

## DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS NANO-TECNOLÓGICOS, PARTICULARMENTE AEROGÉIS DE SÍLICA PARA APLICAÇÕES EM COLMEIAS, NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA.

ANDRÉ L. C. BORTOLAI<sup>1</sup>, ARNALDO C. MORELLI

<sup>1</sup> Graduando em Tecnologia de Manutenção de Aeronaves, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São Carlos, alcbortolai@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência e Engenharia de materiais, Professor e Orientador, Câmpus São Carlos, arnaldo.morelli@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.12.04.00-7 Materiais e Processos para Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial

Apresentado no  
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP  
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** Com o decorrer dos anos a humanidade teve uma grande evolução, assim como as aeronaves. No princípio eram fabricadas com tecidos e madeira, após algum tempo foi empregado à utilização de materiais metálicos, fortemente o alumínio, material leve e resistente, tudo que favorece a aviação. Atualmente as aeronaves estão sendo cada vez mais desenvolvidas com materiais compósitos, como por exemplo, fibras de vidro, Carbono, Aramida Kevlar e suas fusões. Estes materiais por sua vez auxiliam na diminuição de peso das aeronaves além de terem um processo de fabricação e reparos muito mais fácil e eficaz, além de ser uma forma de aliviar o peso e a superfície não aerodinâmica de parafusos e rebites. Este projeto tem por sua vez evoluir o segmento dos materiais compósitos, podendo diminuir em até 1/3 o peso em relação aos compósitos. O presente projeto desenvolve novos materiais, feitos por processamento sol e gel, com densidades entre 0,10 e 0,40 g / cm<sup>3</sup> para servir como materiais de revestimento de aeronaves e proporcionar assim novas alternativas estruturais de aeronaves, além de oferecer duas outras vantagens adicionais inerentes às características de projeto, tais como resistência ao fogo e altíssimas propriedades de isolamento térmico e elétrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aerogel; Monolítica; Colmeia; Sílica; Nano-Compósito.

### DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF NANO-TECHNOLOGICAL PRODUCTS, PARTICULARLY SILICA AEROGEL FOR STRUCTURAL COMPOSITES APPLICATIONS, IN THE AERONAUTICAL INDUSTRY.

**ABSTRACT:** Over the years humanity has had a great evolution, as have aircraft. In the beginning they were made of fabrics and wood, after some time it was used the use of metallic materials, strongly aluminum, light and resistant material, all that favors aviation. Currently, aircraft are being increasingly developed with composite materials such as glass fibers, carbon, Aramida Kevlar and their fusions. These materials, in turn, help to reduce aircraft weight and have a much easier and more efficient manufacturing and repair process, as well as a way to lighten the weight and nonaerodynamic surface of screws and rivets. This project has in turn evolved the segment of composite materials and may decrease by 1/3 the weight in relation to composites. The present project develops new materials, made by sun and gel processing, with densities between 0.10 and 0.40 g / cm<sup>3</sup> to serve as aircraft cladding materials and thus provide new aircraft structural alternatives, in addition to offering two other advantages. Inherent in design features such as fire resistance and very high thermal and electrical insulation properties.

**KEYWORDS:** Aerogél; Monolithic; Honeycomb; Sílica; Nano-Composites.

## INTRODUÇÃO

O atual projeto viabiliza a produção de um material derivado de sílica com uma produção economicamente viável, possibilitando assim um meio de aplicabilidade em larga escala na indústria, principalmente na aeronáutica. Este conceito já é utilizado, porém em pequena quantidade devido ao seu alto custo de produção. Os Aerogéis são materiais nano porosos com uma estrutura de poros abertos e de grande área específica superficial.

Os Aerogéis de sílica são materiais com propriedades não usuais, tais como a elevada área superficial específica (500-1200 m<sup>2</sup> / g), de alta porosidade (80-99,8%), baixa densidade (~ 0,003 g / cm<sup>3</sup>), o valor de isolamento térmico elevado (0,005 W / m K), ultra baixa constante dielétrica (k = 1,0-2,0) e baixo índice de refração (~ 1,05) (Frike, J., & Ermeling, A. 1999.)

A forma estudada para a aplicação deste material seria na estrutura de “Colmeia”, podendo ser aplicado como, por exemplo, em pisos e revestimentos internos de aeronaves. A estrutura chamada de Colmeia (Honeycomb) ou sanduiche é constituída de duas superfícies planas as quais são responsáveis por resistir à tração e a cisalhamento, uma camada central com inúmeros vazios, organizados de forma simétrica, é a parte responsável por resistir à compressão. Este tipo de estrutura é muito utilizado, pois é um meio de suportar forças em diferentes orientações, além de ser uma estrutura extremamente leve. Este material permite que sua aplicação não fique restrita apenas a indústria aeronáutica, devido a suas propriedades físico-químicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A tecnologia empregada para sintetizar o Aerogél é a partir de uma ampla gama de precursores utilizando a tecnologia sol-gel, que está concentrada em processos químicos onde dois ou mais elementos chamados de precursores no estado líquido; sofrem reações químicas formando uma solução coloidal, que acaba formando uma rede sólida. (Bergna & Roberts; 2006). A tecnologia sol-gel se apresenta desta forma, como um método simples, versátil e prático para a produção e o processamento de novos materiais, tais como inorgânicos, orgânicos, e híbridos são exemplos de precursores que podem ser utilizados para este processo. Os produtos podem variar a partir de aparatos altamente avançados para materiais do uso geral.

A preparação de sol-gel típica inicia-se com a mistura dos precursores, isto é, óxidos metálicos, com um agente de hidrólise, e um solvente. Posteriormente, o sol transforma num gel molhado que contém o solvente. A evaporação do solvente a partir do gel molhado resulta num gel seco, que é denominado “xerogel” (Kaufman & AVNIR, 1986).

A fim de preparar o Sol de partículas de sílica, os precursores de sílica são misturados com um solvente e um agente de hidrólise.

Após a formação do Sol, obtido da mistura dos precursores, temos como produto uma solução coloidal, que é produto das reações de hidrólise e poli condensação dos precursores da sílica, estes por sua vez formarão as pontes de siloxano, unindo os núcleos de silanol, que formarão aglomerados, que a partir de um determinado momento vão se juntar entre si, formando uma rede tridimensional constituída de duas fases: uma constituída pela rede tridimensional do óxido e a outra constituída pela fase solvente no interior dos poros.

Vencida esta etapa, quando reações de hidrólise e condensação estiverem cessadas, inicia-se o processo de envelhecimento do gel. A fase de envelhecimento é notada pelo aumento da rigidez do gel, que dependendo dos fatores como PH, tipo de solvente, catalisadores, razões entre concentrações de precursores, temperatura, pressão, entre outros; e dependendo do processo, estas reações podem durar meses (Brinker e Scherer, 1990).

Para isso torna-se necessário entender três etapas do envelhecimento. A primeira etapa, a polimerização tem esse nome, pois começa após as misturas dos precursores, podendo assim durar muito tempo depois. Em paralelo reações de hidrólise podem ocorrer, fornecendo assim uma rede maior de sítios locais, que irão se conectar e melhorar as propriedades mecânicas do gel. A formação destas novas pontes de siloxano leva a próxima etapa do envelhecimento. A segunda etapa, a sinérese é nada mais que a troca de solvente (água, álcool). Consequentemente, encolhimentos de poros do gel são esperados. (Loy et al. , 2005). A terceira etapa, o envelhecimento do gel é necessário para originar um gel estabilizado para suportar os passos de secagem antes de ligá-lo na forma de um Aerogél.

Para fazer um Aerogél a partir de um gel úmido, é necessário remover o solvente líquido da matriz de sol-gel sólida. Este processo envolve grandes forças de capilaridade que existem durante o processo de secagem, devido a tensões superficiais na interface líquido-vapor.

O grande problema está relacionado com a retirada do solvente do gel úmido e a nanoestrutura formada, que não possui resistência suficiente para suportar tais tensões, forçando o encolhimento do gel em 1/8 do seu volume inicial, ocorre neste momento o colapso dos poros; e os materiais resultantes são denominados "xerogéis". Se este processo de secagem ocorre lentamente, monólitos de xerogel intactos podem ser produzidos. Mas para fazer um Aerogél, o líquido remanescente dos poros, deve ser retirado de modo a minimizar ou até eliminar as forças capilares, devido a efeitos de tensão superficial, líquido-vapor. Após esta etapa o material está pronto para serem industrializados, nos mais diversos formatos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode concluir-se que o material desenvolvido por este projeto alcançou densidades baixas, em torno de  $0,29\text{g/cm}^3$  (figura 1), com grande resistência ao fogo, com constância dielétrica próxima de zero, baixo índice de refração e excelente hidrofobicidade, sua resistência mecânica ainda é baixa, devido ao tamanho microscópico e macroscópico de alguns poros, diferente do ideal de seria nanoporos. Foi obtida, alterando quantidade de componentes, também amostras com melhor resistência mecânica, mas sua densidade foi na faixa de  $0,40\text{g/cm}^3$  (figura 2).



FIGURA 1. Amostra de Aerogél de sílica micrométrica com densidade de  $0,29\text{g/cm}^3$ .



FIGURA 2. Amostra de Aerogél de sílica nanométrica (Aerosil) com densidade de  $0,40\text{g/cm}^3$ .

## CONCLUSÕES

As principais propriedades dos Aerogéis estão diretamente relacionadas, com sua estrutura nano porosa com grandes poros abertos e elevada área superficial. Devido a estas excepcionais propriedades os tornam promissores candidatos a aplicações em tecnologias de materiais avançados.

No caso particular do ponto de vista aeronáutico, as propriedades que deverão ser incorporadas aos Aerogéis estão intimamente ligadas com o aumento de suas resistências mecânicas, propriedades de resistência ao fogo e sua hidrofobicidade. Além de mantidas outras propriedades, como as de isolamento térmico e acústico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao IFSP, por proporcionar a estrutura para a execução do projeto, agradeço ao PIBIFSP por incentivar financeiramente e agradeço ao meu orientador, familiares e amigos, por todos os apoios.

## **REFERÊNCIAS**

Bergna, H.E., Roberts, W.O. (Eds.), “Colloidal Silica. Fundamentals and Applications”. Surfactant Science Series, vol. 131. CRC Press Taylor and Francis, New York., 2006.

Brinker, C. J., & Scherer, G. W. Sol-gel science: “The physics and chemistry of sol-gel processing”. Boston: Academic Press, 1990.

Fricke, J., & Emmerling, A. Aerogels - Recent Progress in Production Techniques and Novel Applications. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 13(1-3), 299-303. Pg. 2. 1999.

Kaufman, V. R., & Avnir, D.; “Structural changes along the sol-gel-xerogel transition in silica as probed by pyrene excited-state emission”. Langmuir, 2(6), 717-722, 1986.

Loy, D. A., et al.; “Evolution of porosity and morphology in alkylene-bridged polysilsesquioxane xerogels as a function of gel aging time”. Boston, MA, 2005.