

RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL EM COMPOSITOS PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE REVESTIMENTO

Valneide Rodrigues da Silva¹
Elvis Andrade Soares²
Ariadne Soares Meira³
Vitoria de Queiros Celestino⁴
Antônio Farias Leal⁵

¹ Programa de Pós-Graduação Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba, Brasil, rval707@gmail.com

² Engenheiro Civil, Gerente de Serviços de Logística do Banco do Nordeste, Fortaleza - Ceara, Brasil, elvissoares@hotmail.com

³ Programa de Pós-Graduação Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba, Brasil, ariadnesm_eng@hotmail.com

⁴ Engenheira de Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba, Brasil, vitoriaq@gmail.com

⁵ Prof. Doutor Adjunto IV, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal da Paraíba, Joao Pessoa – Paraíba, Brasil, antoniofleal@gmail.com

Introdução

A construção civil vem gerando preocupações no âmbito ambiental, uma vez que, a demanda de novas obras aumenta: a extração de recursos naturais não renováveis (LOVATO et al., 2012), a geração de resíduos da construção e demolição (RCD) (YUAN et al., 2012) e as emissões de CO₂ ao meio ambiente (YOUNG, 2011; LIMA, 2013; POSSAN et al., 2016). Quando os resíduos da construção e demolição (RCDs), têm seu destino final de forma inapropriada, podem causar a degradação do meio ambiente, afetando o ecossistema e a qualidade de vida da população. Alguns pesquisadores (ALVES, 2016; ÂNGULO, 2005; PINTO, 1999; AGOPYAN, 2001) destacam que os RCD possuem propriedades e origens variadas, sendo que os principais resíduos são: concretos, argamassas, rochas, madeira, tintas, plásticos, embalagens, gesso, metais, entre outros, os quais, possuem elementos agressivos ao meio ambiente.

Portanto a reciclagem de resíduos é fundamental para uma sociedade apoiada no desenvolvimento sustentável (ENBRI, 1994), capaz de satisfazer as necessidades do conjunto da população do presente sem comprometer a capacidade de sobrevivência de gerações futuras. Dessa forma, o desenvolvimento de estudos voltados à reciclagem e/ou reutilização dos resíduos representa uma alternativa capaz de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas e diminuir os custos finais dos setores industriais geradores e consumidores de resíduos, além de preservar o ambiente.

Na fabricação do papel o resíduo da produção logo após ser descartado se encontra em forma líquida com alto teor de sólidos em suspensão. Esse efluente é submetido a um tratamento primeiro de flotação e prensagem, obtendo-se assim a forma sólida para descarga em aterro, que é o principal método utilizado. Essa descarga gera um custo alto com o transporte, além do problema ambiental que essa forma de destinação do resíduo produz.

O resíduo resultante do processo de fabricação do papel, não é considerado tóxico para manipulação e está inserido na Classe 2 (resíduos não inertes) na (NRB 10.004, 2004). Este resíduo é composto basicamente de caulim, celulose, traços não significativos de substâncias químicas e água. Portanto temos como objetivo da pesquisa a utilização do resíduo sólido industrial resultante da produção do papel como adição em argamassas, para produção de placas para revestimento.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Construções Rurais e Ambientação (LaCRA) da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande/PB. Após a coleta do resíduo em indústrias locais, o mesmo foi armazenado no laboratório, sob condições que mantiveram o teor de umidade do resíduo, encontrado nas instalações industriais. O resíduo foi coletado de duas formas, uma antes e outra depois da passagem por um rolo prensa, foi determinado o teor de umidade das duas formas de resíduo, pelo procedimento simples de pesagem, secagem em estufa e nova pesagem. Para realização dos ensaios e análises foram definidas algumas misturas, como: 1:4 (cimento, resíduo após prensagem); 1:5; 1:6; 1:7; 4S (cimento + substituição por tijolo moído; resíduo após prensagem); 1: 5S; 1: 6S; 1: 7S; 1: 4G (gesso; resíduo após prensagem); 1:5G; 1:7G. Foram moldados corpos de prova prismáticos (NBR 5738, 2003) para determinação da resistência à tração na flexão (NBR 5641, 1997) e absorção por imersão (NBR 9778, 2005). Utilizando um recipiente plástico primeiro foi colocado o resíduo, em seguida o aglomerante, realizando assim a homogeneização. Não foi adicionada água, para hidratação foi usada água já contida no resíduo.

Para a moldagem dos corpos de prova (NBR 5738,2003) foi realizado imediatamente após o amassamento e na maior rapidez. Aplicou-se nos moldes uma fina camada de óleo como objetivo de impedir a aderência do material à forma. Foi aplicada energia de prensagem de 3Mpa através de prensa hidráulica até que a água da argamassa cessada. Depois de 24hs os corpos de provas foram retirados da forma e ficaram esperando sua idade para a cura e ensaio de argamassas.

Para os ensaios de resistência a tração foram utilizados 5 corpos de provas prismáticos para cada traço, confeccionados a partir de moldes recomendados pela (NBR 5738,2003). O ensaio para os compósitos foi realizado aos 14 dias a partir da data de moldagem dos corpos de prova.

O ensaio de flexão de três pontos está baseado na norma (NBR 5641, 1977), cujo objetivo é avaliar o comportamento das placas sob carregamento. Foi utilizada a prensa Shimadzu, com controle de deslocamento a uma taxa de 5 mm min.

Para o ensaio da determinação da absorção da água foi usado os parâmetros e recomendações da NBR 9778, 2005. Os corpos de prova foram colocados para secarem na estufa por 24hs na temperatura de $105 \pm 1^\circ\text{C}$. Depois disso, os corpos foram pesados em balança analítica obtendo a massa seca. Então os corpos foram submersos em água a temperatura ambiente, mantendo-se emergidos sob a coluna de água de aproximadamente 50 ± 1 mm, foram retirados para nova pesagem após 5, 15, 30, 60, 120 e 1440 minutos de submersão. Todos os ensaios foram realizados aos 14 dias, para estimar valores das resistências a tração na flexão aos 28 dias dos compósitos a base de cimento, que foi adaptado procedimento da (NBR 6118, 2014) que admite a resistência aos 28 dias (f_{28}) como função da resistência a t dias (f_t), equacionadas por um fator. Para a produção de componentes, os materiais que apresentarem menor porosidade e menor absorção de água são preferíveis, pois vão produzir componentes com características físicas menores.

Resultados e Discussão

Analisando os dados obtidos na determinação da absorção (Tabela 1) as fibras presentes no resíduo tiveram grande influência, podendo-se afirmar que boa parte da água infiltrada no corpo ficou aprisionada no interior da fibra. Em relação ao aglomerante utilizado, as absorções tiveram valores próximos, indicando que a utilização do resíduo cerâmico é viável, podendo inclusive reduzir a absorção do compósito. Em seu trabalho (SPECK, 2014) afirma que as teorias evidenciam que quanto mais água adicionada na preparação da massa cimentícia, menor será sua resistência mecânica

Tabela 1. Absorção de compósitos

| Mistura | Tempo após imersão | | | | | | |
|---------|--------------------|------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 0 | 5 | 15 | 30 | 60 | 120 | 1444 |
| 1,4 | 0,00 | 3,97 | 9,02 | 12,51 | 15,08 | 18,52 | 28,49 |
| 1,5 | 0,00 | 5,25 | 10,76 | 15,79 | 19,86 | 23,64 | 32,63 |
| 1,6 | 0,00 | 5,70 | 13,34 | 17,27 | 20,76 | 24,07 | 34,81 |
| 1,7 | 0,00 | 6,04 | 10,43 | 16,73 | 20,04 | 24,50 | 35,05 |
| 1,4S | 0,00 | 4,09 | 8,84 | 11,73 | 14,75 | 17,247 | 27,20 |
| 1,5S | 0,00 | 6,03 | 11,31 | 13,97 | 17,86 | 20,58 | 32,42 |
| 1,6S | 0,00 | 6,59 | 10,58 | 14,84 | 17,91 | 20,43 | 31,68 |
| 1,7S | 0,00 | 7,04 | 12,36 | 16,57 | 18,89 | 21,94 | 33,50 |
| 1,4G | 0,00 | 7,97 | 12,03 | 13,70 | 16,14 | 19,04 | 26,27 |
| 1,56G | 0,00 | 9,25 | 13,16 | 15,80 | 18,36 | 20,75 | 28,73 |
| 1,6G | 0,00 | 6,97 | 14,33 | 18,31 | 22,19 | 27,60 | 36,23 |
| 1,7G | 0,00 | 8,54 | 14,99 | 18,52 | 22,24 | 26,55 | 35,14 |

Verificando-se a semelhança dos resultados dentro dos conjuntos com mesmo aglomerante, recorreu-se a estatística para demonstrar a semelhança dos valores obtidos (Tabela 2), os traços à base de cimento, tiveram, resistência iguais estatisticamente, assim como os traços à base de cimento e resíduo cerâmico, já nos traços à base de gesso observou-se que o traço 1:6G diferiu dos outros traços, fato esse que pode ser atribuído a algum erro experimental, necessitando portanto de nova moldagem para esclarecer o ocorrido.

Tabela 2. Resistência a tração na flexão e massa específica dos compósitos

| Mistura | Tração na flexão * (Mpa) | Estimativa Tração na flexão * (Mpa) | Massa Específica aparente (Kg m ⁻³) |
|---------|-----------------------------|--|--|
| 1,4 | 1,0 4ab | 1,21 a | 1398,60 a |
| 1,5 | 1,00 abc | 1,17 a | 1310,86 ab |
| 1,6 | 1,08 a | 1,26 a | 1334,80 ab |
| 1,7 | 0,93 abdc | 1,09 abc | 1284,27ab |
| 1,4S | 0,82 cd | 0,96 c | 1283,98 ab |
| 1,5S | 0,79 de | 0,92 c | 1275,28 ab |
| 1,6S | 0,77 def | 0,90 c | 1276,72 ab |
| 1,7S | 0,84 bcd | 0,98bc | 12610,9 b |
| 1,4G | 0,60 ef | - | 1321,51 ab |
| 1,5G | 0,57 f | - | 1307,58 ab |
| 1,6G | 0,95abcd | - | 1270,52 b |
| 1,7G | 0,75 def | - | 1298,77 ab |

Observa-se que na massa específica dos compósitos onde a média geral foi de 1302 kg/m³, com base nessa informação e na semelhança estatística dos valores pode-se classificar os compósitos como argamassa leves, tendo-se como base os valores adotados para o concreto (Tabela 3).

Tabela 3. Dados de referência da massa específica dos concretos leves

| Referência | Massa específica (kg/m ³) |
|------------------------|---------------------------------------|
| Rilem (1975) | $\gamma < 2000$ |
| CEB-FIP (1977) | $\gamma < 2000$ |
| NS 3473 E (1992) | $1200 < \gamma < 2200$ |
| ACI 213R-87 (1997) | $1400 < \gamma < 1850$ |
| CEN prEN 206-25 (1999) | $800 \leq \gamma \leq 2000$ |

Conclusão

Os traços que apresentaram os maiores valores de resistência a tração na flexão aos 14 dias foram 1:6, 1:7S, 1:6G, com resistências 1,08, 0,84 e 0,95 MPa, respectivamente;

Na absorção os traços que apresentaram menores valores foram 1:4, 1:4S, 1:4G com os seguintes resultados 28,49; 27,20 e 26,27% respectivamente

Houve variação na massa específica dos compostos de 1261,09 (1:7S) a 1398,62 (1:4) Kg/m³;

A melhor mistura utilizada foi de 1:7S, que apresentou elevada resistência a tração na flexão e baixa massa específica.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas, NBR 5641 Chapas estruturais de cimento amianto: Determinação da resistência à flexão, Rio de Janeiro, 1977, 2p.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto. 2003.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10.004 - Resíduos Sólidos – Classificação. 2004.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 2014.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 9778 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. 2005.
- ALVES, L. S. Influência da adição de fibras de celulose (papel Kraft) nas características dos blocos de concreto não estrutural. 150f. Dissertação (Mestrado). Curso de Estruturas e Construção Civil. Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Distrito Federal, 2016.
- ÂNGULO, S. C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico de concretos. 167f. Tese (Doutorado). Curso de Engenharia. Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- ENBRI. Development of a framework for environmental assessment of building materials and componentes. ENBRI Proposal to European Community BRITE EURAM Program. 1994.
- JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de Resíduos da Construção. In: Reciclagem De Resíduos Sólidos Domiciliares. Seminário. São Paulo: Cetesb e Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, p.12. 2001.
- LIMA, F. M. R. S. A formação da mineração urbana no Brasil: reciclagem de RCD e a produção de agregados. 178f. Tese (Doutorado). Curso de Engenharia Mineral. Engenharia de Minas e de Petróleo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.
- LOVATO P. S., POSSAN E., MOLIN D. C. C. D., MASUERO A. B., RIBEIRO J. L. D. Modeling of mechanical properties and durability of recycled aggregate concretes. *Construction And Building Materials*, v.26, n.1, p.437-447, 2012.
- PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 189f. Tese (Doutorado). Curso de Engenharia Mineral. Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- SPECK, J. A. Análise do desempenho de placas cimentícias através da adição de fibras e telas, visando a redução da deformação térmicas e patologias. 112f. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia de Minas. Metalúrgica e Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.
- POSSAN, E.; FELIX, E. F.; THOMAZ, W. A. CO₂ uptake by carbonation of concrete during life cycle of building structures. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, v.1, n.1, p.1-9, 2016.
- XIAO, J.; XIE, H.; ZHANG, C. Investigation on building waste and reclaim in Wenchuan earth quake disaster area. *Resources, Conservation And Recycling*, v.61, p.109-117, 2012.
- YUAN H., CHINI A. R. LU Y., SHEN L. A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste. *Waste Management*, v.32, n.3, p.521-531. 2012.
- YOUNG, C. E. F. Potencial de crescimento da economia verde no Brasil. *Política Ambiental: Economia Verde: Desafios e Oportunidades*, v.8, p.88-110. 2011.