cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Estudo da hidratação do cimento Portland com incorporação de cinzas de resíduos agrícolas por espectroscopia de impedância.

M. Bortoletto[1]; J.L. Akasaki[1]; J.A. Malmonge[1]; M. M. Tashima[2]; A.O. Sanches[1].

1. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil; 2. Universidad Politecnica de Cartagena (UPCT), Cartagena, Espanha.

Introdução



Substituição parcial do cimento Portland (<30%)



Resíduos agrícolas

- Modifica a extensão e as reações de hidratação.
- Modifica o desenvolvimento da microestrutura,
- Altera as propriedades no estado fresco e endurecido.



Espectroscopia de impedância (EI).

Objetivos

Compreender a hidratação de pastas de cimento Portland misturadas com cinzas de resíduos agrícolas (CCA, CFB e CBC) por meio de curvas de condutividade elétrica obtidas pela EI.

Metodologia



Cimento Portland



Água Deionizada

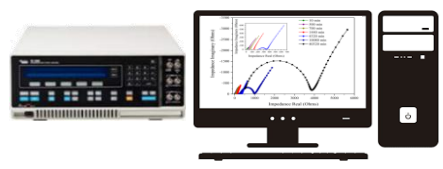


Cinzas de Resíduos agrícolas (0, 10 e 25% em massa).

Hidratação in situ (28 dias)

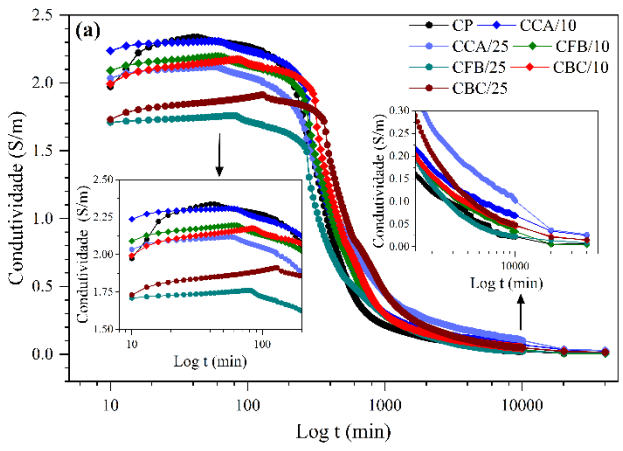
Relação água/ligante 0.40.





Temperatura: 26 ± 0,2 °C;
Umidade Relativa: > 95%;
Abordagem multifrequencial: 1 Hz a 10 MHz.

Resultados e Discussão



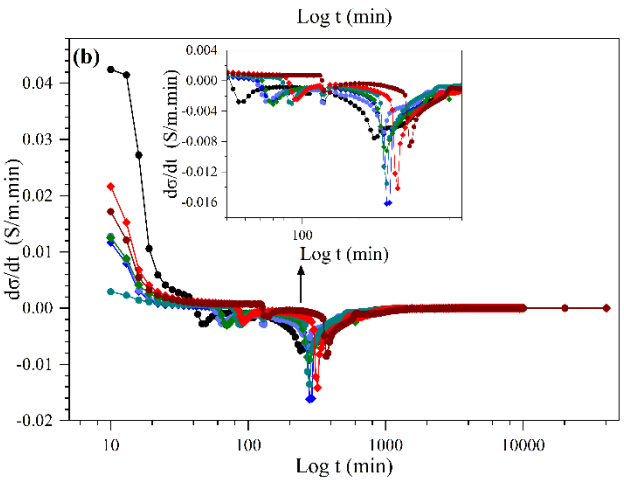


Figura 1. (a) Condutividade, σ (100 kHz) e (b) derivada (dσ/dt) em função do tempo para pastas de cimento e pastas de cimento com resíduos agrícolas.

Tabela 1. Composição química (%, em massa) e $D_{médio}$ (μm) e ASE (m²/g) dos materiais anidros.

Materiais	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	Outros	PF	$D_{médio}$ (μm)	ASE (m²/g)
CP	62.77	19.90	4.40	4.59	1.15	0.10	0.96	1.63	0.19	4.31	11.52	1.33
CCA	0.66	87.45	-	-	0.43	-	1.53	-	0.59	8.46	22.42	10.38
CFB	1.84	81.94	4.10	5.36	1.01	0.16	0.96	-	1.61	3.97	26.10	19.79
CBC	2.28	79.55	3.96	5.12	0.85	0.27	1.48	-	2.17	5.14	34.60	8.33

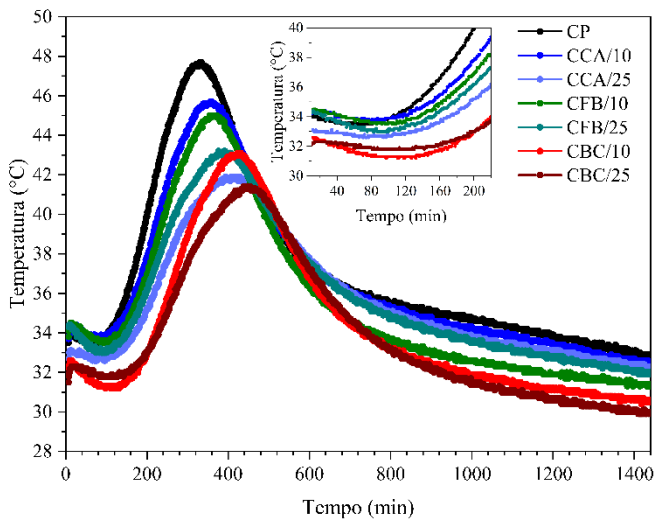


Figura 2. Temperatura interna das pastas de cimento e pastas de cimento com resíduos agrícolas.

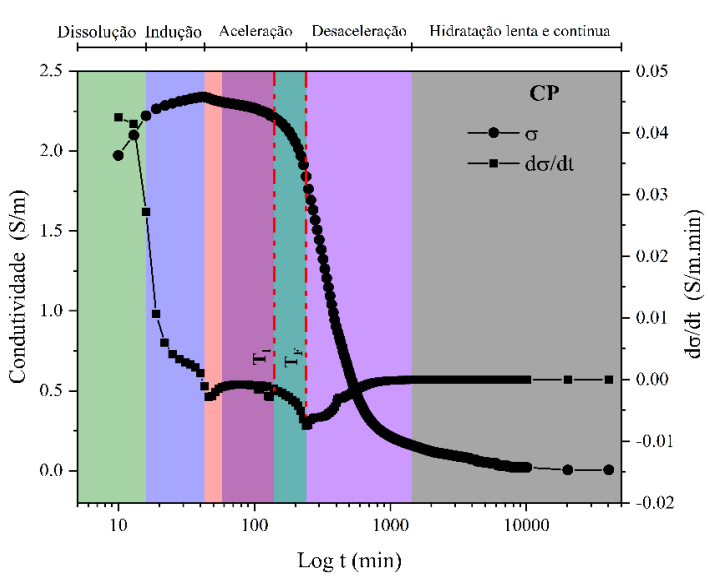


Figura 3. Regiões de hidratação e período de hidratação correspondente para as pastas de cimento.

Conclusões

- O efeito de diluição, a absorção de água pela estrutura porosa das cinzas e a adsorção de íons em suas superfícies foram os efeitos dominantes nas idades iniciais, o que resultou em menor liberação iônica na solução e um retardo na hidratação em relação à pasta de cimento Portland.
- As pastas de cimento misturadas com CBC apresentaram a maior extensão do período de indução e maior tempo de pega, associados ao efeito de diluição e maior teor de perda ao fogo e tamanho de partícula da CBC.

Referências e Agradecimentos

WANG, J. *et al.* Action mechanism of rice husk ash and the effect on main performances of cement-based materials: a review. **Construction and Building Materials**, v. 288, 123068, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123068.

BORTOLETTO, M. *et al.* New insights on understanding the Portland cement hydration using electrical impedance spectroscopy. **Construction and Building Materials**, v. 407, 133566, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133566.

Materiais Alternativos de Construção
FAPESP FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ENGENHARIA UNESP CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES
Cofinanciado por la Unión Europea
AGENCIA ESTATAL DE INVESTIGACIÓN