

1

Introdução

A busca por materiais cada vez mais aprimorados vem sendo feita desde os primórdios da civilização. Porém, atualmente, a evolução dos materiais é crescente em taxas cada vez maiores. A Ciência dos Materiais procura a inserção de novas tecnologias em função de um avanço permanente nas propriedades dos materiais. Tal área de conhecimento é considerada pelas nações industrializadas como fundamental e capaz de estimular inovações em todos os ramos da engenharia, possibilitando novos projetos para estruturas, eletrodomésticos, motores, dispositivos elétricos e eletrônicos, entre outros. Muitas dessas nações promovem iniciativas apoiadas pelo governo para incentivar o desenvolvimento de novos materiais, como compósitos de alto desempenho, novas cerâmicas de engenharia, polímeros de alta resistência e novas ligas resistentes a alta temperatura para turbinas. Essas tecnologias incentivam o projeto de uma nova série de produtos de consumo.

Materiais estruturais podem ser divididos em quatro categorias básicas: metais, polímeros, cerâmicas e compósitos. A importância relativa dos quatro materiais básicos em um contexto histórico foi apresentado em 1987 por Ashby [1]. A figura 1.1 ilustra esse histórico de forma esquemática, na qual nota-se um crescimento da importância dos materiais poliméricos, compósitos e cerâmicos, e um decréscimo no uso de metais. Estima-se que por volta de 5.000 A.C., os materiais mais utilizados eram os polímeros e cerâmicas obtidos diretamente da natureza, tais como pedras, peles, fibras. Por volta do século XIX, houve uma grande expansão do uso de metais com o desenvolvimento das ligas metálicas, impulsionado pela Revolução Industrial. A partir da década de 1950, os materiais compósitos começaram a ganhar maior importância no mercado mundial, com o desenvolvimento dos polímeros reforçados por fibras.

Usar a alta resistência da fibra para enrijecer e aumentar as propriedades mecânicas de uma matriz de um material barato é, na verdade, uma prática antiga [2]. Palha e crina de cavalo têm sido utilizadas para reforçar tijolos de barro, melhorando sua tenacidade à fratura, há, no mínimo, 5.000 anos. O papel é um compósito e o concreto também; sendo ambos conhecidos pelos romanos. Quase todos os materiais naturais estruturais são compósitos, como é o caso

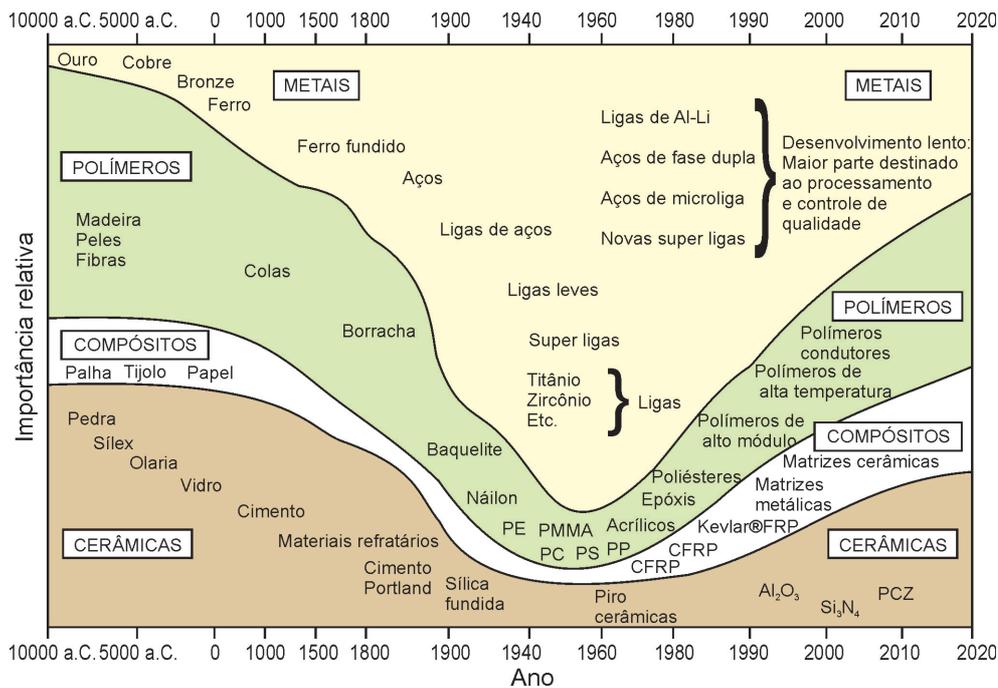


Figura 1.1: Importância relativa dos metais, polímeros, compósitos e cerâmicas em função do tempo.

da madeira, dos ossos e dos músculos. Entretanto, a indústria de compósitos é nova. Ela cresceu rapidamente nos últimos 50 anos com o desenvolvimento de compósitos fibrosos. Sua utilização em barcos e a crescente substituição de metais por compósitos em aeronaves e sistemas de transporte terrestre é uma revolução na utilização de materiais, que está sendo intensificada. Neste contexto o uso da nanotecnologia se enquadra com sua capacidade de desenvolver materiais com propriedades superiores. Nanocompósitos apresentam um de seus componentes na escala nanométrica e características diferenciadas com relação aos materiais compósitos convencionais.

Nanocompósitos têm sido utilizados comercialmente desde que a Toyota, uma das mais notórias empresas da indústria automotiva, introduziu as primeiras autopeças feitas de matriz polimérica e nanoargilas, na década de 1980 [3]. Recentemente, avanços na capacidade de caracterizar, produzir e manipular materiais na escala nanométrica levaram ao aumento do uso de tais materiais como cargas em novos tipos de nanocompósitos.

Fabricantes agora misturam nanopartículas metálicas, óxidos e outros materiais com polímeros e outras matrizes para aperfeiçoar os propriedades dos compósitos em relação a cor/opacidade, condutividade, retardância de chamas, propriedades de barreiras, propriedades magnéticas e anticorrosivas, em adição à resistência à tração, alto módulo de elasticidade e maior temperatura de deformação devido ao calor. Esses compósitos oferecem aos usuários propriedades significativamente superiores comparadas aos compósitos convencionais

e materiais monolíticos (não compósitos).

O consumo global de nanocompósitos aumentou rapidamente, alcançando 10 milhões de quilos em 2005, com um valor estimado de 252 milhões de dólares. A utilização de nanocompósitos na indústria em 2005 e as projeções de mercado para 2011 estão expostas nos gráficos da figura 1.2. Em 2011, espera-se um investimento maior em nanotecnologia em todos os setores, principalmente no uso em embalagens e na área energética. A expectativa é que se produza quase 45 milhões de quilos de nanocompósitos, valendo aproximadamente 850 milhões de dólares [3].

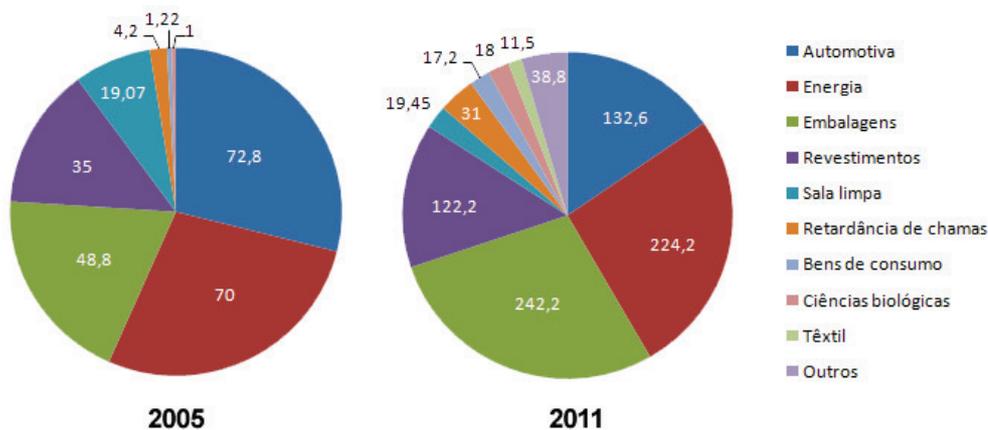


Figura 1.2: Utilização de nanocompósitos na indústria em 2005 e projeção de mercado para 2011. Valores em milhões de dólares.

No Brasil, diversas empresas já trabalham com a fabricação de nanocompósitos. As principais áreas de desenvolvimento no país são: adesivos, embalagens, calçados, artigos esportivos e de saúde, construção civil, tintas e revestimentos, brinquedos e autopeças. A Orbys, criada em 2004, como encubada da USP, foi uma das pioneiras no país em termos de produção de nanocompósitos poliméricos. Além dela, diversas outras empresas como Quattor, Nanox, Yamaha, atuam no mercado. A tendência é que haja uma incorporação cada vez maior dos nanocompósitos no cotidiano do brasileiro.

1.1 Motivação

O projeto de materiais compósitos é um processo iterativo baseado nos conhecimentos e experiência (sucessos e fracassos) do especialista. A seleção de materiais possui um papel fundamental nas propriedades finais do material. O estudo das propriedades dos compósitos vem sendo realizado a fim de possibilitar um maior controle da criação de novos materiais.

Muito já se avançou em relação aos materiais microestruturados, como é o caso dos materiais reforçados por fibras. Para esses compósitos é possível se

ter um controle aceitável de suas propriedades em função de sua composição. Porém os materiais compostos por partículas na escala nanométrica ainda não possuem modelos analíticos generalizados e, quando existentes, possuem diversas limitações, seja quanto à matriz e carga utilizadas, seja quanto às concentrações permitidas, ou pelas propriedades do material.

A existência de um único modelo capaz de englobar todas as propriedades do material ainda é inviável até mesmo para os compósitos usuais. Para esses materiais compósitos, uma das propriedades mais estudadas é o módulo de Young, o qual indica a rigidez de um determinado material. A disponibilização de dados experimentais na literatura possibilita o uso de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a modelagem dessa propriedade, viabilizando que o especialista possa inferir o comportamento do módulo de Young em função dos componentes e de suas características. Algoritmos Genéticos (AG), assim como RNA, são técnicas de Inteligência Computacional (IC) [4]. Essa área se inspira em comportamentos biológicos para resolver diversos problemas. RNA imitam o comportamento de uma rede neural biológica, e é utilizada na previsão de séries temporais, classificação e aproximação de funções. É com base nesta última aplicação que se procura encontrar um modelo que descreva o fenômeno físico avaliado. A outra técnica (AG) é capaz de encontrar ótimos globais de funções não convexas e trabalhar com problemas de variáveis contínuas e discretas ao mesmo tempo, possibilitando a proposição da configuração ótimo dos parâmetros de síntese de nanocompósitos.

1.2 Objetivos

Este trabalho visa à obtenção de uma função capaz de aproximar de forma satisfatória os dados gerados experimentalmente relativos ao módulo de Young de diversos nanocompósitos. A partir de tal função, pode-se viabilizar a construção de materiais não vislumbrados até então.

Uma vez obtida essa função, procura-se o conjunto de parâmetros capazes de atingir resultados específicos. Esses resultados podem ser úteis na elaboração de um material para um uso específico e que possibilitem uma redução de custo, não só de projeto como também de material e tempo.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está dividido da seguinte forma: no capítulo 2 são apresentadas a definição de materiais compósitos, junto com suas propriedades e as peculiaridades dos nanocompósitos e seus componentes. Além disso, nesse

mesmo capítulo, os modelos até então existentes para o cálculo do módulo de Young em nanocompósitos são explicados. No capítulo 3, os fundamentos de Redes Neurais Artificiais e Algoritmos Genéticos são descritos, de forma a possibilitar o entendimento da modelagem realizada. No capítulo 4, a metodologia utilizada na obtenção do modelo e dos parâmetros de síntese por meio de Inteligência Computacional é descrita. No capítulo 5, os resultados obtidos são discutidos, sendo realizadas comparações com modelos existentes. Finalmente, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões e as sugestões de trabalhos futuros.