

Reômetro PHESO

Diversos materiais empregados na construção passam por mudanças de estado. Dentre os mais comuns podemos citar concretos e argamassas. Durante a etapa de construção apresentam-se em estado fluido e apenas posteriormente se solidificam e exercem suas funções definitivas na construção. Avaliar as condições destes materiais neste estado fluido inicial, o qual denominamos de estado fresco, é de grande importância. Condições inadequadas podem comprometer a produtividade, introduzir defeitos ou até mesmo inviabilizar o trabalho. Deixar que decisões sejam tomadas apenas quando já se está na obra, como, por exemplo, adição de água, cimento ou aditivo, pode afetar propriedades posteriores do material, como desempenho, segurança, durabilidade, custo e ecoeficiência.

Estudar as propriedades do material no estado fluido é papel do ramo da ciência chamado de reologia. Tradicionalmente avaliações no estado fresco são feitas de modo que apenas parte do comportamento reológico é avaliado. **Os reômetros buscam suprir esta lacuna, permitindo uma avaliação mais abrangente. Enquanto testes simples, como ensaios de abatimento (slump), espalhamento (slump-flow) ou fluxo em funis avaliam apenas deformações em estreitas condições de velocidade de fluxo, com reômetros é possível avaliar desde condições quase estáticas até altas taxas de fluxo.** Assim consegue-se informações a respeito do comportamento dos materiais ao longo de todo processo de produção, incluindo mistura, transporte, aplicação e consolidação. Isto se torna cada vez mais importante nos atuais cenários em que se estuda aplicações mais apropriadas para cada tipologia de obra e também quando se busca introduzir novos materiais que beneficiem o desempenho ou reduzam o impacto ambiental. Podemos, por exemplo, citar os casos de concretos autoadensáveis, com fibras, de baixo e baixíssimo teor de água, argamassas estabilizadas ou com uso de materiais alternativos, reciclados ou resíduos, entre outros.

Reômetro PHESO

Neste cenário, o **reômetro PHESO** destaca-se por sua versatilidade. Trata-se de um equipamento que, por meio de uma geometria de ensaio interage com o material a ser avaliado, e então detecta a resistência que ele exerce quando diferentes taxas de fluxo são impostas.

É possível com ele avaliar diferentes tipos de materiais, como, por exemplo, concretos, argamassas, grottes, pastas de injeção, solos, e outros tipos de material fluido e viscoso. Até massa de pão já foi estudado com ele. Uma ampla faixa de fluidez pode ser avaliada, desde materiais secos (emulando ensaios de tribologia), semissecos ou de alta concentração de sólidos até materiais de alta fluidez. Para cada situação, setups físicos do equipamento (diferentes volumes de ensaio, de geometrias como, por exemplo, atritor, placa-placa, Vane etc. e de modo de interação com o material estão disponíveis) e de ensaio (pode-se escolher o sentido de rotação, o qual pode inclusive ser alternado; pode-se avaliar diferentes níveis de rotação, totalmente personalizáveis conforme o tipo e aplicação do material; tempo de duração da avaliação pode ser escolhido). Assim, diversas propriedades reológicas podem ser avaliadas tais como tensão de escoamento, viscosidade, tixotropia/reopexia, dilatância/pseudo-plasticidade entre outros.

Um diferencial em relação a outros reômetros é que com o PHESO é possível avaliar não somente materiais já misturados em outros equipamentos, mas também avaliar o processo

de mistura do material. Com isto é possível avaliar o tempo necessário para mistura, a demanda de energia e água, além de determinar o momento mais adequado para a introdução de cada material durante o processo de mistura. Com isto pode-se, por exemplo, avaliar o momento adequado da introdução de aditivos, materiais cimentícios suplementares, fileres ou fibras, de modo a otimizar o desempenho e reduzir o consumo destes materiais, permitindo assim otimização de consumo e redução de custos.

Outros diferenciais do equipamento são a elevada robustez; o fato de ser compacto e móvel, podendo ser deslocado para atendimentos em obras e indústrias; permitir avaliações desde baixos a altos torques; **ter alta sensibilidade,** capaz de detectar mudanças oriundos de alterações na composição ou dos materiais; **possuir setups que permitem avaliação ao longo do tempo; ter boa acurácia e reprodutibilidade, sendo assim apropriado para controle de qualidade.**

Mesmo com toda esta versatilidade, a operação é bastante simples, desde a montagem das geometrias de ensaio até a criação e operação de programas de ensaio em um software especificamente desenhado para o equipamento.

Por fim é interessante ainda comentar que se trata de um equipamento que, por ser aplicado tanto em pesquisas científicas (está situado em um laboratório com forte produção científica, que atende continuamente pesquisas de mestrado, doutorado e convênios com empresas) como em aplicações de desenvolvimento de produtos (concreteiras, fábricas de pré-fabricados, obras de infraestrutura) recebe *feedback* constante dos usuários, o que leva a melhorias contínuas, como mudanças na estrutura física, na aquisição e tratamento de dados, desenvolvimento de novas geometrias de ensaio, melhoria de precisão e desenvolvimento de métodos de ensaio específicos. Neste contexto conta também com especialistas treinados e qualificados na operação e interpretação dos resultados.

É, portanto, um equipamento extremamente versátil que pode ser aplicado na pesquisa, no desenvolvimento, na otimização de composições e no controle de qualidade. E por ser oferecido no sistema de multiusuário pelo Laboratório de Microestrutura e Ecoeficiência da USP, isto pode ser realizado a um preço acessível, pois não é necessário adquirir o equipamento, apenas alugar ou solicitar os testes.

*“Recentemente estávamos diante de uma obra que apresentava desafios reológicos complexos. Tratava-se da execução de estacas do tipo hélice-continua para o prédio do Centro de Inovação em Construção Sustentável da USP. O concreto deveria ser bombeável, de alta fluidez, baixa viscosidade, sem risco de segregação e no qual fosse possível, após a concretagem, introduzir uma longa armadura rígida na qual era ainda acoplada uma série de tubulações de geotermia, além de sensores. Tudo isto em um contexto de sustentabilidade no qual baixo consumo de cimento era mandatário. Empregamos o **reômetro PHESO** tanto na etapa do desenvolvimento do concreto como posteriormente no controle de qualidade da obra, sendo ele o critério final para liberação da injeção do concreto. Havia um estreito limiar em que era possível a execução e atender todas as condições impostas, o que só foi possível avaliar com o reômetro. Técnicas tradicionais, como abatimento, em alguns casos teriam liberado a execução fora da janela viável. Com isso pudemos executar uma obra extremamente desafiadora, e que permitiu redução de consumo de cimento e emissão de CO₂ em cerca de 60% e economia de água em cerca de 40%. “ Depoimento Eng. Markus Rebmann, pesquisador do LME/USP*

*“A indústria de mineração apresenta grande importância econômica no Brasil e no mundo. Infelizmente a operação gera volumes vultuosos de rejeitos e armazenamentos inadequados tem levado a acidentes. Por isso, atualmente estamos empregando o reômetro **PHESO** no desenvolvimento de novas técnicas para auxiliar na caracterização reológica destes rejeitos, procurando entender os fenômenos envolvidos no seu escoamento. Isto envolve também o desenvolvimento de uma nova geometria de ensaios que permitirá determinar a tensão de escoamento e viscosidade do material em condição similar ao encontrado em campo. A versatilidade do reômetro, aliado à sua precisão, nos permite utilizar os dados obtidos como entrada em simulação computacionais que poderão prever o escoamento de taludes de solo ou estoques de rejeitos. “ Depoimento Eng. Víctor Sakano, doutorando em engenharia civil na USP*