



PREFÁCIO

Edição Especial - Método de Homogeneização Assintótica

Compósitos são constituídos por fases distintas, tais como fibra e resina, indissolúvelmente unidas e podem ser encontrados na natureza, ou, fabricados para melhorar as propriedades individuais de seus componentes para uma determinada aplicação. Compósitos com reforços fibrosos, tais como vidro, ou, carbono, são muito utilizados em diversos setores industriais, dentre os quais destacam-se os setores automobilístico, aeronáutico, de construção civil, desportivo, eletro-eletrônico, de construção de máquinas, de construção náutica e de equipamentos médicos.

Na construção civil, os compósitos destacam-se pela flexibilidade das formas, resistência às variações climáticas, isolamento térmico e acústico e, em certos casos, resistência ao fogo. Em particular, compósitos reforçados com fibras de vidro são muito utilizados por combinar baixa densidade com ótimas propriedades mecânicas, tais como rigidez, resistência mecânica, resistência à corrosão, e impermeabilidade. Os compósitos reforçados com fibras de carbono têm grande potencial de absorção energética, justificando o emprego destes compósitos no isolamento sísmico. De um modo geral, os compósitos permitem economia no tempo de execução das obras, diminuindo o seus custos, ao mesmo tempo que aumentam as suas vidas úteis sem conseqüências adversas ao meio-ambiente.

As aplicações no setor da construção civil são variadas e incluem a confecção de painéis de decoração, a reforma de edifícios, a execução de obras em fábricas, a construção de ambientes com formas complexas e de grande tamanho, a confecção de vigas e outros elementos estruturais e elementos de telhado. Em particular, compósitos são muito utilizados em elementos estruturais de pontes, dentre as quais destacam-se a ponte do rio Tay na Escócia (1992), a ponte *Wickwire Run*, Taylor County, West Virginia (1997), *The King Stormwater Bridge* em San Diego, California (2000), a ponte da cidade de Lérida na Espanha (2003), etc. Outros exemplos de obras que se destacam pela utilização de compósitos são a cobertura da *U.S. Airways* no aeroporto de La Guardia, Nova York (1989); a *Glasgow Science Tower* na Escócia (1992); a Torre de Collserola, Barcelona (1992) projetada por Norman Foster, o *Milenium Dome*, Londres (2000) e o museu de arte de Milwaukee (2001) projetado por Santiago Calatrava.

A determinação das propriedades globais, ou, efetivas de compósitos mediante métodos matemáticos serve de orientação na busca experimental de novos materiais com as propriedades ótimas desejadas. Em muitos casos estes materiais possuem uma estrutura periódica, ou seja, são formados por elementos recorrentes. Esta recorrência assegura a existência de um elemento representativo que reúne todas as propriedades físicas e geométricas do compósito de interesse e possibilita o emprego de modelos matemáticos com maior eficiência.

Modelos matemáticos para a investigação de meios elásticos heterogêneos providos de uma estrutura periódica envolvem sistemas de equações diferenciais parciais com coeficientes periódicos e rapidamente oscilantes. O estudo numérico direto dos problemas correspondentes não fornece expressões fechadas para as soluções destes sistemas e requer malhas extremamente refinadas que dificultam a sua aplicação devido ao alto custo computacional. Em geral, os resultados numéricos são apresentados na forma de famílias de curvas.

Métodos de homogeneização permitem encontrar com alto grau de precisão as propriedades efetivas do compósito a partir das propriedades físicas e geométricas de seus constituintes. Em particular, o

Método de Homogeneização Assintótica é muito utilizado para prever as propriedades efetivas de tais meios. Ele se baseia na busca de uma solução do problema original na forma de um desenvolvimento assintótico a dupla escala utilizando séries de potências com respeito a um parâmetro geométrico pequeno. Este parâmetro representa o quociente entre uma característica geométrica da célula periódica por uma dimensão representativa do compósito. Do ponto de vista matemático, este método garante que a solução do problema original com uma estrutura periódica converge à solução do problema homogeneizado quando o parâmetro pequeno tende a zero. Do ponto de vista de implementação do método, o mesmo necessita da solução de problemas locais sobre a célula periódica para a determinação de coeficientes utilizados em leis efetivas que regem o comportamento do meio homogeneizado.

Durante o período de junho a setembro de 2010 oferecemos um curso introdutório sobre homogeneização assintótica de compósitos elásticos no Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC/USP. O curso fez parte das atividades do Programa Professor Visitante do Exterior – PVE/CAPES, Ofício/CGI/CAPES N° 0452-11/2010. Nesta edição especial apresentamos trabalhos de investigação realizados pelos estudantes do curso. Estes trabalhos são estudos iniciais de homogeneização que podem ser de grande utilidade para estudantes de pós-graduação atuantes na área, ou, que queiram adquirir uma cultura inicial sobre o método.

O primeiro trabalho traz uma descrição detalhada sobre o processo de homogeneização em uma barra elástica linear e contém exemplos analíticos e numéricos da proximidade entre a solução do problema original e a solução do problema homogeneizado. O segundo trabalho é um estudo detalhado de problemas de contorno da teoria elástica linear com ferramentas matemáticas que não são comumente encontradas em cursos de engenharia, tais como o Teorema de Lax Milgram e desigualdades associadas, mas que são importantes para a aplicação eficaz do Método dos Elementos Finitos neste contexto. Outros dois trabalhos ilustram aspectos importantes de homogeneização de sistemas discretos e em problemas de camada limite encontrados em processos de homogeneização. O quinto trabalho é um estudo sobre a homogeneização de estruturas piezoelétricas perfuradas e suas possíveis aplicações na mecânica de ossos. O estudo fornece fórmulas analíticas simples para a obtenção das propriedades efetivas, as quais dependem do arranjo geométrico dos furos e de um fator de acoplamento eletromecânico da matriz. A importância deste estudo para a engenharia civil baseia-se no fato que materiais piezoelétricos são aplicados na localização e caracterização de falhas estruturais. Fechando a edição, apresentamos um trabalho realizado pelo grupo de alunos sobre a aplicação do MHA na construção de uma solução assintótica formal de um problema de valor de contorno no contexto da teoria de elasticidade linear anisotrópica com coeficientes periódicos e rapidamente oscilantes. Os alunos obtiveram as equações dos problemas locais e homogeneizado e as expressões gerais dos coeficientes efetivos.

Agradecemos ao Dr. Leslie D. P. Fernández pelo auxílio nas revisões dos trabalhos.

Adair R. Aguiar

Julián B. Castillero