

<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2020>

Pasta para impressão 3D a base de fração vermelha de RCC, cinza volante e fibra de PVAI

3D printing paste based on red fraction of RCC, fly ash and PVAI fiber

RESUMO

Thaynara Janjob Gomes
thayjanjob@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

José Alberto Cerri
cerri.utfpr@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

A construção civil é considerada a maior geradora de resíduos de todos os setores produtivos, cuja composição varia de acordo com a característica da construção chegando a representar de 40% a 60% do resíduo sólido urbano. Cerca de 90% desses resíduos podem ser reutilizados ou reciclados, sendo os componentes mais comuns: concreto, argamassa, tijolo, solo e cerâmica. Este trabalho tem como finalidade caracterizar os componentes a serem utilizados na composição de uma pasta para impressão 3D. As matérias primas beneficiadas e analisadas foram: pó de bloco cerâmico (doravante denominado fração vermelha) contido no resíduo de construção civil (RCC), cinza volante, oriunda de termoelétricas à carvão, fibra de PVAI, cal dolomítica e argila, utilizada como plastificante para a pasta. A suspensão das atividades presenciais interrompeu a etapa de formulação e caracterização das pastas, previstas no plano de trabalho dos últimos 12 meses. Assim, os resultados se ativeram a caracterização das matérias primas.

PALAVRAS-CHAVE: Manufatura aditiva. Construção civil. Matérias-primas.

Recebido: 3 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

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



ABSTRACT

The building construction is the largest generator of waste in all the productive sectors, whose composition varies according to the characteristics of the construction, reaching 40% to 60% of solid urban waste. About 90% of this waste can be reused or recycled, the most common components being: concrete, mortar, brick, soil, and ceramics. This work aims to characterize the components to be used in the composition of a folder for 3D printing. The treated and analyzed raw materials were: ceramic block powder (hereinafter referred to as red fraction) contained in the construction and demolition waste (CDW), fly ash, from coal-fired power plants, PVAI fiber, dolomitic lime and clay, used as a plasticizer for the paste. The suspension of presential activities interrupted the formulation and characterization of the pastes foreseen in the work plan for the last 12 months. Thus, the results were achieved in the characterization of raw materials.

KEYWORDS: Additive manufacturing. Building construction. Raw materials.



INTRODUÇÃO

Existem hoje diversas tecnologias aplicadas a impressão 3D no Brasil e no mundo, além da versatilidade de aplicações na área da saúde, na indústria e na construção civil. De acordo com Soares (2019), o uso dessa tecnologia pode gerar grande economia no quesito mão de obra e uma grande diminuição de resíduos.

No Brasil a utilização da impressão 3D na construção civil é um processo novo, levando em conta o resto do mundo, já que o uso atualmente está mais voltado a prototipagem de maquetes arquitetônicas ou estruturais (PACHECO, 2017).

Ainda segundo Pacheco (2017) a introdução da impressão 3D na construção civil pode impactar diretamente na redução ou reaproveitamento de resíduos, levando em consideração que as impressoras usam 90% do material introduzido. Em contrapartida substitui a mão de obra, que mais tarde pode ser redirecionada para outros setores.

De acordo com Motti (2018) é de suma importância não só a tecnologia aplicada na impressão 3D, mas também os materiais utilizados na composição da pasta, que podem contribuir com a diminuição de desperdício e estar atrelado ao conceito sustentabilidade. Embora os polímeros sejam mais usuais como matéria-prima para impressão, outros materiais também podem ser utilizados para impressão, tais como: amido, vidro, cerâmica, pozolanas, fibras e gesso.

A substituição do cimento Portland como aglomerante em argamassas e concretos, é conhecida e relatada na literatura como aglomerantes alternativos, representado pelas composições de: geopolímeros (DAVIDOVITS, 2020), de cimentos álcali-ativados (ROY, 1999) e cimentos pozolânicos (NWANKWO, 2020).

O propósito do projeto que este artigo faz parte, é estudar a obtenção de uma pasta aglomerante, para impressão 3D, podendo ser por meio da ativação alcalina ou por reação pozolânica entre a sílica amorfa da cinza de termoelétrica com cal dolomítica.

Existem dois tipos de cinzas formadas a partir da combustão do carvão do mineral: cinza pesada e cinza volante (SILVA, 1999).

A cinza volante corresponde a 80 % dos resíduos gerados pela combustão do carvão nas termelétricas (COSTA, 2015). De acordo com Hoppe Filho (2008) há uma grande disponibilidade de cinza volante gerando a necessidade de agregar conhecimento sobre este subproduto de forma a viabilizar a utilização.

De acordo com Yushiro (2013) as cinzas volantes são consideradas materiais pozolânicos por apresentar capacidade de reação com a cal, em presença de água, originando a formação de compostos novos e propriedades aglomerantes. Contudo, são resíduos fundamentalmente sílico-aluminosos, finamente divididos derivados da combustão do carvão mineral.

A cinza volante é comumente utilizada para contribuir com o aumento da resistência à compressão simples, incremento de volume de massa, e atividade pozolânica, possuindo assim emprego em matrizes cimentícias (COSTA, 2015).

A utilização de pozolanas acrescenta aos materiais cimentícios o aumento da durabilidade em ambientes ácidos, proporciona resistência à compressão e redução da permeabilidade, além de vantagens ambientais e econômicas (COSTA, 2015).

De acordo com Hussan (2019) o uso de adições com reduzido tamanho de partícula, como a cinza volante e o pó de calcário fino, contribui para o aprimoramento do empacotamento microestrutural, permitindo que a impressão da pasta em estado fresco seja feita em camadas de uma maneira mais estável e garantido melhor extrusão.

Na impressão de argamassa é necessário que a pasta recupere a viscosidade original após o processo de impressão e endureça antes que as camadas seguintes sejam impressas. A cinza volante pode contribuir diretamente para que isso aconteça (BIRANCHI, 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa foram utilizadas blocos cerâmicos, argila plástica, fibra de PVAI, cal dolomítica e cinza volante de termoelétrica.

FIBRA DE PVAI

A fibra de álcool polivinílico (PVAI) é comumente utilizada para aplicações industriais, já que pode ser encontrada de diversas formas como em fibras contínuas, fios, fibras curtas e filamento. Além disso, é uma opção que pode ser utilizada para o reforço do concreto (Americo *et al*, 2013). Há uma grande diversidade de aplicações da fibra de PVAI na construção civil, sendo principalmente utilizada para a fabricação de placas arquitetônicas, pisos revestimentos, telhas e adição em concretos de alto- desempenho.

Ainda de acordo com Americo *et al* (2013), a fibra de PVAI reage quimicamente com o cimento Portland e possui elevada resistência ao meio alcalino e a intempérie.

Neste estudo a fibra utilizada tem 0,57 mm de comprimento, Figura 1, por 0,001 mm de diâmetro, Figura 2, valores obtidos por meio do paquímetro e microscopia óptica (Olympus BX51).

Figura 1- Comprimento da fibra



Fonte: A autoria própria

Figura2 - Diâmetro da fibra



Fonte: Autoria própria

FRAÇÃO VERMELHA

Neste estudo foi utilizada a fração vermelha proveniente de blocos cerâmicos obtidos por meio da moagem em um moinho de rolos. A fração granulométrica utilizada foi a passante na malha com abertura de 0,15 mm.

De acordo com Macioski (2017), a fração vermelha com o tamanho da partícula até 0,30 mm teve um aumento significativo na reatividade com o hidróxido de cal sendo que para dimensões superiores os valores de atividade pozolânica não são significativos.

ARGILA PLÁSTICA

A argila plástica foi a mesma utilizada no estudo de Macioski (2017), sendo adicionada à pasta para proporcionar a plasticidade da massa, uma vez que a fração vermelha é o componente com maior quantidade na massa e, não é plástica. Foi doada por uma olaria de Curitiba -PR. Devido a esta argila ser utilizada na produção de blocos cerâmicos para garantir a plasticidade da massa e, ter sido caracterizada por Macioski (2017), a mesma não foi caracterizada neste estudo.

O material foi rompido em pequenos pedaços ainda no estado úmido, logo em seguida foi acondicionado em bandejas de alumínio e levado à estufa a 60°C por 24 horas para retirada total de umidade. Após o resfriamento a argila foi moída por 2 horas em moinho de bolas de porcelana e, monoetilenoglicol, para evitar a aderência do pó nos elementos de moagem.

HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Utilizado cal dolomítica, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e $\text{Mg}(\text{OH})_2$ com comercial do tipo CH-III.

CINZA VOLANTE

Como a cinza volante foi recebida próximo a suspensão das atividades docentes, não foi possível caracterizá-la. Contudo, como é proveniente de usina

termoelétrica do Rio Grande do Sul, será apresentado neste artigo a caracterização química da Usina Termelétrica de Candiota-RS. O ensaio químico realizado por realizada por espectroscopia de fluorescência de raios X (Shimadzu, EDX-720/800HS), está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química média das cinzas volantes

	Elementos maiores (%)		Elementos menores e traços (ppm)
SiO ₂	67-71	Mn	105-283
Al ₂ O ₃	19-24	Zn	73-173
Fe ₂ O ₃	5-8	Cu	36-55
CaO	0,20-1,10	Pb	52-96
MgO	0,20-1,80	Hg	0,05-0,8
Na ₂ O	0,10-0,70	Cr	60-95
K ₂ O	0,40-1,50	Cd	0,12-0,24
SO ₃	0,10-0,70	Ni	28-54
Perda ao fogo	0,20-080		

Fonte: SILVA, 1999

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devida a pandemia do COVID-19 o projeto ainda não pode ser finalizado pelo necessário distanciamento social, até que tudo volte a normalidade.

CONCLUSÕES

Devida a pandemia do COVID-19 o projeto ainda não pode ser finalizado pelo necessário distanciamento social, até que tudo volte a normalidade.

REFERÊNCIAS

AMERICO, S.; HELINANDO, P.; ARIADNE, H. - Preparação e caracterização de micro fibras de poli álcool vinílico/dióxido de titânio. **Revista Ciência e Tecnologia**, vol. 23, N° 2, p.1 96-200, 2013.

BIRANCHI, P. - Experimental study on mix proportion and fresh properties of fly ash based geopolymer for 3D concrete printing. **Ceramics International**, N° 44, p. 10259 -10265, 2018

COSTA, A.B. - **Potencial pozolânico da cinza volante como material de substituição parcial de cimento**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil, Universidade do Vale do Taquari, Univates), Lajeado, RS, 2015.

DAVIDOVITS, J. Geopolymers: chemistry & applications. Ed. Institut Géopolymère, France, 5th edition, chapter 1, 2020. Disponível em:

https://www.geopolymer.org/fichiers_pdf/geopolymer-book-chapter1.pdf

Acessado em 21/08/2020.

HOPPE FILHO, J. - **Sistemas cimento, cinza volante e cal hidratada: mecanismo de hidratação, estrutura e carbonatação de concreto**. Tese (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), 2008.

HUSSAN, A. - Insights into material design, extrusion rheology, and properties of 3D printable alkali-activated fly ash-based binders. **Materials and Design**, N° 167, p.1-13, 2019

MACIOSKI, G. - **Estudo da álcali-ativação de pó de blocos cerâmicos com cal hidratada**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017

MOTTI, V. - Impressão 3D e sustentabilidade: impactos e materiais, PRODUTECA IDEIAS TANGÍVEIS 2018. Disponível em:

<https://www.produtecalab.com.br/impressao-3d-e-sustentabilidade-impactos-materiais/> Acesso em: 2 set. 2020

NWANKWO, C. O., BAMIGBOYE, G. O., DAVIES, I. E.E., MICHAELS, T. A. High volume Portland cement replacement: A review. **Construction and Building Materials**, v. 260, 2020

PACHECO, A. - 3 indícios que o uso da impressão 3D no Brasil é eminente, MAIS ENGENHARIA, 2017. Disponível em:

<https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/impressora-3d-na-construcao-civil-brasileira/> Acesso em: 2 set. 2020

ROY, D.M. Alkali-activated cements opportunities and challenges. **Cement and Concrete Research**, v. 29, n. 2, 1999.

SILVA, N. I. W.; CALARGE, L.M.; CHIES, F.; MALLMANN, J.E.; ZWONOK, O. - Caracterização de cinza volantes para o aproveitamento cerâmico, **Cerâmica**, vol 45, N° 296, nov/dez, 1999

SOARES, A. - O avanço da impressão 3D, REVISTA PESQUISA FAPESP 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-avanco-da-impressao-3d/> Acesso em: 2 set. 2020

YUSHIRO, K.O - **Estudo mineralógico das cinzas volantes brasileiras : origem, características e qualidade**. Tese (Instituto de Geociência Mineralogia e Petrologia) USP, 2013