

# LEONARDO GOMES DE SOUZA

## TESE DE DOUTORADO

### RESUMO

A necessidade de redução do consumo de energia e de emissão de CO<sub>2</sub> é uma exigência constante na indústria de cimento Portland, forçando a melhoria na eficiência dos processos de fabricação, assim como o aproveitamento de resíduos e subprodutos de outras indústrias. Os cimentos geopoliméricos surgem como uma nova classe de materiais de alto desempenho para aplicações estruturais como aglomerante mineral capaz de substituir total ou parcialmente o cimento Portland.

Os cimentos geopoliméricos obtidos a partir de metacaulim e escória granulada de alto-forno normalmente atingem resistências superiores a 45 MPa em 4 horas de cura térmica e podem extrapolar 100 MPa aos 28 dias de idade.

Nesta tese foram desenvolvidas pastas de cimento geopolimérico com matérias-primas alternativas, tais como cinza volante e cal hidratada, como substituição ao metacaulim e à escória de alto-forno, respectivamente.

Ensaio de reologia e resistência à compressão foram realizados para determinar as principais propriedades de interesse para cimentação de poços de petróleo, injeção de fissuras, concreto projetado e fabricação de peças pré-moldadas.

Para determinação do comportamento reológico do material e sua aplicabilidade nas operações descritas acima, foi desenvolvido um método de ensaio para determinação da viscosidade em função do tempo, utilizando um viscosímetro rotacional Fann.

As amostras das pastas rompidas nos ensaios mecânicos foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios X, espectroscopia na região do infravermelho, calorimetria (DSC) e termogravimetria (TGA). O objetivo foi caracterizar a microestrutura e investigar a possível formação de fases não poliméricas, supostamente prejudiciais ao desempenho do produto.

Os resultados mostraram que a substituição de metacaulim por cinza volante e de escória granulada de alto-forno por cal hidratada mudou sensivelmente a microestrutura e drasticamente a propriedades reológicas e mecânicas.

Não foi possível distinguir estruturalmente as diferentes pastas obtidas com as técnicas utilizadas. Entretanto, foi possível concluir que a principal fase formada em todas as pastas foi de aluminossilicato de sódio, potássio e cálcio, amorfa e de aspecto massivo e morfologia não definida. Traços de fases cristalinas remanescentes dos reagentes também foram encontrados nas pastas endurecidas, indicando que a reação de geopolimerização não consumiu totalmente os reagentes.

Com a substituição total do metacaulim por cinza volante, além das fases cristalinas remanescentes das matérias-primas, houve formação de zeólita tipo Phillipsita, produto da cristalização do cimento geopolimérico, que segundo a literatura é um dos produtos da conversão a longo prazo dos geopolímeros amorfos do tipo M-PSS.

Independente do tipo ou teor de matéria-prima utilizada, houve microfissuração múltipla dos corpos de prova. Optou-se por utilizar cargas minerais particuladas e fibras

minerais e poliméricas para prover estabilidade mecânica às pastas. Os resultados mostraram que somente a combinação de dois tipos de carga foi capaz de eliminar a microfissuração ocorrida. Ganhos de resistência da ordem de 125% foram registrados sem alterações das microestruturas originais.

A adição de fibras de polipropileno às pastas geopoliméricas, apesar de não impedir a fissuração dos corpos de prova, promoveu melhorias na resistência à compressão.