

# 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 41/2023 PIBIC FAPESQ

## 1 - UNIDADE PROPONENTE

Campus: <b>CAMPUS-JP</b>
-----------------------------

## 2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do projeto: <b>Estudo da viscosidade da fase argamassa de misturas cimentícias para dosagem de CAA</b>	
Grande área de conhecimento: <b>ENGENHARIAS</b>	Área de conhecimento: <b>ENGENHARIA CIVIL</b>
Área temática: <b>Construção civil</b>	Tema: <b>None</b>
Período de execução: <b>Início: 01/11/2023   Término: 31/10/2024</b>	

## 3 - CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS

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

## 4 - EQUIPE PARTICIPANTE

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

## 5 - DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

<b>Resumo</b>
<p><b>Introdução</b></p> <p>De acordo com Okamura e Ouchi (2003), uma forma de dosar o concreto autoadensável primeiramente, fazendo uma mistura de argamassa do traço do CAA a ser utilizado, através da definição do teor de agregados, determinação da dosagem de superplastificante e relação água/materiais para que possam atingir as propriedades desejadas de fluidez e viscosidade; e, posteriormente, a inspeção e adequação do respectivo concreto autoadensável.</p> <p>Para conseguir uma viscosidade adequada, o concreto autoadensável pode ser produzido com uma mistura com viscosidade modificada, usando uma grande quantidade de materiais em pó (</p>

adições minerais), isto combinado com o uso de superplastificante para controlar a tensão de cisalhamento proporcionar fluidez (NEPUMOCENO; OLIVEIRA; LOPES, 2012).

O uso de adições minerais, pozolânicas ou inertes, conduzem as mudanças na matriz cimentícia: as adições inertes proporcionam redução dos poros por efeito fíler e acarretam a formação dos produtos hidratados e com isso reduzem os espaços para o crescimento dos cristais de hidróxido de cálcio oriundos da hidratação do cimento; as adições pozolânicas por sua vez reagem com o hidróxido de cálcio formando silicato de cálcio (C-S-H) e silico-aluminato de cálcio hidratado, a partir da reação da sílica e alumina presentes na pozolana. Todo este processo leva à redução do teor de hidróxido de cálcio da matriz cimentícia de sistemas cimentícios (argamassa ou concretos) com adições minerais.

Neste contexto, é importante avaliar a quantidade de adições minerais que um CAA pode receber com o intuito de minimizar o consumo de cimento, e ainda obter resistências adequadas às exigências do concreto; quais os teores de aditivos são necessários para adequar a fluidez e viscosidade dessas argamassas e qual o teor de hidróxido de cálcio disponível após a reação pozolânica ou o processo de nucleação em sistemas com uma ou duas adições minerais, como o metacaulim e o fíler calcário respectivamente, muito utilizados no nordeste brasileiro.

---

#### Justificativa

O concreto é o material de construção mais utilizado no mundo e a maioria dos concretos é do tipo cimento Portland, que na sua fabricação possui um processo energético intenso. Além disso, produz uma grande quantidade de emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa, principalmente  $\text{CO}_2$ , produzido durante a produção do calcário no processamento do clínquer. Além de tudo, a indústria do concreto é um dos maiores consumidores dos recursos naturais. Então, a redução do consumo de cimento para produção de concretos sustentáveis está sendo cada vez mais pesquisada, e uma das formas mais usuais é a substituição do cimento por adições minerais suplementares.

Uma forma de mitigar o impacto ambiental causado pela produção do cimento é reduzir o seu consumo nos concretos. Essa redução pode ser feita principalmente através da utilização de adições minerais em substituição ao cimento, sendo essas adições resíduos de outras indústrias ou pozolanas naturais que não causem grandes impactos para o meio ambiente relacionados a sua produção, e sejam sustentáveis. Exemplos são a sílica ativa, a cinza volante e o metacaulim, por exemplo (WONGKEO *et al.*, 2014; BADOGIANI *et al.*, 2015).

Sabe-se que concretos com elevados teores de adições minerais e baixos consumos de cimento são menos suscetíveis a carbonatação, pois a reação pozolânica atrelada ao baixo teor de hidróxido de cálcio em certos tipos de concreto, promovem uma maior carbonatação devido à penetração de  $\text{CO}_2$ , fato relacionado ao menor teor de hidróxido de cálcio (CH) na matriz cimentícia de concretos com baixos teores de cimento (ANJOS *et al.*, 2017;; FONSECA, 2016). O processo recebe o nome de carbonatação devido à reação que ocorre entre o hidróxido de cálcio (CH) e o  $\text{CO}_2$ , que resulta em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), esse processo pode provocar uma diminuição da vida útil do concreto estrutural.

Portanto, fica claro que a fase argamassa do concreto autoadensável é fundamental para o seu comportamento no estado fresco e endurecido, além de ser possível determinar o teor de hidróxido de cálcio nesta fração argamassa do CAA, pois esta contém toda a parte dos aglomerantes com a quantidade necessária de água e aditivos necessários para a autoadensabilidade e dessa forma traduz de forma mais real a composição da matriz cimentícia. Sendo, dessa forma, possível quantificar o teor de hidróxido de cálcio por meio da formulação de CAA com menor esforço laboratorial e otimização de testes de laboratório.

Neste trabalho serão realizados estudos sobre a fase argamassa de concretos autoadensáveis que utilizam elevados teores de adições de fíler calcário e metacaulim na sua composição, com a finalidade de avaliar sua influência do tipo e da quantidade de adição mineral nas propriedades da argamassa fresco e endurecido e também na microestrutura através da determinação do teor de hidróxido presente na matriz cimentícia dessas argamassas autoadensáveis.

#### Fundamentação teórica

O concreto é o produto industrializado mais utilizado pela sociedade, e a sua mistura é composta geralmente por 12% de cimento Portland, 8% de água, e 80% de agregados miúdos e graúdos (MONTEIRO, 2014). Além da indústria do concreto consumir os recursos naturais, fundamentalmente na produção de seus insumos básicos, a indústria do cimento tem grande contribuição nas emissões responsáveis pelo efeito estufa (DAMINELLI *et al.*, 2010).

Argamassas e concretos com elevadas concentrações de adições minerais surgem como produtos alternativos, que minimizam drasticamente o uso de cimento Portland sem perder as propriedades da argamassa convencional, no entanto os estudos sobre estes tipos de materiais são recentes e necessitam de mais informações a cerca de suas resistências a baixas idades e durabilidade – referente ao teor de hidróxido de cálcio (CH), estudos estes que devem ser acompanhados da avaliação do processo de hidratação da matriz cimentícia utilizada (FONSECA, 2016).

Desse modo, a importância das adições minerais para sustentabilidade das construções é amplamente reconhecida no meio acadêmico e técnico, devido a redução do efeito estufa proporcionada pelo menor consumo de cimento, seja para produção de cimentos compostos ou pela adição em misturas cimentícias para produção de pastas, argamassas e concretos, e também pela maior durabilidade das construções proporcionada pela menor permeabilidade que estas adições conferem aos materiais cimentícios.

Todos os tipos de adições minerais, ou seja, inertes ou pozolânicas, podem ser utilizadas. Cada tipo de adição tem efeitos diferentes nas propriedades do concreto fresco, endurecido e durabilidade. Suas vantagens e desvantagens. Suas vantagens podem ser exploradas através da combinação de diferentes adições minerais, incrementando assim o nível de substituição de cimento (LE; LUDWIG, 2016).

O fíler calcário não tem atividade pozolânica, por isso esse material atua como uma carga inerte, ou seja, tem apenas efeito de enchimento. Assim, ao substituir o cimento ele ocasiona diminuição da resistência à compressão. Em substituições de 10 a 30% do cimento em composições de CAA pode-se ter uma redução de resistência de 8 a 20%, aproximadamente (UYSAL;Yimaz, 2011). Por isso muitas vezes o fíler calcário é utilizado em conjunto com outras adições minerais a fim de melhorar o comportamento de concretos cimentícios com baixos teores de cimento.

Resultados experimentais mostram que o uso de metacaulim aumenta drasticamente a resistência elétrica do concreto convencional, sendo cerca de 2 a 4 vezes superior para o traço com 15% de substituição de cimento por metacaulim em relação a um traço de referência sem adição de metacaulim (RAMEZANIANPOUR;JOVEIN, 2012), desta forma um promissor concreto autoadensável é o que contém essas duas adições minerais.

#### Objetivo geral

##### **Objetivo geral**

Avaliar a influência das adições minerais no comportamento físico, mecânico e microestrutural de argamassas autoadensáveis para produzir concretos autoadensáveis com baixo consumo de cimento.

##### **Objetivos específicos:**

- . Caracterizar os materiais precursores da argamassa autoadensável (AA);
- . Definir os teores de adições minerais para produção de AA;
- . Definir os teores de aditivos químicos para produção de AA;
- . Avaliar as propriedades físicas da AA no estado fresco;
- . Avaliar o teor de hidróxido de cálcio presente na matriz cimentícia da AA.

#### Metas

- 1 - Caracterizar os materiais precursores da argamassa autoadensável (AA);
- 2 - Definir os teores de adições minerais e aditivos químicos para produção de AA;
- 3 - Avaliar as propriedades físicas da AA no estado fresco;
- 4 - Avaliar o teor de hidróxido de cálcio presente na matriz cimentícia da AA.
- 5 - Relatório

#### Metodologia da execução do projeto

#### Metodologia

#### Materiais

- Cimento Portland CP V ARI 32;
- Agregado miúdo: Areia média;
- Adições minerais regionais – Metacaulim produzido no nordeste
- Resíduos provenientes de processos industriais: Fíler calcário
- Aditivo químico: Superplastificante.

#### Métodos

#### **Etapa 1: Caracterização dos materiais precursores das argamassas autoadensáveis (AA)**

- . Determinação da massa específica, massa unitária e granulometria dos agregados. Ensaio realizado pela aluna nos laboratórios de materiais do IFPB
- . Determinação da massa específica, finura na peneira 0,075 mm do cimento e adições minerais. Serão realizados pela aluna nos laboratórios de materiais do IFPB
- . Caracterização física, química e mineralógica das adições minerais fíler calcário e metacaulim, e técnicas de fluorescência de raios X, difração de raios X, análise térmica e determinação da área BET. Essas análises serão realizadas em parceria com o Laboratório de Caracterização e Desenvolvimento de Nanomateriais (LANANO)-IFPB Campus João Pessoa.

#### **Etapa 2:**

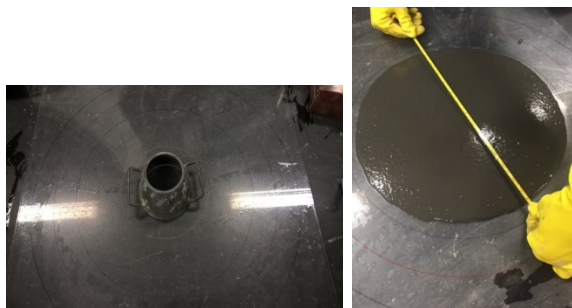
A dosagem das argamassas autoadensáveis (AA) utilizará os parâmetros da EFNARC aos baixos consumos de cimento, e terão como base os sugeridos pela NBR 1265. Para a autoadensabilidade será utilizado aditivo superplastificante de terceira geração a base de policarboxilato.

A dosagem preconizará a redução do consumo de cimento, para isto o traço de partida será apenas com cimento, com consumo de  $450 \text{ kg/m}^3$ . A partir deste traço, será realizada a redução do consumo de cimento para níveis de 220, 260, 320 e  $360 \text{ kg/m}^3$  e com as adições de fíler calcário e metacaulim em quantidades de 250, 190, 130 e  $90 \text{ kg/m}^3$  em combinações binárias e terciárias com o cimento. Serão realizados ensaios para determinar a quantidade de água e aditivos que proporcionem a autoadensabilidade da argamassa do CAA e com isto determinar a resistência mecânica e teor de hidróxido de cálcio atingido nas argamassas autoadensáveis, com intuito de correlacionar estes fatores.

#### **Etapa 3: Propriedades no estado fresco**

Os ensaios que garantem os parâmetros para a fluidez das argamassas autoadensáveis são as medições pelo *mini-slump test* e índice de fluxo  $T_{200}$  e também a determinação da viscosidade pela medida direta em um viscosímetro rotacional.

Fig. 1. Ensaio de mini-slump



Todos esses ensaios serão realizados nos Laboratórios do IFPB pela bolsista selecionada para este projeto.

### **Determinação do teor de hidróxido de cálcio**

A determinação será realizada por análise de DRX, essas análises serão realizadas em parceria com o Laboratório de Caracterização e Desenvolvimento de Nanomateriais (LANANO)-IFPB Campus João Pessoa.

As análises serão realizadas aos 28 e 90 dias para avaliar o teor de hidróxido de cálcio na matriz cimentícia após o processo de hidratação das AA com uso de metacaulim e filler calcário.

### **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, com apresentação dos resultados da pesquisa a cada semana e relatórios para o coordenador do projeto e a partir desses resultados as metas e atividades serão atualizadas no SUAP. Serão produzidos os relatórios, parcial e final, conforme exigido no edital. Durante a execução da pesquisa e com o avanço da obtenção dos resultados serão escritos artigos para divulgação científica em congressos nacionais e/ou internacionais.

ATIVIDADE	INÍCIO DO PLANO	DURAÇÃO DO PLANO	PERÍODOS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>Meta 1: 1. Caracterizar os materiais precursores da argamassa autoadensável (AA);</b>	1	1												
<b>Meta 2: Definir os teores de adições minerais e aditivos químicos para produção de AA;</b>	2	3												
<b>Meta 3. Avaliar as propriedades físicas da AA no estado fresco;</b>	4	7												
<b>Meta 4: Avaliar o teor de hidróxido de cálcio presente na matriz cimentícia da AA.</b>	8	5												

#### **Referências bibliográficas**

ANJOS, M. A. S., et al. **Evaluation of hydration of cement pastes containing high volume of mineral additions**, European Journal of Environmental and Civil Engineering, 2017.

BADOGIANNIS E.G., et al. **Durability of metakaolin Self-Compacting Concrete**. Construction Building Materials. 2015;82:133-41.

DAMINELI, B. L.; KEMEID, F. M.; AGUIAR, P. S.; JOHN, V. M. **Measuring the eco-efficiency of cement use**. Cement & Concrete Composites, v. 32, p. 555-562, 2010.

FONSECA, Thiago Vieira. **Avaliação de concretos autoadensáveis com baixos consumo de cimento incorporando metacaulim, pozolana da casca do arroz, fíler calcário e adição de cal**. 2016. Dissertação de Mestrado. Brasil.

LE, H. T.; LUDWIG, H. M. **Effect of rice husk ash and other mineral admixtures on properties of self-compacting high performance concrete**. Materials and Design, v. 89, p. 156-166, 2016.

MADANDOUST, R.; MOUSAVI, S. Y. **Fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing metakaolin**. Construction and Buildings Materials, v. 35, p. 752-760, 2012.

MEDEIROS, F. K. **Estudo de concretos autoadensáveis com reduzidos teores de cimento e elevados teores de adições minerais**. Dissertação de Mestrado, 134 p. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEPOMUCENO M, OLIVEIRA L, LOPES S. **Methodology for mix design of the mortar and self-compacting concrete using different mineral additions in binary blends of powders**. Construction and Building Materials. 2012;26(1):317-26.

RAMEZANIANPOUR A. A., BAHRAMI JOVEIN H. **Influence of metakaolin as supplementary cementing material on strength and durability of concretes**. Construction and Buildings Materials. 2012;26(1):470-479, 2012.

UYSAL M, YILMAZ K. **Effect of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete**. Cement and Concrete Composites. 2011;33(7):771-6

WONGKEO W., et al. **A. Compressive strength and chloride resistance of self-compacting concrete containing high level fly ash and silica fume**. Materials & Design. 2014;64:261-9

## 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 da argamassa autoadensável (AA);	Resultados de ensaios de massa específica, granulometria, finura		0	01/11/2023	30/11/2023
2	1	Definir os teores de adições minerais e aditivos químicos para produção de AA;	Escolha de teores de aditivos e adições minerais		0	01/12/2023	29/02/2024
3	1	Avaliar as propriedades físicas da AA no estado fresco;	Definição da viscosidade e fluidez das argamassas		0	01/02/2024	31/08/2024
4	1	Avaliar o teor de hidróxido de cálcio presente na matriz cimentícia da AA.	Determinação do teor de hidróxido de cálcio presente na matriz cimentícia da AA com a idade de hidratação		0	01/06/2024	31/10/2024
5	1	Relatório Parcial	Entrega do relatório parcial		0	01/05/2024	31/05/2024
5	2	Relatório Final	Entrega do relatório Final		0	01/10/2024	31/10/2024

## 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
<b>TOTAIS</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## 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	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00

## 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 bolsas a estudante	mês	12	700.00	8400.00	Sim
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>8.400,00</b>	