

Novos Claros Docentes - 2024

Física e Ciência dos Materiais Experimental

Trata o presente texto da reapresentação à douta Comissão de Pesquisa do IFUSP (CPq-IF) de propostas para novos claros docentes MS-3 do Instituto de Física, agora no ano de 2024. Tal proposta já foi apresentada à CPq-IF no ano de 2022 como oriunda de uma ampla discussão (reunião aberta) do Departamento de Física dos Materiais e Mecânica (DFMT) e apresentada pelo Prof. Antônio Domingues dos Santos ao Instituto de Física. A proposta obteve aprovação por parte da CPq-IF, mas não foi selecionada dentro das prioridades estabelecidas naquela oportunidade, fato esse referendado pela egrégia Congregação do Instituto.

A proposta, com gênese no DFMT, situa-se na grande área de *Física e Ciência dos Materiais Experimental*. Essa área, que apresenta uma grande intersecção entre pesquisadores com diferentes formações, compreende, sob o ponto de vista de investigação científica, a síntese, a modificação, a caracterização e eventual aplicação tecnológica de membros de famílias de materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos, quânticos, híbridos e compósitos tanto nas suas formas mono/nano e poli cristalinas assim como filmes finos e dispositivos. Via de regra, um excelente pesquisador com dedicação a uma dada família de materiais citada acima transita facilmente em outras, dependendo das facilidades experimentais disponíveis.

Independentemente das habilidades e características específicas do pesquisador a ser adicionado ao quadro docente de investigadores do Instituto, espera-se que ele utilize e amplie a infraestrutura laboratorial já existente na Unidade assim como inicie ou dê prosseguimento a colaborações científicas sólidas com laboratórios externos ao Instituto, como por exemplo o Laboratório Nacional de Luz Sincrotron – LNLS, o Laboratório Nacional de Nanotecnologia - LNNano entre outros.

Motivação para a Adição de um Docente na Área de Física e Ciência dos Materiais Experimental

Materiais bem estudados e relativamente conhecidos assim como novos materiais desempenharam e desempenham um papel importante no avanço da ciência e tecnologia e da sociedade humana. Um bom exemplo é que o desenvolvimento da humanidade é medido e definido em termos de avanços nos materiais: a Idade da Pedra, a Idade do Bronze e a Idade do Ferro. Avanços na arquitetura e na construção civil foram possíveis devido à invenção de um novo material como o concreto, por exemplo. A revolução industrial foi a principal responsável pelos avanços e uso de materiais no desenvolvimento de equipamentos industriais. Isso levou ao rápido desenvolvimento das ferrovias no final do século XIX e aos edifícios da estrutura moderna do mundo

industrial. A partir da descoberta do transistor, a humanidade vem experimentando avanços tecnológicos, incorporados ao seu cotidiano, como nunca vistos em toda a história. Isso se deve a combinação de propriedades específicas de novos e antigos materiais e suas transformações na forma de dispositivos.

No último meio século, o crescimento da grande área de investigação denominada de novos materiais tem sido altamente explosivo e o seu impacto no nosso cotidiano é visível e de maneira significativa. A *Física e Ciência dos Materiais Experimental* é um campo interdisciplinar que envolve as propriedades da matéria e suas aplicações em diversas áreas da ciência básica e da engenharia. Este campo científico investiga a relação entre a estrutura dos materiais em escalas atômicas ou moleculares e suas propriedades macroscópicas e microscópicas. Ele incorpora elementos de física, física aplicada, química e biologia além de outras. A descoberta de novos materiais funcionais e processos metamorfoseou totalmente o campo da denominada ciência dos materiais. Nos últimos anos, a ciência dos materiais tornou-se ainda mais um importante campo de pesquisa, pois foi ampliada com o crescimento da nanociência e da nanotecnologia. A humanidade apenas começou a ver o impacto dessa revolução dos materiais.

Como mencionado, a grande área de *Física e Ciência dos Materiais Experimental* tem experimentado um crescimento notável nas últimas duas décadas. À medida que os governos e a

investigação científica de todo o mundo concentram esforços na transição para economias limpas, por exemplo, os cientistas de materiais vêm à tona, desenvolvendo maneiras mais eficientes no sentido de melhor utilizar recursos finitos, aproveitando as fontes de energia renováveis e enfrentando outros grandes desafios socioeconômicos. O mesmo pode e deve ser dito dos avanços tecnológicos observados em circuitos elétricos muito mais eficientes, incluindo aqui as baterias, assim como os denominados novos materiais quânticos e similares.

Essa explosão no crescimento se reflete na produção de pesquisa nessa grande área. De acordo com a *Clarivate Analytics*, no ano 2003, cerca de 29.000 artigos científicos foram publicados em ciência de materiais multidisciplinar, artigos esses distribuídos em 177 periódicos. Por outro lado, estatística divulgada no ano de 2019 indica que foram publicados 129 mil artigos científicos em 314 periódicos diferentes. Esses dados correspondem a mais de quatro vezes o número de artigos científicos produzidos na área em 2003 daqueles computados em apenas 16 anos, ou seja, desde 2003. Ainda, o número de artigos científicos publicados no ano de 2019 foi ~ 2,5 milhões, creditando a porcentagem de ~ 5,2% à grande área de Ciência dos Materiais. Poucas grandes áreas do conhecimento experimentaram tal crescimento nas últimas décadas.

Resumindo, para o avanço da ciência básica e aplicada, a fabricação de qualquer dispositivo, estrutura ou produto de

engenharia, é fundamental a escolha dos materiais corretos. Nesse contexto, a *Física e Ciência dos Materiais Experimental* nos ensina do que as coisas são feitas e por que elas se comportam daquela maneira: nos mostra também como aplicar o conhecimento para fazer coisas melhores e/ou melhorar as coisas.

É importante notar que fazer coisas é uma característica muito humana e que tem sido crucial na construção do mundo que nos rodeia. A *Física e Ciência dos Materiais Experimental* é a área que trata da ciência de fabricar, caracterizar e testar todos os tipos de materiais, carregando um princípio fundamental no seu cerne: a relação entre a estrutura de um material e as suas propriedades. Isso abrange tudo o que um indivíduo qualquer utiliza para fabricar coisas e é válido em uma ampla gama de escalas, desde o nível atômico até as estruturas de engenharia civil.

É notório que a *Física e Ciência dos Materiais* impulsionam a inovação tanto nos processos de investigação científica como na indústria de maneira geral, ou seja, desde a indústria aeroespacial à medicina. Ela não deixa de ser fundamental para todas as outras disciplinas das ciências básicas e das engenharias de modo geral.

Como cientistas e investigadores, os profissionais dessa grande área tem a capacidade de integrar a física, química, matemática, biologia etc, com o suporte das engenharias, para enfrentar desafios globais e relevantes para o avanço do conhecimento da ciência básica e aplicada, da tecnologia, da

sociedade e do meio ambiente, incluindo: (i) o ambiente e as alterações climáticas; (ii) fabricação avançada; (iii) energia renovável e sustentável; (iv) eficiência de materiais; (v) assistência médica; (vi) biotecnologia; (vii) a indústria aeroespacial e de transporte; (viii) a área de comunicações e tecnologia da informação.

1. Justificativa para a adição de um docente na área de Física ou Ciência dos Materiais

São diversos pontos que sustentam a justificativa para a abertura de concurso para a grande área de *Física e Ciência dos Materiais Experimental* junto ao Instituto. Aqui vão dois deles:

(a) A grande área de materiais, incluindo aqui os chamados novos materiais, materiais funcionais, materiais híbridos, materiais quânticos etc, além de abrigar pesquisadores com diferentes formações básicas, o chamado caráter multidisciplinar, é uma das grandes áreas do conhecimento que mais cresce na comunidade científica mundial. Isso pode ser confrontado com o apreciável número de novas revistas especializadas nas suas subáreas, onde uma grande parcela dessas revistas especializadas está sendo muito bem recebida pela comunidade de físicos, químicos, engenheiros de materiais etc. Acerca desse ponto é importante ressaltar que o Instituto vem, não de forma sistêmica, adicionando docentes que podem ser genericamente classificados como “caracterizadores” de

materiais. Via de regra, esses docentes dominam técnicas experimentais e as utilizam para caracterizar materiais (amostras) que, em grande parcela, são sintetizadas ou produzidas por grupos de investigação científica externos ao Instituto. Os pesquisadores dos grupos que dedicam suas atividades a síntese de materiais no Instituto, em número bastante reduzido, estão envelhecendo e pouca renovação tem sido observada no sentido de evitar uma lacuna de lideranças nessa área importante da *Física e Ciência dos Materiais Experimental*. A solicitação aqui apresentada, entre outras virtudes, tem o objetivo de minimizar essa lacuna no Instituto, lacuna essa que se aproxima com grande rapidez de um ponto de irreversibilidade;

(b) O Instituto sempre teve uma atuação marcante em *Física e Ciência dos Materiais Experimental*, atividade desenvolvida por docentes pertencentes a diversos Departamentos da Unidade. Nesse sentido, é fato que alguns dos Departamentos do Instituto, notadamente o DFMT, abriga uma infraestrutura compatível para o desenvolvimento de investigação científica de qualidade nesta grande área, mas que foi bastante prejudicada nos últimos anos por aposentadorias, eventualmente precoces, e o próprio envelhecimento do corpo docente. Nesse sentido, a contratação de um jovem e ativo pesquisador na área de *Física e Ciência dos Materiais Experimental* pode colaborar para o reestabelecimento de investigação com alto grau de sucesso e, de certa maneira, dar continuidade à excelência praticada em anos passados. Todas essas

atividades certamente podem ser conduzidas na ausência de altos investimentos, uma vez que as facilidades experimentais presentes não apenas no DFMT, mas também em outros Departamentos, são robustas e estarão à disposição do docente. Ainda e como antecipado, independentemente da área de atuação específica do docente a ser contratado (materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos, quânticos, híbridos ou compósitos) é muito provável que ele possa ampliar suas habilidades para outras de interesse e necessidades.

2. Impacto da contratação no âmbito do Instituto de Física

Um pesquisador ativo na área de *Física e Ciência dos Materiais Experimental* certamente trará benefícios para diversos grupos de investigação científica pertencentes ao Instituto. A atividade de um pesquisador com perfil afinado com a síntese de novos materiais seria de importância impar não só para o Instituto, mas para outros Departamento e Institutos do estado de São Paulo e outras Unidades da federação, dada a liderança que a Universidade de São Paulo exerce na ciência brasileira. Isso se dá no sentido que muitos dos grupos de pesquisa do IF, classificados como de caracterização de materiais, poderiam usufruir das qualidades e versatilidades desse pesquisador como provedor de amostras de alta qualidade para seus projetos de investigação científica. Esse é um ponto de interesse uma vez que o Instituto de Física, ao contrário de outras áreas de investigação, muito pouco

tem contribuído nesse aspecto. Institutos ou Departamentos de Física de outras Universidades paulistas e brasileiras tem unido esforços em abrigar pesquisadores dedicados a síntese de novos materiais, um campo promissor não apenas no que concerne a investigação científica dita básica, mas também naquela de inovação e aplicação tecnológica.

Além de suporte para desenvolvimento de projetos em *Física e Ciência dos Materiais* de forma geral, um docente com as aptidões aqui citadas pode ser responsável por abertura de novas linhas de pesquisa no Instituto, dependendo das famílias de novos materiais e, eventualmente, materiais tradicionais que serão sintetizados. Acerca desse ponto, as propriedades gerais de várias famílias de materiais bastante conhecidos estão sendo revisitadas e apresentando propriedades e funcionalidades novas, como é o caso do grafeno e outros compostos de baixa dimensionalidade.

Por outro lado, é também importante ressaltar aqui que o docente poderia contribuir de maneira marcante nas atividades didáticas do Instituto, como descrito no item 6 abaixo.

3. Relevância atual da área (nacional e internacionalmente)

Como mencionado acima, a grande área de *Física e Ciência dos Materiais* vem experimentando um crescimento pronunciado nos últimos anos. Nesse sentido, a contratação de um jovem pesquisador tem como objetivo primário reforçar essa importante área no Instituto e, de certa maneira, estabelecer um rol de

atividades e facilidades de excelência que sejam benéficas não apenas para os grupos de pesquisa afins do IFUSP, mas também para aqueles do país e do exterior.

4. Prognóstico de potenciais candidatos;

Segue abaixo uma lista contendo alguns nomes, em ordem alfabética, de potenciais candidatos para uma vaga em *Física e Ciência dos Materiais Experimental*. Esses candidatos, não necessariamente na sua totalidade, são detentores das habilidades de síntese, modificação, caracterização e eventual aplicação tecnológica de membros de famílias de materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos, quânticos, híbridos e compósitos tanto nas suas formas mono/nano e poli cristalinas assim como filmes finos e dispositivos. São eles:

Anderson Kenji Okazaki

<https://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?metodo=apresentar&id=K4418153T4>

Amanda Fernandes Gouveia

<http://lattes.cnpq.br/1053052803420461>

Carlos Henrique Magalhães Fernandes

<http://lattes.cnpq.br/4669747869845339>

Daniella Lury Morgado

<http://lattes.cnpq.br/9880781580619028>

Dyovani Coelho

<http://lattes.cnpq.br/4444752285333899>

Fabio Santos Alves Abud

<http://lattes.cnpq.br/3345321064689941>

Géssica de Oliveira Santiago dos Santos

<http://lattes.cnpq.br/9730433042831092>

Isabelle Maria Gonçalves Duarte

<http://lattes.cnpq.br/2406568597487320>

Leonélio Cichetto Junior

<http://lattes.cnpq.br/7434408308350513>

Leticia Guerreiro da Trindade

<http://lattes.cnpq.br/1719450522307763>

Lucas Eduardo Correa (Caju)

<http://lattes.cnpq.br/4775725517916594>

Marcelo de Assis

<http://lattes.cnpq.br/3449316915846364>

Rafaela da Silveira André

<http://lattes.cnpq.br/4843978824084924>

Renata Lang Sala

<http://lattes.cnpq.br/6166389335515623>

Roger Gonçalves

<http://lattes.cnpq.br/5949704693295518>

Samantha Custódio Silva Lemos

<http://lattes.cnpq.br/6347073762280874>

5. Viabilidade da execução de projetos na área

Um ponto que deve ser ressaltado aqui é que grupos de investigação científica em Física e Ciência dos Materiais do

Instituto contam com diversos laboratórios que podem acomodar imediatamente novos docentes com os perfis descritos acima. O DFMT e o DFN abrigam laboratórios com domínio e capacidade de síntese e preparação de novos materiais e também com técnicas criogênicas ou não (DFMT, DFEP e DFN) para suas consequentes caracterizações. Além disto, o DFMT dispõe de recursos técnicos para o desenvolvimento de instrumentação científica sofisticada para a produção e caracterização de materiais, além de fornecer suporte para ampliação e modernização de seus laboratórios de síntese.

Importante ressaltar que o Conselho do Departamento do DFMT aprovou, anos atrás, uma área de $\sim 36 \text{ m}^2$ para a anexação de um novo pesquisador experimental para montagem e estabelecimento de seu laboratório de pesquisa. Sendo assim, o que se espera, assim como aconteceu em passado recente, é que esse novo docente e pesquisador seja suficientemente exitoso na obtenção de recursos das agências de fomento para o estabelecimento de uma nova e moderna infraestrutura para acomodar técnicas físicas e químicas e, assim, desenvolver seu trabalho de investigação científica com sucesso.

6. Justificativa para atividades de ensino, cultura e extensão universitária

Um docente com formação sólida na área de *Física e Ciência dos Materiais Experimental* pode colaborar, além das demandas estabelecidas, com a carga didática do Instituto e ministrar disciplinas de graduação relacionadas à área, como a disciplina Física dos Materiais – 4300502. Essa afirmação pode ser ampliada para o Programa de Pós-graduação do IFUSP, uma vez que o docente poderia também propor novas disciplinas assim que estiver estabelecido na Unidade. Isso resultaria na introdução de novas temáticas ao Programa e, portanto, contribuir com a ampliação do alcance científico do Programa e formação mais eclética dos estudantes.

De maneira geral, o fortalecimento de um grupo de docentes na área de *Física e Ciência dos Materiais*, incluindo aqui os docentes devotados a teoria na área, resultaria em uma alteração de paradigma e fortaleceria o que é denominado de “aprender com materiais”. À medida que nossos alunos aprendem mais sobre física e ciência dos materiais, seu entusiasmo pelo assunto tende a crescer. Ao longo dos anos, os alunos produzem trabalhos para demonstrar sua compreensão, que podem ser materializados de diversas maneiras. Eles estudarão sistematicamente a matéria desde a escala atômica até grandes peças fabricadas, compreendendo as propriedades e processos físicos na síntese e

processamento de materiais. A compreensão profunda e interação desses três aspectos constituem ferramentas fundamentais para a proposição de melhoria dos materiais já existentes e a descoberta ou criação dos chamados novos materiais.

É uma tarefa difícil justificar eventuais atividades de cultura e extensão universitária para um pesquisador ainda desconhecido. Essas atividades dependem fundamentalmente da pessoa e suas habilidades. Entretanto, é esperado que o docente a ser contratado, como todos, colabore tanto com as atividades de cultura como de extensão universitária nos temas que mais lhe sejam pertinentes.

+++++

São signatários dessa proposta docentes pertencentes a três Departamentos da Unidade, os quais são listados a seguir: Alexandre Levine (DFMT); Antônio Domingues dos Santos (DFMT), Daniel Reinaldo Cornejo (DFMT), Gennady Gusev (DFMT); Gustavo Martini Dalpian (DFMT), José Fernando Diniz Chubaci (DFN), Julio Antonio Larrea Jimenez (DFEP), Renato de Figueiredo Jardim (DFMT), Valentina Martelli (DFEP)