

**A UTILIZAÇÃO DE AGLOMERANTE QUÍMICO NA COMPOSIÇÃO DE PASTAS DE CIMENTO.****L. R. S. Santos<sup>1</sup>; B. M. D. Cândido<sup>1</sup>; C. R. Silva<sup>1</sup>; K. S. Brito<sup>1</sup>; E. C. Farias<sup>1</sup> e M. L. N. M. Varela<sup>1,2</sup>.**

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa em Construção Civil, Petróleo e Desenvolvimento Sustentável, Campus Natal- Central – Instituto Federal do Rio Grande do Norte, IFRN. E-mail: lidja.rosa@gmail.com; brunadcandido@hotmail.com; rodriguescristiane2004@hotmail.com; kalyane\_brito@hotmail.com; evilane\_cassia@globo.com; marcio.varela@ifrn.edu.br.

Artigo submetido em Agosto/2013 e aceito em xxxx/2013

**RESUMO**

Responsável por cerca de 5% das emissões mundiais de gases estufa, a fabricação do cimento tem se tornado uma grande vilã para o meio ambiente, desde a extração de matéria-prima, que gera degradação do solo, passando pela emissão de material particulado, causador de muitos problemas ambientais. Visando evitar essa enorme agressão ao meio ambiente, este artigo tem por objetivo desenvolver um Aglomerante Químico que substitua o cimento convencional, os aglomerantes em estudo são compostos por diferentes proporções de Microsilica, Cal, Silicato de sódio e Metacaulim. A fim de analisar a melhor composição desses materiais, foram produzidas pastas com diferentes proporções de microsilica,

metacaulim, cal e silicato de sódio e respeitando sempre o mesmo fator água/cimento. De forma paralela, com o mesmo fator a/c, foram, também, confeccionadas as pastas com os cimentos convencionais utilizados nas obras, sendo estas últimas misturas utilizadas como elemento de comparação com os aglomerantes em análise. Todas as pastas foram padronizadas em relação ao procedimento de moldagem e cura para assim ter-se uma melhor avaliação de resultados com relação à resistência das pastas. As resistências foram obtidas através dos métodos de módulo de elasticidade dinâmico e Resistência a Compressão Axial.

**PALAVRAS-CHAVE:** pasta, cimento, resistência, meio ambiente.**THE USE BINDER CHEMICAL IN COMPOSITION OF PUTTY CEMENT.****ABSTRACT**

Responsible for about 5% of global emissions of greenhouse gases, the production of cement has become a great villain for the environment, from the extraction of raw materials, which creates soil degradation, through the emission of particulate matter, causing many environmental problems. Aiming to avoid this enormous harm to the environment, this paper aims to develop a Binder Chemist replace conventional cement, binders under study are composed of different proportions of microsilica, Cal, sodium silicate and metakaolin. In order to better analyze the composition of these materials were produced folders with different proportions of microsilica, metakaolin, lime and sodium

silicate and subject to the same water / cement ratio. In parallel with the same factor a / c, were also made folders with conventional cements used in the works, with the latter mixtures used as a point of comparison with the binders in analysis. All folders were standardized in relation to the procedure for molding and curing so as to have a better evaluation of results with respect to the strength of the folders. The resistances were obtained using the methods of dynamic modulus of elasticity and resistance to Axial Compression.

**KEY-WORDS:** putty, cement, resistance, environment.

## A UTILIZAÇÃO DE AGLOMERANTE QUÍMICO NA COMPOSIÇÃO DE PASTAS DE CIMENTO

### INTRODUÇÃO

Atualmente o ramo da construção civil tem crescido cada vez mais, e com isso o consumo de cimento tem aumentado significativamente, passando este a ser a segunda substância mais utilizada no mundo, ficando atrás somente da água. (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

O cimento é produzido aquecendo calcário e argila até eles se fundirem em um material chamado clínquer, que então é misturado com vários aditivos. (BAUER, 2012). O problema é que o aquecimento e as reações químicas liberam grandes quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribuindo para o aquecimento global.

O estado do Rio Grande do Norte, situado na região Nordeste do Brasil, concluiu o ano de 2012 com um recorde histórico na produção e no consumo de cimento, além da possibilidade de instalação de novas fábricas na região. Esse quadro configura crescimento econômico, novas oportunidades de negócios e geração de renda. Em contrapartida, a produção de cimento consome uma enorme quantidade de energia e recursos naturais; emite poeiras e outros poluentes; afeta vasta extensão de terreno durante a fase de exploração das matérias primas. Em síntese, um dos produtos de maior consumo mundial é também um dos maiores poluentes do meio ambiente em seu processo produtivo.

Diante do atual cenário apresentado, entende-se que há a necessidade do desenvolvimento de um cimento que atenda as características exigidas pelas normas em vigor e por sua vez não contribua para a degradação ambiental de maneira efetiva.

Dentro deste contexto o principal objetivo deste trabalho é desenvolver um aglomerante químico onde suas matérias primas não necessitem passar pelo processo de sinterização para formação de compostos responsáveis pela resistência mecânica do cimento, utilizando dois compostos distintos, sendo o primeiro constituído por Microssílica, Cal e Silicato de sódio e o segundo por Metacaulim, Cal e Silicato de sódio. Devido às características dos materiais envolvidos e o processo de produção sem utilização de fornos este estudo contribuirá de forma efetiva para a diminuição dos impactos ambientais negativos causados pelas indústrias cimenteiras.

Neste sentido, este artigo objetiva encontrar a fórmula ideal para utilização do aglomerante químico na confecção de pastas, argamassas e concreto.

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 2.1 Materiais de partida

Para a realização dos experimentos em estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento: CPV ARI-RS, CPI BRANCO e CPII F 32;
- Microssílica: Tipos 1,2 e 3;
- Metacaulim: Tipos 1,2 e 3;
- Silicato de sódio;
- Cal: Tipo CH-I;

- Água potável: obtida diretamente pela concessionária local.

A Figura 1, abaixo, apresenta os materiais pulverulentos utilizados nas pastas seguindo a sequência: Cimento CPV ARI-RS (1), CP I BRANCO (2) e CP II F-32 (3); Microsílica tipos 1, 2 e 3; Metacaulim tipos 1, 2 e 3. Os tipos de microsílica e metacaulim variam o tipo de fabricante e a finura.

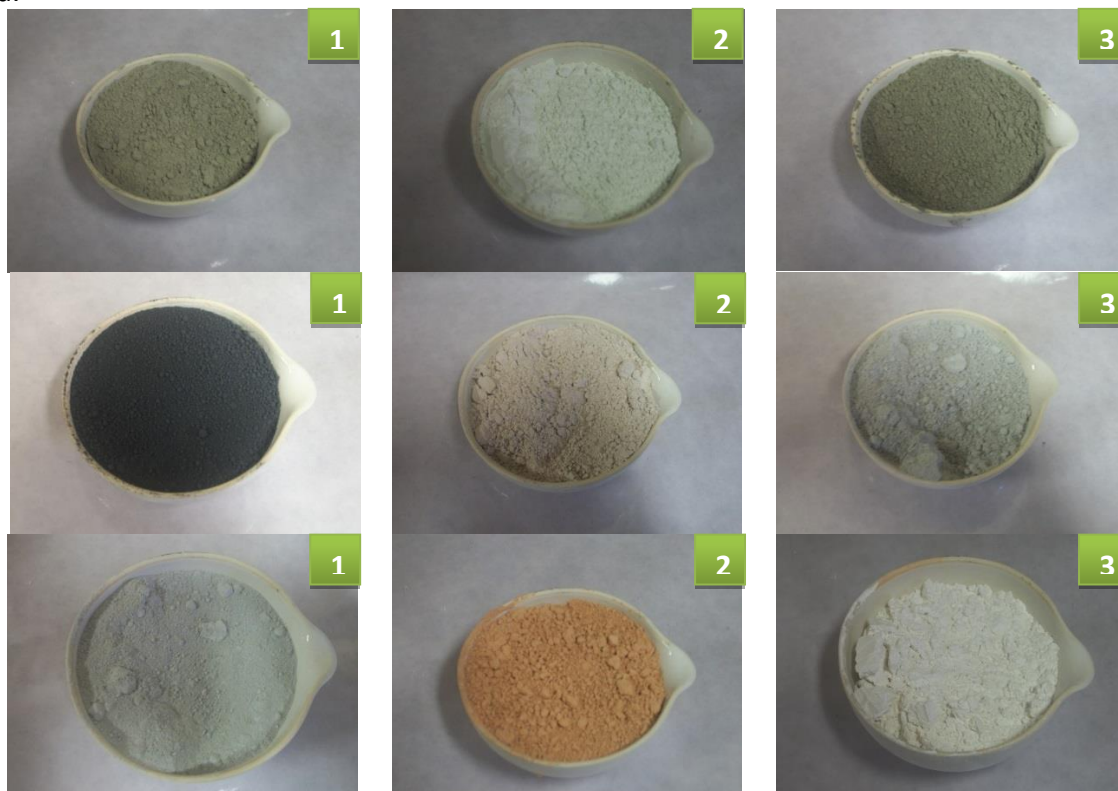


Figura 1 – Materiais utilizados

O aglomerante químico é composto por quatro componentes: a microsílica, o metacaulim, a cal e o silicato de sódio, os três primeiros apresentam-se na fase sólida em forma de pó, já o silicato apresenta-se como uma dispersão coloidal viscosa. Abaixo, encontram-se os detalhes de cada componente do aglomerante.

### 2.1.1 Microsílica

A microsílica é o dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) condensado que se apresenta como partículas esféricas, extremamente pequenas (diâmetro médio de aproximadamente  $0,1 \mu\text{m}$ ) e amorfas. A formação da microsílica se dá através de um subproduto resultante do processo de obtenção do ferro-silício e do silício metálico, materiais estes utilizados na produção da grande maioria dos aços comuns e nas indústrias de alumínio, química, eletrônica entre outras.

A sílica ativa produz tanto efeitos químicos como físicos na microestrutura do concreto. A reação  $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-SiO}_2$  envolvendo a sílica ativa é rápida e pouco variável, não sendo necessários longos períodos de cura para atingir as resistências desejadas. A reação pozolânica, a uma temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , inicia-se por volta do sétimo dia, enquanto para temperaturas mais altas ( $35 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a contribuição química já é observada aos dois dias de idade. (TUTIKIAN, 2008).

Essa microssílica apresenta um índice pozolânico igual a 8,8 Mpa, quando em presença de cal, auxiliando no aumento das reações de formação dos compostos cimentícios do aglomerante químico.

### 2.1.2 Metacaulim

O Metacaulim é uma adição mineral aluminossilicosa obtida, normalmente, da calcinação de alguns tipos de argila como as cauliniticas e os caulins, ocorre então a remoção dos íons da sua estrutura cristalina, ocasionando a destruição do seu arranjo atômico. Forma-se então um componente amorfo e de estabilidade química, denominado metacaulinita ( $Al_2Si_2O_7$ ), que é responsável pela atividade pozolânica, com formação predominante de C-S-H. (IBRACON, 2005).

### 2.1.3 Cal

A cal utilizada possui características de uma cal classificada como calcítica. Contribuindo para uma melhor reação na formação dos compostos do cimento químico. A Tabela 1 expõe algumas de suas características.

**Tabela 1 – Características da cal**

CARACTERÍSTICAS	CAL
Teor de MgO (%)	10%
Superfície específica	12.000 cm <sup>2</sup> /g
Massa específica	2.50 g/m <sup>3</sup> .
Cor	Branca

### 2.1.4 Silicato de sódio

O silicato de sódio são soluções de sílica ( $SiO_2$ ) e soda ( $Na_2O$ ) em água, obtidas por fusão de areia e barrilha (carbonato de sódio) e posterior dissolução do vidro resultante com vapor, em autoclaves. Podem ser produzidos com diferentes relações  $SiO_2/Na_2O$  e diferentes teores de água. O silicato de sódio atuará como catalisador no processo de reação entre a microssílica e a cal. A Tabela 2 expõe algumas de suas características.

**Tabela 2 – Características do silicato de sódio**

Características	Silicatos de Sódio
Fórmula	$Na_4SiO_4$
Densidade	2,4 g/cm <sup>3</sup>
Ponto de fusão	1088 °C
Massa molar	122,06 g/mol

## 2.2 Métodos

Para o alcance dos objetivos deste artigo foram desenvolvidas duas etapas de estudos experimentais. A primeira consistiu na caracterização dos materiais que compõem as pastas de cimento convencional, a segunda, na elaboração da dosagem dos materiais para produção das pastas com cimento convencional e aglomerante químico, finalizou-se o estudo com a análise da propriedade mecânica, resistência à compressão axial, das pastas em sete e vinte e oito dias de cura submersa.

As metodologias empregadas para a realização dos ensaios de caracterização do cimento (Finura do Cimento e Massa Específica) e produção das pastas (Determinação da pasta de consistência normal) foram procedidas conforme exigências nacionais (NBR- 11579, NBR-NM 23:2000 e NM 43:2002 respectivamente).

Para a primeira etapa de mistura das pastas foram realizados diversos testes com variações do fator a/c que se mostraram insuficientes para a trabalhabilidade das pastas de aglomerante químico, assim padronizou-se fator a/c de 0,75 para todas as pastas produzidas.

Dentro dessa linha de pesquisa e confirmadas às quantidades de materiais necessárias para a produção das pastas elaboraram-se os traços em estudo (Tabela3).

**Tabela 3 – Descrição das composições de pastas em estudo.**

MATERIAL	TRAÇOS								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	CPV-ARI RS (g)	CPI BRANCO (g)	CPII F 32 (g)	MS 1 (g)	MS 2 (g)	MS 3 (g)	MK1 (g)	MK 2 (g)	MK 3 (g)
<b>Cimento</b>	150,0	150,0	150,0	-	-	-	-	-	-
<b>Microsílica</b>	-	-	-	50,0	50,0	50,0	-	-	-
<b>Metacaulim</b>	-	-	-	-	-	-	50,0	50,0	50,0
<b>Cal</b>	-	-	-	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
<b>Silicato de sódio</b>	-	-	-	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
<b>Água</b>	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	122,5

\*MS = Microsílica; MK = Metacaulim.

Após as adequações, foram produzidas as pastas de aglomerante químico, paralelamente, as de cimento convencional. A Figura 2, a seguir, apresenta as consistências de cada pasta produzida neste estudo de acordo com a seqüência seguida nos traços da tabela supracitada.





Figura 2 – Consistências obtidas dos traços em estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise das pastas fez-se necessário à execução dos ensaios de módulo de elasticidade dinâmico e resistência à compressão axial que são diretamente proporcionais na maioria dos casos em pastas de cimento.

Durante a obtenção dos resultados de resistência a compressão axial, observou-se que as pastas produzidas com Microssílica (MS 3) e com Metacaulim (MK 3) ultrapassaram a resistência do Cimento CPI BRANCO (Figura 3).

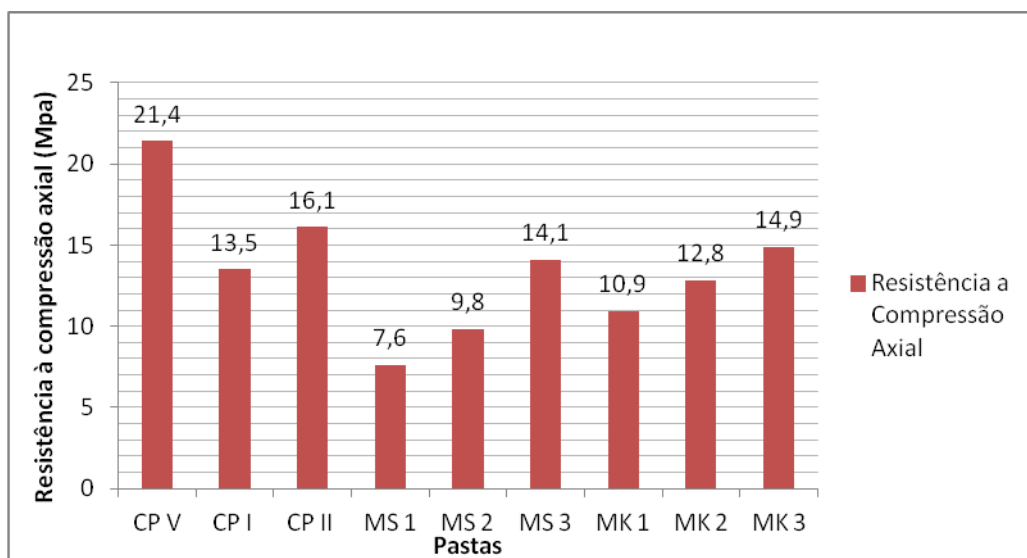


Figura 3 – Resistência à Compressão Axial aos vinte oito dias de cura.

Verificou-se no ensaio de módulo de elasticidade dinâmico que as pastas de Metacaulim apresentam-se com valores aproximados porém apresentaram melhor desempenho em relação às de Microssílica. (Figura 4).

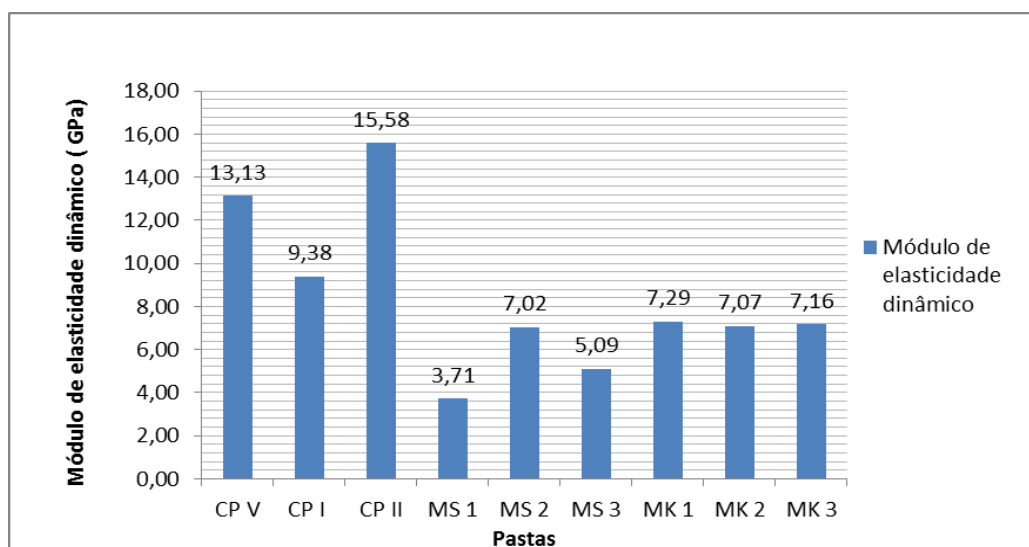


Figura 4 – Módulo de Elasticidade Dinâmico aos vinte e oito dias.

Conforme pode ser observado abaixo, Figura 5, nem sempre o módulo de elasticidade dinâmico será proporcional à resistência de compressão axial, o que foi constatado na resistência do CPV ARI-RS (CPV). O Metacaulim (MK 1) por sua vez indicou uma melhor resistência em comparação aos outros tipos de aglomerante químico, apesar de seu módulo de elasticidade ter sido um dos menores.

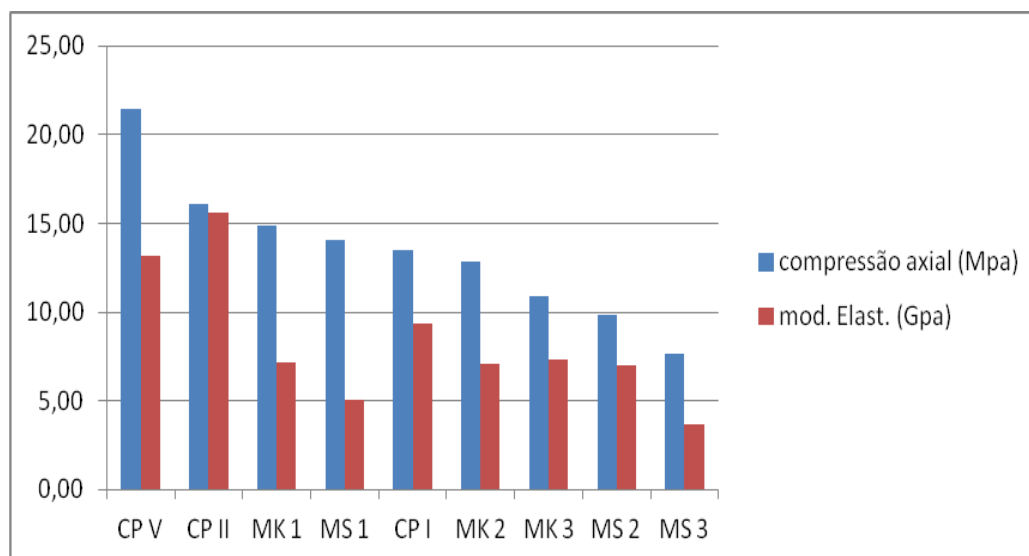


Figura 5 – Representação das pastas em ordem decrescente, de acordo com a sua compressão axial.

## CONCLUSÃO

De acordo com o exposto acima verifica-se que as pastas confeccionadas com aglomerantes químicos não atingiram as resistências necessárias, aos 28 dias, para atender questões estruturais, o que inviabiliza, até o presente momento, seu uso em peças com esta responsabilidade. Por outro lado, pode observar que o mesmo superou a resistência atingida

pelo cimento branco. Dessa forma, sugere-se sua utilização em reparos e acabamentos, onde o cimento branco é utilizado com frequência, o que contribuiria de maneira efetiva para minimização dos impactos ambientais negativos causados pela produção e extração das matérias primas para a confecção do cimento portland branco comum.

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais da Construção (IFRN), localizado em Natal/RN.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PFRH e ao CNPQ por todo apoio financeiro dado ao projeto e ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campos Natal Central pelo auxílio no fornecimento dos materiais e ambientes utilizados.

## REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11579 - **Cimento Portland, Determinação da finura por meio da peneira 75 $\mu$ m (n° 200)**, Rio de Janeiro, 2012.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 23:2001 – **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da Massa Específica**, Rio de Janeiro 2001.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 43:2003 – **Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal**, Rio de Janeiro 2003.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7215 – **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**, Rio de Janeiro 1997.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8802 – **Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**, Rio de Janeiro 2013.
6. G.C. ISAIA. – **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações** – 1°ed. São Paulo, IBRACON, 2005. 2v.
7. METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. IBRACON. São Paulo, 2008.
8. BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Volume 1. LTC. Rio de Janeiro, 2013.
9. TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. **Concreto autoadensável**. 1°ed. São Paulo: PINI, 2008.