

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PESQUISA

PROJETOS DE PESQUISA/INOVAÇÃO

Edital nº 30/2022 - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/FAPESQ

1 - UNIDADE PROPONENTE

Campus: CAMPUS-JP

2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do projeto: Influência do tipo de cimento Portland nos parâmetros de impressão 3D em concreto (3DCP)	
Grande área de conhecimento: ENGENHARIAS	Área de conhecimento: ENGENHARIA CIVIL
Área temática: Construção civil	Tema: None
Período de execução: Início: 01/09/2022 Término: 31/08/2023	

3 - CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS

Público alvo	Quantidade
--------------	------------

4 - EQUIPE PARTICIPANTE

PROFESSORES E/OU TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DO IFPB			
Membro	Contatos	Vínculo	Titulação
Nome: Marcos Alyssandro Soares dos Anjos Matrícula: 1372249	Tel.: / (83) 3612-1300 (ramal: 1300) E-mail: marcos.anjos@ifpb.edu.br	Voluntário	DOUTORADO

5 - DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

Resumo
<p>Introdução</p> <p>A manufatura aditiva (MA) inclui todas as tecnologias que baseiam-se no empilhamento de camadas para a construção de um produto final. Seu processo de fabricação material a partir de programas auxiliados por computadores (CAD), após isso, a peça será dividida em partes bidimensionais por meio de outros softwares de impressão em camadas e, por fim, a obtenção do produto final.</p> <p>No caso da impressão 3D em concreto ou 3DCP (3D concrete printing), específica para a construção civil, é definida como uma técnica de deposição de camadas de concreto com auxílio de um modelo de computador (Rahu e Santhanam, 2020), permitindo a obtenção de geometrias mais complexas e precisas que a construção convencional.</p> <p>Para a aplicação na área da construção em específico, a tecnologia pioneira de impressão 3D foi criada na Universidade do Sul da Califórnia, pelo Dr. Behrokh Khoshdel. O processo de impressão 3D de contorno (CC), é um dispositivo formado por um robô de pórtico apoiado em trilhos, um sistema de bombeamento e um bico extrusor, que se movimenta e deposita o concreto por meio da deposição de camadas e com a presença de outras camadas intermediárias no meio dos filamentos (Florêncio, 2019), além de duas espátulas pensadas por Khoshnevis visando a construção de habitações com baixo custo e de emergência, para que sejam utilizadas em casos de terremotos, inundações, guerras, etc., grande parte de uma população atingida.</p> <p>No entanto, esta tecnologia não está plenamente desenvolvida, pois depende de vários fatores como tipo e tecnologia de máquina (impressora) atrelada aos fatores de custo, entre outros. Ademais não há no Brasil uma tecnologia própria e disponível em meio comercial, o IFPB, UFRN e UFPA com auxílio de projetos de fomento o desenvolveram uma impressora com tecnologia própria e vem realizando pesquisas na área de 3DCP com o intuito de entender os fenômenos envolvidos nessa nova tecnologia.</p>

O presente projeto trata de uma pesquisa experimental que visa submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas. Neste sentido, visa avaliar quais são os parâmetros reológicos e de construtibilidade adequadas para impressão 3DCP utilizando materiais regionais e a impressora: construções sustentáveis.

Justificativa

A impressão 3D na construção civil consiste na deposição de camadas de um material cimentício, de modo que ao final de sua extrusão seja possível obter um material. Para o funcionamento do sistema de extrusão existem algumas ferramentas indispensáveis ao uso, como: dispositivo de armazenamento, além de um dispositivo de tração para definir as características que a mistura cimentícia deverá apresentar.

Nesse contexto, alguns parâmetros - diferentes da construção tradicional - são fundamentais para garantir os resultados esperados ao fim da impressão. Portanto, os principais são: capacidade de construção da mistura, capacidade de extrusão e sua bombeabilidade (KHAN, 2020), além do formato e tamanho de bico satisfatórios.

Diante disso, para garantir tais parâmetros, o controle da reologia do fluido é indispensável. No contexto da impressão, de acordo com Wu et al (2020), a reologia de um material. Essas características precisam ser suficientes para que o material flua no bico sem prejudicar a impressão, além de proporcionar uma boa ligação. As propriedades reológicas do material devem ser controladas para que os parâmetros de impressão sejam mantidos e, desse modo, a argamassa ou concreto sejam extrudados.

Fundamentação teórica

A capacidade de extrusão, diz respeito à capacidade do bico de depositar um filamento contínuo, sem a ocorrência de falhas em seu processo. Hou et al (2021) afirmam sofrer nenhum tipo de bloqueio, rachadura ou segregação.

Ambos os parâmetros podem ser afetados pela fluidez da mistura, que é governada pela quantidade de materiais secos em sua composição (MA et al, 2018). Desse modo, o material, logo, sua capacidade de ser extrudado e transportado também diminuirá; Tal fator pode ser explicado pela relação entre a tensão de escoamento e a fluidez de escoamento e como consequência, a extrudabilidade diminuirá. Além disso, o tempo em aberto também pode prejudicar a bombeabilidade e extrusão do material. A mistura cimentícia apresenta boa trabalhabilidade para ser transportada e impressa (Ting et al, 2021). De maneira prática, quanto maior o tempo de impressão, menor será a capacidade de bombeabilidade e sua saída pelo bico de impressão.

Ting et al (2021), assim como Tay et al (2019), realizaram um teste por meio da vazão do material, com uma velocidade constante de bomba com o objetivo de avaliar (2021) perceberam que o material que proporcionar maior vazão volumétrica com a velocidade da bomba constante, possuirá melhor capacidade de extrusão.

Outro método de teste utilizado para avaliar a capacidade de extrusão assim como a bombeabilidade do material é o ensaio de mesa de fluxo, comumente utilizado (SHAKOR et al, 2019). Os ensaios geralmente são realizados de acordo com a norma GB/T 50080-2016 (padrão chinês), mas independente da norma utilizada para argamassa/concreto em um cone, onde cada camada será nivelada por meio de uma haste, que realizará certa quantidade de golpes; por fim, a mistura é nivelada e o material moldado por meio da mesa de fluxo. Seu resultado é obtido por meio do valor dos dois diâmetros de espalhamento perpendiculares da mistura que abateu.

Objetivo geral

O presente projeto consiste em um método de pesquisa experimental que visa estudar a influência de diferentes tipos de cimento na reologia e capacidade de construção.

Objetivos específicos:

Caracterizar os materiais precursores dos compósitos;

Realizar a dosagem dos compósitos;

Determinar e analisar o comportamento reológico dos compósitos;

Determinar e analisar as propriedades físicas dos compósitos;

Avaliar a construtibilidade dos compósitos.

Metas

1 - Delimitar os pontos (palavras chaves) principais da pesquisa sistemática

2 - Identificar as principais aplicações em escala real da manufatura aditiva na construção civil

3 - Identificar os principais grupos de pesquisa e pesquisas realizadas sobre o tema

4 - Compilar os dados dos artigos selecionados na revisão sistemática com foco em construtibilidade e uso de filler calcário e metacaulim

5 - Relatórios

Metodologia da execução do projeto

Para execução do projeto são necessários analisar a viabilidade de uso de diversos materiais, a princípio, neste trabalho são descritos abaixo:

Cimento Portland CP V – ARI (material de referência)

Cimento Portland Branco estrutural e Cimento CP II.

Agregados naturais: Areia de rio

Aditivo químico: Superplastificantes (SP) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)

Métodos e técnicas

Etapa 1: Caracterização dos materiais precursores.

Para caracterizar e avaliar as propriedades dos materiais precursores serão utilizados os métodos e ensaios e análises descritos na Tabela 1 estão disponíveis no IFPB/campus-João Pessoa e reitoria/IFPB.

Tabela 1. Ensaios a serem realizados

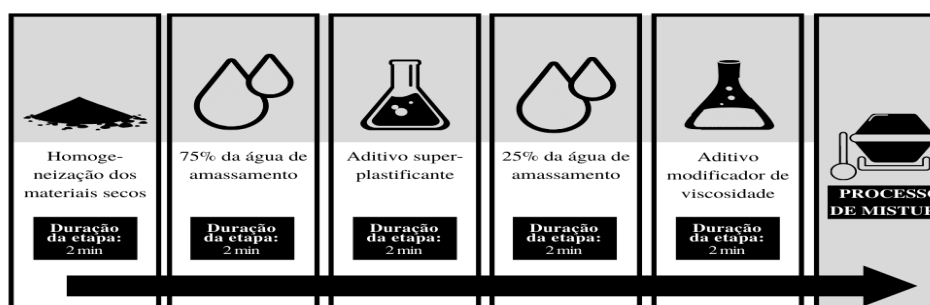
	Propriedade	Método
Agregados, Cimento, adições e minerais	Distribuição granulométrica	Peneiramento

Massa específica (ME)	Chapman/balança hidr
Teor de Material pulverulento	Lavagem dos agrega
Absorção de água por imersão	Balança hidrostática
Área superficial	BET

Etapa 2: Estudo da dosagem.

Para o estudo de dosagem será empregado o método proposto por Dias (2022), onde serão definidas pasta/volume de agregado (V_p/V_{ag}) em cinco níveis diferentes, com duas relações água/materiais secos determinadas as relações constitutivas básicas dessas composições, para em seguida realizar a produção das na Figura 1.

Figura 1. Esquemática do processo de mistura dos compósitos 3DC



Fonte: Barbosa (2022).

Etapa 3. Avaliação das propriedades reológicas e físicas das misturas cimentícias.

A tabela 2 apresenta os testes que serão realizados nas misturas cimentícias definidas na etapa anterior propriedades físicas das misturas cimentícias em análise.

Tabela 2. Ensaios a serem realizados para a caracterização das propriedades das argamassas, cor

Propriedade	Ensaio
Viscosidade aparente	Espalhamento na mesa de consistên
Viscosidade real	Viscosímetro rotacional
Viscosidade em fluxo compressivo	Squeeze flow
Densidade de massa e teor de ar incorporado	Método gravimétrico

Etapa 4. Determinação da capacidade de construção.

Para a análise de viabilidade da impressão das misturas cimentícias serão moldadas peças por impressã construída pelo grupo de pesquisa do orientador desse projeto e que está disponível nos laboratórios de enq

impressão será avaliada com base no método proposto em Chen et al. (2020), em que se considera a construção e 5 camadas sobrepostas.

Disseminação dos resultados

Acompanhamento e avaliação do projeto durante a execução

A avaliação será realizada ao longo da execução do projeto com reuniões semanais entre os participantes e com a cada mês por meio de relatórios para o coordenador do projeto e a partir desses resultados as metas e ativi produzidos os relatórios, parcial e final, conforme previsto no edital. Durante a execução da pesquisa.

ATIVIDADE	INÍCIO DO PLANO	DURAÇÃO DO PLANO	INÍCIO REAL	DURAÇÃO REAL	PORCENTAGEM CONCLUÍDA		
						1	2
Meta 1: Caracterizar os materiais precursores dos compósitos	1	2	1	2	100%		
Realizar a dosagem dos compósitos	1	2	1	2	100%		
Meta 3: Determinar e analisar o comportamento reológico e as propriedades físicas dos compósitos	3	9	3	9	100%		
Meta 4: Determinação da capacidade de construção	5	7	5	7	100%		
Meta 5: Relatórios							
Relatório parcial, de acordo com o edital	8	1	8	1	100%		
Relatório final, de acordo com o edital	12	2	12	2	100%		

Atividade: Plano de trabalho do bolsista

1. Identificação

Nome Samuel Junior Pereira de Melo	Matrícula 202112
Orientador Marcos Alyssandro Soares dos Anjos	Unidade UA1
Área de concentração/ atuação Engenharia civil/ materiais e processos construtivos	Assinat
Instituição /empresa onde realiza o estágio IFPB	Período de dur

2. Descrições do trabalho/pesquisa

Tema Desenvolvimento de novos materiais	Título Determinação de parâmetros reológicos de misturas cime (3DCP)
Objetivo geral Avaliar o comportamento reológico de mistura par impressão 3D	Objetivos específicos <ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar ensaios para obtenção dos resultados de caracterização ▪ Realizar o estudo de dosagem das misturas; ▪ Proporcionar os materiais de acordo com a dosagem, para compósitos cimentícios; ▪ Realizar ensaios para obtenção dos resultados das propriedades cimentícios e capacidade de construção; ▪ Realizar ensaios para obtenção dos resultados de construtibilidade

Atividade: Plano de trabalho do Orientador

1. Identificação

Nome Marcos Alyssandro Soares dos Anjos	Matrícula 137224
Orientador Marcos Alyssandro Soares dos Anjos	Unidade UA1
Área de concentração/ atuação Construção Civil	Assinatura
Instituição /empresa onde realiza o projeto: IFPB	Período 12/2022

2. Descrições do trabalho/pesquisa

Tema Desenvolvimento de novos materiais	Título Determinação de parâmetros reológicos de misturas cime (3DCP)
Objetivo geral Propor, orientar, treinar, acompanhar os ensaios de laboratório e avaliar os bolsistas	Objetivos específicos <ul style="list-style-type: none"> ▪ Propor o projeto ▪ Propor as matérias-primas ▪ Propor e avaliar as dosagens ▪ Propor métodos de para avaliação das propriedades ▪ Treinar a bolsista para a execução dos ensaios ▪ Orientar a execução dos ensaios de laboratório ▪ Avaliar e discutir os resultados com os bolsistas ▪ Orientar a escrita de artigos e relatórios técnicos

Referências bibliográficas

- BAI, Gang; WANG, Li; MA, Guowei; SANJAYAN, Jay; BAI, Mingke. 3D printing eco-friendly concrete with aggregates. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 120, p. 104037, jan. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104037>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- BARBOSA, M. D. S. **DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS PARA IMPRESSÃO 3D COM CONSUMO DE CIMENTO REDUZIDO**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.
- DIAS, L. DE S. **Metodologia de dosagem com base em relações constitutivas básicas de misturas para impressão 3d em concreto (3DCP)**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.
- BUSWELL, R.A.; SILVA, W.R. Leal de; JONES, S.Z.; DIRRENBERGER, J. 3D printing using concrete extrusion: a roadmap for research. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 120, p. 104037, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884617311101>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- FLORENCIO, Eduardo Quintella. **A IMPRESSÃO 3D EM CONCRETO E SEU IMPACTO NA PRODUÇÃO DA ARQUITETURA: O FUTURO DA CONSTRUÇÃO**. Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Alagoas, Maceió, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/5537>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- HOU, Shaodan; DUAN, Zhenhua; XIAO, Jianzhuang; YE, Jun. A review of 3D printed concrete: performance requirements, testing measurements and mix design. **Construction Materials**, [S.L.], v. 2021, p. 121745, mar. 2021. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121745>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946521001062>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- KHAN, M.A. Mix suitable for concrete 3D printing: a review. **Materials Today: Proceedings**, [S.L.], v. 32, p. 831-837, 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.051>. Acesso em: 13 de set. de 2021.
- MA, Guowei; LI, Zhijian; WANG, Li. Printable properties of cementitious material containing copper tailings for extrusion based 3D printing. **Construction Materials**, [S.L.], v. 2021, p. 12051, dec. 2021. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.051>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946521001062>. Acesso em: 13 de set. de 2021.
- SHAKOR, Pshtiwan; NEJADI, Shami; PAUL, Gavin. A Study into the Effect of Different Nozzles Shapes and Fibre-Reinforcement in 3D Printed Mortar. **Materials**, [S.L.], v. 2021, p. 12101708, dec. 2021. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ma12101708>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/10/1708>. Acesso em: 5 de set. de 2021.
- TAY, Yi Wei Daniel; QIAN, Ye; TAN, Ming Jen. Printability region for 3D concrete printing using slump and slump flow test. **Composites Part B: Engineering**, [S.L.], v. 2021, p. 106968, jun. 2021. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.106968>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836819307641>. Acesso em: 13 de set. de 2021.
- TING, Guan Heng Andrew; TAY, Yi Wei Daniel; TAN, Ming Jen. Experimental measurement on the effects of recycled glass cullets as aggregates for construction 3D printing. **Construction Materials**, [S.L.], v. 2021, p. 126919, jun. 2021. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126919>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946521001062>. Acesso em: 13 de set. de 2021.
- WU, Yiwen; LIU, Chao; LIU, Huawei; ZHANG, Zhenzi; HE, Chunhui; LIU, Shuhua; ZHANG, Rongfei; WANG, Youqiang; BAI, Guoliang. Study on the rheology of 3D printed concrete with recycled glass cullets. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 42, p. 103030, out. 2021. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221008883>. Acesso em: 13 de set. de 2021.

6 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Meta	Atividade	Especificação	Indicador(es) qualitativo(s)	Indicador físico		Período de execução	
				Unid.de Medida	Qtd.	Início	Término
1	1	Caracterizar os materiais precursores dos compósitos	Resultados de Massa específica, granulometria, massa unitária, finura, absorção de água por capilaridade		100	Previsto para 01/09/2022 Iniciado em 01/09/2022	Previsto para 31/10/2022 Concluído em 31/10/2022
1	2	Realizar a dosagem dos compósitos	Determinação das composições a serem estudadas		100	Previsto para 01/09/2022 Iniciado em 01/09/2022	Previsto para 31/10/2022 Concluído em 31/10/2022
2	1	Construir peças por impressão 3DCP e Determinar e analisar o comportamento reológico e as propriedades físicas dos compósitos	Resultados de viscosidade e índices físicos Construção de peças por impressão 3DCP		100	Previsto para 01/11/2022 Iniciado em 01/11/2022	Previsto para 31/07/2023 Concluído em 31/07/2023
3	1	Determinação da capacidade de construção	Valores de capacidade de impressão das peças moldadas		100	Previsto para 01/01/2022 Iniciado em 01/01/2022	Previsto para 31/08/2023 Concluído em 31/08/2023
4	1	Determinação da capacidade de construção	Resultados de capacidade de construção		100	Previsto para 01/01/2023 Iniciado em 01/01/2023	Previsto para 31/08/2023 Concluído em 31/08/2023
5	1	Relatório Parcial relatório enviado para a Fapesq	Entrega do relatório parcial		100	Previsto para 01/04/2023 Iniciado em 01/04/2023	Previsto para 30/04/2023 Concluído em 30/04/2023
5	2	Relatório final	Entrega de relatório final		100	Previsto para 01/09/2023 Iniciado em 01/09/2023	Previsto para 30/09/2023 Concluído em 30/09/2023

7 - PLANO DE APLICAÇÃO

Classificação da despesa	Especificação	PROEX (R\$)	DIGAE (R\$)	Campus proponente (R\$)	Total (R\$)
339018	Auxílio Financeiro a Estudantes	0	0	0	0
TOTAIS		0	0	0	0

8 - CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Despesa	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00

Anexo A

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CLASSIFICAÇÃO DE DESPESA	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	ATIVO
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	pagamento de bolsa a estudante	mês	12	400.00	4800.00	Sim
TOTAL GERAL					4.800,00	