

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE SUBPRODUTOS NA DISPERSÃO DE PARTÍCULAS DE CIMENTO

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081122

MARTINS; JULIA [1]; ROCHA; JANAÍDE [2]
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: JULIA.D4.ROSA@GMAIL.COM

RESUMO: Este estudo pretende verificar como a adição de subprodutos da construção afeta a dispersão das partículas de cimento. O cimento utilizado foi o CPIIF40 e os subprodutos foram: cinza volante e sílica. Realizaram-se medições de potencial zeta dos materiais utilizados no estudo para analisar a interação entre as partículas com base na natureza e módulo das cargas. Ainda, mediu-se a velocidade de sedimentação das partículas, com vistas a vincular o potencial zeta à dispersão das suspensões. Os resultados mostram que o aumento da carga entre as partículas garante maior dispersão e, consequentemente, menores velocidades de sedimentação.

PALAVRAS-CHAVES: Materiais finos, potencial zeta, sedimentação, dispersão.

ABSTRACT: This study aims to verify how the addition of construction byproducts affects the dispersion of cement particles. The cement used was CPIIF40 and the by-products were: fly ash and silica. Zeta potential measurements of the materials used in the study were performed to analyze the interaction between the particles based on the nature and modulus of the charges. Also, the sedimentation velocity of the particles was measured, in order to link the zeta potential to the dispersion of the system. The results show that increasing the charge between the particles ensures greater dispersion and, consequently, lower sedimentation velocities.
KEYWORDS: Fine materials, zeta potential, sedimentation, dispersion.

1 | INTRODUÇÃO

Partículas dispersas em meio líquido tendem a interagir entre si. De acordo com Valencia[(1)], em partículas com dimensões menores do que 100µm a interação é causada principalmente por forças atuantes na superfície da partícula. Quando as partículas apresentam forças atrativas superiores às repulsivas, há tendência a aglomeração, conforme Oliveira[(2)]. Uma das forças de superfície que define a interação entre partículas em suspensão é o potencial zeta. Segundo Dinger[(3)], o potencial zeta pode ser definido como o potencial eletrostático no plano de cisalhamento de uma partícula dispersa.

Quando se trata de potencial zeta, dois fatores são importantes para definir a interação entre as partículas, a natureza e a magnitude da carga. Partículas com cargas de mesmo sinal irão se repelir e partículas com cargas de sinal contrário irão se atrair. A magnitude da carga define a força de atração ou repulsão das partículas. Esses fatores se alteram com a mudança do pH do meio em que as partículas estão dispersas.

Outro fator a ser considerado é o ponto isoelétrico, que é o ponto em que as partículas não apresentam cargas superficiais. O ponto isoelétrico é considerado o ponto onde haverá maior tendência à aglomeração das partículas e quanto mais baixo é, em módulo, o potencial zeta de uma partícula, mais próximo ao ponto isoelétrico ela se encontra.

Em pastas e argamassas, o potencial zeta pode influenciar diretamente nas propriedades reológicas[4]. Quando não há repulsão entre as partículas de cimento, há uma tendência à formação de aglomerados e como resultado, um material menos homogêneo. O elevado potencial zeta negativo também pode implicar na adsorção de aditivos incorporadores de ar[5] e hidratação precoce de suspensões de cimento[6].

Considerando que o potencial zeta pode variar de acordo com as condições em que as partículas estão dispersas, como concentração e pH por exemplo, a incorporação de subprodutos à suspensões com cimento pode acarretar em alterações no potencial zeta das partículas e, consequentemente, interferir em alguns aspectos da suspensão.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar como a adição dos subprodutos, sílica e cinza volante, afeta o potencial zeta das partículas de soluções contendo cimento e quais os efeitos dessa alteração para a dispersão das suspensões.

2 | METODOLOGIA

Para avaliar a influência dos subprodutos na dispersão das partículas de cimento, seguiu-se um programa experimental contendo preparo e caracterização do cimento e dos subprodutos e a análise das partículas em suspensão com a medição do potencial zeta e velocidade de sedimentação.

2.1 Materiais

O cimento utilizado para a pesquisa foi o CPIIF40, De acordo com a Norma NBR 16697[7], esse tipo de cimento é composto por clínquer e sulfatos de cálcio (75 à 89%) e material carbonático (11 à 25%).

Os subprodutos utilizados foram cinza volante e sílica. A cinza volante e a sílica passaram pela estufa com temperatura de 105 °C durante 24 horas, para garantir a perda da umidade. Todos os subprodutos foram peneirados na peneira de 0,075mm.

As características físicas dos materiais são apresentadas na Tabela 1 e a curva granulométrica de cada material é mostrada na Figura 1. A massa específica dos materiais foi verificada utilizando o picnômetro. A granulometria foi medida por meio do equipamento LUMiSizer.

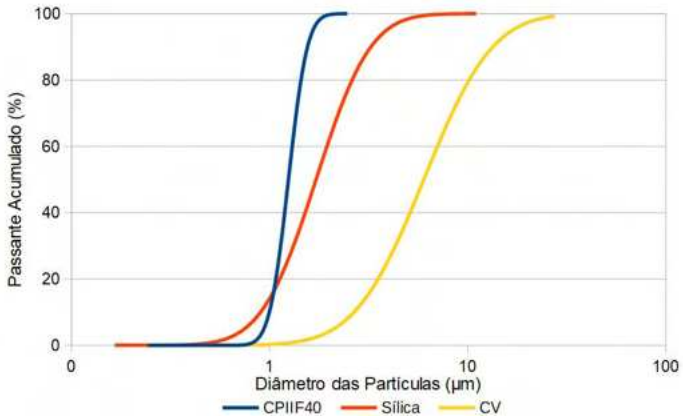


Figura 1 – Granulometria dos materiais.

Material	Massa Específica (g/cm³)	d10 (µm)	d50 (µm)	d90(µm)
CP II F 40	3,09	1,143	1,211	1,473
Sílica	2,66	1,061	1,677	4,158
Cinza Volante	2,09	2,697	6,336	11,888

Tabela 1 – Características físicas dos materiais.

A composição química com os principais óxidos que compõem os materiais utilizados no estudo é apresentada na Tabela 2 e foi obtida por meio da e*spectroscopia* de energia dispersiva de raio X (EDX).

Óxidos	CP II F 40	Sílica	CV
CaO	69,74%	-	3,42%
SiO_2	17,46%	95,45%	61,99%
SO_3	4,22%	-	0,43%
Fe_2O_3	3,41%	0,004%	3,05%
K_2O	1,02%		1,87%
Al_2O_3	-		27,38%
CO_2 (Perda ao fogo)	3,44%	4,39%	0,09%

Tabela 2 – Composição química dos materiais

2.2 Métodos

Os ensaios de potencial zeta foram realizados no equipamento ZetaSizer Malvern

Nano25, em duas etapas distintas. A primeira etapa teve como objetivo verificar como o potencial zeta das partículas de cimento se modificava conforme a alteração do pH. Para a medição, variou-se o pH da amostra, utilizando ácido clorídrico (0,5M) e hidróxido de sódio (1M). A medição iniciou com o pH igual à 12 e foi finalizada com o pH igual à 2. Para a segunda etapa, mediu-se o potencial zeta da cinza volante e da sílica separadamente nos pH indicados na Tabela 3.

Com o objetivo de relacionar a velocidade de sedimentação com a dispersão das partículas em suspensão, fez-se ensaios no equipamento LUMiSizer. O ensaio consiste em submeter as amostras à aceleração centrípeta, forçando as partículas dispersas a se aglomerarem na extremidade do porta amostra. O porta amostra fica localizado entre uma fonte de luz e um receptor, conforme as partículas se movimentam e se acumulam, a passagem de luz através da amostra aumenta. Assim o equipamento mensura a velocidade de sedimentação das partículas. A Tabela 3 apresenta a composição das amostras ensaiadas.

Potencial Zeta				Velocidade de Sedimentação					
Amostra	Quantidade de Material (g)	Água (mL)	pH	Amostra	Cimento (g)	Sílica (g)	Cinza Volante (g)	Água (mL)	pH
CPIIF40	0,3	60,0	2 à 12	100%C	3,0	-	-	60,0	11,8
Sílica	0,3	60,0	11,7	50%C50%Sílica	1,5	1,5	-	60,0	11,7
Cinza Volante	0,3	60,0	10,8	50%C50%CV	1,5	-	1,5	60,0	10,8

Tabela 3 – Composição e pH das amostras para os ensaios de potencial zeta e velocidade de sedimentação

A concentração de cimento e/ou subprodutos para as amostras de velocidade de sedimentação é maior que para as amostras de potencial zeta, devido as especificidades de cada equipamento. Essa diferença de concentração faz com que o pH das amostras para cada um dos ensaios seja diferente. Como o potencial zeta é dependente do pH, para garantir que a magnitude e natureza das cargas das partículas medidas sejam equivalentes às que as partículas apresentaram no ensaio de velocidade de sedimentação, verificou-se o pH de cada uma das amostras antes do ensaio de sedimentação e titulou-se as amostras para o ensaio de potencial zeta para que ficassem com o pH correspondente. O pH medido antes do ensaio de sedimentação está descrito na Tabela 2. Na titulação das amostras para atingirem o pH indicado utilizou-se hidróxido de sódio (1M).

Para o preparo das amostras, primeiro colocou-se a quantidade indicada cimento e/ou subproduto num recipiente de vidro, em seguida adicionou-se a água. No caso da velocidade de sedimentação, mediu-se o pH. Para as amostras de potencial zeta, foi feita a titulação. Após o preparo, os recipientes com as suspensões foram colocados no ultrassom, com uma frequência de 40 kHz durante 10 minutos. Imediatamente após retiradas do ultrassom, as amostras foram submetidas aos ensaios de potencial zeta e velocidade de sedimentação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a medição do potencial com a variação do pH, pode-se perceber a tendência à diminuição de carga das partículas de cimento tanto em pH básico quanto em pH ácido. Em valores de pH neutro (próximo à 7), o cimento apresentou valores maiores de carga. A Figura 2 apresenta o gráfico de potencial zeta em função do pH do CP II F 40.

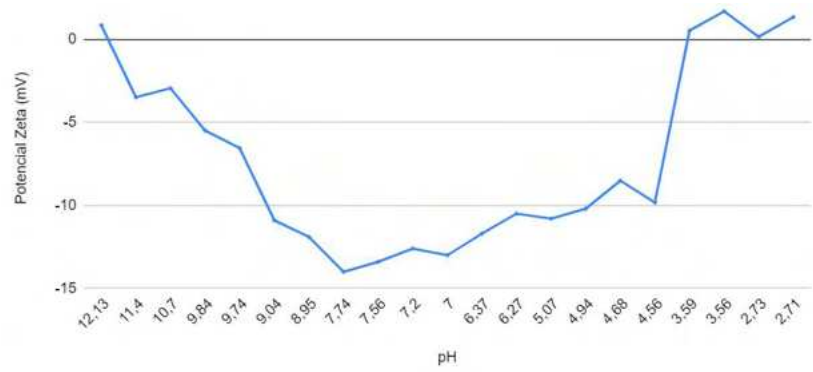


Figura 2 – Alteração do potencial zeta do CP II F 40 com a variação do pH

A velocidade de sedimentação do cimento e dos subprodutos, bem como o potencial zeta apresentado por cada um deles estão descritos na Tabela 4.

Amostra	pH	Velocidade de Sedimentação (cm/s)	Potencial zeta no pH indicado		
			CP II F 40	Sílica	CV
100%C	11,8	0,147	+0,49	-	-
50%C50%Sílica	11,7	0,193	+0,49	-4,5	-
50%C50%CV	10,8	0,024	-3,2	-	-23,3

Tabela 4 – pH, velocidade de sedimentação das amostras e potencial zeta dos materiais constituintes

Pode-se perceber que a amostra contendo apenas cimento (100%C) apresenta potencial zeta de 0,49 mV, que é um valor muito próximo ao ponto isoelétrico do material. Nessas condições, as partículas de cimento aglomeram com facilidade.

A mistura entre a sílica e cimento (50%C50%Sílica) apresenta condições propícias à hétero aglomeração, já que as partículas de cimento e de sílica apresentam potencial zeta com cargas opostas, fazendo com que haja uma atração entre as partículas dos materiais. Como o cimento e a sílica apresentam potencial zeta com baixo módulo, é provável que, além da hétero aglomeração, ocorra a aglomeração das partículas de

cimento entre si, bem como a aglomeração entre as partículas da sílica. Comparada à velocidade de sedimentação da amostra 100%, a amostra 50%C50%Sílica apresenta velocidade de sedimentação 31% maior.

A adição de cinza causou uma diminuição significativa no pH com relação à amostra contendo somente cimento (100%C), o que acarretou no aumento em módulo do potencial zeta das partículas de cimento, bem como a alteração da natureza da carga, passando de positiva (na amostra 100%C) para negativa (50%C50%CV). No caso da mistura entre o cimento e a cinza volante (50%C50%CV) não há probabilidade de hétero aglomeração, já que ambos os materiais possuem potencial zeta com carga negativa. As partículas de cinza não irão aglomerar entre si, pois o material apresentou alto potencial zeta, o que acarreta em repulsão entre as partículas. O aumento, em módulo, do potencial zeta cimento contribuirá para que haja menos aglomeração entre as partículas quando comparadas às partículas da amostra 100%C, mas como o potencial zeta ainda continua com valor baixo, ainda haverá aglomeração. Observou-se que nas amostras de cinza volante (50%C50%CV) houve uma redução de 85% na velocidade de sedimentação em comparação à amostra contendo somente cimento (100%C).

Sabendo que partículas aglomeradas tendem a sedimentar mais rapidamente, pode-se relacionar a alta velocidade das amostras 100%C e 50%C50%Sílica com o potencial zeta das partículas em suspensão. Na amostra 50%C50%Sílica, a velocidade de sedimentação apresenta-se 31% maior que a amostra 100%C devido a atração entre as partículas de cimento e sílica. Na amostra 100%C, o baixo potencial zeta não evita a aglomeração. Já na amostra 50%C50%Sílica, as cargas contrárias favorecem a aglomeração, aumentando a ocorrência de aglomerados.

A amostra 50%C50%CV apresentou valores de velocidade de sedimentação inferiores às demais. O elevado potencial zeta das partículas de cinza volante e a não ocorrência da hétero aglomeração entre a cinza e o cimento contribuíram para que a velocidade de sedimentação fosse reduzida.

4 | CONCLUSÃO

Após os ensaios de potencial zeta e velocidade de sedimentação, pode-se concluir que a carga superficial das partículas pode interferir na dispersão das suspensões.

No caso da amostra com sílica (50%C50%Sílica), verificou-se uma diminuição na dispersão da suspensão quando comparado à amostra contendo somente cimento. Os baixos valores de potencial zeta permitem a aglomeração entre as partículas do mesmo material. Os sinais de carga opostos facilita a aglomeração entre as partículas de sílica e cimento. Como resultado, tem-se uma suspensão com partículas menos dispersa e maior velocidade de sedimentação.

Dentre os subprodutos utilizados, o que apresentou resultado mais satisfatório para a dispersão das partículas foi a cinza volante. Nesse caso, o potencial zeta elevado e de mesmo sinal dificulta a aglomeração das partículas, mantendo-as mais dispersas na suspensão. Como resultado da maior dispersão, obtém-se menor velocidade de sedimentação.

Como foi percebido ao longo do estudo, a adição de subprodutos pode ocasionar

mudanças na natureza e magnitude da carga das partículas de cimento. Também pode haver diferentes tipos de interações entre as partículas do subproduto e as partículas de cimento, dependendo do potencial zeta de cada um deles.

Na prática, é importante conhecer o potencial zeta das partículas que compõem as pastas e argamassas. O potencial zeta determina o grau de interação entre as partículas e, consequentemente, a aglomeração entre elas. Em pastas e argamassas, os aglomerados influenciam na reologia e representam um produto final menos homogêneo. Além disso, a magnitude e natureza da carga das partículas terá influência em outros aspectos, como na eficácia de aditivos incorporadores de ar[5] e na coalescência de bolhas[8], por exemplo.

REFERÊNCIAS

1. VALENCIA, Gabriela Araujo. **Estudo das características de dispersão de suspensões de carbonato de cálcio**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

2. OLIVEIRA, IR de et al. Dispersão e empacotamento de partículas: princípios e aplicações em processamento cerâmico. **Fazendo arte editorial**, v. 224, p. 119-137, 2000.

3. DINGER, Dennis. Medidas de pontos isoelétricos sem o uso de analisador de potencial zeta. **Cerâmica Industrial**, v. 11, n. 3, p. 23-24, 2006.

4. CYR, Martin.**Contribution à la caractérisation des fines minérales et à la compréhension de leur rôle joué dans le comportement rhéologique des matrices cimentaires**. 1999. Tese de Doutorado. INSA de Toulouse; Université de Sherbrooke.

5. Lianxiang Du and Kevin J Folliard. **Mechanisms of air entrainment in concrete**. Cement and concrete research, 35(8):1463–1471, 2005.

6. ZINGG, A. et al. **Adsorption of polyelectrolytes and its influence on the rheology, zetapotential, and microstructure of various cement and hydrate phases**. Journal of Colloidand Interface Science, Elsevier, v. 323, n. 2, p. 301–312, 2008.

7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697:** Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

8. ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento.** 2002.