003-1654-6510>
alinevortoli@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2237-9290.2022.002.0005

Referencing this:

MICHELON, W.; POSSAMAI, B. L. M.; LORENZATTO, D.; VIANCELLI, A..
Produção de concreto com adição de embalagens cartonadas
recicladas. **Natural Resources**, v.12, n.2, p.47-53, 2022. DOI:
<http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2022.002.0005>

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional gera uma demanda cada vez maior por alimentos. Muitas vezes, estes alimentos precisam ser transportados por grandes distâncias até chegar ao consumidor final, e desta maneira são preparados e embalados de forma a manter a qualidade do produto. Neste sentido, o uso de uma embalagem asséptica estende o prazo de validade de vários alimentos, como por exemplo as bebidas, que se mantêm estáveis (em sua qualidade) por mais de 6 meses (MARSH et al., 2007). Na União Europeia são embalados diariamente cerca de 70.000.000 L de bebidas como sucos e leite nestas embalagens assépticas (MROZINSKI, 2009), e em 2014 mais de 179 milhões de embalagens foram vendidas em todo o mundo (MA, 2018).

As embalagens assépticas geralmente são formadas por seis camadas de três materiais: papel duplex de fibra longa, polietileno de baixa densidade e alumínio, com cerca de 75, 20 e 5 (%) em peso total da embalagem, respectivamente (MOURAD et al., 2008). Uma vez usadas as embalagens são consideradas resíduos sólidos (VARŽINSKAS et al., 2012), e podem ser tratadas de três maneiras: recicladas, despejadas em aterros sanitários, ou incineradas para recuperação de energia (MOURAD et al., 2008). Nesse sentido, novas tecnologias para reciclagem e reuso de embalagens cartonadas vem sendo desenvolvidas e testadas (REGATTIERI et al., 2018).

Paralelo a este cenário, outra área vem crescendo e demandando pesquisas: o uso de concreto em construções (JUNG et al., 2015). O concreto consiste em um agregado de partículas mantidas juntas por um ligante; o ligante mais comumente usados é o cimento Portland misturado com água (MOREIRA et al., 2016). O concreto tradicional apresenta algumas fragilidades, principalmente em termos de baixa resistência à tração, ductilidade, absorção de energia, resistência à fissuração e fissuração por retração (KIM et al., 2010). Para superar esses problemas, a mistura de concreto passou a ser integrada a diferentes tipos de materiais, com especial interesse em materiais reciclados de outros processos (FOTI, 2013). A indústria do concreto, ao utilizar materiais reciclados, contribui para a redução do impacto ambiental, melhorando o fluxos e disposição de resíduos em aterros. Além disso, o uso de resíduos para a produção de concretos apoia as estratégias de fechamento de ciclo para a implementação de práticas de economia circular (MERLI et al., 2018). A utilização de subprodutos e resíduos como insumos para reforço de concreto, pode agregar valor aos resíduos, contribuindo para a criação de novas oportunidades de negócios (MACARTHUR et al., 2013).

Deste ponto de vista, a reciclagem e o reaproveitamento de resíduos podem ser adaptados com sucesso à indústria do concreto, gerando alternativas de matéria-prima (TURK et al., 2015). Desta maneira, as embalagens cartonadas podem ser reutilizadas como matéria-prima para diferentes materiais como concreto polimérico (LÓPEZ et al., 2015), asfalto poroso (VALERI et al., 2018), painéis compostos (BEKHTA et al., 2016) materiais de isolamento térmico (HASSANIN et al., 2018) e compostos termoplásticos retardadores de chama (CRAVERO et al., 2020).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades física e mecânica de concretos produzidos com adição de embalagens cartonadas recicladas, integrando no contexto de economia circular.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da matéria-prima

As embalagens cartonadas foram obtidas a partir de doações da comunidade. Posteriormente foram higienizadas e cortadas manualmente, afim de obter-se tiras com larguras aproximadas de macro fibras industrializadas de polipropileno (0,20 cm x 6,00 cm) (Figura 1). Por conta do *layout* das embalagens, a parte superior e fundo não puderam ser utilizadas, sendo então descartadas, totalizando uma área aproveitável de 525 cm², representando 83% da embalagem.



Figura 1: Produção das tiras de embalagens cartonadas para aplicação em reforço de concreto.

Materiais e propriedades dos agregados

Para a produção do concreto foi utilizado cimento Portland CP V ARI. Como agregado miúdo utilizou-se areia quartzosa de rio, cuja massa específica foi determinada de acordo com a NBR NM 52 (ABNT, 2009). A caracterização granulométrica foi realizada segundo a norma NBR 248 (ABNT, 2003). O agregado graúdo utilizado foi brita nº 01, classificada conforme a norma NBR 248 (ABNT, 2003). Utilizou-se aditivo plastificante multifuncional de pega normal, adotando proporção de 0,6% em relação ao peso do cimento.

Preparação de espécimes

A dosagem experimental adotada para o trabalho foi o IPT/EPUSP, cujo teor ideal de argamassa de 53%, com relação A/C (água/cimento) para o traço igual à 0,53, para classe de consistência S50. A classe S50 foi estimada como abatimento inicial e posterior ajuste de fluidez com aditivo multifuncional. Foram reproduzidos três traços, conforme a Tabela 1. A produção foi feita através de betoneira convencional 120L. Após foram adicionadas diferentes proporções de tiras de embalagens cartonadas, conforme descrito na Tabela 1. Os corpos de prova cilíndricos foram curados por 28 dias, sendo amostrados e testados após 7, 12 e 28 dias de cura.

Tabela 1: Massa de materiais para cada traço submetido aos testes.

Composição	Traço Controle (kg)	Traço 1 (kg)	Traço 2 (kg)	Traço 3 (kg)
C cimento	6,01	6,01	6,01	6,01
C areia	6,73	6,73	6,73	6,73
C brita 0	7,44	7,44	7,44	7,44

C brita 1	10,83	10,83	10,83	10,83
C água	2,83	2,83	3,27	4,27
Tiras	0,00	0,18	0,301	0,541

Ensaio mecânicos

O ensaio de abatimento de tronco de cone foi realizado utilizando molde com aletas, haste de compactação, placa base e trena. A avaliação da resistência à compressão de corpos de prova de concreto com ou sem tiras de embalagens cartonadas foi determinada pela ruptura dos corpos de prova, realizada em máquina de ensaio Universal modelo 70-S17C2, de acordo com a norma brasileira NBR 5739 (ABNT, 2007). Amostras de concreto foram testadas após 7, 21 e 28 dias de cura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de abatimento de tronco de cone

Os resultados do ensaio de abatimento de tronco de cone estão apresentados na Figura 2. Para o traço controle, observa-se um abatimento foi maior, resultado em um concreto mais plástico, com maior facilidade de ser moldado. Conforme a proporção de tiras de embalagens foi aumentando, a coesão entre os materiais na betoneira foi diminuindo, tornando-se necessária a adição de mais água. Comparando os traços 3 e 1, os resultados de abatimento foram similares, mostrando que para o valor de 9% de adição (traço 3), o abatimento é o mesmo que com 3% de adição (traço 1). Neste aspecto, a aplicação de 3% de tiras cartonadas é mais vantajosa, pois necessita de menos água para coesão e menos material.

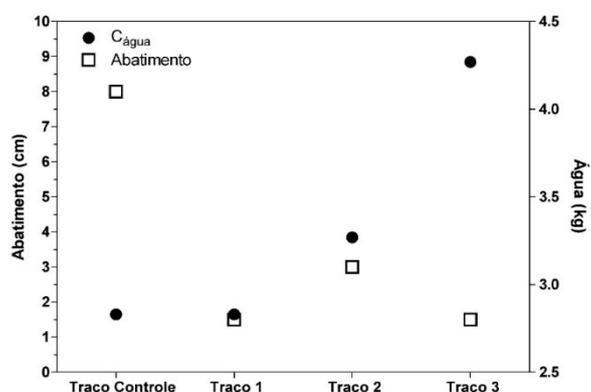


Figura 2: Abatimento em relação a água e adição de tiras.

Ensaio de resistência à compressão

A Figura 3 apresenta exemplares de corpos de prova moldados no presente estudo. Observa-se que, com o aumento da proporção de tiras de embalagens adicionadas ao concreto, há um aumento da porosidade dos corpos de prova. Essa redução da porosidade reflete na diminuição da aglutinação dos materiais. Os corpos de prova controle apresentaram uma massa média de 3,900 kg, enquanto que os corpos de prova com maior teor de tiras de embalagens (9%) apresentaram massa média de 3,200 kg, representando uma redução de 18% de massa.

O aumento da porosidade é uma característica interessante caso este concreto seja utilizado em

construções e alternativas que busquem o transpasse de água, como uma pavimentação drenante. Essas soluções são importantes em áreas com chuvas intensas, onde a implementação de um pavimento com essas características ajudará no escoamento do excesso de água, evitando situações como alagamentos.



Figura 3: Comparação do aspecto visual dos corpos de prova. a) traço controle; b) traço 1; c) traço 2; d) traço 3.

A Figura 4 apresenta os resultados referentes aos testes de resistência à compressão. De modo geral, observa-se que a resistência aumenta ao longo dos 28 dias de cura. No entanto, quanto maior a proporção de tiras de embalagens adicionadas, menor é a resistência do concreto. A resistência a compressão nos ensaios realizados após 7 dias de cura apresentou diferença significativa em relação ao traço controle, porém, sem diferença significativa entre os demais traços. Para os resultados obtidos após 21 dias de cura, observou-se diferença significativa entre o traço controle e os demais traços. Observou-se também uma diferença significativa entre os traços 1 em comparação os traços 2 e 3. Após 28 dias de cura, observa-se diferença estatística entre todos os traços avaliados. Barrera et al. (2015) avaliaram a influência da incorporação de resíduos de embalagens na resistência à compressão de concreto, e reportaram resultados semelhantes ao deste estudo, onde o aumento da porcentagem de resíduos leva a diminuição da resistência do concreto.

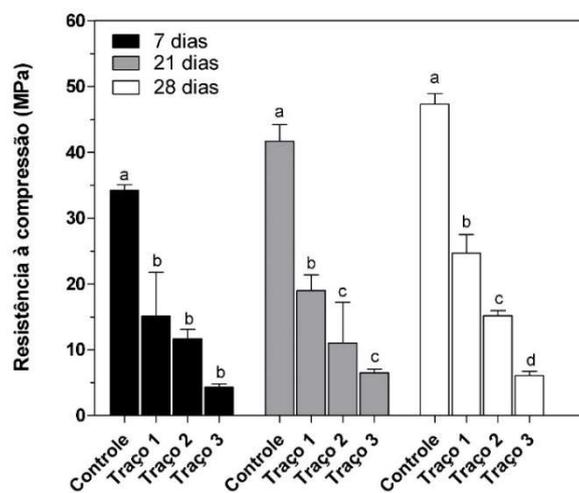


Figura 4: Resistência à compressão do concreto dos diferentes traços estudados.

Tais reduções nos valores podem ser explicadas pela relação água-cimento (a/c). Os resíduos de embalagens apresentam natureza hidrofóbica e assim mais volume de água está disponível para interagir na superfície dos materiais não hidratados de partículas de cimento. Desta forma, obtém-se uma fraca adesão interfacial entre os resíduos e as partículas de cimento hidratado; em consequência, observa-se uma redução

nos valores de resistência à compressão (BARRERA et al., 2015).

Vale destacar que um concreto com resistência a compressão igual a 20 MPa não é de uso permitido pela NBR 6118 (ABNT, 2007) em aplicações estruturais, uma vez que o mínimo preconizado é de 20 MPa. Por outro lado, a NBR 15116 (ABNT, 2004) prevê a utilização de agregados reciclados sem fins estruturais, e os concretos de 20 MPa seriam uma excelente opção para essas aplicações (PEREIRA et al., 2012). Como as possibilidades reportadas no presente estudo.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstra a possibilidade de reuso de tiras de embalagens cartonadas como material incorporado ao concreto, em diferentes porcentagens. Os resultados demonstram uma redução da resistência à compressão, porém com aumento da porosidade. Adições de 3% de resíduos não acarretam aumento do volume de água utilizado para confecção do concreto. O aumento da porosidade permite a confecção de concretos para uso com o objetivo de transpasse de água, minimizando riscos de alagamentos.

Além dos pontos indicados, a possibilidade da utilização de um material que após seu uso convencional é destinado ao descarte torna-se interessante, por ser uma oportunidade de viabilidade econômica e uma destinação útil, já que seu destino final na maioria das vezes não é a reciclagem e sim, aterros com materiais orgânicos ou depositado no meio ambiente.

Ao utilizar 83% da estrutura das caixas como adição, levando em consideração que 71% do montante deste material é descartado, chegando a casa de 150 mil toneladas, seria possível utilizar deste valor, aproximadamente 124 mil toneladas de caixas cartonadas como adição ao concreto.

AGRADECIMENTOS: À Bolsa Pesquisa UniEdu, ART 171 FUMDES.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15116:2004:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5739:2007:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118:2003:** Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 248:2003:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 52:2009:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT.

BARRERA, G. M.; DÍAZ, C. E. B.; YAÑEZ, E. C.; GUERRERO, V.

V.; SANTIAGO, E. V.; CÓRDOBA, L. Á.; LÓPEZ, M. M.. Waste cellulose from Tetra Pak packages as reinforcement of cement concrete. **Advances in Materials Science and Engineering**, v.2015, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1155/2015/682926>

BEKHTA, P.; LYUTYY, P.; HIZIROGLU, S.; ORTYNSKA, G.. Properties of composite panels made from Tetra-Pak and polyethylene waste material. **Journal of Polymers and the Environment**, v.24, n.2, p.159-165, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10924-016-0758-7>

CRAVERO, F.; FRACHE, A.. Improving Fire Performances of PEAL: More Second-Life Options for Recycled Tetra Pak®. **Polymers**, v.12, n.10, p.2357, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/polym12102357>

FOTI, D.. Use of recycled waste pet bottles fibers for the reinforcement of concrete. **Composite Structures**, v.96, p.396-404, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compstruct.2012.09.019>

HASSANIN, A. H.; CANDAN, Z.; DEMIRKIR, C.; HAMOUDA, T.. Thermal insulation properties of hybrid textile reinforced

biocomposites from food packaging waste. **Journal of Industrial Textiles**, v.47, n.6, p.1024-1037, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1177/1528083716657820>

JUNG, K. C.; ROH, I. T.; CHANG, S. H.. Stress analysis of runway repaired using compliant polymer concretes with consideration of cure shrinkage. **Composite Structures**, v.119, p.13-23, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compstruct.2014.08.026>

KIM, S. B.; YI, N. H.; KIM, H. Y.; KIM, J. H. J.; SONG, Y. C.. Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. **Cement and Concrete Composites**, v.32, n.3, p.232-240, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.11.002>

LÓPEZ, M. M.; BARRERA, G. M.; DÍAZ, C. B.; NÚÑEZ, F. U.; BROSTOW, W.. Waste materials from Tetra Pak packages as reinforcement of polymer concrete. **International Journal of Polymer Science**, v.2015, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1155/2015/763917>

MA, Y.. Changing Tetra Pak: from waste to resource. **Science Progress**, v.101, n.2, p.161-170, 2018. DOI: <http://doi.org/10.3184/003685018X15215434299329>

MACARTHUR, E.. Towards the circular economy. **Journal of Industrial Ecology**, v.2, p.23-44, 2013.

MARSH, K.; BUGUSU, B.. Food packaging: roles, materials, and environmental issues. **Journal of food science**, v.72, n.3, p.R39-R55, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>

MERLI, R.; PREZIOSI, M.; ACAMPORA, A.. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.178, p.703-722, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>

MOREIRA, G. C.; REIS, J. M. L.; ROHAN, U.; SOARES, C. A. P.; MATTOS, H. S. C.. Effect of fiber reinforcement on mixed-

mode fracture of polymer mortars. **Composite Structures**, v.141, p.179-183, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.01.059>

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E.; VILELA, G. B.; VON ZUBEN, F.. Influence of recycling rate increase of aseptic carton for long-life milk on GWP reduction. **Resources, Conservation and Recycling**, v.52, n.4, p.678-689, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.09.001>

MROZIŃSKI, A.. Recycling of combined packages. **Ekologia i Technika**, v.17, n.6, p.281-285, 2009.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H. F.; LEVY, S. M.. Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica. **Ambiente Construído**, v.12, p.125-134, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1678-86212012000300009>

REGATTIERI, A.; GAMBERI, M.; BORTOLINI, M.; PIANA, F.. Innovative solutions for reusing packaging waste materials in humanitarian logistics. **Sustainability**, v.10, n.5, p.1587, 2018. DOI: <http://doi.org/10.3390/su10051587>

TURK, J.; COTIČ, Z.; MLADENVIČ, A.; ŠAJNA, A.. Environmental evaluation of green concretes versus conventional concrete by means of LCA. **Waste Management**, v.45, p.194-205, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.035>

VALERI, V. C. A.; TORRES, J. R.; PEREZ, M. A. C.; HERNANDEZ, J. R.. Exploratory study of porous asphalt mixtures with additions of reclaimed Tetra Pak material. **Construction and Building Materials**, v.160, p.233-239, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.067>

VARŽINSKAS, V.; STANIŠKIS, J. K.; KNAŠYTĖ, M.. Decision-making support system based on LCA for aseptic packaging recycling. **Waste Management & Research**, v.30, n.9, p.931-939, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1177/0734242X12448519>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.