

## Matérias primas para composição de massa de impressão 3D na construção civil

## Raw materials for 3D printing paste composition in building construction

### RESUMO

Ana Luísa Ribeiro Gøedert  
[a\\_goedert@hotmail.com](mailto:a_goedert@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná, Curitiba,  
Paraná, Brasil

José Alberto Cerri  
[cerri.utfpr@gmail.com](mailto:cerri.utfpr@gmail.com)  
Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná, Curitiba,  
Paraná, Brasil

O setor da construção civil é responsável por grande parte das emissões totais de dióxido de carbono. O método construtivo tradicional aliado as matérias primas convencionais, contribuem para que esse cenário permaneça. Tendo em vista a necessidade de novas técnicas que agreguem sustentabilidade, esse artigo tem como objetivo a formulação de uma massa para impressão 3D à base de fração vermelha de resíduo da construção civil, cinza de casca de arroz, fibra de lã de rocha, cal dolomítica e argila como agente plastificante. A fim de alcançar esse objetivo, faz-se necessário obter as quantidades ótimas dos insumos, a adequada condição de preparo da massa, analisar o efeito do defloculante e avaliar a plasticidade e a escoabilidade da massa. Para que a utilização da pasta em uma impressora 3D seja possível, é preciso adequar a força necessária para extrusão e a velocidade de impressão de acordo com a consistência da massa. Até a interrupção da pesquisa pela pandemia de COVID-19, as matérias-primas foram beneficiadas, caracterizadas e preparadas para uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo. Construção sustentável. Novo material.

### ABSTRACT

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

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



The construction sector is responsible for a large part of total carbon dioxide emissions. The traditional building construction method allied to conventional raw materials, contributes to this scenario remaining. In view of the need for new techniques that add sustainability, this document has as its objective the formulation of a 3D printing paste based on red fraction of construction waste, rice husk ash, rock wool fiber, dolomitic lime and clay as a plasticizing agent. In order to achieve this purpose, it is necessary to obtain the optimal quantities of inputs, the proper condition for preparing the dough, analyze the effect of the defloculant and evaluate the plasticity and the flowability of the clay. In order to use the paste in a 3D printer, it is necessary to adjust the necessary extrusion force and the printing speed according to the consistency of the mass. Until the interruption of the research by the COVID-19 pandemic, the raw materials were processed, characterized and prepared for use.

**KEYWORDS:** Waste. Sustainable construction. New product.

## INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados do Plano de Trabalho realizado no período entre setembro de 2019 e fevereiro de 2020.

A Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH) (COMITÊ DE REDAÇÃO DA DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS HUMANOS, 1948), proclamada em 1948, estabelece que todos têm o direito a uma condição de vida suficiente que garanta saúde e bem-estar. Isso inclui moradia, saneamento básico, distribuição e abastecimento de água potável, acesso à energia elétrica e meio de transporte entre outras instalações que compõem o conjunto de serviços básicos que devem ser oferecidos por um Estado. Entretanto, dados do IBGE revelam que em 2018 cerca de 13,5 milhões de pessoas se encontravam em situação de extrema pobreza, vivendo com uma renda mensal per capita inferior a R\$ 145,00 (NERY, 2019). Esse grupo de pessoas muitas vezes residem em áreas de risco onde os direitos assegurados pela DUDH não são atendidos.

Esses fatos justificam a intensa atuação da engenharia civil, sendo que somente no ano de 2019 o orçamento para a área de atuação “Urbanismo” foi R\$ 19,98 bilhões, setor que engloba, entre outras demandas, infraestrutura e habitação urbana (CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO, 2019). Essa vasta demanda implica em um amplo consumo de matéria prima e, por consequência, um enorme impacto ambiental. De acordo com o relatório divulgado na Conferência das Nações Unidas sobre o Clima (COP-25), em Madrid, dezembro de 2019, produzido pela Agência Internacional de Energia (AIE) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019), 39% das emissões totais de dióxido de carbono são causadas pela execução e operação de edifícios, sendo a produção do cimento responsável por 7% (WBCSD, 2018). Tais dados devem provocar questionamentos para os profissionais da engenharia civil, tanto a respeito do impacto ambiental da matéria prima que utilizam quanto dos métodos empregados.

Com o objetivo de reduzir o impacto ambiental causado pela construção civil, novas técnicas estão sendo pesquisadas e incorporadas. O método da impressão 3D é uma delas. Podendo atuar em vários setores, esta técnica de produção reduz a poluição causada em obras por conter o desperdício de materiais e, além disso, garante a diminuição do tempo de construção.

A presente pesquisa possui aborda o uso da manufatura aditiva aliada a utilização de materiais alternativos ao cimento Portland, de modo a reduzir a pegada ecológica deste tipo de material para a construção civil. Esse conjunto almeja aumentar o potencial sustentável da impressão 3D, e servir como uma solução no ramo da construção civil para as questões ambientais. O objetivo é a formulação de uma massa a ser utilizada na impressão 3D, utilizando pó de bloco cerâmico, cinza de casca de arroz, fibra de lã de rocha e argila, como agente plastificante, para apresentar resistência ao carregamento e durabilidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para se atingir uma plasticidade e escoamento ótimos na massa, é necessário o uso de um defloculante adequado, cuja finalidade é impedir a atração física entre as partículas, associado a uma argila com elevada plasticidade. Esses componentes devem propiciar a redução da viscosidade da massa, permitindo obter um comportamento adequado para impressão 3D (MAFIOLETTI, *et al*). Com o objetivo de avaliar o efeito na argila plástica, testes empíricos são necessários para determinar as quantidades adequadas para cada composição.

A massa com características ideais será aquela proveniente de uma combinação específica dos componentes. Para alcançar esse resultado é necessário a realização de diferentes composições até atingir a quantidade ótima de cada elemento, de acordo com os parâmetros de referência para a massa, tais como: extrudabilidade, coesão e resistência a compressão pós-extrusão.

Além da quantidade correta de cada material, a ordem de adição dos componentes e, eventualmente a temperatura e umidade ambiente podem interferir nos parâmetros de referência. O estudo dos resultados de cada configuração de ensaios experimentais, permitem direcionar a pesquisa para atingir o objetivo.

Utilizando a máquina universal de ensaios para a realização dos experimentos, é possível ajustar a força para a impressão, de acordo com a plasticidade que a massa apresenta. A melhor condição é a que exige menor força para extrusão, associado a resistência da camada de massa extrudada à deformação plástica devido a carga de outras camadas que são depositadas sucessivamente.

Adicionalmente, para que a primeira camada impressa tenha capacidade de suportar a carga da próxima, é necessário que somente seja depositada a nova camada quando anterior apresentar resistência suficiente. A resistência de uma camada a carga das outras, está relacionado ao ganho de resistência devido as reações químicas entre os componentes. Por meio de experimentos empíricos é possível adequar a velocidade de impressão a essa condição.

O ensaio de resistência à compressão após a cura, ou as reações químicas entre os componentes, é o parâmetro para designar se a massa obtida atingiu a resistência mínima de elementos construtivos, como blocos cerâmicos por exemplo. A partir da interpretação dos dados e a aparência do corpo de prova rompido, é possível compreender se há necessidade em alterar o método de produção ou a dosagem dos materiais.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido a pandemia que assolou o país no começo de março, as atividades da Iniciação Científica foram paralisadas no Núcleo de Pesquisas Tecnológicas (NPT), laboratório em que este projeto estava sendo desenvolvido. Até este período foi concluído a preparação e a caracterização das matérias-primas.

Os blocos cerâmicos foram triturados em moinho de rolos previamente por um aluno de mestrado e, o lote armazenado após defesa foi utilizado para este projeto.

A granulometria das partículas de fração vermelha, secas em estufa à 60 °C por 24 horas, igual as condições utilizadas no estudo do aluno de mestrado, foi obtida a partir de um conjunto de peneiras e um agitador mecânico. A peneira de malha 200 foi utilizada como base do jogo de peneiras, uma quantidade de 5 kg de material passante na mesma foi recolhida e armazenada.

Com o intuito de obter 500 g de argila gorda (de elevado caráter plástico), iniciou-se a preparação do material com a secagem em estufa a 100°C durante 1 hora. Posteriormente os torrões foram moídos em moinho com jarros e elementos de moagem esféricos de porcelana. Após, o peneiramento foi feito do mesmo modo que a fração vermelha, usando, no entanto, a peneira de malha 150 como base.

A caracterização da fibra de lã de rocha foi realizada no NPT da UTFPR pela análise de microscopia utilizando um Microscópio Olympus BX51. O comprimento longitudinal das fibras de lã de rocha medido foi de 1.559,70 µm e o valor transversal variou de 9,17 µm até 31,12 µm. Abaixo encontram-se as imagens registradas para as dimensões longitudinais e transversais, respectivamente Figura 1 e Figura 2.

Figura 1- Comprimento longitudinal da fibra de lã de rocha



Fonte - Autoria própria

A aquisição da cinza de casca de arroz foi inicialmente prevista como doação de empresas que queimam cascas de arroz como combustível para geração de vapor, a ser utilizado no pré-cozimento de arroz (parboilização).

Figura 2- Comprimento latitudinal da fibra de lã de rocha



Fonte - Autoria própria

Contudo, como a combustão não é completa, devido a deficiência de oxigênio, o resíduo da queima é rico em matéria-orgânica como resultado da pirólise. Na sequência os esforços foram direcionados para a compra de cinza de casca de arroz, entretanto, a empresa contatada encontrou dificuldades na realização da entrega devido ao início da pandemia e, só foi recebida após a suspensão das atividades presenciais.

A cal dolomítica do tipo AC-III foi adquirida no comércio local.

### CONCLUSÃO

O assunto estudado e os experimentos realizados no período em que este projeto esteve ativo, constituiu um aprimoramento na minha formação como Engenheira Civil, no que diz respeito a tradicional forma de selecionar produtos usados na construção civil, a qual deve se pautar igualmente pela responsabilidade aos critérios técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

Os resultados do beneficiamento dos blocos cerâmicos para transformar em pó com granulometria adequada, a secagem e granulação da argila, também com dimensões próximas do pó de bloco e a caracterização das fibras de lã de rocha, não suscitaram discussão. Tampouco é possível qualquer tipo de conclusão, pois não houve experimentos com variáveis que pudessem apresentar comportamentos em função da composição das massas. O estudo ficou restrito a caracterização de algumas matérias primas.

Apesar da pesquisa não ter sido concluída, os avanços conquistados neste trabalho poderão servir de base para as próximas pesquisas.

## REFERÊNCIAS

COMITÊ DE REDAÇÃO DA DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS HUMANOS. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Paris: Jornal das Nações Unidas, 1948.

CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. **Portal da Transparência**: Visão geral da distribuição por subárea do Urbanismo, 2019. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/funcoes/15-urbanismo?ano=2019>. Acesso em: 05 jan. 2020.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **2019 Global Status Report for Buildings and Construction**: Towards a zero-emission, eficiente and resilient buildings and construction sector. 2019.

MAFIOLETTI, D.; BOZELO, G.; CREPALDI, L.B.; CARGNIN, M. Utilização de diferentes métodos para a determinação da curva de defloculação de matérias-primas cerâmicas. **Revista Técnico-científica do IFSC**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 126-134, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/617/438>. Acesso em: 23 jul. 2020.

NERY, C. **Extrema pobreza atinge 13,5 milhões de pessoas e chega ao maior nível em 7 anos**. 2019. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25882-extrema-pobreza-atinge-13-5-milhoes-de-pessoas-e-chega-ao-maior-nivel-em-7-anos>. Acesso em: 04 fev. 2020.

WBCSD. **Cement technology roadmap shows how the path to achieve CO2 reductions up to 24% by 2050**. 2018. Disponível em: <https://www.wbcds.org/Sector-Projects/Cement-Sustainability-Initiative/News/Cement-technology-roadmap-shows-how-the-path-to-achieve-CO2-reductions-up-to-24-by-2050>. Acesso em: 8 jan. 2020.