
A FÍSICA A SERVIÇO DA SOCIEDADE

Oswaldo Novais de Oliveira Jr.
Rui Jorge Sintra
Organizadores

A FÍSICA A SERVIÇO DA SOCIEDADE

São Carlos – SP
IFSC/USP
2014

© 2014 IFSC/USP

Todos os direitos reservados ao Instituto de Física de São Carlos.

Organização e Edição

Prof. Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Jr. – IFSC/USP
Rui Jorge Sintra (Jornalista Mtb 66181)

Textos

Luciana Cristina Sanchez,
Nicolle Casanova
Rui Jorge Sintra
Tatiana Zanon

Diagramação

Rodrigo Rosalis - Rosalis Designer – www.rosalis.com.br

Capa

Criada por Ricardo Rehder Cardoso, adaptando a foto original da autoria de Edison Santiago de Almeida

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do IFSC

F 528

A física a serviço da sociedade/ Osvaldo Novais de
Oliveira Jr, Rui Jorge Sintra, organizadores – São
Carlos: IFSC, 2014.
320p.

ISBN 978-85-61958-03-9

1. Física. I. Oliveira Jr, Osvaldo Novais, org. II. Sintra,
Rui Jorge, org. III. Título.

CDD 530

Agradecimentos

Agradecemos em primeiro lugar ao nosso diretor do IFSC, Prof. Antonio Carlos Hernandez, pelo seu entusiasmo e apoio ao trabalho de comunicação do IFSC com a sociedade e à edição deste livro em particular. Nossos agradecimentos aos professores e funcionários do IFSC que colaboraram com as matérias e textos publicados neste livro. Como são muitos, não os nomeamos nos agradecimentos, mas seus nomes aparecem no decorrer do livro. As versões originais das matérias e textos foram produzidas por um dos editores, Rui Sintra, e pelas Srtas. Luciana Cristina Sanchez, Nicolle Casanova e Tatiana Zanon, a quem também agradecemos.

Contribuíram, também, para a edição e publicação deste livro os funcionários Cristiane Estella, do Setor de Comunicação, Ítalo Celestini, da Gráfica, Maurício Schiabel, do Setor de Finanças, e a equipe da Biblioteca. A eles, nossos agradecimentos.

Agradecimentos especiais são dedicados aos Professores Yvonne Primerano Mascarenhas e Sérgio Mascarenhas, que gentilmente escreveram o prefácio deste livro, e que continuam a inspirar o trabalho em educação e pesquisa de professores, alunos e funcionários do IFSC.

*Oswaldo N. Oliveira Jr.
Rui Sintra
(Organizadores)*

Sumário

Prefácio.....	9
Apresentação.....	11
1 Introdução.....	13
2 Os desafios da física no Século XXI.....	17
3 Integração de áreas e iniciativas multidisciplinares.....	39
4 Explorando os fundamentos da Física.....	51
5 Materiais e Nanotecnologia.....	107
6 Energia e meio ambiente.....	143
7 Física Computacional.....	169
8 Ciências Físicas e Biomoleculares.....	211
9 Saúde.....	237
10 Inovação.....	273
11 Comentários Finais.....	319

Prefácio

Prefaciando este livro “A física a serviço da sociedade” foi para nós uma grande satisfação ao verificarmos através de sua leitura, de modo muito objetivo, o que já sentíamos subjetivamente: a pujança desta unidade que ajudamos a formar nos seus estágios iniciais. Embora nossas atividades estivessem incluídas no âmbito de uma Escola de Engenharia onde a Física representava apenas uma, assim chamada na época, “cadeira reunida” de Física Geral e Experimental a ser ministrada nos dois anos iniciais do curso, nos deparamos com alunos com grande interesse científico que, se não se tornaram físicos, acompanharam as aulas teóricas e experimentais com grande interesse o que nos dava um “*feed back*” extremamente estimulante. Ainda nas décadas de 1950 e 1960 se incorporaram ao grupo jovens docentes graduados em Física, Química ou Engenharia. Nessa época vários intercâmbios, estabelecidos com apoio da Fundação Fulbright, com professores dos Estados Unidos que vinham a São Carlos para iniciar a formação de nossos jovens em nível de pós-graduação, assim como de membros do grupo que se dirigiram a várias universidades americanas para estágios de pesquisa, principalmente na área de Física da Matéria Condensada, muito contribuíram para o seu aprimoramento. Na década de 1970 novos membros são contratados mantendo-se a característica interdisciplinar adequada a pesquisas que já se voltavam para áreas de informática e biofísica. A partir daí, nas décadas de 1980 e 1990 e a primeira do sec. XXI, consolidam-se cada vez mais as características de pesquisa interdisciplinar e fortalecem-se áreas de Física Básica.

Assim podemos dizer que, mais do que qualquer prêmio ou honraria, a existência da atual configuração do IFSC, com seus cerca de 80 docentes exercendo atividades em nível de graduação e pós-graduação e envolvendo alunos, tanto em atividades didáticas como de pesquisa através dos seus programas de Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado e, dessa forma, contribuindo para a formação de recursos humanos de alto nível para o país, é a maior recompensa a que poderia aspirar um casal de professores que ambicionavam se dedicar à docência e à pesquisa e que deixaram a vida familiar, social e cultural que tinham no Rio de Janeiro, a sempre Cidade Maravilhosa, para, em 1956, trabalharem na recém criada Escola de Engenharia de São Carlos/USP.

Sérgio Mascarenhas
Yvonne P. Mascarenhas

Apresentação

O viver da sociedade moderna, o nosso dia a dia, é fruto dos grandes avanços da ciência no século XX e da transformação do conhecimento em tecnologias que nos permitem ter, entre outras coisas, uma expectativa de vida mais do que o dobro, se a compararmos com o início do século passado. Mas, como bem sabemos, muitos ainda **são** os desafios.

Poderíamos elencar inúmeras questões que permanecem sem respostas, seja na **física**, na biologia, na medicina, na química, para dizer somente algumas áreas da ciência. Questões vitais, como a origem da vida, a vida em outros planetas, ou ainda sobre o clima, a disponibilidade de **água**, de energia e de recursos alimentares para as futuras gerações. E assim se poderia seguir questionando. Alguns dos desafios da física no século XXI são abordados neste livro por ilustres pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos. Mas não é tudo.

Existe outro tipo de desafio para o século XXI que, de certa maneira, está vinculado às questões fundamentais para a humanidade: *a necessidade de se ter mais pessoas com gosto pela ciência, ou com gosto pela descoberta*. Para superar mais rapidamente esses desafios e fazer avançar a fronteira do conhecimento, **é obrigatório o trabalho de muitos com certa dose de genialidade**.

Trazer mais pessoas para atuar em ciência não é tarefa fácil devido a vários fatores, inclusive falta de conhecimento.

Mas **é preciso**. Para isso, necessita-se de estímulo e de informação. Informação que deve ser de fácil acesso e atualizada. Em síntese, têm que se *providenciar informações* à sociedade numa linguagem que seja capaz de *despertá-la para os avanços da ciência e da tecnologia* e com isso *estimular mais pessoas* a trilhar os caminhos da ciência, de maneira a criarmos um círculo virtuoso que permita contribuir para romper os reais desafios do século XXI.

Em 2010, o Instituto de Física de São Carlos – IFSC - iniciou um projeto de divulgação da ciência em que uma de suas vertentes foi justamente contribuir para que a sociedade tivesse acesso fácil, rápido e gratuito sobre o progresso das pesquisas executadas em seus laboratórios. A *home-page* do IFSC (www.ifsc.usp.br) passou a disponibilizar textos, entrevistas e informações sucintas sobre os diferentes temas de pesquisa e as inovações geradas por seus pesquisadores.

Um dos resultados dessa iniciativa é a publicação deste livro ***Física a serviço da sociedade***. O professor Osvaldo Novais de Oliveira Jr, com o apoio do jornalista Rui Sintra, fizeram uma seleção de entrevistas e textos publicados no portal do IFSC, que abordam temas como energia do vácuo, matéria exótica, polímeros luminescentes, nanomateriais, fontes alternativas de energia e avanços tecnológicos em iluminação fria, criptografia, visão cibernética, novos fármacos, computação quântica e muitos outros. O livro irá surpreendê-lo positivamente frente à diversidade de temas em pesquisa e inovação que os pesquisadores do IFSC têm se dedicado.

Editar e publicar o livro ***Física a serviço da sociedade*** não é somente mais uma ação de divulgação científica, que já seria de extrema relevância, mas é principalmente uma contribuição para a formação do círculo virtuoso para que mais jovens se sintam estimulados pelo êxtase da descoberta. Tão importante quanto descobrir, é saber comunicar a descoberta à sociedade. O leitor e a leitora certamente se beneficiarão dos conhecimentos aqui disponibilizados.

Prof. Dr. Antonio Carlos Hernandes
Professor Titular e Diretor do IFSC - Grupo Crescimento de Cristais e
Materiais Cerâmicos

1 | Introdução

A principal missão do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP) tem sido formar recursos humanos de alto nível na graduação e pós-graduação, em que o ensino é fortemente acoplado às atividades de pesquisa. Busca-se formar profissionais que, a partir de conhecimentos sólidos em física, possam – se assim o desejarem - atuar em áreas multidisciplinares e com preocupação de servir à sociedade também com desenvolvimento de inovação e transferência de tecnologia. Essa visão, baseada na indissociabilidade de ensino e pesquisa e de atuação multidisciplinar, acabou por guiar a evolução do IFSC desde a fundação do Instituto de Física e Química de São Carlos, em 1971, tendo continuado o seu percurso com o desmembramento nos atuais IFSC e IQSC (Instituto de Química de São Carlos) a partir de 1994.

As consequências mais visíveis dessa evolução estão na criação, nas últimas décadas, de cursos de graduação e programas de pós-graduação. Hoje, o IFSC oferece três cursos de bacharelado, a saber: Física, Física Computacional e Ciências Físicas e Biomoleculares, e um curso de Licenciatura em Ciências Exatas, em parceria com o IQSC e o Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP). O programa de pós-graduação em Física contempla as subáreas de Física Básica e Física Aplicada, sendo que esta última inclui Física Computacional e Física Biomolecular. O IFSC participa ainda do programa Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, em parceria com o IQSC e a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).

Outra consequência importante foi a vocação de docentes do IFSC para buscar parcerias no Brasil e no exterior com pesquisadores de diferentes áreas. Em São Carlos, em particular, há forte sinergia em ações com as outras unidades do campus da USP, com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e com a Embrapa Instrumentação (CNPq/DIA). Tal atuação culminou na formação de diversos centros, institutos nacionais de pesquisa e redes de excelência, muitos dos quais são liderados por professores do IFSC, como teremos oportunidade de mencionar ao longo do livro.

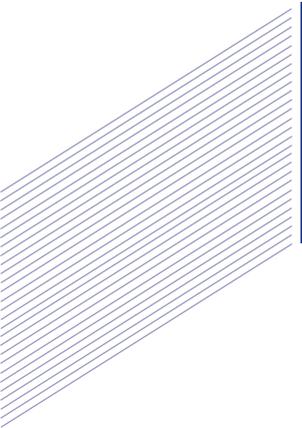
Devido à diversidade das pesquisas e crescente necessidade de comunicação com a sociedade, o IFSC decidiu há alguns anos divulgar suas atividades de pesquisa e extensão, tendo sua página da Internet como principal canal. Foi assim produzida, a partir de 2010, uma série de reportagens, resenhas e entrevistas. Ao compilar tais documentos, identificou-se a oportunidade de consolidá-los em texto mais unificador, que é a origem deste livro, organizado da seguinte forma: os capítulos correspondem a grandes temas de pesquisa em ciência básica e aplicada, além de tecnologia e inovação. No que concerne ao conteúdo, reproduzem-se artigos e entrevistas, pós-editados em alguns casos, tendo-se incluído novo material para contextualização. Do ano de 2010, em particular, foram compilados os chamados “destaques” de pesquisa, consistindo de breve resumo e figura ilustrativa para um artigo científico.

Os destaques e entrevistas aparecem com a data em que foram publicados na página do IFSC. Pela diversidade de formatos, o uso da linguagem não é uniforme. Na maioria dos casos, esperamos que a linguagem empregada seja acessível para o não-especialista, sendo que em alguns tópicos específicos são mencionadas referências para estudo mais aprofundado.

O Capítulo II traz opiniões de docentes do IFSC sobre os desafios da física para o século XXI, enquanto o Capítulo III aborda a integração de diferentes áreas de pesquisa que propiciou a formação de redes de pesquisa, centros de pesquisa e inovação, institutos nacionais de tecnologia e núcleos de apoio à pesquisa, liderados por docentes do IFSC. Nos capítulos IV a X aparecem as matérias e reportagens divididas em grandes áreas, iniciando-se com pesquisas em **física fundamental**, de cunho teórico ou experimental, no Capítulo IV. Os temas de **materiais e nanotecnologia**, e **energia e meio ambiente** são

tratados nos Capítulos V e VI, respectivamente. As pesquisas e contribuições relacionadas a outras duas grandes áreas para as quais o IFSC oferece cursos de graduação e programas de pós-graduação são comentadas nos Capítulos VII e VIII. Estes capítulos são dedicados, respectivamente, à **física computacional** e às **ciências físicas e biomoleculares**. O Capítulo IX traz matérias sobre aplicações de metodologias da física em **saúde**, e as contribuições do IFSC em **inovação tecnológica** aparecem no Capítulo X. O livro é encerrado com **comentários finais** no Capítulo XI, em que se faz uma reflexão sucinta sobre a cobertura das pesquisas no IFSC pelo setor de comunicação.

2 Os desafios da física no Século XXI



Uma preocupação constante dos pesquisadores do IFSC é se antecipar e eleger problemas científicos com grande possibilidade de impacto. Decorridos pouco mais de uma dezena de anos no novo século, vale a pena ouvir a opinião de professores do IFSC, expressa numa reportagem e em textos específicos, que compõem este Capítulo.

Quais são os principais desafios da física para o século XXI?

Glaucius Oliva, Professor Titular do IFSC e Presidente do CNPq

Os fenômenos da natureza associados à Vida constituem, talvez, a última grande fronteira do conhecimento humano ainda em grande parte intocada pela Física. A alta complexidade, associada aos organismos biológicos, é certamente a razão principal pela qual as chamadas Ciências da Vida adotaram, ao longo de sua história, uma abordagem sistêmica na descrição e análise dos problemas envolvidos. Este panorama modificou-se drasticamente nos últimos anos, com o florescimento de novas técnicas experimentais, tanto físicas quanto bioquímicas e biológicas, que permitem a interação sistemática e racional com a Matéria Viva. O ímpeto para esta nova abordagem da pesquisa biológica deve-se ao reconhecimento universal de que a chave para o entendimento da biologia encontra-se nas estruturas moleculares e supramoleculares dos sistemas vivos.

Por vários séculos, os assim chamados “filósofos naturais” buscaram a compreensão da organização, comportamento e função, na forma que podia ser observada com a visão comum. Mais recentemente, com o advento dos microscópios ópticos e, nos últimos 100 anos com as microscopias eletrônica e de força atômica, a pesquisa estendeu-se ao domínio da organização celular e subcelular. Hoje em dia, com as cada vez mais sofisticadas ferramentas da Física, esta visão alcança os níveis de moléculas e átomos. Estas ferramentas decorrem da possibilidade de se estudar a interação da radiação eletromagnética com a matéria biológica, particularmente, no caso cristalográfico, no estado sólido cristalino. Observou-se, as-

sim, uma gradual transição da Biologia Clássica para a Biologia Molecular, na completa acepção desta denominação, qual seja a Ciência da Vida ao nível molecular que busca entender os fenômenos biológicos na escala atômica.

A física é a ferramenta fundamental para o entendimento da biologia, a qual, por sua vez, é central para a medicina. Desta forma, as aplicações potenciais da física na medicina são extraordinárias. Dentre as principais áreas desafiadoras no século XXI, destaco: (1) A aplicação de técnicas físicas experimentais e teóricas na compreensão da estrutura da matéria biológica (ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e fosfolipídios, bem como o universo dos metabólitos celulares e xenobióticos), incluindo suas propriedades dinâmicas, funcionais e suas interações, com tratamento quântico; (2) Os processos estocásticos na regulação e transcrição do DNA e suas implicações funcionais nos sistemas complexos celulares; (3) A compreensão e simulação completa do funcionamento celular, que permitam elucidar o *modus operandi* dos sistemas nervoso, circulatório, respiratório e digestivo; (4) A compreensão completa do cérebro, desvendando os mecanismos da memória e do pensamento; (5) O desenvolvimento de novos métodos não-invasivos de diagnóstico e tratamento, bem como novos materiais biomecânicos, interfaces cérebro-máquinas e sensores capazes de substituir ou expandir os sentidos humanos, entre outros; (6) A combinação de técnicas físicas e de biologia molecular nos desenvolvimentos da biologia sintética e impressão de tecidos biológicos e até mesmo órgãos completos.

A origem da vida

*José Fernando Fontanari, Professor Titular
e Chefe do Departamento de Física e Informática*

Em sua fala presidencial no encontro de 1871 da Sociedade Britânica para o Progresso da Ciência, William Thomson (Lord Kelvin) declarou que “a matéria bruta não pode tornar-se viva sem antes ser influenciada pela matéria viva. Isso me parece um ensinamento da ciência tão definitivo quanto a lei da gravidade”. Kelvin acreditava que o universo e a vida eram eternos, ou seja, sempre existiram, tendo sido um influente defensor da panspermia, uma vez que ele mesmo havia calculado um máximo de 20 milhões de anos para a idade da Terra.

Hoje, sabemos que o universo surgiu há mais ou menos 14 bilhões de anos, mas ainda não temos a menor ideia de como a vida surgiu, onde quer que isso tenha ocorrido. Entretanto, a conexão entre a gravitação e a vida talvez seja mais profunda que a sugerida pela frase de Kelvin. Afinal, a gravitação parece ser a fonte última da informação biológica e da ordem necessárias à vida. A dificuldade é que essa informação adquire significado (semântica) apenas na presença de um contexto, tratando-se, portanto, de uma grandeza global que dificilmente poderá ser explicada ou entendida através de leis físicas locais.

Atualmente, a vasta maioria da comunidade científica endossa - mesmo sem que o perceba - a perspectiva do Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina de 1974, Christian de Duve, que via a vida como um fenômeno corriqueiro no universo, como uma consequência inevitável das leis conhecidas da Física e da Química, dadas as condições adequadas.

Não é à toa que a busca pela vida no universo tenha sido reduzida à procura por planetas e satélites com água no estado líquido, embora não haja nenhuma evidência científica da inevitabilidade da vida no nosso universo. A visão alternativa, capitaneada pelo ganhador do mesmo prêmio, em 1965, Jacques Monod, coloca a origem da vida como um evento único no universo, resultante de uma sequência de eventos extremamente improváveis. Apenas a primeira perspectiva presta-se à aplicação do método científico de investigação (daí, talvez, sua popularidade entre os cientistas) e o desafio da Física é a descoberta, caso existam, das leis que governam a auto-organização da matéria em sistemas fora do equilíbrio termodinâmico.

Quais os desafios da Física para o século XXI?

Profa. Dra. Yvonne Primerano Mascarenhas,
Docente Aposentada na ativa – Grupo de Cristalografia

A análise da proposta sugerida pelo título deste livro “Física e Sociedade” pode ser feita sob vários vieses. Para fazê-la, sou levada a analisar como a Física, ou melhor, a Ciência de um modo mais geral, modificou o homem e a sociedade desde que se estabeleceu o método científico a partir de Descartes e Galileu.

No século XVII, em 1637, René Descartes publica o seu livro *Discours de la méthode (sous-titré Pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences)*. Em seu método, Descartes propõe quatro princípios:

1. Evidência: Nunca aceitar nada como verdadeiro que não conheça evidentemente como tal;
2. Reduccionismo: Dividir cada uma das dificuldades que encontrar em tantas parcelas quanto possível e necessário para melhor as resolver;
3. Causalidade: conduzir por ordem os pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, até os mais complexos, supondo mesmo a ordem entre os que não precedem naturalmente os outros;
4. Exaustividade: revisões tão gerais que se fique com a certeza de nada omitir.

Galileu completa em 1630 e publica em 1632 o “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo” e estabelece o Método Científico.

Sir Isaac Newton, com sua monografia *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, publicada em 1687, definitivamente estabeleceu o heliocentrismo e a teoria da gravitação.

O enfoque baseado nessa nova forma de raciocínio levou a um notável desenvolvimento científico nos séculos XVII e XVIII e a importantes descobertas no século XIX, estendendo o conhecimento do eletromagnetismo, da óptica, da termodinâmica e da química. Consequência: no século XIX as novas tecnologias geradas pelo conhecimento científico levam à Revolução Industrial com novos métodos de produção, transporte, volume e custo dos materiais produzidos, gerando grandes mudanças políticas e sociais pelo uso cada vez mais intensivo da mão de obra nas cidades.

No início do século XX parecia que os princípios fundamentais da Física e da Química estavam bem estabelecidos. Mas tudo o que se conhecia era o comportamento de sistemas macroscópicos. Alguns experimentos relativos a pesquisas em espectroscopia da radiação emitida por gases rarefeitos em tubos catódicos e o espectro da radiação do corpo negro levaram a resultados surpreendentes e inexplicáveis pela teoria vigente do eletromagnetismo. Ainda mais, não se entendia a natureza de uma radiação produzida nos tubos de raios catódicos: os raios X; assim como a radioatividade natural, espontânea, que se observa em certos minerais de urânio como a pechblenda. A fim de entender esses fatos experimentais surge a Mecânica Quântica com novos conceitos que foram muito questionados e discutidos entre os cientistas da época, mas que se consolidou diante da evidência da propriedade com que consegue explicar os resultados experimentais acima referidos. E, para culminar, os novos horizontes da Ciência são estendidos teoricamente quando Einstein concebe a Teoria da Relatividade que estabelece um limite superior para a velocidade de ondas ou corpos e a equivalência entre massa e energia. As aplicações tecnológicas da Ciência no século XX geram inúmeras aplicações em múltiplas áreas, ampliando enormemente a

disponibilidade de fontes de energia, novos materiais, comunicação via satélites artificiais, computadores, robótica, astrofísica e o entendimento dos princípios de funcionamento dos seres vivos (DNA, proteínas).

A pesquisa de ponta em ciência e tecnologia na segunda metade do século XX está voltada ao estudo de problemas interdisciplinares que exigem a concorrência de pesquisadores de várias áreas, além de envolvimento de indústrias levando a aperfeiçoamento de computadores e ferramentas; construção e experimentos nos aceleradores de partículas; nanotecnologia; busca de novos fármacos; controle de redes de distribuição de energia, de telefonia e de bancos; criação de grandes laboratórios de pesquisa internacionais (CERN, observatórios astronômicos multinacionais, síncrotrons, reatores nucleares de pesquisa).

Poderíamos então nos perguntar qual a parcela da população de nosso planeta goza de boas condições de vida proporcionadas por todos esses avanços científicos e tecnológicos. É bem conhecida a resposta: Uma ainda maior concentração de PODER econômico, bélico e industrial.

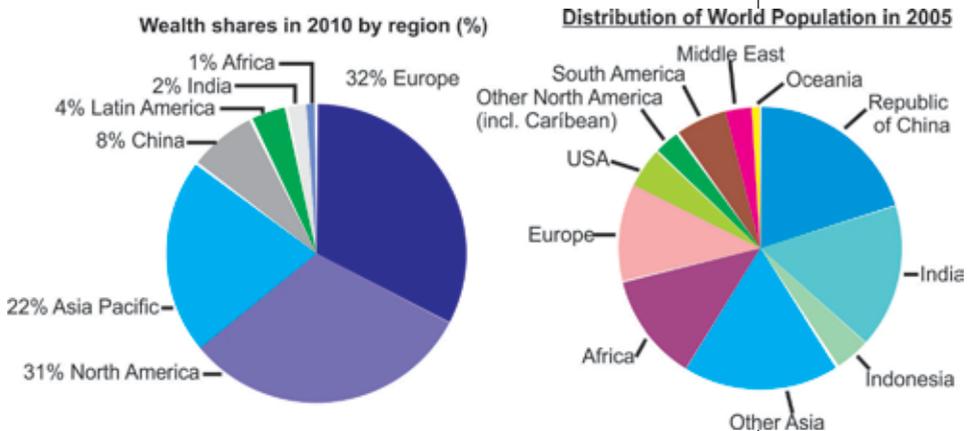


Figura 1 – Distribuição de riqueza (em %) entre as diversas regiões do mundo

Figura 2 – Distribuição da população no mundo em 2005

Fontes: Credit Suisse Global Wealth Databook, Schords/Davies/Lluberas e Wikipedia.

A figura 1 mostra a distribuição de riqueza entre as varias regiões do planeta. Ela é obviamente extremamente desigual e poderíamos nos perguntar até que ponto isso se deve à concentração de conhecimento nas regiões mais ricas. Lembrando que a população das regiões mais ricas, como se vê na fig. 2, é relativamente bem menor que a das regiões mais pobres, isso fica ainda muito mais grave!

Se é verdade que a distribuição da riqueza é função do poderio adquirido pelos países detentores do conhecimento científico, então deveríamos nos perguntar se isso é eticamente aceitável. Normalmente os questionamentos sobre integridade e ética na ciência encaram apenas a necessidade de evitar comportamentos que não atendam ao uso legítimo do método científico e as condições Cartesianas apresentadas no início deste texto e também aquelas devidas ao comportamento ético associado entre outros a plágio, manipulação de dados, não reconhecimento de coautorias. Entretanto a ética no estado atual do desenvolvimento social humano vai além desses comportamentos pessoais e interpessoais, pois o exacerbado poderio militar, econômico e industrial pode levar a desastres fatais a toda a humanidade, tanto no uso de armas “convencionais” robotizadas como biológicas e nucleares, cujo uso indiscriminado pode levar a sérios danos ambientais com reflexos ecológicos e de saúde humana, animal e vegetal. O uso da bomba atômica na segunda guerra mundial por suas trágicas consequências já levou a movimentos em que se busca o controle do seu uso.

Por todas essas razões o filósofo alemão Hans Jonas (*“The principle responsibility: Essay on an ethics for a technological civilization”* (1979) e uma coleção de ensaios reunidos em 1994 *“Ethics, Medicine and Technic”*) preconizou a observação de uma nova ética para o nosso tempo que deve se aplicar num contexto mais amplo relacionando-se o

indivíduo à sua responsabilidade social. Se assim for qual a parcela de responsabilidade cabe aos cientistas para minorar essa situação? Quais as novas descobertas que poderão proporcionar uma melhor condição de vida às populações mais pobres? Como evitar aplicações indevidas das novas tecnologias? Sem dúvida essa é uma tarefa que vai de encontro a muitos interesses da atual civilização capitalista, mas não é por isso que a responsabilidade ética do cientista deixa de existir! Nesse sentido, embora a pesquisa científica básica deva ser conduzida sem limitações, a comunidade científica deveria avaliar criteriosamente sua participação nas mesmas, assim como as consequências de cada uma das aplicações tecnológicas de acordo com os respectivos potenciais de riscos e benefícios para a sociedade, regulamentando as condições em que podem ou devem ser aplicadas.

O caminho para alcançar, ao menos em parte, esses objetivos passa por um esforço educacional para possibilitar que a população em geral possa ser participante das decisões. Por outro lado, a comunidade científica deveria, cada vez mais, se empenhar em programas de divulgação científica, levando à população o seu testemunho sobre os avanços que estão sendo feitos e a importância dos temas científicos de ciência básica pesquisados nos grandes projetos internacionais, envolvendo frequentemente altos recursos financeiros públicos.

Voltando agora aos dados apresentados nas Figs. 1 e 2, considero que a atual disponibilidade energética do nosso planeta é insuficiente para manter a taxa de seu uso atual, e ainda menos se quisermos estendê-la para a grande massa populacional dos países não desenvolvidos. Mesmo que assim não fosse, o uso de recursos fósseis, carvão, petróleo e xisto, acarretaria um aumento drástico da poluição ambiental com os graves riscos bem conhecidos. Assim, sonhando

alto, a existência de geradores a fusão nuclear seria a grande esperança, porém o estabelecimento da tecnologia necessária ainda é incerto e os investimentos são altíssimos. O projeto ITER, que visa a estabelecer as condições para o funcionamento de um reator a fusão nuclear, é o projeto mais caro do mundo e está sendo executado no sul da França ao lado do CEA (Cadarache Research Centre). Participam desse projeto a Comunidade Europeia, com 45,5% de participação, e seis outras nações, cada uma com 9,1%, Estados Unidos, Japão, China, Rússia, Índia e Coreia do Sul, representando 34 países. Segundo declarações feitas ao jornal Estado de São Paulo em janeiro de 2013 o Prof. Ricardo Galvão do Instituto de Física da USP, que acompanha de perto o desenvolvimento do projeto do ITER, “A fusão nuclear é uma tecnologia promissora como fonte de energia e sem os problemas da fissão nuclear. Ainda há algumas dificuldades científicas e técnicas para serem resolvidas, mas os experimentos na Inglaterra e nos Estados Unidos demonstraram sua viabilidade”.

Salientamos ainda como de grande importância as pesquisas em Biologia Molecular que poderão, ainda durante o sec. XXI, proporcionar resultados importantíssimos que levarão a um amplo entendimento das funções biológicas no nível molecular através de cada vez mais potentes métodos de biologia molecular com o auxílio de técnicas espectroscópicas e difratométricas que se prenunciam cada vez mais poderosas (desenvolvimento de novas fontes de raios X e nêutrons (laser de raios X, síncrotrons, reatores) e de obtenção de imagens in vivo (NMR e tomografia de raios X)). O uso dos dados assim obtidos levará certamente ao desenvolvimento de métodos cada vez mais precisos de prevenção, diagnóstico e terapia de grande número de doenças assim como de conservação da saúde e da qualidade de vida das populações.

O grande desafio

*Prof. Dr. Luiz Nunes de Oliveira,
Professor Titular – Grupo de Física Teórica*

No final do segundo milênio, ouvia-se frequentemente que o Século XX tinha sido da Física, mas que o próximo seria da Biologia. Assim como ocorria com as profecias do Oráculo de Delfos, na Grécia antiga, constata-se que o significado dessa previsão fica mais claro à medida que o tempo passa. A interpretação que hoje se tem é bem distinta da compreensão mais superficial que prevalecia no ano 2000. Os maiores triunfos do Século XX foram a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade, colhidos nos mundos microscópico e cósmico, e que revolucionaram a Física, a Química e a Astronomia. Já no Século XXI, a grande batalha científica será travada no domínio da Biologia, nas escalas de tempo e distância que caracterizam as macromoléculas, tais como a insulina, a hemoglobina ou o DNA. Como em qualquer disputa ainda por começar, o resultado é imprevisível, mas o desafio já se apresenta.

De que desafio falamos? Para responder, precisamos prestar atenção à Física dos objetos que nos cercam. Parte deles é descrita pela Mecânica de Newton; a outra parte, pela Mecânica Quântica. Se os engenheiros eletrônicos que projetaram o telefone que espera chamadas na bolsa da leitora tivessem tentado trabalhar com as Leis de Newton, provavelmente teriam concluído que um celular é um sonho impossível. No entanto, os engenheiros civis responsáveis pela edificação do prédio onde a bolsa se encontra puderam dar-se ao luxo de ignorar a Mecânica Quântica e trabalhar exclusivamente com a de Newton.

Para todo efeito prático, a Mecânica de Newton é exata na escala de tempos e distâncias em que vivemos. Como pode ser assim, se os prédios e as bolsas são constituídos por um número incalculável de prótons, nêutrons e elétrons, que obedecem cegamente à Mecânica Quântica? A Física explica que um sistema físico pode ser dividido em escalas de distância. Em particular, há escalas de tamanho em que as leis são independentes das distâncias muito maiores e que herdam das distâncias muito menores apenas alguns parâmetros. Essas escalas são conhecidas como *pontos fixos*. Assim, nós vivemos perto do ponto fixo macroscópico (o da Mecânica de Newton), que é independente do que acontece na escala astronômica e herda da escala atômica apenas informações, tais como a massa de um objeto ou o campo magnético que um ímã produz. Os átomos estão perto do ponto fixo microscópico (o da Mecânica Quântica), governado por leis totalmente independentes do mundo macroscópico.

O grande desafio da Física do Século XXI é saber se existe um ponto fixo intermediário, governado por leis que nem são as de Newton, nem são as da Mecânica Quântica. Em caso afirmativo, teremos de encontrar as leis que governam essa escala *mesoscópica*, entre os pontos fixos microscópico e o macroscópico. O mundo mesoscópico, que compreende distâncias entre 1 e 100 nanômetros, é riquíssimo. As principais reações químicas que ocorrem em nossos corpos são provocadas por estruturas nanométricas. O diâmetro de uma hélice de DNA é 2 nm e a espessura de uma membrana celular é 7 nm. O vírus do HIV mede 100 nm. A fotossíntese e o armazenamento de energia nas células são produzidos nessa mesma escala de distância. Como as estruturas mesoscópicas são complexas demais para serem descritas pela Mecânica Quântica, sabemos muito pouco sobre elas. Se

encontrarmos leis matemáticas mais simples para descrevê-las com precisão, tudo mudará.

Já há algum tempo, começaram a aparecer evidências de que o mundo mesoscópico tem suas próprias regras. O desafio em identificá-las é conhecido como o problema da *emergência*, porque as novas leis devem emergir da Mecânica Quântica. Talvez possamos encontrar, por exemplo, uma equação simples (e exata) para descrever a densidade eletrônica de uma molécula com cem mil átomos. Esse é o problema científico mais importante de nossos dias. Quem conseguir resolvê-lo conseguirá desenhar moléculas com propriedades típicas da Biologia: moléculas que armazenam e liberam energia conforme a necessidade, ou moléculas que se reproduzem, por exemplo. As leis mesoscópicas oferecerão aos bioquímicos recursos tão ricos como os que hoje estão à disposição dos químicos que, atualmente, sintetizam polímeros. A química polimérica revolucionou a engenharia de materiais na segunda metade do Século XX. É difícil imaginar o impacto que teria o trabalho de um bioquímico dotado de recursos semelhantes no Século XXI.

Desafios da Física para este século XXI

Prof. Dr. Luiz Agostinho Ferreira,
Professor Titular – Grupo de Física Teórica

Os desafios para a Física são inúmeros, mas vamos nos concentrar em alguns relacionados aos fundamentos desta ciência. As interações fundamentais da natureza conhecidas até o momento são quatro: gravitacional, eletromagnética, nucleares fraca e forte. As teorias que descrevem estas interações são baseadas em *princípios de simetria*, a saber: o princípio de equivalência, no caso da Teoria Geral da Relatividade que descreve a gravitação, e o princípio de *gauge* no caso das chamadas Teorias de *Gauge*, ou Teorias de Yang-Mills, que descrevem as outras três.

1. O primeiro problema diz respeito à massa. O princípio de *gauge*, que determina a estrutura das teorias de *gauge*, não permite que os chamados bósons de *gauge* tenham massa. Por isso, o fóton não tem massa. No entanto, os bósons de *gauge* da interação nuclear fraca têm massa. Para resolver isto, foi criado o mecanismo de Higgs que quebra a simetria de *gauge* e gera massa às partículas. No caso das interações nucleares fortes, descritas pela teoria de *gauge*, chamada Cromodinâmica Quântica (QCD), é sabido que a simetria de *gauge* é exata e os bósons de *gauge*, chamados glúons, não podem ter massa. No entanto, sabemos dos dados experimentais que o espectro da QCD não pode ter excitações de massa nula. Este é o chamado *problema do gap de massa* (1), ou seja, como uma teoria de *gauge* exata (simetria não quebrada), e que ainda é invariante conforme, pode gerar uma escala de massa? Vale

dizer que a maior parte da massa de nosso corpo não é gerada pelo mecanismo de Higgs, mas sim pela interação nuclear forte. A razão é que nossa massa provém principalmente das massas dos prótons e nêutrons. Apesar de estes serem formados por quarks, a contribuição das massas dos quarks às massas dos prótons e nêutrons é apenas uma pequena fração da massa total. A maior parte das massas (inércia) destes provém da energia de interação nuclear forte entre seus constituintes, os quarks e glúons (2).

2. O *problema do gap de massa* descrito acima está intimamente relacionado ao chamado *problema do confinamento* (3) dos quarks e glúons dentro do hádrons (prótons e nêutrons). Ou seja, as excitações de massa nula da QCD desaparecem do espectro porque estão confinadas e não podem ser observáveis. A questão é que, apesar de a QCD ser uma teoria bem definida, não sabemos mostrar como suas leis levam ao confinamento dos quarks e glúons e ao espectro (massas) dos hádrons. Imagine que Schrödinger apresentasse sua equação como a “Lei de Newton” da Mecânica Quântica e não conseguisse calcular o espectro do átomo de hidrogênio. Este é o problema da QCD. Não sabemos demonstrar o confinamento porque ele é um fenômeno não-perturbativo, isto é, não pode ser resolvido por aproximações, como na teoria de perturbações. O *problema do confinamento* insere-se, na verdade, em um contexto mais amplo na Física, que é o de se desenvolverem métodos para tratar problemas complexos (complicados!). Dentro deste contexto, insere-se a solução de problemas não-lineares de maneira geral, como por exemplo a previsão do tempo, o controle de plasmas, etc. Em muitos casos, pode ser que o problema não seja a falta de métodos, mas sim a falta de um entendimento mais profundo das leis não-lineares da Física.

3. Ampliando o horizonte de fenômenos complexos na Física, encontramos a interface desta com a Biologia. Se os seres vivos são feitos de átomos e estes obedecem às Leis da Física, como as Leis da Biologia emergem daquelas? Esta pergunta esconde uma hipótese muito importante, pouco entendida - e porque não dizer polêmica: a hipótese do reducionismo. Talvez a Biologia tenha as suas próprias leis (4). Dentro deste contexto, o fenômeno mais complexo e desafiador é o próprio cérebro, seja ele humano, canino, ovíparo, etc. Aqui, talvez resida um dos maiores desafios não somente da Física, mas da Humanidade.

Voltando à Física propriamente dita, temos ainda seus problemas relacionados à descrição do Universo (das estrelas e galáxias). Nas distâncias astronômicas, galácticas, etc, a interação gravitacional, apesar de muito mais fraca que as demais, domina os fenômenos cosmológicos. Portanto, a Teoria Geral da Relatividade de Einstein (GR) tem um papel preponderante no nosso entendimento do Universo. Aqui seguem alguns dos problemas abertos:

1. A Mecânica Quântica introduz um ingrediente fantástico na descrição dos fenômenos físicos, a saber: as leis da Física mudam com a escala de distância ou equivalentemente de energia. Nas chamadas teorias de *gauge*, isto implica que suas leis não mudam mas suas *intensidades* (constantes de acoplamento) mudam. Teorias que se comportam assim são ditas *Teorias Renormalizáveis*, devido ao chamado processo de *renormalização* utilizado na eliminação de divergências nos cálculos das grandezas físicas. Já a Teoria Geral da Relatividade tem não somente suas *intensidades*, mas também suas leis alteradas conforme mudamos a escala de energia dos fenômenos a serem estudados. Isto im-

plica que, diante da Mecânica Quântica, a GR não faz sentido! Por isto, a GR é dita uma *teoria não renormalizável*. Este talvez seja, atualmente, o maior problema fundamental da Física. A incompatibilidade da Mecânica Quântica com a Teoria Geral da Relatividade é semelhante (mas muito mais complexa) à incompatibilidade da Mecânica Newtoniana com a Teoria de Maxwell do eletromagnetismo, no final do Século XIX, e que levou ao desenvolvimento da Teoria da Relatividade Especial pelo próprio Einstein. Existem duas teorias que competem entre si para resolver este problema: a Teoria de Cordas (*string theory*) (5) e a Teoria dos Laços (*Loop Quantum Gravity*) (6). No entanto, atualmente elas não passam de tentativas matemáticas, pois não fazem ainda o menor contato com os dados experimentais. Outra abordagem, envolvendo conceitos mais próximos das teorias realistas, é aquela proposta originalmente por S. Weinberg e denominada *asymptotic safety* (7). O ponto crucial é a hipótese da existência de um ponto fixo do grupo de renormalização em energias altas.

2. Outros problemas desta área são:

- a. Um problema que já dura setenta anos é a anomalia na velocidade de rotação das galáxias. Tais velocidades não podem ser explicadas pela interação gravitacional (do jeito que a entendemos) da massa observável das galáxias. A hipótese mais aceita é que exista uma *matéria escura* (8) que não absorve ou emite luz e que ainda não descobrimos. Algumas experiências em andamento em balões e satélites, assim como no LHC (Large Hadron Collider) do CERN, podem dar uma resposta em breve.
- b. Em 1998, descobrimos que o Universo está se expandindo de maneira acelerada e não desacelerada, como era de se esperar, dado o caráter atrativo da força gravitacional (9). Isto foi possível graças a um tipo de superno-

va muito conhecida, que funciona como uma lâmpada de potência conhecida colocada nos confins do cosmo. Ou seja, deve existir uma *força repulsiva* que atua a distâncias muito grandes. A hipótese mais popular é a da *energia escura*. Este é um problema mais complexo que o da *matéria escura* e ainda precisamos de um melhor entendimento dos modelos cosmológicos.

Enfim, ainda temos muito com que nos divertirmos!

References:

- 1 CLAY MATHEMATICS INSTITUTE. *The Millenium prize problems*. Disponível em: <<http://www.claymath.org/library/monographs/MPPc.pdf>>. Acesso em:29 jan.2014.
- 2 KRONFELD, Andreas S. *The weight of the world is quantum chromodynamics*. *Science*, v.322, n.5905,p.1198-1199, 21Nov. 2008.
- 3 WILSON, Kenneth G. *Confinement of quarks*, *Physical Review D* v.10,p.2445-2459,1974.
- 4 MAYR, Ernst. *What makes Biology unique? considerations on the autonomy of a scientific discipline*. Cambridge: Cambridge University Press,2004.
- 5 GREEN,M.B.;SCHWARZ,J.H.;WITTEN,E. *Superstring theory*. Cambridge: Cambridge UniversityPress,1987.
- 6 ROVELLI,Carlo. Loop quantum gravity. *Living Reviews in Relativity*, v.11, n.5, 2008. Disponível em:<<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2008-5/>>.Acesso em:29 jan.2014.
- 7 NIEDERMAIER,Max; REUTER,Martin. *The asymptotic safety scenario in quantum gravity*. *Living Reviews in Relativity*, Disponível em:<<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2006-5/>>. Acesso em:29 jan.2014.
- 8 SUMNER, T.J. Experimental searches for dark matter. *Living Reviews in Relativity*.Disponível em: <<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2002-4/>>Acesso em:29 jan.2014.
- 9 THE NOBEL Prize in Physics. *Written in the stars*. 2011.Disponível em:<<http://www.nobelprize.org/nobel-prizes/physics/laureates/2011/popular-physicsprize2011.pdf>>.Acesso em:29 jan.2014.

O Santo Graal de Einstein

21 de Junho de 2013

O século XXI parece muito promissor no que tange à evolução científica e tecnológica, que certamente terá a Física como uma das protagonistas. Uma questão que se coloca é se a unificação da mecânica quântica com a gravitação - que nem Einstein conseguiu - será finalmente atingida.

Os objetos de estudo mais fundamentais da Física são as partículas e como elas interagem entre si. Ou seja, quais forças são responsáveis por atrair ou repelir elétrons, prótons, nêutrons e quarks. Tais interações são oriundas de apenas quatro forças, duas das quais são mais conhecidas pelo público geral: a da gravitação, que nos permite estar fixados ao solo, e a eletromagnética, que explica fenômenos ligados à corrente elétrica e ao magnetismo. As outras duas forças só foram descobertas no século XX e agem nos núcleos dos átomos. São as chamadas forças nucleares: a força forte, que mantém os prótons e nêutrons no núcleo atômico, e a força fraca, que explica, entre outras coisas, os processos de radioatividade. As forças fraca, forte e eletromagnética são bem explicadas pelo chamado *modelo padrão da física de partículas elementares*, ou simplesmente pela *mecânica quântica*, teoria que permitiu explicar a estrutura da matéria: *O modelo padrão foi construído durante o século XX e ficou completo - teórica e experimentalmente - após a descoberta do*

Bóson de Higgs, explica a docente do Grupo de Física Teórica do IFSC, Tereza C. da Rocha Mendes.

O *problema* tem início aqui: embora explique a interação entre as forças fraca, forte e eletromagnética, o modelo padrão não conseguiu incluir a força gravitacional. Ou seja, as partículas elementares da matéria têm uma teoria quântica que as explica, enquanto a gravitacional, não. Esta, por sua vez, só pode ser explicada pela teoria da relatividade geral, formulada por Albert Einstein, em 1915, cerca de dez anos antes da consolidação da mecânica quântica: *A força da gravidade, apesar de ser a mais conhecida, é a única que não possui uma teoria quântica para descrevê-la*, explica o docente do Grupo de Física Teórica do IFSC, Daniel A. Turolla Vanzella: *Para qualquer fenômeno em que a gravidade é protagonista, ou seja, quando há um acúmulo de massa muito grande num espaço muito pequeno, a relatividade geral é a teoria mais adequada*, diz o docente.

Tereza explica que as três forças de interação - eletromagnética, forte e fraca - são descritas pelo mesmo paradigma. É de se esperar, portanto, que a quarta também o seja: *O que a maior parte dos físicos deseja é encontrar 'furos' no modelo padrão que possam levar a pistas de como incluir a gravidade nele*, opina a docente: *Na verdade, o objetivo é tentar unificar o microscópico*

ao macroscópico. Esse grande dilema, hoje considerado o maior desafio da física, não é novo. O próprio Einstein, quando formulou a teoria geral da relatividade, já buscava uma teoria capaz de unificar as quatro forças de interação. E não foi bem sucedido: *Muitos sucessores de Einstein também procuraram uma teoria quântica da gravidade, mas ainda não encontraram*, conta Daniel. Dentre os pesquisadores descontentes com essa lacuna entre a relatividade geral e a mecânica quântica, alguns defendem a teoria das supercordas. Segundo esta teoria, as partículas subatômicas (prótons, nêutrons e elétrons) são formadas por pequenos filamentos, parecidos com cordas. Assim, todo Universo seria formado por tais cordas que, conforme seu comprimento e vibração, criaram e definiram características individuais das partículas subatômicas, o que explicaria, por sua vez, a grande diversidade das partículas do Universo: *Alguns físicos acreditam que a teoria das supercordas será a explicação de tudo que temos no Universo. Penso que essa é uma teoria injustificada até o momento e que dificilmente trará a resposta para o que pesquisadores dessa área buscam*, opina Daniel.

O Grande Colisor de Hádrões (LHC), acelerador de partículas localizado no maior laboratório de física de partículas do mundo, o CERN, teve um custo estimado de oito bilhões de euros: *É natural que as pessoas perguntem para que serve o LHC e todos os experimentos realizados nele, uma vez que há tanto dinheiro e recursos humanos investidos no experimento*, diz Tereza. No entanto, os conhecimentos

e benefícios gerados pelos milhares de pesquisadores no LHC são de suma importância e beneficiam a todos. Se você não imagina sua vida sem a Internet, agradeça ao ex-funcionário do CERN, o físico britânico Tim Berners-Lee, que na década de 1980 se deparou com cientistas nervosos por não conseguirem compartilhar rapidamente dados e informações com seus colegas em outras partes do mundo. Para resolver o problema, Berners criou o projeto *World Wide Web* (www). Sem pensar nos benefícios imediatos, as teorias, como a da relatividade geral ou mecânica quântica, são essenciais para o entendimento sobre o nascimento do Universo e, por sua vez, do funcionamento da natureza: *Tem-se a esperança que uma teoria quântica da gravidade possa explicar coisas, como o que existe dentro de um buraco negro ou como realmente o Universo teve início*, diz Daniel: *Conseguimos descrever a evolução do Universo nos últimos 13 bilhões de anos, mas o ponto que lhe deu origem - ou não - ainda não é entendido*.

Ainda que uma teoria unificadora não tenha sido atingida, a mecânica quântica e a teoria da relatividade já têm aplicações com grande impacto na sociedade. Podemos nos surpreender, por exemplo, ao saber que mesmo uma teoria tão abstrata, como a da relatividade, seja essencial para uma aplicação do nosso cotidiano: o GPS (da sigla em inglês para *global positioning system*). Para obter a precisão que se consegue hoje no GPS é necessário medir os tempos de envio e retorno de sinais da Terra para os satélites em órbita, também

com grande precisão. Isso é feito com relógios atômicos instalados nos satélites. Como estes satélites estão a uma grande distância da Terra e com velocidades consideravelmente altas, é necessário fazer correções relativísticas, tanto empregando a relatividade restrita, como a relatividade geral. Para se ter uma ideia, sem essas correções o GPS erraria no posicionamento do aparelho em alguns quilômetros dentro de uma semana. Mas foi a mecânica quântica que trouxe a revolução tecnológica no século XX. Ao explicar como a matéria é constituída e como interage com radiações, essa teoria permitiu conceber aplicações para materiais abundantes na natureza e mesmo a criação de novos materiais. Exemplos marcantes são o uso dos semicondutores para a indústria da microeletrônica, que produz computadores e celulares cada vez mais eficientes e menores, bem como os avanços em medicina, com novas terapias e métodos de diagnóstico.

Mesmo que consiga compreender em detalhe como se dão as interações em nível atômico e molecular, o funcionamento de um organismo ainda não será decifrado. Tomemos como exemplo o funcionamento do cérebro: não basta saber o que ocorre com cada célula, pois as funções neurológicas podem ser determinadas pela inter-relação entre os componentes da rede de neurônios.

Para abordar esse tipo de problema, é necessário usar um paradigma científico oposto ao empregado na compreensão da matéria usando mecânica quântica. Ao invés de estudar cada componente de um

sistema em separado para depois compreender como se forma o todo, deve-se estudar o sistema como um todo a partir das inter-relações dos componentes.

Para tanto são usados métodos de física estatística, aliados a métodos computacionais.

Segundo o docente do Grupo de Polímeros do IFSC, Osvaldo Novais de Oliveira Jr., os desafios que se colocam para os pesquisadores que buscam novos usos para os materiais são de natureza distinta daqueles enfrentados por físicos à procura de uma teoria unificadora para mecânica quântica e relatividade: *Todas as evidências apontam para a validade geral da mecânica quântica. Não esperamos encontrar novas leis ao estudar os materiais para novas aplicações. O desafio está em empregar a mecânica quântica para materiais orgânicos, principalmente a matéria viva, devido à sua complexidade. São necessários métodos computacionais e nossa capacidade computacional, hoje, permite tratar apenas problemas relativamente simples. Apesar de quase um século da mecânica quântica, só conseguimos prever resultados com precisão para um número ínfimo de sistemas*, diz Osvaldo.

Não se sabe quando o *quebra-cabeça* relatividade geral/mecânica quântica será encaixado, se for encaixado. Mas, para os apaixonados pela ciência, fica o pensamento da própria Tereza Mendes, ao afirmar que: *O bonito da pesquisa básica é isso: você faz porque ela é importante, mesmo não sabendo quando nem como essa importância aparecerá.*

3 | Integração de áreas de pesquisa e iniciativas multidisciplinares

A onipresença da física com o desenvolvimento de abordagens e metodologias teóricas e experimentais para lidar com problemas científicos e tecnológicos, das mais diversas naturezas, vem sendo confirmada com a atuação de pesquisadores do IFSC ao longo de décadas. Duas áreas principais têm sido as relacionadas a aplicações de física em biologia, medicina e ciências da saúde, e em computação, que se desenvolveram desde os primórdios do então Instituto de Física e Química de São Carlos, e culminaram com a criação de cursos de graduação em ciências físicas e biomoleculares e em física computacional, além de subáreas correspondentes na pós-graduação.

O uso de física para tratar a matéria viva iniciou-se em São Carlos, numa iniciativa do Prof. Sérgio Mascarenhas, com a criação do Grupo de Biofísica, e da Profa. Yvonne Primerano Mascarenhas, com a criação do Grupo de Cristalografia. Os participantes do primeiro utilizando técnicas espectroscópicas e fenomenológicas que permitem elucidar a natureza do entorno de átomos e/ou defeitos estruturais, e o segundo usando técnicas de espalhamento e difração de Raios X para obter imagens de baixa resolução (espalhamento) ou alta resolução (difração) de moléculas e macromoléculas com resolução atômica. Pode-se afirmar que tal conhecimento é indispensável para o entendimento das transformações moleculares que têm lugar

nos seres vivos e nos mais variados sistemas naturais ou sintéticos da matéria. Do interesse em cristalografia de proteínas, derivaram estudos de bioquímica, genômica e química medicinal, com a formação de um grande consórcio de pesquisadores, como ficará claro em reportagens a seguir. Ainda no que concerne à biologia e medicina, a partir de aplicações de lasers em terapias formou-se novo núcleo de pesquisadores, também gerando centros de pesquisa.

Já a atuação em computação foi pioneira em São Carlos e em muitos tópicos também no Brasil, surgida no início do Instituto de Física e Química de São Carlos decorrente da compra de um difratômetro automático de monocristais, que era automatizado por um computador de razoável capacidade de cálculo para a época. Um pouco dessa história será contada no Capítulo VII, dedicado à Física Computacional.

Dessa atuação multidisciplinar se originaram os centros de pesquisa e difusão (CEPID's), financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), os institutos de ciência e tecnologia (INCT's), mantidos pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação e pela FAPESP, as redes de nanobiotecnologia, mantidas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e os núcleos de apoio à pesquisa, criados pela Pró-Reitoria de Pesquisa da USP. Uma lista dessas redes de pesquisa sediadas no IFSC é apresentada a seguir.

- Centro de Óptica e Fotônica (CEPOF), coordenado pelo Prof. Vanderlei Salvador Bagnato.
- Centro de Biotecnologia Molecular e Estrutural (CBME), que evoluiu para o Centro de Pesquisa e Inovação em Biodiversidade e Fármacos (CIBFar), coordenado pelo Prof. Glaucius Oliva.
- Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica (INEO), coordenado pelo Prof. Roberto Mendonça Faria
- Instituto Nacional de Biotecnologia Estrutural e Química Medicinal em Doenças Infecciosas (INBEQMeDI), coordenado pelo Prof. Richard Charles Garratt.
- Instituto Nacional de Óptica e Fotônica (INOF), coordenado pelo Prof. Vanderlei Salvador Bagnato.

- Rede de nanobiotecnologia Nanobiomed, coordenada pelos Profs. Yvonne Mascarenhas e Valtencir Zucolotto
- Rede de nanobiotecnologia nBioNet, coordenada pelo Prof. Osvaldo Novais de Oliveira Jr.
- Núcleo de Apoio à Pesquisa – Centro de Tecnologia de Materiais Híbridos, coordenado pelo Prof. Antonio Carlos Hernandes
- Núcleo de Apoio à Pesquisa em Óptica e Fotônica, coordenado pelo Prof. Vanderlei Salvador Bagnato
- Núcleo de Apoio à Pesquisa em Instrumentação para estudos avançados de materiais nanoestruturados e biosistemas, coordenado pelo Prof. Igor Polikarpov
- Núcleo de Apoio à Pesquisa em Nanofísica quântica, coordenado pelo Prof. José Carlos Egues de Menezes
- Núcleo de Apoio à Pesquisa em propriedades estruturais e funcionais em materiais sólidos desordenados usando técnicas modernas de RMN, coordenado pelo Prof. Hellmut Eckert.

As reportagens que seguem são relacionadas a essas redes de pesquisa.

Grupo de pesquisadores do IFSC estuda a eletrônica do futuro

11 de Fevereiro de 2011

A degradação do meio ambiente é hoje uma das mais relevantes preocupações, causada principalmente pela produção contínua de *energia suja*, tendo como matéria-prima carvão, gás natural e diesel, por exemplo. Muitos esforços vêm sendo empreendidos na produção da chamada *energia limpa*, incluindo em uma área que não é muito conhecida do público em geral - a Eletrônica Orgânica (EO). Ela já é apontada como a tecnologia para a energia do futuro.

Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica (INEO)

O transistor é o elemento fundamental da eletrônica que permite o processamento de informação, tendo sido testado pela primeira vez nos Estados Unidos, em 1947. Desde então, este dispositivo tem sido responsável por toda tecnologia relacionada, principalmente, às telecomunicações e à ciência da computação, tendo muito a ver com a Revolução Eletrônica desde 1950: *Hoje, a segurança de qualquer país e a sua riqueza dependem do quanto ele é evoluído em eletrônica e o Brasil, nesse aspecto, tem um enorme déficit, que tende a aumentar*, conta o Prof. Roberto Mendonça Faria, docente do IFSC e pesquisador na área de

Eletrônica Orgânica: *Vale muito mais um país dominar a tecnologia aplicada à segurança nacional do que ter um exército bem montado. Portanto, é obrigação do Brasil tirar esse atraso.*

O docente, que também é coordenador do Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica (INEO), afirma: *Não há dúvidas de que a EO será um ramo da eletrônica extremamente importante ao longo do século XXI e como é uma área nova, tanto em pesquisa científica, quanto em aplicações, pode ser que esteja aí a chance de o Brasil recuperar seu espaço entre os países produtores de tecnologias avançadas.*



Modernos equipamentos compõem o laboratório de pesquisa.

O INEO, que conta com mais de trinta grupos de pesquisa em EO em todo o Brasil, deve contribuir para o avanço tec-

nológico do país. O grupo começou a estudar propriedades elétricas e orgânicas de polímeros- macromoléculas sintéticas e naturais-, com propriedades eletrônicas, desde a década de 1970 e a partir de então tem sintetizado tais polímeros e estudado suas aplicações: *Do ponto de vista econômico, essa nova eletrônica movimentará centenas de bilhões de dólares a partir da década de 2020 e a tendência é aumentar cada vez mais sua inserção na economia do planeta. Nesse mercado global, o Brasil deve agregar conhecimento para uso interno e sair do papel de comprador, apenas, para se tornar também um vendedor dessa nova tecnologia*, completa Faria.

O Grupo de Polímeros conta com parcerias de empresas, sendo a CSEM, empresa suíça que implantou uma unidade em território brasileiro, uma das que estão dispostas a financiar os estudos realizados no Instituto. Um dos orientandos do Prof. Faria, Giovanni Fornereto Gozzi, desenvolve seu doutorado na área de luminescentes, onde faz uso de polímeros específicos capazes de emitir luz. O conceito de *eletroluminescência* é trabalhado pelo aluno, num processo da geração de luz, utilizando-se de fontes limpas para isso: *Os polímeros são processados em solução, que são como uma tinta. Ou seja, você transforma energia elétrica em luz, usando processos semelhantes ao de impressão com tinta. Aqui, o grande desafio é transformar o processamento atual no processamento em solução, utilizando-se apenas de materiais orgânicos*, explica Giovanni. *A tecnologia orgânica abrirá a possibilidade de serem desenvolvidas telas de*

televisão ainda mais finas e flexíveis, bem como painéis de iluminação de altíssima eficiência, por exemplo, conta.



Célula fotovoltaica produzida no laboratório do INEO-IFSC.

Já Alexandre de Castro Maciel transforma a solução polimérica em filmes muito finos, que se tornam o elemento ativo de um transistor: *Com um transistor feito de polímeros, que será fino, leve e de baixo custo, é possível o descarte. Assim, ele pode ser usado em embalagens, substituindo o tradicional código de barras*, explica Alexandre.

Essa troca pode trazer o *supermercado do futuro*, em que através dos dispositivos poliméricos nas embalagens, em conjunto com outro dispositivo instalado em um carrinho de supermercado, a soma das mercadorias no carrinho vem pronta, eliminando a fila nos caixas e o estresse do comprador.

As telas extremamente flexíveis, estudadas por Pedro Henrique Pereira Rebello e Josiani Cristina Stefanelo, trarão facilidade. A televisão do novo século poderá ser impressa: seus circuitos eletrônicos serão

feitos com soluções poliméricas orgânicas. Um circuito de computador não será mais composto de tantos fios: *Os circuitos integrados de agora, por serem de metal, precisam de substratos rígidos, o que é uma desvantagem. Hoje se fala muito em eletrônica flexível. No futuro, você irá numa palestra com seu computador, desenrolar a tela e ligar o aparelho. Quando terminar, enrola e coloca de volta no bolso*, exemplifica Pedro. Pedro e Josiani têm estudado a tinta de uma impressora comercial para criar uma tinta polimérica com as mesmas características.

Células solares

O efeito fotovoltaico, ou seja, a transformação de energia solar em elétrica, foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico Edmund Becquerel. Quase dois séculos depois, temos placas compostas por células voltaicas, mas diferentemente de suas antecessoras, que tinham como base o silício, elas são compostas por materiais orgânicos: *O custo para a produção desse tipo de placa ainda é muito alto e precisamos de uma alternativa de baixo custo, para que essa energia renovável seja viável*

e amplamente utilizada, explica Douglas José Coutinho, mestrando de Faria.

Nos Estados Unidos, a empresa Konarka já fabrica as placas de energia solar com material orgânico. O que Douglas tenta fazer hoje, auxiliado por Faria, é descobrir a fórmula da tecnologia já aplicada e trazê-la ao Brasil: *Já temos condições de competir com essas empresas e já busco a aplicação do dispositivo. Já chegamos à eficiência de 2,5%, enquanto grandes laboratórios dos Estados Unidos e Europa têm uma eficiência de 3,5 a 4%. Estamos muito próximos!* esclarece Douglas.

O laboratório no qual o grupo de pesquisadores do INEO-IFSC trabalha já possui equipamentos modernos, gerando pesquisas que permitem acreditar que o Brasil possa se tornar protagonista nessa nova tecnologia. Esta tem todas as características para vir a ser tecnologia essencial em futuro próximo: *Estamos classificados para a final de um mundial, mas é óbvio que não somos os favoritos. O Brasil tem potencial para ser um dos candidatos a uma boa colocação. Dependerá da atitude dos pesquisadores da área, da política industrial do país e do investimento contínuo nessa política*, finaliza Faria.

CIBFar – Pesquisa para produção de novos fármacos

05 de Julho de 2013

Em 2000, o Instituto de Física de São Carlos (IFSC/USP), através de seus docentes e colaboradores, recebia uma nova missão: sediar o Centro de Biotecnologia Molecular e Estrutural (CBME), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID) da FAPESP, e coordenado pelo Prof. Glaucius Oliva.



Com a missão principal de realizar estudos relacionados ao conhecimento estrutural de macromoléculas-alvo de parasitas causadores de doenças negligenciadas, como Leishmaniose, Esquistossomose, Doença de Chagas e Malária, o antigo centro desenvolveu durante onze anos muitos estudos e incitou novos desafios aos pesquisadores que dele faziam parte.

Para enfrentar novas demandas na área de planejamento de fármacos e dar continuidade às pesquisas do CBME, um novo CEPID foi criado em 2013. Novamente com sede no IFSC e com financiamento da FAPESP, o Centro de Pesquisa e

Inovação em Biodiversidade e Fármacos (CIBFar) resulta de projetos de pesquisa colaborativos.

Também sob a coordenação de Glaucius Oliva, o novo Centro conta com uma equipe de 19 pesquisadores oriundos de diversas instituições do Estado de São Paulo, entre as quais USP (campus São Carlos e Ribeirão Preto), UFSCar, Unicamp e Unesp: *Esta nova proposta tem foco mais direcionado ao desenvolvimento e produção de fármacos e envolve áreas como a química medicinal, síntese orgânica, produtos naturais, bioquímica, física, etc.*, explica o docente do IFSC e coordenador de transferência de tecnologia do CIBFar, Prof. Dr. Adriano Andricopulo: *Somando-se docentes, pesquisadores, alunos e técnicos que fazem parte do CIBFar, o número de colaboradores desse projeto ultrapassa uma centena.*

O CIBFar terá como fonte de princípios ativos plantas da biodiversidade brasileira: *Juntamente com compostos de origem sintética, eles possibilitarão o planejamento de candidatos a novos fármacos para uma variedade de alvos moleculares validados para diversas doenças humanas*, destaca Adriano.

Com a colaboração de pesquisadores brasileiros e estrangeiros, o CIBFar conta com importantes parcerias internacionais,

como a do *Drugs for Neglected Diseases Initiative (DNDi)*, grupo de pesquisa independente que trabalha em novos tratamentos para a Doença de Chagas, Leishmaniose e Tripanossomíase Africana, entre outras: *Uma característica especial do CIBFar é a reunião de pesquisadores seniores que contam com vasta experiência e liderança nas áreas de biodiversidade, síntese orgânica e química medicinal, o que nos coloca em uma posição privilegiada*, diz Adriano.

Embora as doenças tropicais negligenciadas sejam a *menina dos olhos* do projeto, outras doenças serão alvo de estudos do CIBFar, inclusive o câncer: *Temos pesquisas em desenvolvimento relacionadas a uma diversidade de doenças, mas algumas delas, que têm moléculas mais promissoras, serão prioritárias*, explica o docente:

Durante o tempo de duração do projeto, tentaremos identificar as melhores oportunidades dentre as pesquisas que estão sendo feitas e para isso contaremos com o suporte de um comitê científico internacional.

De acordo com Adriano Andricopulo, estudos em andamento serão aprimorados no CIBFar. A duração total do programa é de onze anos, tempo que deve ser suficiente para desenvolver candidatos a fármacos capazes de combater algumas das doenças que são o foco do projeto: *Ainda que não estejamos saindo do zero, os resultados de pesquisa são demorados. Logo nos primeiros dois anos planejamos estruturar bons projetos que possam agregar o uso de moléculas promissoras, tanto a partir da biodiversidade brasileira como da síntese orgânica*, conclui o docente.

Nasce o novo CEPOF

12 de julho 2013

Tendo como base principal a óptica e a medicina, o sucesso incontestável de terapias fotodinâmicas (que unem conhecimentos das duas áreas) é disseminado em diversas partes do país graças aos esforços de docentes que integram o Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CEPOF), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID) da FAPESP.



Coordenado pelo docente do IFSC, Vanderlei Salvador Bagnato, o CEPOF é um dos dezessete CEPIDs aprovados pela FAPESP e conta com doze pesquisadores efetivos de diversas Universidades. *Este CEPOF é novo, ou seja, é um novo projeto e não uma continuidade do anterior*, esclarece Vanderlei, referindo-se ao primeiro CEPOF coordenado por ele entre 2000 e 2012, quando o CEPID foi lançado: *No CEPOF 2013 temos novos pesquisadores e, inclusive, pesquisadores jovens que acabaram de ingressar no quadro das universidades envolvidas.*

No que diz respeito às pesquisas do novo CEPOF, um dos destaques vai para os estudos de física atômica e molecular,

carro chefe do Centro, que focaliza o estudo de fluidos quânticos e os condensados de Bose-Einstein: *Somos o único grupo experimental da América Latina que trabalha com isso, portanto temos que dar nossa contribuição nessa área*, diz Vanderlei.

Outro destaque é a pesquisa em biofotônica, com foco em alguns fundamentos da interação luz/matéria, além da parte prática com ensaios clínicos. Nestes se incluem aqueles realizados no Centro de Fototerapia e Fotodiagnóstico, recém-inaugurado no Hospital Amaral Carvalho (Jaú-SP), destinado a pacientes com câncer de pele em estágio inicial e que realizam o tratamento gratuitamente através do Sistema Único de Saúde (SUS). Finalmente, a linha de pesquisa relacionada à plasmônica* ficará sob a coordenação do docente do IFSC, Euclydes Marega Jr., da qual docentes da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) também farão parte.

De acordo com Vanderlei, um ponto importante no CEPOF refere-se à inovação tecnológica. A sede do CEPOF - localizada no campus II da USP São Carlos - terá um espaço apropriado para reuniões com empresários: *Realizamos muitos projetos para empresas, mas não com a participação direta das mesmas. O que eu quero no CEPOF é que as empresas estejam presentes e colaborando, inclusive com parte das despesas do Centro*, conta o docente.

Ele afirma também que no CEPOF anterior diversas metas foram atingidas e os resultados são visíveis, com benefício direto para a sociedade. Dentre os exemplos, Vanderlei cita a implantação de terapias de combate ao câncer e tratamentos na área odontológica realizados em parceria com universidades estaduais: *A Unesp de Araraquara colabora em trabalhos de controle microbiológico com técnicas de terapia fotodinâmica que o CEPOF ajudou a implementar, e a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto [FMRP/USP] realizou muitas cirurgias experimentais utilizando-se de técnicas desenvolvidas no CEPOF. Produzimos um trabalho com o grupo de transplante de fígado, que foi destaque da revista Liver Transplantation*, relembra.

Com um passado tão profícuo, o futuro do CEPOF não será diferente. Nos

novos planos estão incluídos o lançamento de terapias para onicomicose (micose de unha) e o tratamento de infecções infantis de garganta sem o uso de antibióticos, em parceria com a Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp. Em pesquisa básica, as perspectivas voltam-se aos experimentos com fluidos quânticos e nanoestruturas.

O prazo de duração do atual CEPID é de onze anos, mas as expectativas são grandes e, nas palavras do próprio Vanderlei: *A intenção é que os estudos realizados deem uma personalidade especial à pesquisa realizada nessas áreas na cidade de São Carlos.*

*área que estuda os efeitos básicos da interação luz/matéria

CEPIV - Centro de Pesquisa, Educação e Inovação em Vidros

14 de Agosto de 2013

No sentido de reforçar o desenvolvimento de pesquisas na fronteira do conhecimento, já que tem sido uma aposta bastante positiva para a ciência nacional, a FAPESP decidiu recentemente alargar o programa CEPID – programa multidisciplinar de pesquisa básica ou aplicada, de caráter inovador - com a criação de mais núcleos de pesquisa, alguns deles sediados no campus da USP de São Carlos.



Inserido nesse qualitativo lote está o recém-criado CEPIV, Centro de Pesquisa, Educação e Inovação em Vidros, composto por um conjunto de cientistas da USP, UFSCar e UNESP-Araraquara, especialistas de renome nas áreas de engenharia, química e física de materiais vítreos, cristalização e técnicas de caracterização. O principal objetivo é criar materiais vitrocerâmicos com novas funcionalidades.

Dentre a multiplicidade de objetivos científicos, o grupo de pesquisadores também se dedicará a desenvolver novos materiais ópticos, materiais para reforço estrutural de uso odontológico, dispositivos para armazenamento de energia (eletrólitos e selantes para alta temperatura) e sistemas de catalisadores ativos. Igualmente importante será entender os mecanismos básicos de formação de vidros e vitrocerâmicas, de maneira a planejar o desenvolvimento de novos materiais ativos.

Coordenado pelo Prof. Dr. Edgar Dutra Zanotto, pesquisador do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET) da UFSCAR, o CEPIV conta com a participação de catorze pesquisadores, seis deles pertencendo ao IFSC. Entre estes, o Prof. Dr. José Fabián Schneider e o Prof. Hellmut Eckert são pesquisadores principais. Prevê-se, também, o envolvimento de cerca de cinquenta estudantes de graduação e pós-graduação.

Embora a criação do CEPIV seja muito recente, esse grupo de cientistas não perdeu tempo, tendo realizado ao longo do dia 10 de agosto, no IFSC, o seu primeiro workshop, cujo objetivo foi reunir todos seus membros e colaboradores – cerca de cinquenta pessoas, entre pesquisadores e alunos. Para o Prof. Dr. José Fabián Schneider, o workshop

serviu, acima de tudo, para conhecer as pesquisas dos diferentes laboratórios do Centro, em que estágio se encontra o trabalho de pesquisa de cada membro, detectando-se, a partir daí, as possibilidades de cooperações. A partir desse levantamento, serão definidos os tópicos mais relevantes, tendo em vista concentrar os esforços da equipe em direção a resultados inovadores.

Segundo Schneider, o workshop mostrou a multiplicidade das pesquisas desenvolvidas nos grupos que formam o CEPIV e as oportunidades para expandir a fronteira do conhecimento e gerar inovação: *Existem muitos desafios para vencer, principalmente para dar uma resposta eficaz a trabalhos que, por não serem executados ainda por uma equipe interdisciplinar, têm algumas questões para serem resolvidas: por isso, vamos ter que atuar em conjunto, para que esses trabalhos possam ser concluídos*, menciona o docente do IFSC.

Embora seja prematuro identificar a área considerada prioritária no CEPIV, José Fabián Schneider afirmou que o grupo recebeu com especial interesse alguns dos trabalhos apresentados no workshop, principalmente em materiais biocompatíveis, indicados para aplicações em odontologia e substituição óssea, que se encontram em estágios avançados de pesquisa e são considerados altamente promissores.

Outra das grandes apostas do CEPIV será focar os esforços dos cientistas em uma área que, para Schneider, é de grande importância – a de materiais em estado sólido para baterias, como explica

o cientista: *Uma das realidades atuais é a utilização, em larga escala, das baterias de lítio, que têm um componente líquido no seu interior, o eletrólito; há muitos anos que se pesquisa uma forma de substituir esse líquido por um componente sólido, de tipo vítreo. Ainda existe mais um degrau nessas pesquisas, que é a possibilidade de substituição do lítio por sódio, algo que poderia ser concretizado num futuro próximo.*

Além de proporcionar mais autonomia, esse novo tipo de bateria será mais barato que a de lítio e menos agressiva para o meio-ambiente. O lítio existe em pouca quantidade, em determinadas regiões do globo – Bolívia, Argentina e Chile -, requerendo investimentos altos para poder ser extraído e transformado, enquanto o sódio (do sal) existe em todo o planeta, principalmente na água do mar, sendo relativamente barata sua transformação para o fim em vista: *O desenvolvimento de novos materiais funcionais é de grande relevância e é uma experiência estimulante formar parte desta equipe de pesquisadores de nível de excelência mundial. O CEPIV é uma grande oportunidade, não só para os pesquisadores do IFSC envolvidos diretamente, como também para os estudantes que se incorporem nesta área, cujos resultados despontarão num futuro próximo*, pontua Schneider.

O CEPIV congrega laboratórios em várias instituições de pesquisa e tem sua sede institucional no Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar.

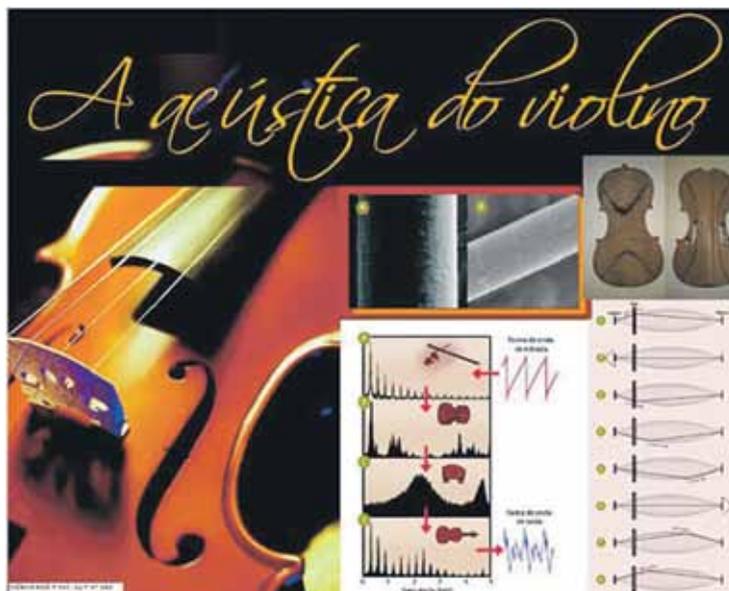
4 Explorando os fundamentos da Física



Uma dificuldade na elaboração deste Capítulo foi a escolha do título e a seleção de reportagens, pois muito se faz no IFSC com pesquisas em física teórica e física experimental em tópicos da fronteira do conhecimento. Para distinguir de pesquisas de caráter mais multidisciplinar, como abordado nos demais capítulos, escolhemos o presente título, sendo que o Capítulo trará uma miscelânea de matérias. Ressalte-se que muitos trabalhos em física fundamental acabaram por ser retratados em outros capítulos, na medida em que estavam relacionados a alguns dos tópicos de aplicação e de atuação interdisciplinar.

A acústica do violino

09 fevereiro 2010



Pesquisadores do IFSC e colaboradores da Universidade Federal do Paraná e Conservatório Dramático e Musical de Tatuí (SP) encontram tempo e espaço entre a pesquisa de alto nível para divulgar tema de interesse comum: a música. O artigo intitulado 'A acústica do violino' será publicado na revista *Ciência Hoje* vol. 45, no. 267 deste mês. Os autores tratam diversos assuntos, que incluem o modo como os sons do instrumento são produzidos pela vibração de cordas de aço friccionadas por fios de crina de cavalo, a transferência dos sons para uma caixa de ressonância que os altera e amplifica, e

a influência do tipo de madeira usado em cada peça do conjunto. Esses e outros aspectos dão ao violino uma complexidade que ainda atrai o interesse de estudiosos, apesar de passar despercebido aos ouvintes da boa música. Os autores, José Pedro Donoso, Francisco E. G. Guimarães, Alberto Tannús, Thiago Corrêa de Freitas (UFPR), publicaram recentemente outro artigo:

DONOSO, J.P.; GUIMARAES, F. E. G.; TANNUS, A.; FREITAS, T. C. de A física do violino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.30, n.2, 2008. Disponível em: <www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/302305.pdf>. Acesso em: jan.2014.

Pesquisadores do IFSC conseguem potencializar energia presente no vácuo

02 maio 2010

Foi destaque na mídia esta semana um trabalho de dois pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos, Daniel Vanzella e William Lima. A pesquisa se refere à descoberta de um fenômeno em que a densidade de energia presente no vácuo, normalmente muito pequena, é amplificada de uma forma incontrolável e violenta. A descoberta deste fenômeno envolve um dos aspectos mais enigmáticos da Física Moderna, a interconexão entre o vácuo quântico e a gravidade.

O instrumento para amplificar essa densidade de energia é a própria força da gravidade, considerada pequena pelos físicos em comparação com outras forças. Segundo os pesquisadores, tanto a força da gravidade quanto o vácuo quântico não desempenham papéis tão importantes nas experiências cotidianas. No entanto, a pesquisa demonstrou que, em determinados contextos, a interação dos dois entes pode torná-los dominantes. No caso, o contexto se refere à gravidade de uma estrela de nêutrons, que seria capaz de amplificar exponencialmente a densidade de energia contida no vácuo de alguns tipos de campos quânticos.

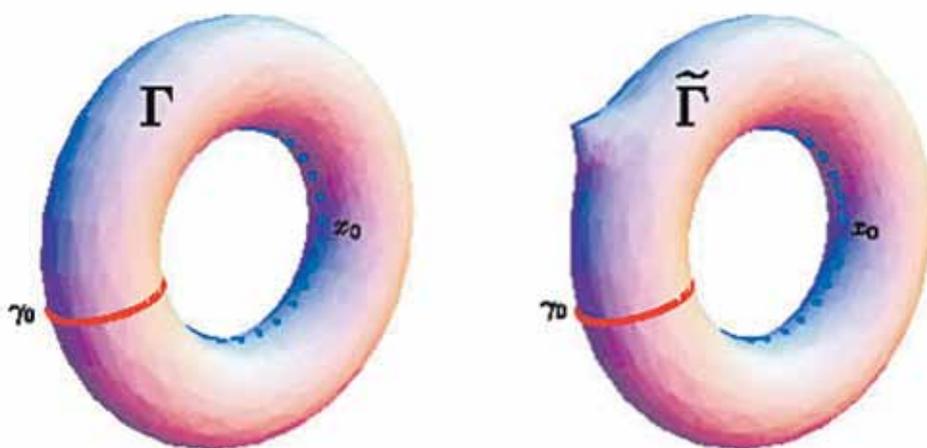
Não se sabe se esses campos que sofreriam esse efeito de fato existem no universo. No entanto, é bom lembrar que de todo o conteúdo de energia do universo, apenas cerca de cinco por cento são de fato compreendidos (pelo *Modelo Padrão das Partículas Elementares*), de modo que há ainda muito espaço para a descoberta de novos tipos de campos. Mas uma questão interessante é se campos bem conhecidos, como o eletromagnético, que sabemos existir, poderiam sofrer esse fenômeno. Talvez não no contexto de uma única estrela de nêutrons mas no contexto cosmológico. Se esta hipótese proceder, poderia ser uma possível explicação para a chamada *energia escura*, força responsável pela expansão acelerada do Universo e um dos maiores desafios atuais da cosmologia.



Imagem publicada no Jornal Folha de São Paulo mostra jato de partículas de estrela de nêutrons, obtida com o telescópio Chandra.

The point of view matters! - O ponto de vista importa!

10 maio 2010

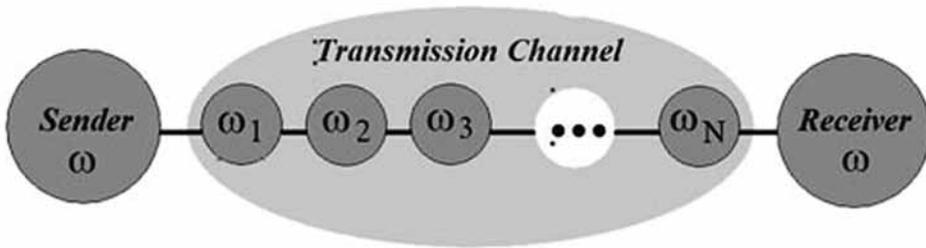


Um torus é certamente uma superfície bidimensional. Mas ele também é um conjunto de círculos e, portanto, uma curva (unidimensional) no espaço dos laços. Observações como esta podem revelar as simetrias das teorias de campos que

descrevem as interações fundamentais da Natureza. Pesquisas realizadas no IFSC, em colaboração com pesquisadores dos EUA, Espanha, Japão, França e Inglaterra mostram como implementar esta ideia.

Transferência quase-perfeita de estados quânticos em redes bosônicas dissipativas

17 maio 2010



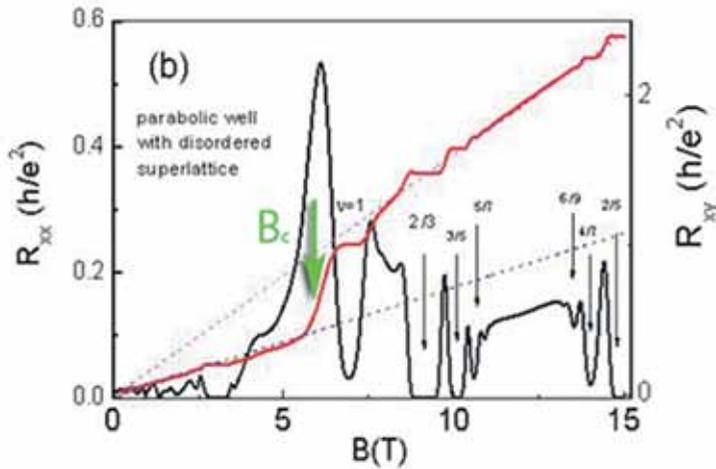
Pesquisadores do IFSC, UFSCar e UEPG desenvolveram um protocolo para contornar o processo de coerência na transferência de estados quânticos de um a outro nó de uma rede de osciladores quânticos dissipativos (arXiv:0905.1267v1 [quant-ph], a ser publicado na revista J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.). Utiliza-se um processo similar ao *efeito túnel* pelo qual os estados são transferidos do emissor ao receptor (osciladores de mesma frequência ω), de forma a ocupar apenas virtualmente o canal de transmissão (uma cadeia linear com N osciladores de frequências suficientemente distintas de ω - vide figura). Este mecanismo de transferência de estados por *tunelamento* faz com que a ação dos reservatórios térmicos associados aos osciladores do canal de transmis-

são seja substancialmente enfraquecida, acarretando alta fidelidade do processo de transmissão.

Parte da equipe acima referida apresentou também derivações e soluções das equações mestras associadas ao problema duplicado de Caldeira-Leggett: o tratamento via integrais de trajetórias da dinâmica de dois osciladores dissipativos acoplados. Considerando uma forma geral para a interação entre os osciladores, dois diferentes cenários são analisados, a depender do sistema físico tratado: I) quando cada oscilador se acopla a seu respectivo reservatório, e II) quando ambos se acoplam a um mesmo reservatório (arXiv:0903.2176v2 [quant-ph], a ser publicado na revista Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical).

Efeito hall quântico em multicamadas semicondutoras

23/06/2010



Numa colaboração com grupos científicos da Rússia e França, pesquisadores do Grupo de Semicondutores do IFSC observaram pela primeira vez o efeito Hall quântico fracionário em multicamadas eletrônicas acopladas, formadas dentro do poço quântico parabólico de GaAlAs. O trabalho foi apresentado em palestra convidada na *International Conference on Physics of Semiconductors* (ISPC-30).

Determinou-se que a incoerência entre as camadas, causada pela variação aleatória de larguras, favorece o regime do efeito Hall quântico fracionário. Descobriu-se

uma transição da fase induzida pelo campo magnético entre os dois estados do sistema eletrônico. Para um campo menor que o campo crítico $B < B_c$, os elétrons são distribuídos homogeneamente sobre todo o poço parabólico. No caso de $B > B_c$, a maioria dos elétrons está dentro da camada central, resultando no efeito Hall quântico fracionário. A transição acontece no campo magnético correspondente ao fator de preenchimento $\nu = 1$, e é acompanhada pelo aumento da inclinação da resistência de Hall. Os resultados foram publicados na *Phys. Rev. B* **81**, 165302 (2010).

O insustentável peso do vácuo: estrelas de nêutrons podem despertar o vácuo quântico

06/10/2010



A Física Moderna desvendou uma estrutura incrivelmente rica para o que se pensava ser, em Física Clássica, o mais desinteressante dos estados - o vácuo. Desde o *mar de Dirac* de estados de energia negativa à visão de partículas virtuais sendo continuamente criadas e aniquiladas, o vácuo adquiriu importância conceitual para uma descrição consistente da Natureza. Ainda assim, do ponto de vista observacional, sua existência continua sendo quase tão evasiva quanto no mundo clássico, exigindo experimentos cuidadosamente planejados para se conseguir detectar diretamente seus efeitos sutis (por exemplo, o efeito Casimir).

Neste trabalho, a ser publicado na edição do dia 8 de outubro da *Physical Review Letters*, os autores utilizam um

mecanismo recentemente descoberto por alguns deles para mostrar que o campo gravitacional de algumas estrelas de nêutrons pode forçar o vácuo quântico e se tornar, no lapso de alguns milissegundos, tão denso em energia quanto essas próprias estrelas (que já são os objetos mais densos conhecidos na Natureza).

Esse *peso extra* desestabilizaria a estrela, possivelmente levando a eventos de proporções astrofísicas alimentados pelo vácuo. Além disso, revertendo o argumento, a mera observação de uma configuração estável de uma estrela de nêutrons pode ser usada para se descartar a existência de certos campos na Natureza (aqueles que levariam a estrela observada a ser instável). Num universo em que 95% de seu conteúdo são desconhecidos (como o nosso), um método tão simples para se descartar a existência de campos é bem-vindo.

O trabalho inicial, onde o mecanismo de *dominância do vácuo induzida pela gravidade* é apresentado, já havia recebido uma menção de destaque da *American Physical Society* (APS) com um *Physics Synopsis* (<http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.104.161102>).

Já o artigo a ser publicado na edição do dia 8 de outubro foi escolhido como destaque na *Physical Review Focus* (<http://focus.aps.org/story/v26/st14>).

Pesquisas do Instituto de Física de São Carlos voltadas ao segredo da origem da vida

26/10/2010

Com avanços e contribuições significativas até mesmo em saúde, as teorias de origem da vida buscam respostas para uma das maiores perguntas da humanidade. Em São Carlos há pesquisadores comprometidos com essa linha de pesquisa, chamada “evolução pré-biótica”, afirma o Prof. José Fernando Fontanari, do IFSC.

Como físico de formação, o docente investiga este assunto sob o ponto de vista da auto-organização da matéria, aspecto em que acredita estar depositada a solução para os problemas relacionados à origem da vida no planeta: *A primeira questão é como se gera a primeira vida a partir de um conjunto de matéria inanimada, ou seja, como a vida é criada a partir de onde não há absolutamente nenhuma vida*, explica Fontanari. A partir daí, outras questões se agregam ao corpo de pesquisa, como qual objeto se criaria primeiro a partir da inexistência total de vida.

Uma vez que a pesquisa tem como ingredientes principais estes elementos inanimados, inorgânicos, o trabalho do Prof. Fontanari não se vale da Biologia, como seria natural pensar, quando se trata do início da vida. Além dos conceitos da Termodinâmica – área da Física dedicada ao estudo dos efeitos causados por variações de temperatura, pressão e volume em sis-

temas físicos -, a pesquisa também utiliza muito da Química, considerando que estes elementos interagem e reagem quimicamente.

Estas interações são a base da evolução química, pois produzem reações autocatalíticas, que Fontanari explica: *Neste tipo de reação, o elemento gera um produto que age de tal forma a aumentar a frequência do elemento, que por isso gera mais produto, que vai aumentar mais a frequência do elemento e assim sucessivamente, em um processo de retroalimentação.*

Os cientistas questionam se poderia existir na natureza alguma molécula com essa capacidade autocatalítica, ou seja, se alguma molécula poderia produzir mais cópias dela mesma. A admissibilidade da existência deste tipo de molécula é um dos maiores objetivos da pesquisa e, se a resposta for sim, então os conceitos da Biologia podem ser aplicados, uma vez que estas cópias produzidas precisam não ser perfeitamente idênticas às originais, e que por sua vez também tenham a capacidade de se replicar. Com estes ingredientes – replicador, cópia do replicador com erro e capacidade das cópias também se replicarem -, o mecanismo da seleção natural produz uma competição entre este grupo de moléculas, selecionando aquelas que produzem mais

cópias em um intervalo menor de tempo. Além disso, as que sofrem mais mutações no sentido de agregar mais minerais que auxiliem na replicação, e na estabilização frente à radiação ultravioleta, resistirão com mais eficiência por um período maior de tempo. Portanto, produzirão mais cópias durante sua existência. É da combinação destes processos – replicação e seleção natural – que pode surgir um sistema mais complexo, como uma célula.

Fontanari, que hoje pesquisa a coexistência de vários replicadores através de cinética química artificial (ciência que se debruça sobre as reações químicas), trabalha em cooperação com biólogos teóricos do país. Eles compartilham o interesse de investigar a existência dessas moléculas replicadoras, sob a perspectiva de sua dinâmica de evolução, considerando as relações de competição e cooperação que estabele-

cem entre si: *A produção de vida artificial em laboratório, que seria um feito inédito na História e mudaria completamente nosso entendimento da espécie humana, eventualmente acontecerá*, afirma Fontanari

O entendimento destes mecanismos de desenvolvimento da vida pode auxiliar na compreensão da estrutura de organismos básicos, como arqueias, bactérias e eucariotes mais simples. Neste sentido, as teorias sobre a origem da vida podem até mesmo contribuir com a eliminação de certos tipos de vírus da face da Terra, através da produção de substâncias que agem quando injetadas no vírus, enfraquecendo seus mecanismos de prevenção de erro da replicação e aumentando suas taxas de mutação. Desta forma, o vírus apenas produzirá cópias errôneas de si mesmo até que se perca sua informação genética e não exista mais um corpo similar ao seu.

Pesquisador do IFSC descobre novo potencial em energia do vácuo

03 de dezembro de 2010

No Instituto de Física de São Carlos (IFSC), o Professor Doutor Daniel A. TurollaVanzella, com o auxílio de seu orientando, William Couto Corrêa de Lima, pesquisa há dois anos o fenômeno que veio a chamar de *Despertar do Vácuo* e seus efeitos práticos na área de física teórica, especificamente na astrofísica.

No início do século XX, o vácuo era definido como uma região completamente vazia: *Seria uma região sem partículas de matéria ou de luz, com uma temperatura de zero absoluto*, explica Vanzella: *Porém, desde o advento da física quântica, descobriu-se que mesmo retirando-se todas as partículas de uma região e diminuindo sua energia, ainda não é possível deixá-la completamente vazia.*

Assim, restará nesse espaço, livre de partículas detectáveis diretamente, as chamadas partículas virtuais, criadas e aniquiladas tão rapidamente, ao ponto de impedir que sejam detectadas: *Para cada partícula na natureza existe uma partícula de antimatéria associada. No caso das partículas fundamentais - prótons, elétrons e nêutrons -, existem o antipróton, o antielêtron e o antinêutron. As partículas de matéria e antimatéria correspondente podem se aniquilar, produzindo luz ou simplesmente desaparecer. O que existe no vácuo são essas*

partículas virtuais que, embora se criem e se aniquilem rapidamente, têm um efeito macroscópico possível de ser observado, explica Vanzella.

Daniel conta que a força e, sobretudo, a existência dessas partículas virtuais, foram comprovadas numa experiência idealizada pelo físico Hendrik Casimir, em 1949. Ele imaginou duas placas metálicas, próximas e paralelas, sem cargas elétricas e atração gravitacional entre as mesmas. O resultado esperado, devido à crença de inexistência de energia no vácuo, seria a imobilidade das placas. No entanto, a presença das placas metálicas causa uma perturbação no vácuo e, como consequência, uma atração entre elas: *Há um princípio que a natureza busca sempre o estado de mínima energia, e quanto maior a proximidade das placas, menor a energia do vácuo. A tendência é a aproximação dessas placas*, explica Vanzella. *A energia existente no vácuo é tão pequena, que experiências para medi-la com precisão só foram conseguidas no início deste século*, conta.

A novidade dos estudos do pesquisador se refere ao poder da energia do vácuo: *Toda estrela tem um ciclo de nascimento, vida e morte e a chamada 'estrela de nêutrons' representa o estágio final da vida de algumas estrelas que têm massa algumas*

vezes maior do que a do Sol. Essa estrela possui um campo gravitacional muito forte, a ponto de induzir um crescimento muito rápido da energia de vácuo. Na estrela de nêutrons, pode atingir proporções capazes de competir com a energia da própria estrela, o que quebra o conceito de que a energia do vácuo seja desprezível, explica o professor.

Ainda não é possível antever como a descoberta de Daniel poderá influenciar nosso cotidiano: É como tentar prever o futuro, diz: *No começo do século não se*

entendia, por exemplo, o funcionamento do Sol, de onde se tirava sua energia. Esse esclarecimento ajudou bastante no entendimento da astrofísica. A mensagem principal que queremos passar é que apesar de a energia do vácuo ser normalmente desprezível, existem situações em que ela pode sair do papel de coadjuvante para tornar-se protagonista. Nossa ideia é explorar esses efeitos, pois é possível trazer algum entendimento sobre a própria natureza, conclui o pesquisador.

Grupo de pesquisa do IFSC busca entendimento da transmissão de sinais integralmente por feixes de luz

05 de Abril de 2011

Ao longo de seus onze anos, o novo século trouxe televisões e computadores jamais imaginados, o desenvolvimento de energias alternativas e limpas e o quase invisível tornar-se fundamental, com a nanotecnologia.

O Grupo de Fotônica do IFSC, coordenado pelo docente Cléber Renato Mendonça, estuda a transmissão de sinais através de fótons, que deu origem ao neologismo *fotônica*, analogia feita ao conhecido termo *eletrônica* (neste caso, transmissão e processamento de sinais através de elétrons).

Os estudos resumem-se, basicamente, na interação da luz com a matéria, quando submetidos a regimes de altas intensidades (lasers) por processos ópticos não lineares: *Nos processos ópticos usuais o coeficiente de absorção do material não depende da intensidade luminosa, mas nos processos não lineares essa dependência com a intensidade é observada*, explica Cléber.

O grupo trabalha com moléculas orgânicas com alta conjugação (alternância de ligações duplas e simples): *Trabalhamos com uma enorme gama de moléculas orgânicas, tanto aquelas encontradas na natureza, como as artificiais, criadas em laboratório.*

Estudamos também materiais inorgânicos, como vidros e semicondutores, esclarece o docente.

Do ponto de vista de óptica, os materiais estudados devem ter capacidade de gerar dispositivos: *A única forma de tornar esses processos possíveis é através de processos ópticos não-lineares, que são a base de nossos estudos no Grupo de Fotônica*, conta Cléber.

Eis um exemplo prático: em telecomunicações, as fibras ópticas são utilizadas na transmissão de informação. Contudo, o processamento do sinal ainda é feito eletronicamente, o que exige converter o sinal óptico para elétrico. Portanto, não se trata de um processo inteiramente óptico:



No futuro, transmissão de sinais de fibra óptica deverá ser ainda mais veloz.

A ideia da fotônica é fazer com que esse processo seja integralmente óptico, o que trará aumento de velocidade do mesmo, explica: Para tornar isso possível, primeiro é necessário entender como esses processos funcionam e é o que fazemos aqui: pesquisa fundamental, para entender como se dá essa interação da luz com esses materiais, conta.

Sobre as vantagens de processos integralmente ópticos, Cléber afirma que o menor tempo de resposta é a principal vantagem: *O tempo de resposta de sinais elétricos está na faixa de nanossegundos (10^{-9} segundos), enquanto nos ópticos está na faixa de femtossegundos (10^{-15} segundos). Em princípio, computadores que viriam a usar esse tipo de dispositivo, puramente óptico, seriam muito mais rápidos do que os*

atuais, exemplifica Cléber: Esses processos não-lineares vêm sendo empregados com outros objetivos: para fazer sensores, por exemplo. Eles também podem ser empregados para detectar reações fotoquímicas de interesse biológico.

Embora possa servir ao desenvolvimento tecnológico, Cléber deixa claro que o interesse em estudar os processos não-lineares é voltado ao aspecto fundamental, para entender como ocorrem e qual a relação entre esses processos e propriedades moleculares: *Existe uma motivação tecnológica, mas minha curiosidade nessa área é mais a vontade de fazer física do que produzir, de fato, algum produto tecnológico, conta Cléber, que pesquisa o assunto há mais de dez anos.*

Grupo de Polímeros utiliza técnica de Espectroscopia pioneira na América Latina

06 de Maio de 2011

O Grupo de Polímeros Prof. Bernhard Gross foi criado há mais de 30 anos e continua trabalhando intensamente no desenvolvimento tecnológico e em inovação, dominando técnicas experimentais ainda pouco difundidas pelo mundo. O Grupo surgiu a partir de visitas do Prof. Bernhard Gross na década de 1970, trazendo ideias inovadoras de estudos sobre polímeros isolantes e suas propriedades elétricas, bem como seus aspectos teóricos, experimentais e suas aplicações práticas.

No final da década de 1980, seguindo a tendência dos grandes centros de pesquisa do mundo, o grupo incorporou outras linhas de pesquisa, agregando novas perspectivas ao material que é objeto dos estudos. O trabalho de pesquisa intensificou-se com o desenvolvimento de novos materiais, como polímeros condutores eletrônicos, polímeros luminescentes e polímeros de grande interesse para a óptica não-linear. Assim, o grupo de pesquisadores iniciou uma importante etapa no estabelecimento de interações com grupos internacionais, fortalecendo a cooperação, tanto com outros países quanto com outras áreas de pesquisa, como a Química – essencial para o domínio de técnicas de síntese, processamento e caracterização dos novos materiais.

O grupo continua em busca de desenvolvimento e inovação científica, contando com corpo técnico multidisciplinar, laboratórios equipados com máquinas de última geração e técnicas inovadoras e pioneiras na América Latina.

A área de pesquisa

Polímeros são moléculas muito grandes e lineares – compridas –, compostas por unidades iguais que se repetem: *É como uma série de carimbos todos iguais, colocados no papel, seguidamente uns ao lado dos outros*, explica o Prof. Dr. Paulo Barbeitas Miranda, docente do IFSC, vinculado ao grupo desde 2003.

Estes polímeros podem ser sintéticos, criados em laboratório a partir de reações químicas. Muitos deles estão em nosso cotidiano: são os plásticos industriais, como o polietileno (encontrado em embalagens, em sacolas de mercado, em garrafas térmicas), o PVC, o nylon. Existem polímeros naturais sintetizados nos organismos, entre os quais o amido que é um polissacarídeo composto por anéis orgânicos. A celulose também é um polímero, de estrutura muito similar ao amido, cujas moléculas dão origem às fibras da madeira ou do papel. O DNA é outro exemplo de polímero na-

tural, com suas peculiaridades, já que as combinações não são repetidas, mas aleatórias, unindo diversos tipos de ingredientes, como aminoácidos e proteínas.

O foco do Grupo de Pesquisa do IFSC são os polímeros sintéticos e um grupo especial de polímeros que tem importância para a eletrônica: *A maioria dos polímeros que citamos são moléculas que não conduzem eletricidade; pelo contrário, são isolantes. De fato, os isolantes elétricos são fabricados a partir de plástico. Aqui, procuramos trabalhar com polímeros que são condutores de eletricidade e alguns também são emissores de luz*, conta Miranda.

Este tipo de semicondutores pode ter aplicações importantes em nosso cotidiano, pois além de servir a dispositivos eletrônicos e para iluminação básica, já está sendo utilizado na produção de telas de câmeras fotográficas, aparelhos celulares e telas de pequeno porte. Inclusive já existem protótipos de telas de grande porte baseados nesta tecnologia, o que os colocam em posição de fortes candidatos para substituir a tecnologia de LCD utilizada em eletroeletrônicos.

Noutra linha de pesquisa mais específica estuda-se como se dá o arranjo das moléculas na interface entre materiais. São estudados os chamados *fenômenos de interface*, em que se procura desvendar o movimento das moléculas dos polímeros em contato com materiais, como o vidro ou metal: *Os dispositivos eletrônicos utilizam metais em sua composição e é de suma importância aprender como o polímero vai reagir nessa interação, para entender como as cargas elétricas vão entrar em contato com o material e também*

para entender seu processo de degradação – um problema sério do dispositivo, já que é preciso protegê-lo para que não se degrade em poucas horas, explica o pesquisador.

Um projeto de pesquisa recente relacionado com fenômenos de interface, no qual se encontra envolvido o Prof. Paulo Barbeitas Miranda, investiga diversos tipos de moléculas, inclusive polímeros e lipídios (presentes em membranas celulares). Estas últimas moléculas têm a característica de não serem solúveis em água, organizando-se em sua superfície: *Se despejarmos uma solução de lipídios e água em um recipiente, vamos observar que essas moléculas rapidamente se organizam como um fino tapete de lipídios – o filme – na superfície da água*, explica o pesquisador. O objetivo é desvendar as formas de interação destas moléculas com a água e os mecanismos de sua organização neste filme. Muitas técnicas já investigam este tipo de filme fino, mas os pesquisadores do IFSC se interessam por esta interação no nível molecular, um conhecimento importante para inferir as forças que levam a um arranjo específico das moléculas na superfície da água: *Queremos entender quais forças dominam o processo de interação nesta interface, que determinam que o filme tenha essa ou aquela propriedade*, conta ele.

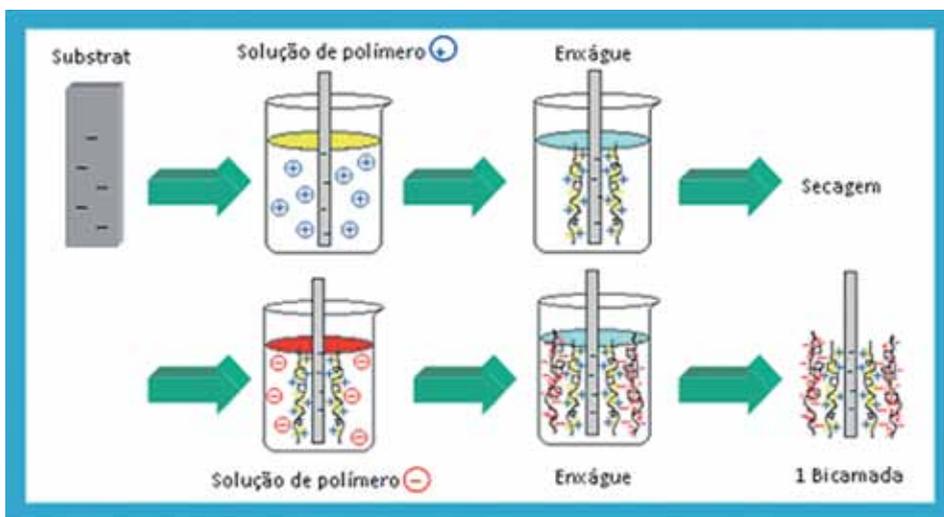
Outro tipo de filmes que o pesquisador investiga são filmes automontados, ou seja, que se agrupam espontaneamente, formados por polímeros chamados *polieletrólitos* - moléculas que possuem muitas cargas elétricas, solúveis em água e que interagem de maneira muito forte

com outras moléculas carregadas eletricamente. Um filme desse tipo é produzido colocando-se uma placa de vidro num recipiente com uma solução aquosa contendo moléculas com carga elétrica, que se depositam na placa. Se a mesma placa de vidro é mergulhada depois em recipiente com solução de moléculas carregadas com sinal contrário, há adsorção espontânea novamente e forma-se uma bicamada de materiais. Esse procedimento pode ser repetido para adsorver múltiplas camadas, alternadas com cargas positivas e negativas (vide o procedimento na figura abaixo). Neste estudo procura-se entender como o polímero se liga à superfície, além de determinar sua orientação quando em interação com outro tipo de molécula, e os efeitos de adicionar outra camada de filme.

Um resultado inovador foi a descoberta que ao adicionar-se uma camada do

polímero, os grupos carregados da molécula tendem a apontar para a carga oposta que está na superfície, para fazer uma ligação com o substrato. Acrescentando outra camada, parte das moléculas se rearranja para fazer ligação com a carga que está do lado oposto.

Entender essas forças de interação poderá abrir caminho, em longo prazo, para controlar propriedades dos filmes que dependam do arranjo das moléculas. Do ponto de vista de aplicações, os filmes finos são usados em biossensores para diagnóstico de doenças, como é o caso do projeto do Professor Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Junior, também do Grupo de Polímeros, e do Professor Dr. Valtencir Zucolotto, do Grupo de Biofísica do IFSC.



Espectroscopia

Esses projetos de pesquisa utilizam-se de uma técnica experimental chamada de *Espectroscopia Não-Linear*, muito útil para estudar arranjo de moléculas em superfícies. A espectroscopia é uma técnica de levantamento de dados físico-químicos através da transmissão, absorção ou reflexão da energia

radiante incidente em uma amostra: *Existem vários outros tipos de espectroscopia para o estudo de moléculas, mas a técnica não-linear tem a peculiaridade de selecionar apenas as moléculas em superfície, mesmo em soluções muito grandes, como em um copo de água*, conta Miranda. Essa técnica foi implantada no IFSC, em 2005, e passou a ser o primeiro laboratório na América Latina a utilizá-la.

Modelos físicos *quase-integráveis* podem descrever fenômenos da natureza

29 de Setembro de 2011

Um pesquisador do IFSC, em parceria com um colega da Universidade de Durham, na Inglaterra, desenvolve o conceito de sistemas físicos *quase-integráveis*, o que pode complementar as teorias integráveis, descrevendo fenômenos naturais dos quais estas *últimas teorias* não dão conta. Isso permite obter soluções tecnológicas para problemas da atualidade.

Os sistemas integráveis constituem um dos grandes desafios para estudantes das Ciências Exatas, pois servem para solucionar problemas da maneira mais exata possível. Isso porque se baseiam na equação das quantidades conservadas encontradas nos sistemas físicos investigados. Para descrever um sistema é necessário desvendar suas leis de simetria, que levam a leis de conservação – ou seja, as quantidades conservadas. E os sistemas que chamamos *integráveis* têm um número de quantidades conservadas muito grande, em geral infinito. Por exemplo, a energia e a carga elétrica são conservadas, mas ainda muitos outros fatores se conservam. É na busca destas outras quantidades conservadas que se torna possível desenvolver métodos para resolver o sistema, de forma exata. No entanto, estas equações mostram-se menos eficientes no que diz respeito à descrição de fenômenos da na-

tureza que, em sua grande maioria, não é descrita por teorias integráveis, já que não apresentam quantidades conserváveis. Pois agora é provável que este conceito ganhe um complemento.

Há pouco mais de um ano dois pesquisadores têm pensado no conceito de *quase-integrabilidade*, que pode ser capaz de equacionar grande parte dos problemas de interpretação de fenômenos naturais, dos quais as integráveis não dão conta. A brecha para este novo conceito está nos modelos integráveis que têm soluções, tipo *sóliton* – uma onda solitária muito estável que se comporta como uma partícula. Os *sólitons* aparecem em várias áreas da ciência: na água, em sistemas de matéria condensada, em sistemas eletrônicos e em comunicação por fibra óptica, por exemplo. Eles comportam-se como partículas, mesmo quando se chocam entre si, ou seja, eles interagem mas não se destroem. A razão para isso vem, novamente, das leis de conservação que regem os sistemas integráveis.

Esses pesquisadores repararam que em alguns sistemas, ao contrário dos integráveis, quando os *sólitons* se chocam as quantidades conserváveis se modificam. Ao se afastarem, as quantidades retornam aos valores iniciais. Efetivamente, elas cumprem o mesmo papel que as quantidades conservadas, porque o

sistema não é alterado. Estes sistemas foram chamados de *quase-integráveis*.

O professor Luiz Agostinho Ferreira, do Grupo de Física Teórica do IFSC, autor da pesquisa, juntamente com o Professor Wojtek J. Zakrzewski, do Departamento de Ciências Matemáticas da Universidade de Durham (Inglaterra), afirma: *Essa descoberta é altamente não trivial, pois estes sistemas estão muito mais próximos de descrever fenômenos físicos reais e não idealizados. Por isso, pode ter muitas aplicações.*

Um exemplo destas aplicações está no novo trabalho dos pesquisadores, que estuda uma equação integrável cujas modificações conseguem descrever o comportamento dos pulsos de luz numa fibra óptica. Não existem equações que governem a maneira como a fibra óptica interage com a luz, mas há equações aproximadas, muito difíceis de serem resolvidas, que possibilitam que se descrevam numericamente as reações que acontecem ali: *Nós queremos saber se estas modificações, que não são integráveis - são quase-integráveis -, pois descrever este sistema analiticamente seria algo muito significativo*, explica Agostinho. Se o sistema realmente for quase-integrável, pode haver um melhor

entendimento destes fenômenos e possibilitar a modulação da fibra, a fim de ter uma previsão e um controle muito maiores de seu comportamento.

Os pesquisadores pretendem continuar investigando outros tipos de sistemas para verificar o poder da teoria, mas já se sabe que sendo eficaz ela poderá ser aplicada em um número muito maior de sistemas do que a teoria das integráveis: *Nossos resultados analíticos ainda são aproximados, mas temos argumentos de simetria que mostram que a teoria funciona*, comenta o docente: *Também neste trabalho ainda há muitos fenômenos não-lineares que a ciência básica não entendeu e pede por maiores investigações*, completa ele.

O pesquisador aproveita para enfatizar a importância da Ciência Básica que leva a aplicações muito importantes: *As aplicações tecnológicas são originadas a partir de fenômenos físicos e leis físicas e por isso entender estes aspectos é muito importante*, afirma: *Não basta dominar a tecnologia existente, porque a inovação vem da ciência básica*, completa.

O artigo científico foi publicado em maio deste ano, no *Journal of High Physics Energy (JHPE)*, sob o título *O conceito de quase-integrabilidade: um exemplo concreto*, de autoria de ambos os pesquisadores.

Como uma nova descoberta *quântica* poderá revolucionar nossas vidas

21 de Outubro de 2011



Há mais de um ano, nove físicos brasileiros estudam o transporte de informação quântica, que é fundamental para a mecânica quântica, teoria elaborada nas primeiras décadas do século XX: *A mecânica quântica foi uma revolução do ponto de vista científico. Vivemos no 'mundo clássico', ou seja, cercado por objetos de grandeza macroscópica, mas quando olhamos para objetos cada vez menores, em algum ponto, a física que nós temos deixa de valer*, explica Diogo Soares Pinto, pós-doutorando do IFSC e estudioso do assunto. Enquanto no mundo clássico as propriedades dos elementos são exatas e determinadas, isso não acontece no quântico. Nele se trabalha com probabilidades, mesmo que muito pequenas.

O tamanho dos elementos que compõem o mundo quântico pode variar

desde quarks e núcleo dos átomos, até spins eletrônicos e condensados de Bose-Einstein*, já considerados elementos macroscópicos. O que vale é o comportamento quântico, no qual os objetos que dele fazem parte são capazes das mais audaciosas estripulias, como atravessar barreiras.

Alguns anos depois de inaugurada a mecânica quântica, três físicos - entre eles, Albert Einstein - passaram a questionar se a teoria seria completa, no seguinte aspecto: no mundo quântico as coisas existem somente se pudermos medi-las, ou se elas existem e interagem, mesmo que fisicamente muito distantes umas das outras?

A principal revolução da mecânica quântica diz respeito ao transporte de informação. Isso porque seus elementos interagem à distância - que pode chegar a milhares de quilômetros: tal fenômeno interativo foi chamado *emaranhamento*. Ou seja, no mundo quântico as propriedades dos elementos que o compõem estão diretamente ligadas umas às outras: *O que um elemento faz afeta o outro automaticamente. Não tem sentido olhá-los separadamente*, explica Diogo.

Imaginemos o seguinte: você está no interior de um bar e um amigo seu do lado de fora. O bar está lotado e, mesmo assim, você consegue conversar com ele, como se

o fizesse por telepatia. No mundo quântico isso é possível, com partículas interagindo via correlação quântica, independentemente da distância em que se encontrem, perdendo suas características individuais. É como se fossem uma única entidade em dois corpos diferentes.

Exemplos como esse inspiraram a concepção da computação quântica, que ganhou destaque a partir de um artigo na *Physical Review Letters*^{**}, na década de 1980, em que se comprovou matematicamente o teletransporte, com informações podendo ser teletransportadas de um local a outro.

Posteriormente, descobriu-se que nem todo sistema do mundo quântico depende do emaranhamento. Observou-se, por Ressonância Magnética Nuclear (RMN), que em temperatura ambiente e condições normais, alguns sistemas não apresentam emaranhamento. A razão para isso foi obtida pelos cientistas brasileiros citados no início dessa matéria: *Voltando à analogia da conversa de dois amigos, postados um fora e outro dentro de um bar, a explicação para esse fato seria dizer que eles também estão correlacionados, mas nesse caso mantendo as características individuais. Em outro artigo científico, publicado em 2001 por Harold Ollivier e Wojciech H. Zurek, foi provado que existia uma co-dependência entre partículas que não se tratava do emaranhamento, o que os pesquisadores chamaram de 'discórdia quântica', explica Diogo.*

Resumidamente, a diferença entre a medida de correlação (dependência) entre duas partículas no mundo clássico e duas

do mundo quântico é, justamente, o que define o novo fenômeno da discórdia. Diogo, em conjunto com Tito José Bonagamba e Eduardo Ribeiro de Azevêdo, também pesquisadores do IFSC, e outros seis estudiosos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e Universidade Federal do ABC (UFABC) fizeram a seguinte experiência: criaram um estado de discórdia quântica entre átomos de hidrogênio e carbono do clorofórmio (CHCl₃) e mediram-na, utilizando-se de RMN (em temperatura ambiente), para tentar descobrir o que acontece quando um elemento passa de um estado clássico para o quântico: *Analizamos a deterioração da correlação entre as partículas através dessa experiência e mostramos que não só existe discórdia quântica em RMN, como também podemos medi-la.*

Essa experiência quântica, por outro lado, pode ser interrompida por certos ruídos (qualquer forma de agitação molecular, causada, por exemplo, pelo aumento da temperatura) que enfraquecem a correlação entre as partículas: *Mesmo com a interferência de certos ruídos, a discórdia quântica é mais robusta que o emaranhamento*, explica Diogo.

A descoberta dos cientistas conseguiu encontrar uma relação quântica mais potente e menos exigente, utilizando-se de uma técnica relativamente simples e muito bem estabelecida no mundo científico. As discussões tiveram início em 2009 e a conclusão da experiência um ano depois, para, finalmente, eles chegarem a resultados concretos publicados em dois artigos

científicos, no mesmo volume da PRL**:
Conseguimos dar uma boa contribuição nos estudos dessa área, comemora o pós-doutorando.

Se os computadores pessoais substituíram as antigas máquinas de datilografia, num futuro muito próximo os computadores quânticos aposentarão nossos atuais PC's. Depois da descoberta do fenômeno da discórdia quântica, estudiosos esperam que a velocidade do processamento dos computadores quânticos seja maior: *Por se tratar de uma correlação mais robusta do que o emaranhamento, a discórdia também favorecerá a velocidade*, afirma Diogo.

Nos próximos passos desse projeto serão realizados testes para comprovar a eficiência no processamento de informações (resolução de cálculos), tendo como base RMN e discórdia quântica: *Inevitavelmente, as propriedades quânticas serão necessárias, pois assim estará sendo usado todo o potencial quântico ao nosso alcance. Toda comunicação que conhecemos será afetada por isso, em breve, diz.*

Os computadores quânticos poderão processar as informações tão rapidamente que os computadores de hoje parecerão coisa de passado remoto: *Quando escrevemos um e-mail, por exemplo, os computadores criptografam a informação baseando-se em algoritmos matemáticos. No mundo quântico isso será infinitamente mais rápido e seguro*, explica Diogo.

Além de uma velocidade mais rápida, o quântico pode trazer mais segurança ao mundo virtual, visto que é muito mais

difícil de ser decodificado. Por exemplo, para que o acesso a contas bancárias não seja desvendado por hackers, é preciso que os desenvolvedores de softwares criptografem as informações, como senha do usuário: *Os códigos de criptografia clássicos são, em princípio, quebráveis. Do ponto de vista quântico isso seria impossível, em virtude do emaranhamento*, conta o pesquisador.

Em 2011 a empresa canadense *D-wave* afirmou ter vendido seu primeiro computador quântico pelo valor de US\$ 10 milhões. O sistema de TV a cabo *Tóquio* já é inteiramente baseado em criptografia quântica. Outras empresas já investem na nova tecnologia: *O código quântico é capaz de quebrar qualquer outro clássico, mas a recíproca não é verdadeira*, conta Diogo.

* Fase da matéria formada por bósons, a uma temperatura muito próxima do zero absoluto. Nestas condições, uma grande fração de átomos atinge o mais baixo estado quântico e os efeitos quânticos podem ser observados à escala macroscópica. A existência deste estado da matéria, como consequência da mecânica quântica, foi inicialmente prevista por Albert Einstein (1925). O primeiro condensado deste tipo foi produzido setenta anos mais tarde, por Eric Cornell e Carl Wieman, em 1995, na Universidade de Colorado, em Boulder, usando um gás de átomos de rubídio arrefecido a 170 nanokelvins (nK).

** uma das revistas científicas mais prestigiadas na área da física.

Experimento de docente do IFSC rende publicação na revista *Nature Photonics*

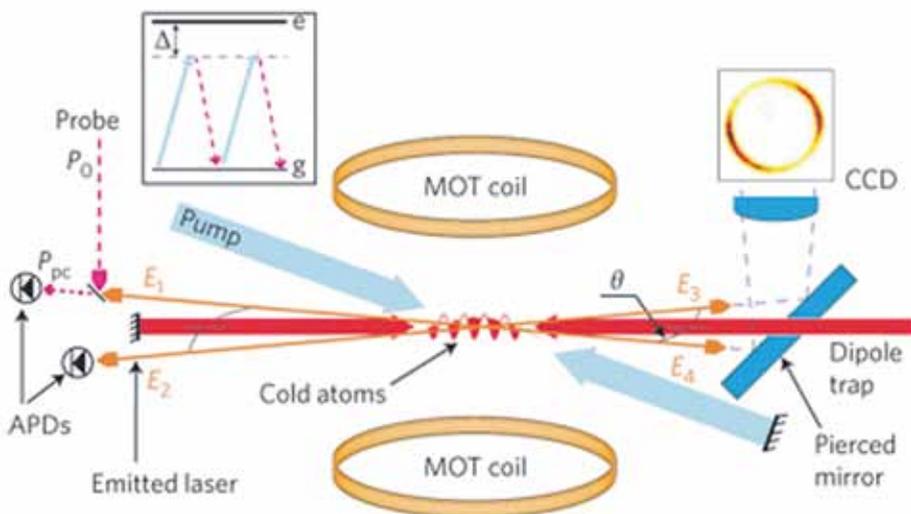
09 de Janeiro de 2012

Poucos sabem o que é uma *amplificação da luz por emissão estimulada de radiação*. Mas a palavra *laser* já é comum em nosso vocabulário, advinda de um acrônimo em inglês, que significa *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Um *laser* é um dispositivo que produz uma radiação eletromagnética com um comprimento de onda muito bem definido e que se propaga de forma paralela. Os mais comuns podem ser definidos como amplificadores de luz e conjuntos de espelhos que trazem a luz ampliada de um lado para o

outro, num processo contínuo de retroalimentação. Se esse retorno for eficiente, um feixe de luz será formado espontaneamente.

Um estudo iniciado em 2005 e retomado em 2009, envolvendo pesquisadores alemães, conseguiu produzir uma grande reflexão, utilizando-se de um gás de rubídio (elemento químico) aprisionado e periodicamente estruturado por uma onda estacionária de luz. O gás, ao mesmo tempo, serviu de amplificador óptico (que veio a ser chamado *Optical Parametric Amplifier - OPA*) e criou um novo tipo de *laser*,

$$\lambda_{\text{dip}} \cos \theta = \lambda_0 / \bar{n} \quad (1)$$



formado fundamentalmente por gás e luz, mas sem espelhos - uma novidade no mundo científico-acadêmico.

A pesquisa, uma colaboração entre o docente do IFSC, Philippe Wilhelm Courteille, e pesquisadores da Universidade de *Tübingen* (Alemanha), rendeu a publicação de um artigo* na notória revista científica *Nature Photonics*: *O objetivo inicial foi melhorar a reflexão de um gás rubídio aprisionado em uma rede óptica, formando um cristal fotônico*, explica Philippe.

Nas ondas estacionárias geradas pela retroalimentação, é possível aprisionar átomos, colocá-los de maneira estruturada no feixe de luz e possibilitar o fenômeno de reflexão: *Isso gera um meio para organizar a matéria, com propriedades interessantes. A luz pode ser refletida como se fosse um espelho: essa é a novidade*, explica Courteille.

A partir dessa experiência, Philippe fala de projeções: o espelho formado pela luz refletida pode ser interessante para o desenvolvimento de lasers em regime de frequência ultravioleta que, diferentemente dos *lasers* comuns, não são compostos por espelhos convencionais: *No regime ultravioleta é muito difícil trabalhar com espelhos convencionais, mas com redes ópticas pode haver reflexão, fazendo surgir um laser*.

As conhecidas redes ópticas – as mais modernas redes de telecomunicação, que

possibilitam o funcionamento da Internet - têm muito em comum com cristais fotônicos. Em comparação aos cristais, as redes ópticas têm a vantagem de uma periodicidade intrinsecamente perfeita. Os cristais fotônicos (nanoestruturas ópticas) geralmente são feitos de materiais dielétricos sólidos, isolantes que não permitem passagem de corrente elétrica. Estes materiais, por sua vez, são capazes de moldar o fluxo da luz de maneira determinada e de localizar radiação, isto é, armazenar fótons.

Philippe faz uma importante ressalva: *Precisamos aprender como controlar e melhorar as propriedades do sistema, pois ainda não temos o entendimento completo sobre ele*. Embora sua pesquisa esteja com forte viés acadêmico, com a publicação do artigo na *Nature Photonics*, muitos interessados começarão a se manifestar e, com isso, as chances de aplicação serão aceleradas: *Com a publicação deste artigo, várias pessoas talvez vejam nisso um sistema muito interessante e começarão a trabalhar nessa nova direção*, conclui o docente.

*O artigo citado na matéria foi publicado na revista *Nature Photonics*, edição de 18 de dezembro de 2011.

Bóson de Higgs: Entenda a (revolucionária) partícula de Deus

17 de Fevereiro de 2012

Descrever com os mínimos detalhes aquilo que nos rodeia é desejo antigo, com mais de dois mil e quatrocentos anos, quando os gregos tentavam definir o que formava os corpos- vivos ou não-, incluindo o próprio corpo humano. Eles acreditavam que tudo no Universo podia ser dividido em subconstituintes, ou seja, elementos menores que, unidos, seriam capazes de formar todos os corpos: *Por muito tempo os gregos acreditaram que os quatro elementos fundamentais da natureza - terra, água, ar e fogo - seriam os constituintes de qualquer elemento, ideia que sobreviveu por mais tempo do que imaginamos*, conta o docente do IFSC e membro do Observatório de Raios Cósmicos Pierre Auger, Luiz Vitor de Souza Filho: *O átomo era visto como uma partícula indivisível e a partir dele, as outras coisas eram formadas. Mas, isso ainda não era muito bem estabelecido. É como se o átomo fosse um tijolinho, mas sem cimento, não havia uma explicação para como esses átomos se mantinham grudados*, explica Vitor: *Não se sabia como eles se combinavam, se tinham, ou não, constituintes. Só havia a ideia do átomo.*

No início do século XX apareceu um modelo mais detalhado do átomo, que passou a ser descrito por dois subconsti-

tuíntes: núcleo e elétrons: *Por muito tempo, ficou uma 'nuvem', no sentido literal da palavra, em que o átomo era explicado por um modelo que recebeu o nome de 'pudim de passas': uma massa sem forma definida (núcleo - pudim) com os elétrons (passas) nela incrustados.*

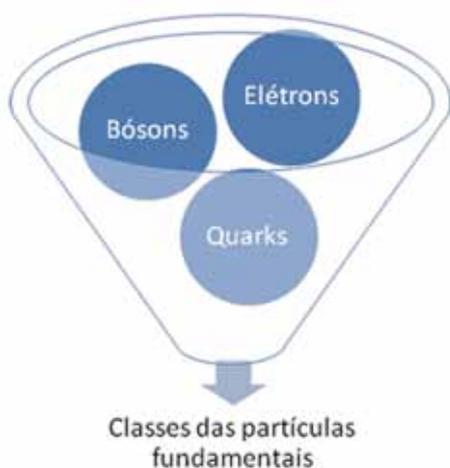
Em 1932, o átomo ganha o formato atual, com direito a prótons e nêutrons. Não parece grande coisa, à primeira vista, mas o desenvolvimento tecnológico muito acelerado pelo qual passamos no século XX tem tudo a ver com isso: *Os computadores são feitos com silício e esse elemento tem uma propriedade semicondutora, ou seja, em algumas circunstâncias conduz energia elétrica, em outras não. Isso é usado no computador, fazendo parte de seu funcionamento básico. Só foi possível montar computadores depois que entendemos como o silício funcionava, o que foi obtido do estudo das propriedades dos átomos e da matéria, justifica o docente: Antes de 1930, não sabíamos exatamente como o átomo era formado e isso fechou as portas para qualquer tipo de desenvolvimento tecnológico que, posteriormente viríamos a alcançar.*

A confecção de fármacos e a cura de algumas doenças, como tuberculose e sarampo, também só foram possíveis graças

a esse conhecimento: *Entender o funcionamento das microestruturas de nosso corpo faz parte dos desenvolvimentos da explicação dos constituintes da matéria. Hoje, têm-se propostas de fabricação de remédios em escalas praticamente atômicas. Isso também só é possível pelo conhecimento das propriedades dos átomos.*

Mas, os físicos ainda não estavam satisfeitos. Uma vez explicado o funcionamento do átomo, a curiosidade tomou outro rumo: como funcionavam os constituintes dos átomos? Seria que prótons, elétrons e nêutrons poderiam ser formados por algo ainda mais fundamental?

O quark é o novo tijolo



Para os físicos de partículas, sim! De maneira simplificada, o modelo padrão da física de partículas indica que há algo *abaixo* do átomo. Embora o elétron mantivesse seu *status* de partícula fundamental, prótons e nêutrons não: eles são formados

por quarks: *A física de partículas elementares tem duas classes de tijolos: quarks e léptons. Nesta última classe estão os elétrons, outras partículas menos comuns, o múon e tau (no mesmo nível dos elétrons) e os neutrinos, esclarece Vitor: A diferença entre essas duas classes é o tipo de interação que elas têm. Léptons não têm a mesma interação que os quarks.*

Sendo as novas partículas fundamentais, léptons e quarks formam tudo o que conhecemos. Surge então um terceiro personagem: o bóson. Fazendo o papel de cimento entre as partículas fundamentais, os bósons seriam responsáveis por estabelecer a ligação entre elas: *Os quarks atraem-se muito fortemente para formar o próton. Para descrever essa força, existe outra classe de partículas, formadas por bósons.*

Existem vários tipos de bósons, responsáveis pelas interações entre as partículas fundamentais. A pergunta principal que tem sido feita é: como essas partículas ganham massa? *O que caracteriza um quark é sua carga elétrica, sua massa etc. É possível explicar a massa do átomo, somando os prótons, nêutrons, elétrons e suas interações. No caso do próton, soma-se o número de quarks que o compõe e suas interações. Mas, e quanto aos quarks? Como saber qual é sua massa?*

Esse *buraco teórico* tem ocupado o intelecto dos físicos há alguns anos. A maioria deles acredita que tal massa é conseguida via interação, que veio a ser chamada de bóson de Higgs*. Há uma polêmica porque esse não é o único mecanismo que explica a massa de um quark. Vários outros foram propos-

tos, mas a atenção é voltada exclusivamente ao primeiro, por ser o mais simples de todos: É o que melhor combina com aquilo que já temos na teoria, é o mais básico.

O LHC, também chamado de “Grande Colisor de Hádrões” do CERN, é o maior acelerador de partículas e o de maior energia existente do mundo. Funciona desde setembro de 2008. Ele foi construído com o principal objetivo de detectar o bóson de Higgs, e o investimento em sua construção, até o momento, já ultrapassa os € 5 bilhões. Isso sem contar seu conserto, há dois anos, que pode ter custado o mesmo preço. No momento, cerca de 5 mil cientistas trabalham no LHC e encontrar a partícula de Deus já tornou-se o objetivo primordial dos pesquisadores.

Embora carregue um nome místico, o bóson de Higgs é um engenho simples. O apelido que ganhou se justifica por ser um mecanismo ainda não comprovado e muito difícil de ser encontrado. Se na mídia essa partícula é novidade, o enorme time de pesquisadores que trabalha no LHC não pode dizer o mesmo: eles tentam encontrar o bóson de Higgs desde que o acelerador de partículas foi montado: *O LHC tem como principal foco encontrar essa partícula, embora tentativas semelhantes feitas*

*no FERMILAB** já buscam a partícula misteriosa há muito mais tempo.*

O apelido *espiritual* adquirido pelo bóson de Higgs, na realidade, é por acaso: Leon Lederman, físico ganhador do prêmio Nobel, em um livro que escreveu sobre o assunto, apelidou o bóson em questão de *partícula maldita*, mas o editor ficou temeroso com as reações ao nome e por questões de ética- e talvez religiosas- trocou-o.

No entanto, a divulgação intensiva de notícias sobre o assunto pode não passar de uma estratégia política (e midiática) para justificar o dinheiro investido no LHC, com vistas a procurar a tão acuada partícula: *A comunidade de física de partículas escolheu essa como a pergunta mais importante a ser respondida nos próximos anos: qual o mecanismo que dá massa às partículas elementares.*

Uma vez encontrado, esse mecanismo poderá explicar com mais precisão aquilo que os gregos se perguntam há mais de 2.400 anos e saberemos, ainda com mais detalhes, como grande parte daquilo que nos rodeia é composta. Essa onipresença da partícula, se for de fato comprovada, será mais um motivo para explicar seu transcendental apelido.

Até o momento, os dedicados pesquisadores do assunto não encontraram o Bóson de Higgs, mas já é possível ver o seu brilho: *Há dois experimentos separados, no LHC, para medir a mesma coisa. Existe um intervalo grande onde o [bóson de] Higgs pode estar e os experimentos vão varrendo esse intervalo. Boa parte dele*

já foi eliminada, onde o bóson não está, com certeza. Sobrou um intervalo muito pequeno e nele apareceu uma pequena evidência de que pode haver algo ali. Isso não é uma descoberta, embora tenha aumentado os ânimos entre os pesquisadores, explica Vitor.

Ainda de acordo com o docente, se esse indício for verdadeiro, levará mais um ano, pelo menos, para que a famosa partícula seja, efetivamente, encontrada.

*prevista em 1964 pelo físico Peter Higgs, a partir de ideias do físico americano Philip Anderson.

***Fermi National Accelerator Laboratory* é um laboratório especializado em física de partículas de alta energia dos EUA, localizado em Chicago, Illinois

Nota dos Editores: A existência do Bóson de Higgs foi comprovada no CERN em 2013, o que levou os pesquisadores Peter Higgs e François Englert a ganharem o Prêmio Nobel de Física de 2013.

Ficção Científica? Dos mistérios da transmissão de informação ao teletransporte

17 de Fevereiro de 2012

Para a maioria das pessoas, o teletransporte não passa de um fruto do imaginário criado na ficção científica. Baseado em fenômenos e técnicas que têm aplicações na promissora Computação Quântica e nutrindo esperanças a partir da iminente descoberta da polêmica *partícula de Deus*, o teletransporte pode revolucionar as tecnologias de comunicação.

Formas artificiais de transmissão de informação vêm sendo criadas ao longo da história, inclusive para comunicação entre pessoas em cidades diferentes. No século XIX, o pesquisador alemão H. Hertz constatou que ondas eletromagnéticas se propagavam no espaço sem necessidade de um meio físico específico, que marcou o início da comunicação a longa distância. Rapidamente se descobriu que é possível gerar e receber energia eletromagnética contendo informações através de duas antenas. A primeira forma para trocar informações, através de ondas eletromagnéticas, foi o telégrafo, seguindo-se o rádio, telefone e televisão, com o conteúdo da informação transmitida evoluindo de sinais, passando por áudio até imagens.

A evolução recente tem sido na *forma* de transmissão: as imagens são de alta resolução, a velocidade da transmissão não para de crescer... Mas a sede pela informação em

massa também não tem fim: então, qual seria o próximo passo da evolução da informação? Transmitir objetos físicos, talvez?

Ficção ou realidade?



Na série de TV *Jornada nas Estrelas*, que previu a tecnologia dos telefones celulares através do uso constante dos famosos comunicadores, os personagens tinham também uma forma muito particular de se transportar para outros planetas ou outras naves espaciais – o teletransporte. Inicialmente proposto como maneira de economizar os custos de filmagem de inúmeros cenários e poupar tempo dos episódios com cenas de pouso e voo das naves, o *transporter*, como era chamado na série, acabou criando grandes expectativas. Ao entrar na câmara ou

no espaço reservado ao *transporter*, com alguns comandos os personagens desapareciam, em um processo chamado desmaterialização, e rapidamente apareciam em seu destino, rematerializados.

Isso é possível no mundo real? Cientificamente, o teletransporte é possível? Segundo o Professor Dr. Euclides Marega Junior, do IFSC, sim: *Einstein já nos ensinou que energia e matéria são a mesma coisa*, explica ele: *Então, provavelmente a função da máquina em 'Jornada nas Estrelas' era transformar a matéria humana em uma forma de energia que contivesse toda a informação daquela pessoa, desde o número de células que possui no corpo até seu DNA e seu conjunto de memórias e vivências*. Contudo, este processo é a parte surreal de todo o projeto. Segundo o pesquisador, esta conversão teria como resultado uma quantidade de energia absurdamente alta. Se a energia é a massa multiplicada pela velocidade da luz ao quadrado ($E=mc^2$), o cálculo da desmaterialização de toda a informação contida em um ser humano de 80 kg, convertida em energia eletromagnética, seria o equivalente à produção de energia da Usina Hidrelétrica de Itaipu, em um dia.

Se é possível teletransportar um átomo, é possível teletransportar uma pessoa, que nada mais é do que um conjunto de átomos, mas este é um processo realmente complexo, diz Marega. Ele explica que as coisas funcionam de uma maneira bastante distinta no universo macroscópico e no universo microscópico: *O nosso mundo macroscópico funciona de forma determinística, podemos prever as consequências de um*

fenômeno antes mesmo de ele acontecer, explicando que no mundo microscópico atômico estudado pela Mecânica Quântica as leis não são determinísticas: *Aqui, podemos dizer com facilidade onde está uma caneta, uma folha de papel, uma mesa. Porém, todas as coisas do universo têm uma dualidade porque se comportam ora como onda, ora como partícula. Uma pessoa pode apresentar comportamento ondulatório e também de partícula, mas por ser algo muito grande, sua localização é muito fácil. Um elétron, muito menor que um átomo, tem um comportamento essencialmente quântico e sua localização é indefinida. Não é possível determinar com simples observações a posição do elétron*, explica.

A Mecânica Quântica postula que para definir a localização de um elétron é necessário abrir mão de outras informações complementares. Isso porque a determinação de uma partícula depende de duas informações básicas: posição e velocidade. Ao definir sua posição, perde-se a informação sobre sua velocidade e vice-versa. Este é o chamado *Princípio da Incerteza de Heisenberg*.

Se o elétron tem dois lugares possíveis de posição, onde ele está? Segundo as leis da Mecânica Quântica, em nenhum dos dois, pois ele está emaranhado entre as duas posições e a função que o representa é não-determinística. Contudo, ao determinar a localização do elétron, ele entra para o mundo determinístico e nunca mais sairá desse mesmo local: *É como se nunca tivesse saído de lá*, comenta o docente. Esse fato é relacionado ao conceito

de *entrelaçamento*, que é uma superposição de estados em Mecânica Quântica, desfeita a partir do momento em que se cruza a barreira entre o universo não-determinístico e o universo determinístico.

A luz

A chave para a transmissão de informação no mundo quântico é a luz. Qual é a massa da luz? Zero: *Luz é composta por fótons e estas partículas de luz têm massa zero; é por isso que a luz consegue viajar em velocidades tão altas*, explica Marega. Outro aspecto interessante é que, para a luz, o tempo não passa: *A luz é a mesma desde sempre. Coisa estranha, não?* reflete o docente, contando que, para viajar na velocidade da luz é preciso se tornar essencialmente luz. Segundo a Teoria da Relatividade de Einstein, se você viaja na velocidade da luz, o tempo fica parado, do seu ponto de vista. Por essas razões, é mais fácil teletransportar a luz. Na verdade, experiências de teletransporte são mais comuns com esta partícula de energia.

A primeira experiência bem-sucedida de teletransporte, realizada em 1997 pelo austríaco Anton Zeilinger e pelo italiano Francesco de Martini, baseia-se na réplica do spin de um fóton. Para isso, foram criadas duas partículas a partir de um mesmo fóton chocado contra um cristal e posicionadas em pontos bem distantes. Segundo a Física Quântica e conforme exposto por Marega, as partículas não têm nenhuma propriedade até que sejam medidas, ou seja, para nós é como se os fótons só comesçassem a girar quando o cientista percebe

o giro. Nestas experiências, quando os pesquisadores mediram o spin do fóton mais próximo, observou-se que o outro fóton tinha spin na direção oposta. Não importa a que distância, não importa quantos movimentos faz o primeiro fóton: o segundo fóton sempre repete estes giros instantaneamente. Também em 1998, físicos do *California Institute of Technology* conseguiram replicar um fóton através de um cabo coaxial de 1 metro, contornando o desafio do Princípio da Incerteza de Heisenberg através do fenômeno do entrelaçamento em três fótons. O fóton A, a ser teletransportado, fora do entrelaçamento, poderia sofrer uma colisão e ser modificado caso os pesquisadores tentassem determiná-lo. Os fótons B e C, se entrelaçados, poderiam fornecer algumas informações sobre o fóton A e o resto das informações seria transferido para o fóton B, através do entrelaçamento e depois para o fóton C. Quando essas informações do fóton A passam para o fóton C tem-se uma réplica exata do fóton A, mas este fóton nunca mais existirá da forma como existia antes.

Dito isso, o teletransporte não é um simples transporte de partículas, mas de informação quântica. A informação se materializa em outros átomos, ou seja, após o teletransporte o que passa a existir é uma *cópia* do corpo original. Em outras palavras, no caso de *Jornada nas Estrelas*, quando o Capitão Kirk se teletransporta para outros planetas, é como se o *transporter* fizesse uma análise de sua estrutura atômica e a enviasse para o local de destino, onde uma réplica dele é criada e o original

é destruído. O pesquisador norte-americano Charles H. Bennett afirma que o grande desafio do teletransporte, da maneira como imaginamos, é a forma apropriada de lidar com a delicadeza e a complexidade das partículas que formam os átomos sem interferência alguma, ou seja, é como imprimir a informação em átomos de maneira idêntica ao original. A única maneira para lidar com este problema, segundo o físico, é estabelecer uma comunicação instantânea entre as partículas, mesmo sem nenhuma ligação entre elas, como uma energia eletromagnética que comunique a segunda partícula sobre o comportamento da primeira, construindo um sistema. E isto é possível através do fenômeno de entrelaçamento, que permitiria a criação de partículas com propriedades idênticas a qualquer distância. O inglês Samuel Braumstein, da Universidade de York, provou a teoria no final da década de 1990, teletransportando um feixe de raio laser em laboratório, utilizando a teoria criada por Bennett. Mas, segundo Marega, os elementos luminosos são muito menos complexos que um átomo e a quantidade de informações contidas em um ser humano é muito maior: *Essa quantidade é imensurável e é difícil saber quando a ciência poderá lidar com tudo isso*, afirma o pesquisador do IFSC.

Novamente a partícula de Deus

Teletransporte é possível, via luz, mas tem uma série de empecilhos. Basicamente, seriam necessárias duas antenas quânticas, uma para enviar e uma para

receber informação, em forma de luz, sem nenhuma interferência material entre elas, para transformar o que houvesse no local da antena receptora naquela mesma coisa que houvesse no local da antena emissora. O problema é que a quantidade de informação numa pessoa, convertida, por exemplo, em gigabytes, é incalculável. Além disso, ainda não foi descoberta uma forma de transformar energia em matéria. A resposta para isso, segundo Marega, está intimamente relacionada com a existência do bóson de Higgs, a famosa *partícula de Deus*, que ainda não foi encontrada mas tem grande potencial de representar o elo perdido entre energia e matéria.

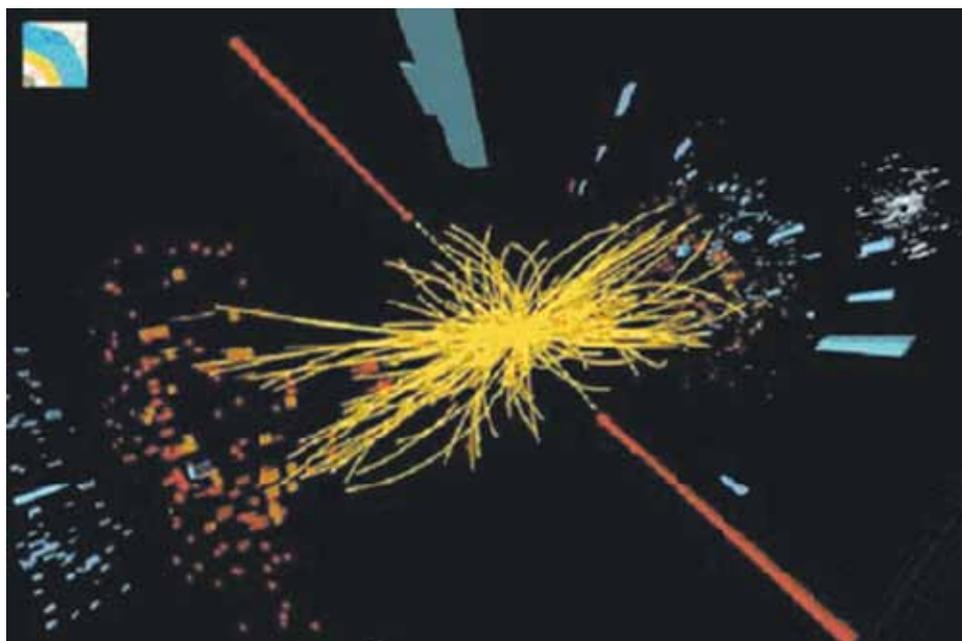
Para viabilizar o teletransporte, a matéria precisa ser desintegrada, de alguma forma, para se transformar em energia. O pesquisador dá o exemplo de uma reação nuclear, em que o urânio, que tem uma radioatividade natural e núcleo instável, se desintegra quase totalmente, ou seja, quebra suas ligações nucleares e libera nêutrons. O interessante é que a massa que resulta desse processo é menor do que a massa do urânio original, porque a diferença é justamente energia, que estava armazenada nas ligações nucleares: *É esta energia que unia o núcleo do urânio, esclarece o professor: Mas transformar nêutron em fóton é uma tarefa nunca antes realizada.*

Na busca pelas partículas mais elementares do Universo, constatou-se, em séculos de investigação, que grandes quantidades de energia as mantêm unidas. Em algum ponto, resta apenas matéria; e é aqui que reside o grande interesse

em descobrir a *partícula de Deus*. Esta é a intenção nos grandes aceleradores de partículas do mundo: chocar as partículas e desintegrá-las até que reste apenas um elemento, responsável pela existência de todos os outros. A partícula comprovaria a existência do *campo de Higgs*, uma energia que preenche o vácuo do Universo e que pode ser responsável por dar massa às partículas subatômicas. Crê-se que, após o *Big Bang*, nenhuma partícula teria massa a não ser que entrasse em contato com o campo de Higgs. Exceto pelos fótons, que não têm massa, todas as partículas que formam a matéria têm íntima relação com

este campo: *Quanto mais perto chegamos da desintegração total das partículas que conhecemos, mais perto chegamos a descobrir como a energia é transformada em massa e vice-versa, e podemos ficar mais próximos de entender como tiveram origem todas as coisas do Universo*, explica ele.

Com estas reflexões, fica fácil não ficar desapontado com a distância entre realidade e ficção. O teletransporte pode ser o ápice do desenvolvimento tecnológico com o qual a humanidade sonha, mas avanços científicos e benefícios práticos podem ser gerados a partir da pesquisa e discussão sobre o tema.



Dois fótons de alta energia (representados pelas torres vermelhas) colidem e produzem um grande número de partículas, cujas trajetórias estão representadas em amarelo. A imagem é do CERN (European Organization for Nuclear Research), responsável pelo LHC (Grande Colisor de Hádrõs)

Aprendizagem não-formal: uma mais valia para a educação

30 de Março de 2012



Ensino e educação têm associação direta com escolas e salas de aula, no chamado *espaço formal de ensino* para os educadores. Paralelamente, existem também os designados *espaços não formais de ensino* fora das salas de aula, estabelecidos em locais diversos, como centros de ciência ou museus.

Em São Carlos, alguns locais servem de sede desses espaços, incluindo-se o *Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP)*, o *Observatório Prof. Dietrich Schiel* (ambos pertencentes à USP), aterros sanitários, estações de tratamento de água e esgoto, entre outros. Levar estudantes até esses locais pode- e deve- servir de estímulo ao aprendizado: *A tudo isso chamamos de 'aprendizagem não formal', onde o aprendizado acontece, mas não é algo que será usado para medir o conhecimento dos alunos através de provas ou atividades previstas no currículo escolar.*

São atividades complementares exercidas de maneira diferente de como é mostrado em sala de aula, explica a docente do IFSC, Cibelle Celestino Silva.

Um dos principais objetivos do ensino não formal é despertar o interesse do aluno. Isso geralmente é atingido, o que pode ser comprovado por pesquisas desenvolvidas pela própria Cibelle que há quatro anos tem se dedicado ao assunto: *Nesses espaços, existe compromisso com o aprendizado, mas não no formato que estamos acostumados, afirma.*

Como atividades experimentais são escassas nas salas de aula de ciências e de física, o ensino nos espaços não formais atende dois objetivos: complementação do aprendizado e o despertar do interesse. Cibelle cita alguns referenciais teóricos britânicos para justificar o ensino em espaços não formais. Nessas teorias, o ensino em espaços não formais passa por três contextos e um deles é o sociocultural, segundo o qual o que é ensinado aos alunos será absorvido de acordo com sua bagagem cultural e experiência familiar: *No espaço não formal, a individualidade é respeitada de outra forma, explica a docente.*

Cibelle trabalha com projetos direcionados a essa linha de pesquisa, como o desenvolvido no *Observatório Prof.*

Dietrich Schiel, com auxílio do estudante Pedro Donizete Colombo Júnior. Criou-se um questionário que foi respondido pelos alunos e professores que visitaram o local. Os questionários, aplicados a dezenas de turmas do ensino fundamental (cada uma com uma média de 30 alunos), continham tanto questões de aspecto social, como aquelas voltadas à visita propriamente dita: *Os alunos respondiam questionários antes e depois das visitas, um mês depois, mais ou menos. A intenção era saber o que tinha sido aprendido não só sobre o conteúdo, mas também impressões*, conta Cibelle. *Um dos resultados positivos foi ver que não somente os estudantes tinham vontade de voltar, mas também de trazer os pais em uma próxima oportunidade.*

O projeto mais recente da professora visa a aprimorar o uso da *Sala Solar*, montada no *Observatório Prof. Dietrich Schiel* pela equipe do observatório com a colaboração de um de seus orientandos. A sala, visitada por diversas turmas de escolas de ensino médio, abriga um heliostato*, um telescópio e um espectroscópio**. Na sala ocorre a projeção do sol em uma tela com 1 metro de diâmetro e também a observação do espectro solar: *O projeto atual é trabalhar com os professores do ensino médio, sendo cinco de física e dois de química. Queremos desenvolver atividades possíveis de ser usadas por eles, de uma forma mais efetiva, complementando o ensino em sala de aula*, comenta a docente.

No projeto, a professora pretende, inclusive, oferecer bolsas aos professores participantes. A ideia é desenvolver sequências de

ensino e aprendizagem, focando em conteúdos de física moderna (física atômica, radiação de corpo negro, espectroscopia etc.): *Os professores não têm conhecimento sobre esse conteúdo. Queremos que possam trabalhar parte do conteúdo em sala de aula e parte no Observatório*, explica Cibelle. Portanto, a otimização do uso da *Sala Solar* é um ponto importante e a parceria com as escolas públicas, essencial.

As vantagens do novo programa estendem-se por diversos caminhos: para os professores do ensino médio existem mais e melhores oportunidades de compreender os conteúdos que lhes cabem e passá-los corretamente aos alunos. Para os alunos, a vantagem é terem um aprendizado mais aprofundado e divertido. Para os idealizadores do projeto, uma resposta para sua pesquisa e para a sociedade, melhores profissionais no futuro.

Os desafios são imensos. O psicanalista e educador, Rubem Alves, concebeu uma teoria: *Suponha que uma cebola cortada é um modelo do mundo. Bem no centro, lá onde o primeiro anel é tão pequeno que não chegou a ser anel, ponha uma criança. Imagine que os anéis são os mundos que ela precisa conhecer para viver. Mas não é possível comer o que está longe. Não é possível pular anéis. Só se pode comer o quarto anel depois que se comeu o primeiro, o segundo e o terceiro anéis*, descreve o educador.

Essa analogia, sem termos técnicos ou expressões acadêmicas, tenta explicar a teoria dos *obstáculos epistemológicos*, redigida pelo filósofo francês, Gaston Bachelard, que busca explicações para as dificuldades

do aprendizado: *As crianças pequenas tendem a pensar de uma forma anímica, ou seja, 'atribuindo alma às coisas'. Elas atribuem a atração de uma fruta para o chão da Terra pelo fato de a fruta 'gostar' da Terra. Esse é um exemplo de obstáculo epistemológico que deve ser vencido, pois está em desacordo com o conhecimento científico.*

Em suas pesquisas desenvolvidas no CDCC, ao aplicar os questionários aos alunos, Cibelle notou diversas respostas carregadas de obstáculos epistemológicos: *Os professores tendem a ignorar esses obstáculos e os pensamentos anímicos. Para os alunos que pensam dessa forma, tal explicação tem sentido e mudá-la é que não tem. Então, são esses os vários desafios que se sobrepõem ao ensino de ciências, comenta a docente.*

Como a maior tarefa da escola é trazer o conhecimento científico aos seus alunos, as atividades em espaços não formais de ensino mostram-se como alternativa inteligente, didática e mais prazerosa.

A “Sala Solar”, localizada no Observatório “Prof. Dietrich Schiel”, oferece um espaço não formal de ensino, onde professores e alunos interagem através de algumas “atrações” montadas no local. A sala abre à visitação todo último domingo do mês, das 10 às 12 horas, para toda comunidade são-carlense. Para mais informações, acesse www.cdcc.usp.br/cda/

Ficção vs Realidade: As fendas no Universo e as possibilidades da viagem no tempo

09 de Abril de 2012

As teorias de Einstein abrem espaço para a hipótese de grandes fendas no espaço-tempo e o uso desta geometria para viagens super-rápidas no Universo - e também no tempo. Este tópico tem ganhado espaço em ficção científica, mas também no meio acadêmico. Apesar de a existência de túneis transitáveis no espaço-tempo ainda não ter sido comprovada, não há nenhum princípio físico que consiga descartar a ideia totalmente.

A teoria tem origem na descrição do espaço e do tempo proposta pela Física, que propõe três dimensões comuns que podem ser representadas por largura, altura e profundidade, mas com um diferencial fundamental: o tempo seria uma quarta dimensão.

Para os físicos, as dimensões espaciais e temporal estão conectadas. Este é o chamado *continuum espaço-tempo*, uma teoria matemática que engloba o Universo como um todo. Esta teoria foi proposta pelo físico alemão Albert Einstein, através dos postulados da Teoria da Relatividade. Nesse trabalho, Einstein explica a dinâmica que rege este *continuum*, ou seja, as forças e os mecanismos de movimento por trás destas quatro dimensões. Antes disso, considerava-se que o tempo era absoluto e universal, igual para todos, mesmo em

circunstâncias físicas bem diferentes. Para Einstein, se dois indivíduos se movem diferentemente, eles experimentam também tempos diferentes.

Acontece que este continuum pode ter algumas singularidades, alguns defeitos, comenta o professor Luiz Vitor de Souza, pesquisador do IFSC, especialista em Física de Astropartículas: *Imagine que a sala da sua casa, como a vemos, com três dimensões, está com uma trinca*, ele explica: *O mesmo pode ser descrito em quatro dimensões*.

A matemática pode mesmo ser bem semelhante em ambos os casos. É exatamente nesta trinca que as coisas começam a ficar interessantes, por envolverem a noção de tempo. Uma das formas mais conhecidas de *trincas* no *continuum espaço-tempo* é o buraco negro. Em um destes, o espaço-tempo se dobra ao redor dele mesmo. Isso significa que a gravidade ali é tão intensa que ocorre a máxima distorção de tempo conhecida no Universo: nas proximidades de um buraco negro, o tempo parece estar parado em relação à Terra. Se um astronauta se atrevesse a chegar ali perto, ele poderia enxergar toda a eternidade em um curto período de tempo e dar um salto imenso ao futuro – se é que voltaria inteiro.

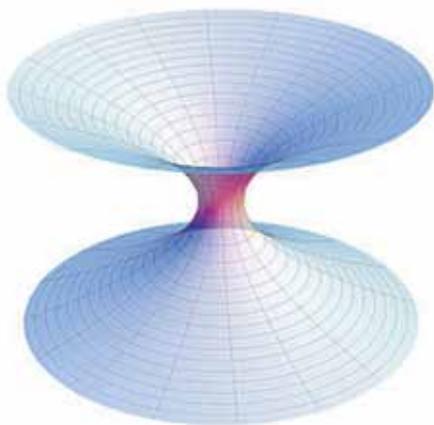


Diagrama geométrico de um buraco de minhoca

Outra singularidade possível da teoria matemática é o chamado buraco de minhoca (*wormhole*, em inglês). Tendo como parâmetro as três dimensões que enxergamos, esta fenda seria uma espécie de funil – um buraco em um espaço tridimensional que leva a matéria através de um túnel para outro espaço do outro lado: *O buraco de minhoca é isso, mas em quatro dimensões, o que significa que é um buraco no espaço e no tempo também*, explica o pesquisador do IFSC. Este buraco poderia servir como atalho para viagens super-rápidas a locais distantes do Universo.

No entanto, Luiz Vitor enfatiza que o buraco de minhoca é um defeito de teor teórico, ou seja, é mera especulação: *Não existe um experimento, uma medida. É apenas possível dentro da teoria da relatividade geral que o continuum espaço-tempo se dobre, mas o buraco de minhoca é apenas uma solução inusitada para as equações matemáticas de Einstein*, esclarece o professor.

Diferentemente dos buracos negros, não há ainda uma busca específica para descobrir buracos de minhoca. É difícil até mesmo fazer uma previsão, pois não se sabe exatamente o que deveria ser visto no Universo, no caso de uma dessas fendas. Um buraco negro é localizável através do movimento intenso de partículas e estrelas ao redor de um ponto vazio, que não emite luz, mas no caso de um buraco de minhoca o que veríamos? *Seria como um buraco negro, mas existe outra coisa do outro lado, para onde a matéria está indo; então, talvez não enxergássemos nenhuma anormalidade*, comenta Luiz Vitor.

Apesar desta diferença, os fenômenos que levam à formação de todas as fendas neste *continuum* são muito similares. Basicamente, trata-se de uma grande concentração de massa que geraria uma força gravitacional tão intensa que dobraria o espaço-tempo: *A única forma que conhecemos capaz de curvar o espaço-tempo é a gravidade*, aponta o pesquisador. A não ser nos primórdios do Universo, durante o processo de expansão acelerada que sofreu, a partir do *Big Bang*. Pense em um elástico, que se estica muito rápido: criam-se ranhuras, estrias, no material. Esta é também uma explicação para o que os teóricos chamam de *defeitos topológicos no continuum espaço-tempo*. O buraco de minhoca é apenas um destes defeitos: *O Universo está - ou pode estar - repleto destes pontos descontínuos*, revela ele. Aliás, há teorias propondo que buracos de minhoca subatômicos e naturais se formem em torno do Universo, desaparecendo muito rápido.

Matéria exótica

A matéria exótica recebe este nome por ser muito pouco conhecida pelos especialistas. A forma atual mais famosa de matéria exótica é a matéria escura, que instiga os cientistas por não emitir luz. Trata-se de uma força misteriosa que age na gravidade, unindo as galáxias. Segundo Luiz Vitor, a matéria escura é um tipo de gravidade que, dependendo de sua distribuição, poderia causar tais dobras no *continuum espaço-tempo*: É algo possível, mas não detectado pela teoria, pois é uma massa com características *muito particulares: suas partículas não se comportam como as partículas que temos aqui perto da Terra*, explica o pesquisador.

Para antecipar perguntas clássicas que surgem da hipótese de um buraco de minhoca, como qual seria o comportamento de astropartículas no interior dessa fenda ou como seria possível ultrapassar a velocidade da luz sem se transformar em pura energia ou, mais instigante ainda: a viagem no tempo é possível? Luiz Vitor adianta que a Física atual não está preparada para responder a essas questões com firmeza.

Ele explica que para estudar coisas de massa muito grande no Universo aplica-se a Teoria da Relatividade Geral e para estudar coisas de massa muito densa aplicam-se princípios de Mecânica Quântica. E estas duas áreas não estão unificadas: *Para prever o que aconteceria com objetos dentro de uma dessas falhas do espaço-tempo, ou mesmo em sua periferia,*

seria necessário utilizar as duas teorias simultaneamente e ninguém conhece essa Física, lamenta ele. Contudo, é possível traçar estimativas, mas os cientistas admitem suas limitações em um caso em que a concentração de partículas é muito grande e a massa é muito alta. Além disso, estima-se que, para serem transponíveis, os buracos negros exijam um tipo de matéria que possua densidade de energia negativa, o que mais uma vez não passa de mera conjectura teórica: não se pode provar nem refutar a existência deste tipo de matéria.

Como resultado de equações, pode-se inferir que a viagem no tempo seria possível, sim: *O buraco de minhoca não seria apenas uma viagem no espaço: seria, de fato, uma viagem no tempo. Mas enquanto não houver medidas, experimentos e observações, tudo não passa de especulação, conta: Por isso, a pesquisa do tema é tão interessante. Quando estudamos a fronteira do conhecimento geramos avanço, completa.*

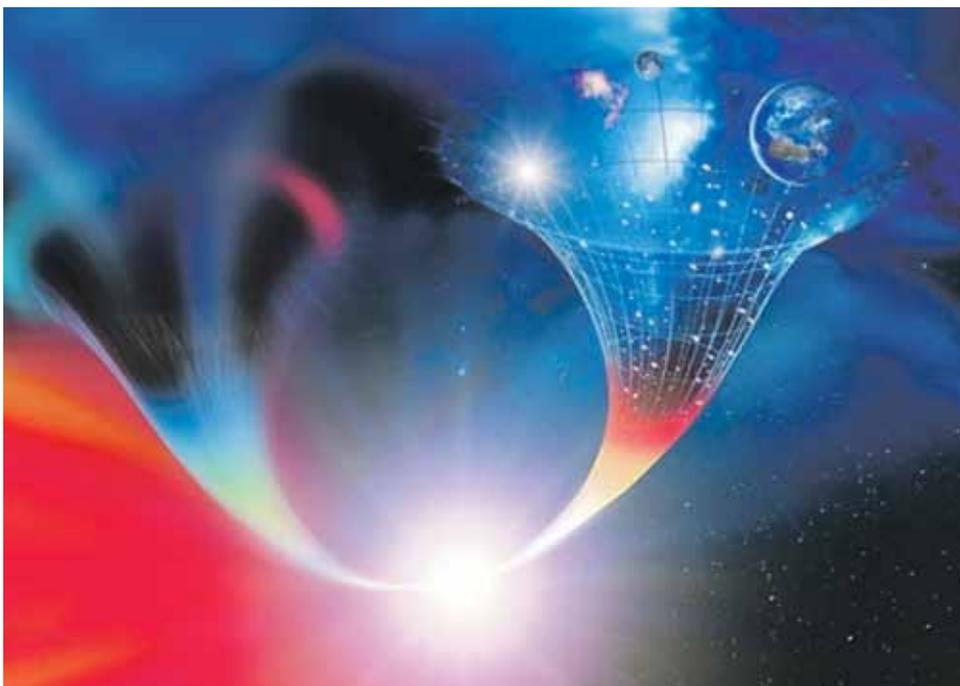
Todas essas soluções matemáticas, que abrem espaço para a hipótese de fendas na relação espaço-tempo no Universo, têm ganhado notoriedade pela almejada possibilidade de viajar no tempo. Se comprovado, o buraco de minhoca poderia ser reproduzido e utilizado para esta finalidade. Os cientistas que se empenham neste tipo de pesquisa têm menos esse objetivo em mente e mais a ambição de explorar e resolver a geometria do Universo. Menos apegados ao teor tecnológico da investigação, os cientistas poderiam aplicar estas soluções matemáticas

em outros problemas, como a descrição de grandes conjuntos de galáxias e estrelas complexas. No entanto, ainda que esteja longe de nossa realidade atual, a ideia está também longe de ser descartada.

A Física não diz que isso é impossível e a postura de um físico sempre será 'se a teoria não descarta, vale a pena tentar'. Nada que conhecemos impede uma viagem no tempo, conta ele. Na teoria de Einstein de *continuum espaço-tempo*, não há exatamente uma diferença entre viajar de São Carlos até São Paulo e viajar de hoje para ontem. Mesmo na descrição de um princípio da Termodinâmica, que propõe que todas as coisas do Universo

caminham para a desordem e que essa tendência regula a seta do tempo para a frente, não há indícios da completa inexistência de um mecanismo que possa reverter este quadro.

A preocupação humana com o tempo é um reflexo da intenção de prolongar a vida, da tentativa insistente de driblar o fim, mas este é um problema intelectual muito mais interessante porque nós temos uma percepção muito rígida do tempo e ainda é muito enigmático pensar de outra forma. Estes problemas são perfeitos para isso, pois colocam a Física, como conhecemos, em condições extremas, finaliza o pesquisador.



Relógio Atômico: o relógio mais pontual do mundo

26 de Outubro de 2012

Se todos os relógios do mundo parassem ao mesmo tempo, como saberíamos a hora correta? Mesmo nos guiando pelo nascer ou pôr do Sol, não teríamos essa informação 100% precisa. Em uma situação hipotética como essa, a ausência da hora certa não traria como consequência apenas o nosso *desnorteamto*. O tique-taque constante no mundo mantém satélites em atividade e, por sua vez, possibilitam o funcionamento de GPS, a Internet sincronizada e medidas de alta resolução em vários campos da ciência, só para citar alguns exemplos.

Os responsáveis por manter o tempo devidamente *cronometrado* são os conhecidos *relógios atômicos*, cujo funcionamento é regulado por feixes de luz, geradores de micro-ondas e átomos de referência. O primeiro relógio atômico foi construído nos EUA, em 1945. No Brasil, o funcionamento de relógios de laboratório teve início na década de 1990, no IFSC, tendo sido construídos três, que continuam operando e constantemente aperfeiçoados:

No IFSC, esse relógio é consequência de uma linha de pesquisa em física atômica desenvolvida no Grupo de Óptica, o que gerou conhecimento suficiente para permitir aplicações, explica Daniel Varela, docente da Escola de Engenharia de São Carlos

(EESC/USP) e um dos responsáveis, junto com o professor do IFSC, Vanderlei Salvador Bagnato, pelos relógios atômicos instalados no Instituto: *As pesquisas em física atômica são parte do alicerce para o funcionamento desse relógio. Muitas pesquisas em Metrologia Científica e Legal só podem ser realizadas com informações fornecidas pela física atômica.*

Alguns relógios atômicos funcionam na frequência de micro-ondas, outros em frequência óptica (muito mais elevada), por transição atômica. Nem toda transição atômica serve para esse objetivo e por isso é que somente alguns elementos são viáveis: *É o que chamamos de elegibilidade. Um fator fundamental é o tempo de vida no estado excitado dessa transição; se for muito curto, a resolução para enxergar a transição é muito baixa*, explica Varela.

Entre os tipos de relógios atômicos, o mais comum é o que funciona com átomos de césio 133. As transições características do átomo ocorrem em frequências em diferentes faixas, que incluem luz visível e ondas de rádio. A identificação dessas frequências ressonantes é obtida excitando-se átomos de césio com osciladores de quartzo, como os empregados em relógios comuns, e detectando-se as frequências absorvidas. Tais frequências fornecem a

referência de tempo, com precisão melhor que bilionésimos de segundo:

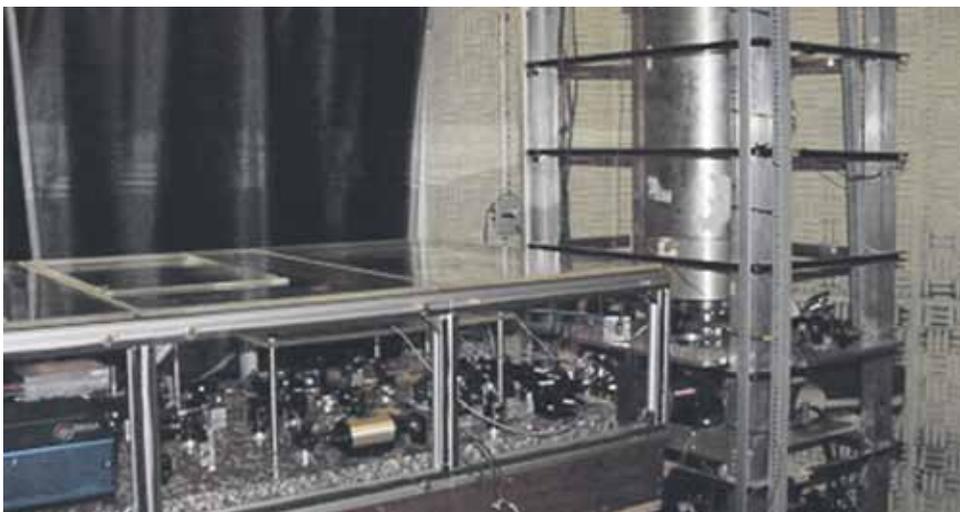
No laboratório, chamamos de ‘relógio’ para simplificar, já que na realidade ele é um ‘padrão atômico de frequência’. O relógio é um sistema que contém um padrão de frequência e um elemento de contagem, este último para contar o número de ‘tiques’ desse padrão e realmente marcar a hora, explica o docente.

O objetivo principal do relógio atômico é criar parâmetros de frequência cada vez melhores: isso quer dizer que se buscam formas para medir o tempo com maior precisão. No caso em questão, unidade de tempo é definida como a frequência associada à energia de transição dos dois níveis do átomo de céσιο 133. Embora seja o elemento mais popular para o relógio atômico, nem sempre o céσιο é o único utilizado. Estrôncio, cálcio e rubídio, por exemplo, também são usados para realizar as transições. Porém, o céσιο ainda é o mais

eficiente: *Atualmente, discute-se qual seria o melhor átomo a ser usado. Mas, perguntamos: ‘Vale a pena? Será que na hora de fazer a divisão teremos perdas? Será que consigo ‘rodar’ esse sistema ininterruptamente por vários meses?’ A elegibilidade não leva em conta apenas a medida de alguns minutos,* diz Daniel.

O metro é a medida utilizada para a velocidade da luz. Aqui, tem-se uma medida de tempo junto com outra de deslocamento. Estamos traçando rotas para buscar unidades cada vez mais bem estabelecidas, baseadas numa unidade de referência, no caso a do tempo, conta Daniel.

A título de comparação, um relógio baseado no movimento de rotação da Terra atrasaria um segundo por ano. Já o relógio atômico levaria 30 milhões de anos para atrasar um segundo. Isso foi o que pesquisadores europeus e americanos descobriram no ano passado, quando mediram a precisão do relógio atômico denominado



Relógio atômico do tipo “Chafariz de átomos frios”, também localizado no IFSC.

CsF2 (chafariz de césio), localizado na Grã-Bretanha, que acabou ganhando o título de mais preciso do mundo. Alguns cuidados precisam ser tomados para que um relógio atômico se mantenha em funcionamento. Vibrações mínimas podem causar danos elevados à sua precisão.

Redes de telecomunicação têm seu funcionamento cada vez mais eficiente graças aos relógios atômicos: *Se quero que a velocidade da Internet em minha casa seja de 10 Gb/s, é preciso qualidade no sinal de referência. Se não tiver, a informação chega incorreta ou o filtro não deixa essa informação passar, o que, além de tudo, pode tornar a Internet mais lenta.*

No final das contas, tudo tem a ver com uma boa referência. Um avião, ao se deslocar, precisa saber as posições exatas nas quais deve navegar. Se um sinal de satélite chega ao seu GPS com três nanossegundos de atraso, significa erro de um metro em sua posição.

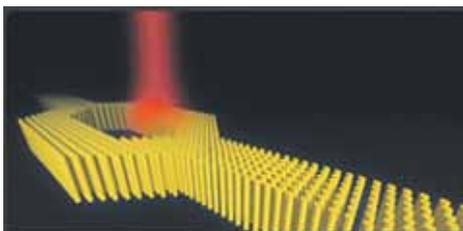
O mundo todo abriga cerca de 400 relógios atômicos. Nove deles estão localizados no IFSC: seis comerciais (utilizados nos experimentos), um de feixe térmico de átomos (atualmente com operação suspensa), o chafariz de átomos frios e o (denominado pelos pesquisadores do Instituto) compacto. Este último, em futuro próximo, será transportável ou móvel: *Ele poderá funcionar durante o trajeto, inclusive. Pode ser colocado em um submarino ou avião. É nisso que temos trabalhado ultimamente, conta o docente.*

O chafariz, por outro lado, não pode ser movimentado. Foi construído para estar fixado em algum lugar. É mais preciso do que o compacto: *Com o chafariz, podemos chegar a uma resolução quase mil vezes melhor do que os relógios comerciais e cinquenta vezes melhor do que o compacto, compara Daniel. Portanto, o foco do trabalho desses pesquisadores é juntar a precisão e mobilidade em um único relógio.*

Plasmônica: uma área óptica em ascensão

11 de Janeiro de 2013

Na pesquisa básica em física, um dos assuntos do momento é a plasmônica, área que estuda os efeitos básicos da interação luz-matéria. Os chamados *plásmons* são a interação da luz emitida sob um metal que, por sua vez, está depositado sobre um isolante (vidro, plástico etc.). Tal incidência traz a condição perfeita para se gerar as *ondas de superfície**.



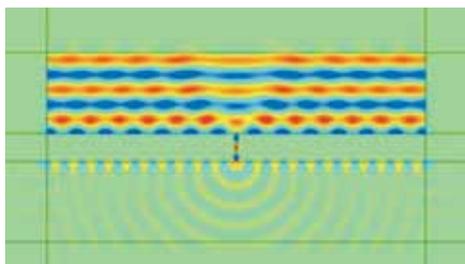
Orientado pelo docente do IFSC, Euclydes Marega Júnior, o mestrando Otávio de Brito Silva é um dos estudiosos que tenta entender a formação de tais ondas. Para testar essa teoria, ele depositou filmes metálicos (de espessura da ordem de nanômetros) de ouro e prata sobre um vidro e mediu as interações entre a luz e os materiais em questão: *Nos metais há elétrons livres para conduzir eletricidade*, explica.

Para que a geração de *plásmons* ocorresse, foi preciso que os materiais em contato tivessem índices de refração** bem diferentes uns dos outros: *Essa é uma condição essencial para que uma onda de super-*

fície seja gerada. Do contrário, a experiência não seria possível, afirma o mestrando.

O objetivo final do experimento é analisar a transmissão de luz através dessas superfícies. Isso porque tal experimento (já realizado há alguns anos por outros estudiosos, mas que utilizaram outros tipos de isolantes e metais) contraria um conceito básico da física clássica. Esta reza que a luz não pode passar por uma abertura menor do que a de seu comprimento de onda e o referido experimento provou o contrário: *Existe um conceito chamado 'limite de difração' e diz que se a abertura da fenda*** for menor que o comprimento de onda da luz, não há passagem de luz. O metal absorve parte da luz, mas se não houver fenda, 90% serão refletidos*, explica Otávio.

Embora o termo *plasmônica* tenha surgido há pouco tempo, experiências envolvendo esse tipo de estudo datam da década de 1940. O principal objetivo do trabalho de Otávio foi reproduzir mais uma prova de equívoco da física óptica clássica.



A ilustração representa a transmissão de luz por uma fenda de filme metálico. A luz incide de cima para baixo. Os pontos coloridos representam artisticamente os plásmos (ou ondas) de superfície, que contribuem na transmissão de luz pela fenda. (imagem cedida por Otávio de Brito Silva).

Através desse novo conceito, algumas possibilidades são abertas: é possível construir-se uma lente óptica com várias fendas. A luz, passando para o outro lado, focalizará algum ponto específico. As fendas, por sua vez, podem fazer sensores por meio de tais efeitos de transmissão da luz, graças às ondas de superfície - levando-se em conta, é claro - que todas as condições já mencionadas acima sejam cumpridas.

Um sensor construído através dessa técnica poderá detectar substâncias a partir de seu espectro****: *Para identificar uma substância, o perito pode colher uma amostra e incidir luz sobre ela. Imaginando que cada substância possua um espectro único, sua identificação será imediata, exemplifica o mestrand.*

Este projeto é ambicioso e ainda não há sensores como os descritos acima. Mas estudos nessa direção continuam e Otávio é um dos que permanecerá trabalhando para aperfeiçoar tal técnica. O ineditismo de seu trabalho consiste na maneira com que as fendas metálicas foram feitas: através de feixes de íons. No IFSC já existe um Laboratório de Nanofabricação que permite produzir fendas metálicas por feixes de íons.

O trabalho de Otávio consistiu de simulações computacionais e uma vez que sua pergunta central ainda não foi completamente respondida - como é possível a passagem de luz numa abertura menor do que seu comprimento de onda -, ele continuará seus estudos.

*interação da luz com os elétrons que fazem parte do metal

**quando a luz passa de um meio para outro, sua velocidade aumenta ou diminui dependendo da diferença de índice de refração.

*** pequenos orifícios pelos quais a luz passará

****intensidade de radiação transmitida, absorvida ou refletida em função do comprimento de onda ou frequência da radiação em questão

Nova estação experimental

21 de Janeiro de 2013

O graduando do curso de Ciências Físicas e Biomoleculares do IFSC, Caio Vaz Rímoli, decidiu se dedicar à pesquisa e para isso procurou pelo docente do IFSC, Paulo Miranda, que o orientou a trabalhar em conjunto com o pesquisador do IFSC, Marcelo Faleiros, enquanto este ainda elaborava uma estação experimental de espectroscopia ultrarrápida de bombeio-e-prova (do inglês *pump-probe-spectroscopy*).

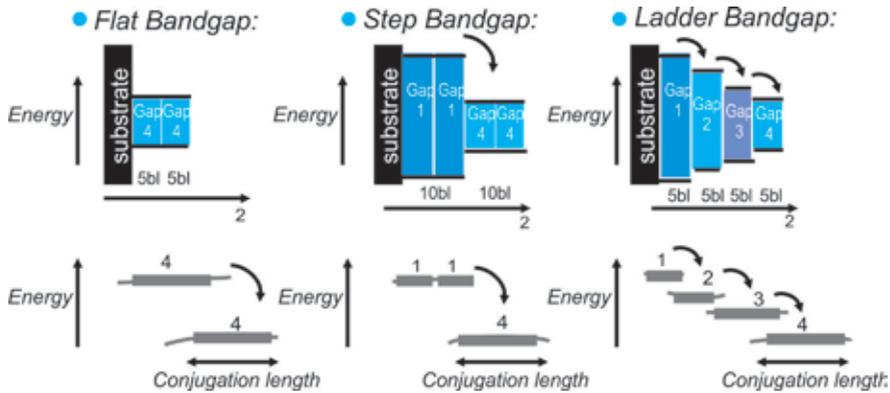
Caio estudou uma nova metodologia criada pelo pesquisador Alexandre Marletta, durante seu doutorado no IFSC, em 2001, capaz de produzir polímeros luminescentes de poli(p-fenileno vinileno) (PPV) com diferentes comprimentos médios de conjugação*: *Quanto mais conjugado o polímero, menor o bandgap** e, conseqüentemente, maior seu caráter condutor. Se fizermos vários filmes sobrepostos em que cada um tem um comprimento de conjugação diferente, criamos uma escada energética*, explica o aluno.

Quando um material qualquer é excitado por um curto momento, como por incidência de luz, os elétrons que antes estavam distribuídos nos níveis mais baixos de energia passam a ocupar os níveis mais altos. Como a excitação não é mantida, os elétrons tendem a voltar aos níveis mais baixos e seguem geralmente por caminhos aleatórios, elucida Caio.



O que ele e os pesquisadores com os quais trabalha estão tentando fazer é definir caminhos lógicos e previsíveis por onde os elétrons possam se mover de uma camada para outra, através da técnica de espectroscopia ultrarrápida de bombeio-e-prova (metodologia criada por Faleiros). Dessa forma, eles são capazes de identificar a velocidade de transferência de energia entre as camadas de diferentes polímeros semicondutores sobrepostos.

Caio faz uma analogia: quando a luz do Sol incide sobre as plantas, em suas folhas há um mecanismo realizado pelas *clorofilas antena*, pelo qual estas transportam energia gerada pelos fótons (partículas de luz) nelas incidentes diretamente para as chamadas *clorofilas de centro de reação fotossintética*, possibilitando a realização da



fotossíntese com alta eficiência. Caio tenta fazer algo parecido: tornar possível essa mesma lógica do polímero semiconductor criado por Marletta, trazendo um *caminhar* dos elétrons nas camadas de valência do referido material mais previsível e definido: *Estamos verificando se esse material é capaz de canalizar energia de maneira não tão aleatória. Conseguindo controlar essa guia de energia, você pode tornar um material mais eficiente e construir novos dispositivos*, conta o estudante: *Se a natureza evoluiu de tal forma a selecionar organismos que têm esse tipo de mecanismo fotofísico, provavelmente ele deve fazer a diferença*, opina.

Quando esse objetivo for alcançado e se o conceito de guia de energia se mostrar mais eficiente, essa metodologia (ou outras análogas, baseadas nela) poderá ser usada para criar novos dispositivos optoeletrônicos. Assim, possivelmente o mundo digital (TVs, celulares, sensores ópticos, câmeras digitais, vídeo games, tablets etc.) poderá usufruir dessa tecnologia.

Graças aos resultados de sua pesquisa, no final do ano passado Caio foi contemplado com uma menção honrosa e com um

prêmio de melhor apresentação de pôster na *II Conferência USP de Nanotecnologia*, outorgado pela prestigiosa *American Chemical Society*. O prêmio destaca sua participação na montagem da estação experimental criada por Marcelo Faleiros e o fato de a estação poder ser usada por outros pesquisadores.

Ele afirma que dará continuidade à pesquisa na pós-graduação planejada para começar num futuro próximo, esperando resultados ainda mais promissores: *Pretendo aprender mais sobre técnicas ópticas, sobretudo aquelas que permitem um estudo mais detalhado de interfaces. Ainda dá para aproveitar muito do que aprendi na minha iniciação científica e há vários fenômenos interessantes com aplicação industrial que tenho interesse em estudar*, conclui Caio.

Imagem 1: Estação de espectroscopia ultrarrápida de bombeio-e-prova

Imagem 2: Ilustração dos bandgaps dos nanofilmes de PPV sintetizados por Caio

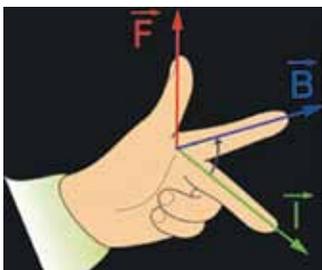
*ligações simples-duplas consecutivas

**quantidade de energia necessária para a transição eletrônica

Relatividade e força de Lorentz: Incompatibilidade impossível

28 de Fevereiro de 2013

Em maio de 2012, o engenheiro elétrico americano Masud Mansuripur fez uma afirmação audaciosa: disse que a Força de Lorentz* é incompatível com a relatividade de Albert Einstein. Esta provocação de Mansuripur foi publicada na prestigiosa revista *Physical Review Letters* (PRL), e foi destaque na *Science News****: O eletromagnetismo, dentro do qual a Força de Lorentz está inserida, deu origem à relatividade; portanto, essa afirmação foi vista com espanto pelos estudiosos da área, conta o docente de Física Teórica do IFSC, Daniel A. Turolla Vanzella.*



A publicidade dada pela *Science* ao assunto chamou a atenção de diversos estudiosos da relatividade (inclusive do próprio Vanzella) que, pouco tempo depois, escreveram alguns *comments**** contestando a afirmação de Mansuripur, provando seu equívoco: *Além do meu comment enviado à PRL e mencionado na Science, outros foram escritos por pesquisadores de diversos países,*

afirmando que Masud tinha feito uma proposição incorreta, relembra Vanzella.

Só agora - quase um ano depois - a PRL publicou em sua página na internet um dos quatro *comments* contestatórios, sendo um deles o de Vanzella: *Em 8 de janeiro deste ano, a PRL aceitou o meu comment e dias depois outros três, que refutavam o artigo de Mansuripur. Essa demora se deveu ao fato de que antes de aceitar as contestações, o artigo passou por outros três assessores da revista que, finalmente, convenceram os editores de que a publicação de Masud estava incorreta.*

Além da informação incorreta sobre a relação entre Força de Lorentz e a relatividade, Masud propõe uma nova lei de força, que acredita ter vantagens sobre a Força de Lorentz. Vanzella, embora discorde, afirma que, se correta, a proposição de Masud seria surpreendente. Até o momento, não há provas - nem mesmo por parte de Masud - de que essa *nova lei* funcione.

* lei formulada no século XIX, que indica como uma carga elétrica se comporta num campo elétrico e magnético;

** site de notícias da famosa revista científica *Science*;

*** os artigos científicos enviados às revistas têm, mais ou menos, quatro páginas. Os *comments* podem ter, no máximo, uma página.

Como nosso cérebro aprende a “falar”?

13 de Maio de 2013

Ainda no século XIX, Charles Sanders Pierce apresentou oficialmente ao mundo a *semiótica*, palavra usada para definir a *ciência dos signos* e utilizada para explicar sistemas de significação, ou como fazemos a associação entre forma (significante) e conteúdo (significado) daquilo que nos cerca. Embora tenha dado corpo ao conceito, Pierce não foi o primeiro a propô-lo, pois foi antecedido por Henry Stubbes, que em 1670 tentou aplicá-lo à medicina, e por John Locke, que o estudou na obra *Ensaio acerca do entendimento humano*, em 1690.

Da mesma forma que não faltaram antecessores a Pierce, até hoje estudiosos tentam desvendar como o cérebro associa informações referentes aos fenômenos culturais e, inclusive, ao nosso próprio vocabulário. Exemplo é a pesquisa desenvolvida pelo docente do IFSC, José Fernando Fontanari, que, através de modelagem matemática, estuda os processos pelos quais nosso cérebro faz a aquisição de vocabulário, ou seja, como uma criança ou um adulto associa objetos às palavras que lhes dão nome: *Muitas palavras de nosso vocabulário são adquiridas de maneira supervisionada, mas grande parte não. Nossos pais não nos ensinaram as palavras - a maior parte delas aprendemos simplesmente observando a maneira como as pessoas se comunicam*, explica o docente.

Uma das correntes filosóficas que serve como base à pesquisa de Fontanari é o associacionismo, sugerida por John Locke, que atribui exclusivamente ao ambiente a constituição de características humanas, privilegiando a experiência como fonte do conhecimento e de formação de hábitos de comportamento: *Por exemplo, se uma pessoa ouve a palavra <banana> em várias situações nas quais há um objeto comestível, amarelo e em formato de bumerangue, a associação de <banana> a esse objeto será feita pelo cérebro quase imediatamente*, exemplifica Fontanari.

Uma das interrogações para pesquisadores dessa temática é de como a palavra é corretamente associada a um objeto específico, para os casos em que há diferentes contextos onde a palavra (como *banana* mencionada acima) pode aparecer.

Poder da mente versus poder da máquina

A pesquisa de Fontanari consiste na modelação matemática desses eventos e, em particular, de uma série de experimentos realizados no Departamento de Psicologia e Ciência do Cérebro da Universidade de Indiana (EUA), com a participação de voluntários adultos.

Diversas imagens incomuns (tridimensionais ou não) são exibidas numa tela de computador e são inventadas palavras familiares à fonética inglesa para nomeá-las. Voluntários adultos são convidados a tentar ligar os nomes aos objetos que, diversas vezes são exibidos.

Para cada objeto existe um nome associado e diversas telas são mostradas, contendo quatro objetos em cada uma delas. Depois disso, os voluntários precisam ligar o objeto ao nome.

Tendo como base esses experimentos, Fontanari e o pós-doutorando, Paulo Tilles, propuseram um algoritmo* que aprende as associações entre palavras e objetos de forma parecida com o cérebro humano. A proposta desse algoritmo, publicada num artigo no *Journal of Mathematical Psychology*, em novembro passado, representa a essência do associacionismo: *Comparamos o desempenho desse algoritmo com o desempenho dos adultos nos experimentos do pessoal de Indiana e foi algo incrível, pois o algoritmo mostrou-se dez vezes mais eficiente e preciso do que o cérebro humano*, conta o pesquisador.

Para que o algoritmo proposto tivesse seu desempenho equiparado ao do cérebro humano, foram introduzidas duas alterações: uma limitação à sua memória e menos precisão na contagem de grandes quantidades: *Nós, humanos, não somos capazes de distinguir quantidades com precisão infinita. Se olharmos um frasco com 100 bolinhas e outro com 95 bolinhas, não con-*

seguiremos ter a noção de que um tem cinco bolinhas menos do que o outro. Já o algoritmo que funciona matematicamente saberá fazer essa distinção com precisão, independentemente da quantidade de bolinhas, no caso, coocorrências de palavras e objetos que lhe forem apresentados, explica Fontanari.

Quando uma criança é exposta a um objeto familiar, cujo nome ela já conhece, e a um objeto estranho, cujo nome lhe é desconhecido, ela provavelmente irá associar a este último objeto qualquer palavra nova pronunciada por um adulto naquele momento. Tal ação é inerente aos humanos (e a alguns animais), mas também pode pregar peças. Imagine que você está instalado numa aldeia indígena tupiniquim e vai fazer uma caminhada pela mata com uma tribo indígena. De repente, uma onça cruza seu caminho e um dos índios lhe profere a seguinte palavra: “caapuã”.

De imediato, é provável que associássemos tal palavra à “onça”, o que seria um grande equívoco, pois “caapuã” em tupiniquim significa “aquele ou aquilo que mora no mato”.

Tal problemática foi lançada pelo filósofo Willard Van Orman Quine, na obra *Palavra e Objeto*, lançada em 1960, que introduziu a célebre palavra “Gavagai” no vocabulário da filosofia.

Esse algoritmo foi proposto com importantes propósitos. No que se refere à pesquisa básica, será uma maneira de elucidar mecanismos utilizados pelos humanos para aprender o vocabulário e se comunicar. Cria-se, simultaneamente, uma metodologia capaz de ensinar o uso da linguagem para robôs: *Simplesmente observando o mundo, um robô será capaz de fazer associações objeto-palavra e muito mais rapidamente do que um ser humano*, afirma o docente.

Embora pareça futurista, já existe uma pesquisa na Universidade de Plymouth, liderada pelo pesquisador e também colaborador de longa data de Fontanari, Angelo Cangelosi, na qual se procura ensinar um robô-bebê a falar.

A pesquisa de Fontanari ainda precisa aperfeiçoar alguns pontos, inclusive introduzir o vínculo da exclusividade mútua

no algoritmo. Antes de se criar uma metodologia capaz de ensinar robôs a associar imagens e palavras, outros desafios se colocam, uma vez que diversas características desse aprendizado são inerentes aos humanos e em alguns casos sem explicação lógica: *Como sabemos o que é um objeto? Como damos nomes a um objeto geral e nomes diferentes a seus componentes? Ensinar essas diferenciações a um robô é matematicamente impossível, pois abre-se uma infinidade de possibilidades*, diz Fontanari.

* Um algoritmo é uma sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas, cada uma das quais pode ser executada mecanicamente num período de tempo finito e com uma quantidade de esforço finita (fonte: Wikipedia)

Ciências exatas: Uma área decisiva na conquista de uma profissão de relevo

24 de julho de 2013

Docentes do IFSC normalmente enfatizam a importância de uma formação sólida para profissionais de quaisquer áreas e ressaltam que nossos alunos – com boa formação – podem seguir diferentes carreiras. Um exemplo recente de como isso se pode dar foi a aprovação de uma graduanda do IFSC num concurso extremamente competitivo, como se relata a seguir.

Érica Azzolino Montanha tem 27 anos, é natural de Araraquara, onde vive com seus pais. Ao longo de sua infância, a jovem alimentou sonhos: aos 12 anos queria ser arquiteta e aos 15 ainda pensou em ser psicóloga. Ao completar 17 anos, sua decisão foi seguir a carreira de medicina. Érica prestou vestibular duas vezes seguidas (2003-2004), não sendo bem-sucedida principalmente por seu baixo desempenho em física. Com sua perseverança decidiu prestar o vestibular uma vez mais: para Érica, se o obstáculo para atingir seu objetivo era a física, então a saída era encarar a disciplina e... Estudar e entender os conceitos!

Em 2005, preparada para prestar mais um vestibular para medicina, Érica teve conhecimento do Curso de Ciências Físicas e Biomoleculares no IFSC e, de repente, mudou seu rumo e prestou vestibular para ingressar no IFSC. Ela explica o motivo que a

fez mudar sua trajetória: *Na verdade, foi graças a ter reprovado no segundo vestibular e ter começado a encarar seriamente e entender os conceitos da física, química e biologia que, até esse momento, eram muito vagos para mim, sem conexões. Depois de ter começado a entender toda a lógica e correlação entre os temas, pode-se dizer que fiquei apaixonada e meu maior sonho começou a estar voltado para a pesquisa. O que encontrei no curso de Ciências Físicas e Biomoleculares tem também a ver com meu antigo sonho, que era medicina, explica Érica.*



Já graduada pelo IFSC e mantendo sua decisão de seguir a pesquisa na academia, Érica iniciou o Mestrado. Em janeiro de 2013, uma nova porta se abriu, desta vez na área profissional: a Polícia Civil do Estado de São Paulo abria concurso público para perito criminal e Érica inscreveu-se. *Foi como se, de repente, eu*

ouvisse um estalar de dedos. Perito criminal: eu poderia fazer pesquisa aplicada e dedicá-la ao bem comum, ao cidadão. Colher evidências, analisar provas, trabalhar com DNA e decodificar questões laboratoriais complexas, tendo como finalidade a apuração da verdade: tudo isso me pareceu intrinsecamente ligado à minha graduação e ao meu mestrado no IFSC – pesquisar! A perícia é para mim uma das aplicações diretas da ciência em prol da sociedade, comenta a jovem estudante.

Sem qualquer problema em se confrontar com cerca de 17 mil candidatos para apenas 103 vagas, em janeiro deste ano Érica prestou o concurso público e conseguiu chegar no topo: *A primeira fase do concurso foi dividida em duas partes: a primeira foi um teste geral, que incluiu português, lógica, informática, direito e criminologia: foi difícil, principalmente no que diz respeito a direito e criminologia. A outra parte foi uma prova específica, com questões relacionadas à física, química, matemática e biologia, áreas que para mim eram familiares graças às particularidades do meu curso e ao fato de essas*

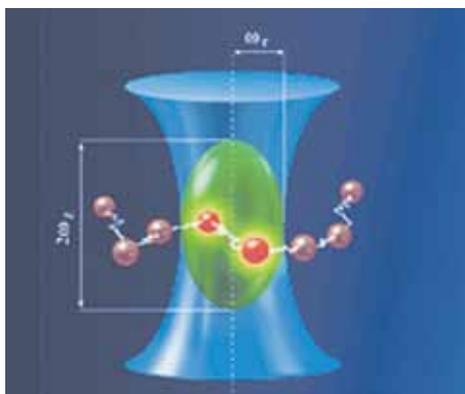
matérias estarem bem presentes na minha memória e aí, sim, foi muito mais fácil: dos 17 mil inscritos apenas passaram 350 para a fase seguinte. A segunda fase do concurso foi constituída por provas psicológicas, que para mim foram fáceis, e a terceira e última fase foi a prova de resistência física: tive que treinar quase três meses, já que muito raramente faço esportes, relata Érica, sorrindo.

Quase no final deste desafio, Érica está entre os primeiros cinquenta classificados do concurso, ou seja, está praticamente aprovada para assumir seu cargo de Perita Criminal, com um salário inicial de cerca de R\$ 6.000,00, esperando apenas saber para que cidade do Estado de São Paulo ela será destacada. Uma pergunta se coloca a esta jovem: e o Mestrado ficará no meio do caminho? Terá que interrompê-lo? *Nada disso!* – responde Érica. *Seja em que cidade eu ficar, virei para o IFSC nos finais de semana para fazer meus trabalhos no laboratório e escrever minha tese e para defendê-la em tempo oportuno. O mestrado poderá ser um diferencial para a minha profissão, conclui a jovem.*

Nova técnica óptica permite sondar uma única molécula

14 agosto 2013

Nas últimas décadas, muito da pesquisa científica se voltou para o sonho expresso por Richard Feynman*, em 1959, de manipular e controlar a matéria em escala atômica e molecular. Atingir o limite máximo na investigação de moléculas e de átomos individuais e, posteriormente, modificar seu comportamento, tem sido não só um sonho, mas o objetivo principal de muitos investigadores.



Já o avanço da microscopia óptica nos últimos anos permitiu detectar moléculas isoladas em ambientes complexos da matéria condensada. A técnica óptica permite desvendar efeitos únicos encobertos pelas médias, quando se mede um número grande de moléculas (maior que 10^{15} moléculas) pela microscopia convencional.

A medição de uma molécula isolada tem propiciado observar novos efeitos e medições diretas de flutuações das propriedades moleculares. Os experimentos abrem novos rumos na espectroscopia molecular, óptica quântica, dinâmica molecular no estado sólido e uma gama crescente de problemas biofísicos que podem ser entendidos a partir de observações diretas de uma única molécula.

Com o auxílio de um microscópio óptico confocal, os pesquisadores têm a possibilidade de analisar o que acontece num volume extremamente pequeno, de aproximadamente 1 femtolitro (10^{-15} litro). Pode-se detectar, por exemplo, o trânsito de uma única proteína numa célula viva e, a partir dessa observação, extrair inúmeras informações. A técnica permite medir diretamente moléculas em meio líquido, com concentrações da ordem de 10^{-11} mol/L.

Recentemente, o Prof. Francisco Eduardo Gontijo Guimarães, do IFSC, conseguiu algo importante: aproveitando as potencialidades do referido microscópio, implementou uma técnica para detectar uma única molécula, medir os fótons emitidos por ela e, a partir da correlação desses fótons, obter propriedades dessa mesma molécula.



Na correlação feita por Francisco Guimarães foi possível obter informações sobre quanto tempo essa molécula permaneceu no volume microscópico e, a partir dele, obter sua taxa de difusão e inferir sua geometria molecular: *Estudar as propriedades de eventos isolados, como o rastreamento e a difusão de biomoléculas (proteínas e enzimas) na membrana e no interior das células, oferece grandes vantagens sobre medidas macroscópicas que refletem apenas uma média de uma propriedade física. Estas informações são cruciais quando o sistema é heterogêneo, como os biológicos e os poliméricos. Acompanhar, em tempo real, os fenômenos e processos no nível celular e tecidual é relevante para o entendimento de processos envolvidos em um diagnóstico, por exemplo,* relata Guimarães.

Para o pesquisador, esta é a primeira vez que se consegue isolar uma única molécula emissora de luz para estudo no IFSC. A pesquisa vem sendo feita pelo aluno de doutorado Fernando Tsutae.

A técnica utilizada (Espectroscopia de Fluorescência de Correlação) já tem dez anos, mas este novo método trouxe o aper-

feiçoamento que permitirá, na terapia foto-dinâmica, inserir drogas cujos alvos sejam células cancerígenas. Ao injetar uma droga numa determinada célula, através deste novo método consegue-se ver nitidamente sua introdução na membrana celular, bem como a forma como a droga se difunde, o tempo que ela leva a chegar ao alvo e o caminho que percorre. *Poder dominar a emissão de uma única molécula é fantástico, até porque conseguiremos obter informações até agora “escondidas”, e não uma média de um conjunto muito vasto de moléculas, como fazíamos até agora,* enfatiza o pesquisador.

Atualmente, Francisco Guimarães colabora com a Profa. Ana Paula Ulian de Araujo e sua aluna Helene Hellen Teixeira Moreira no estudo da interação e diferenciação de proteínas em células de mamíferos.

**Renomado físico norte-americano do século XX, um dos pioneiros da eletrodinâmica quântica e Prêmio Nobel da Física em 1965. O cientista nasceu em Nova Iorque, em 11 de maio de 1918 e faleceu em Los Angeles, no dia 15 de fevereiro de 1988.*

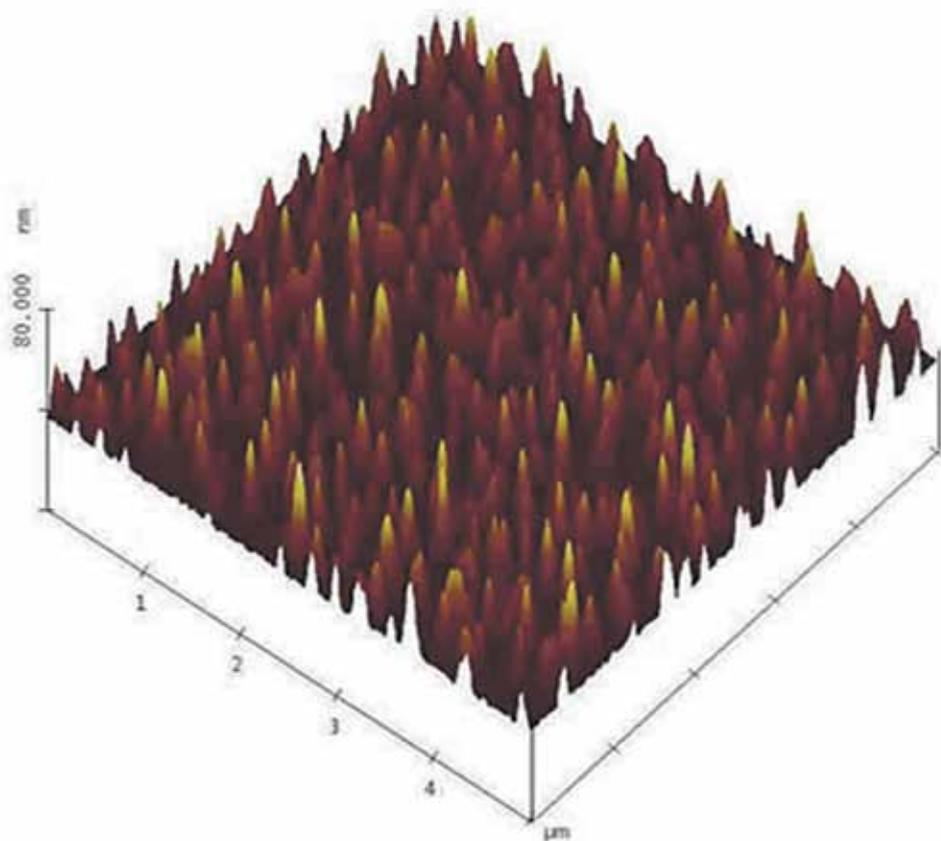
5 Materiais e Nanotecnologia

A pesquisa em física nos primeiros anos do campus de São Carlos e depois no então Instituto de Física e Química de São Carlos incluiu, desde o início, estudos de matéria condensada, o que não era muito comum no Brasil nas décadas de 1950 e 1960. Em São Carlos, entretanto, criou-se uma tradição com estudos teóricos em física do estado sólido, semicondutores, mecânica estatística, além de várias áreas experimentais. Praticamente todos os tipos de matéria condensada são representados hoje na pesquisa do IFSC. Com a evolução de tecnologias e possibilidade de estudar e manipular materiais na escala nanoscópica, no que se tornou a área denominada nanociência e nanotecnologia, esses diversos grupos passaram a contribuir com pesquisas em nanotecnologia. De certa maneira, atualmente as pesquisas no IFSC em materiais e nanotecnologia são indistinguíveis, pois análises sofisticadas de materiais acabam quase sempre por envolver a escala nanoscópica.

Neste capítulo, são apresentadas reportagens sobre pesquisas em materiais e nanotecnologia, também incluindo as aplicações em biologia e medicina, com a chamada nanomedicina. A escolha das reportagens foi, em alguns casos, arbitrária, pois é difícil distinguir nanotecnologia ou nanomedicina de aplicações em saúde ou dos trabalhos em ciências físicas e moleculares, tratados em outros capítulos.

Filmes nanoestruturados

09 janeiro 2010

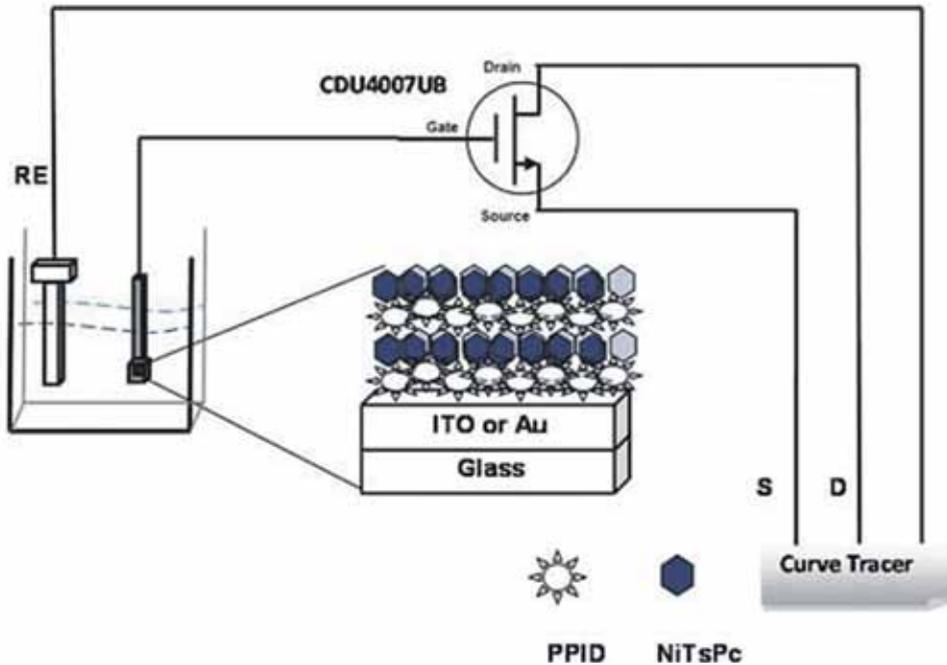


O Grupo de Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos (CCMC) do IFSC está desenvolvendo, em colaboração com o *Institut Matériaux, Microélectronique et Nanosciences de Provence*, Marselha, França, um projeto para construir filmes nanoestruturados de composição $\text{SrTi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$, a serem utilizados como sensores

de gás. Testes preliminares mostraram que os filmes preparados no IFSC apresentam as qualidades desejadas para este tipo de aplicação. Além da participação de alunos de Pós-Graduação do CCMC, este projeto conta com a colaboração do Prof. Sérgio C. Zílio, do Grupo de Fotônica do IFSC.

FETs para Biossensores

16 março 2010



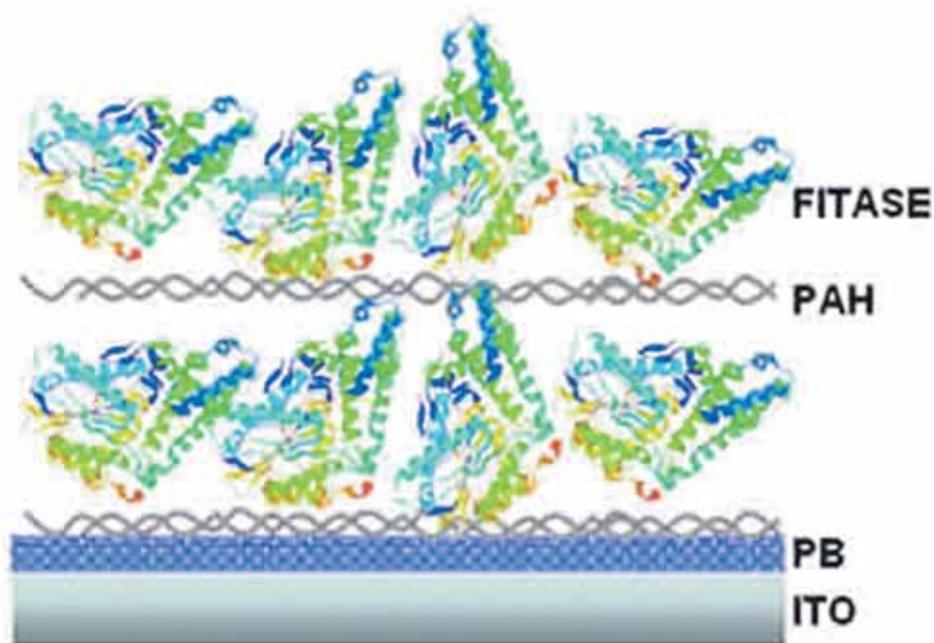
Pesquisadores do IFSC desenvolveram uma nova plataforma sensorial para utilização em sensores com arquitetura de transistores de efeito de campo (FETs). A plataforma, inédita na literatura, modifica a porta do FET, sendo composta por um filme nanoestruturado contendo dendrímeros e ftalocianinas, imobilizados sobre

substratos de vidro recoberto com óxido de estanho e índio (ITO), ou ouro. A nova plataforma será agora utilizada para imobilização de enzimas para biossensores.

O trabalho foi publicado na revista *Journal of Physical Chemistry C*.

Projeções multidimensionais para aumentar a sensibilidade de biossensores

02 de agosto de 2010

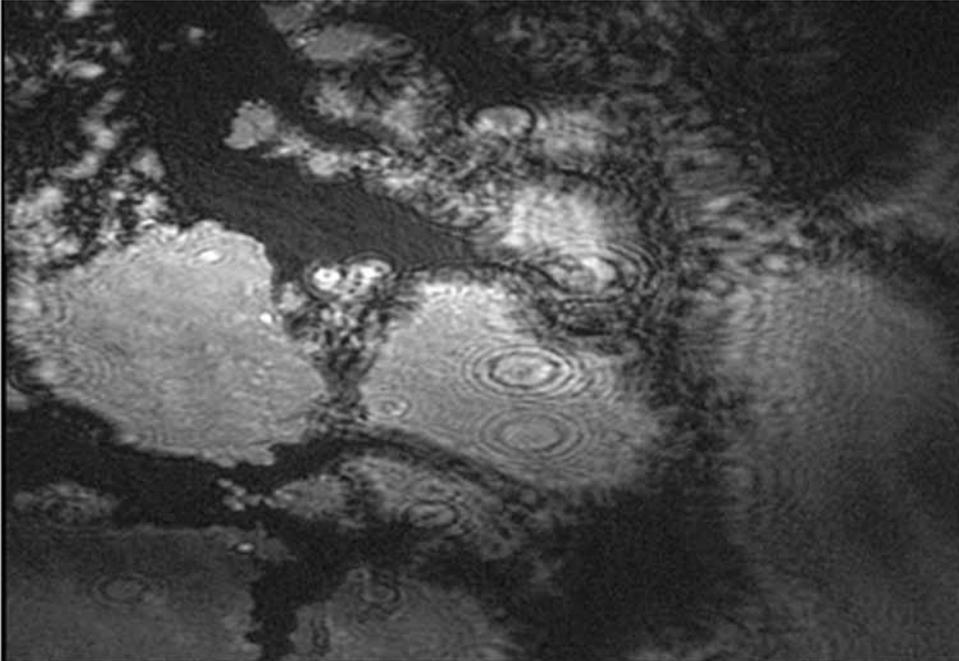


O uso de técnicas sofisticadas para tratamento de grandes volumes de dados vem sendo estendido ao trabalho de biossensores por pesquisadores do IFSC e do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP). Num trabalho recente, que contou com a colaboração de pesquisadores da UFSCar-Sorocaba e de universidades portuguesas, foram fabricados biossensores para detecção de

ácido fítico, em que o trabalho de otimização envolveu o uso de projeções multidimensionais para visualizar os dados de impedância elétrica. Na figura, é mostrada uma possível arquitetura para o biossensor, com a enzima fitase adsorvida num filme nanoestruturado. O trabalho foi publicado na revista *Anal. Chem.*, 2010, 82, 3239–3246

Filmes ultrafinos de polímeros para fotônica

12 de agosto de 2010

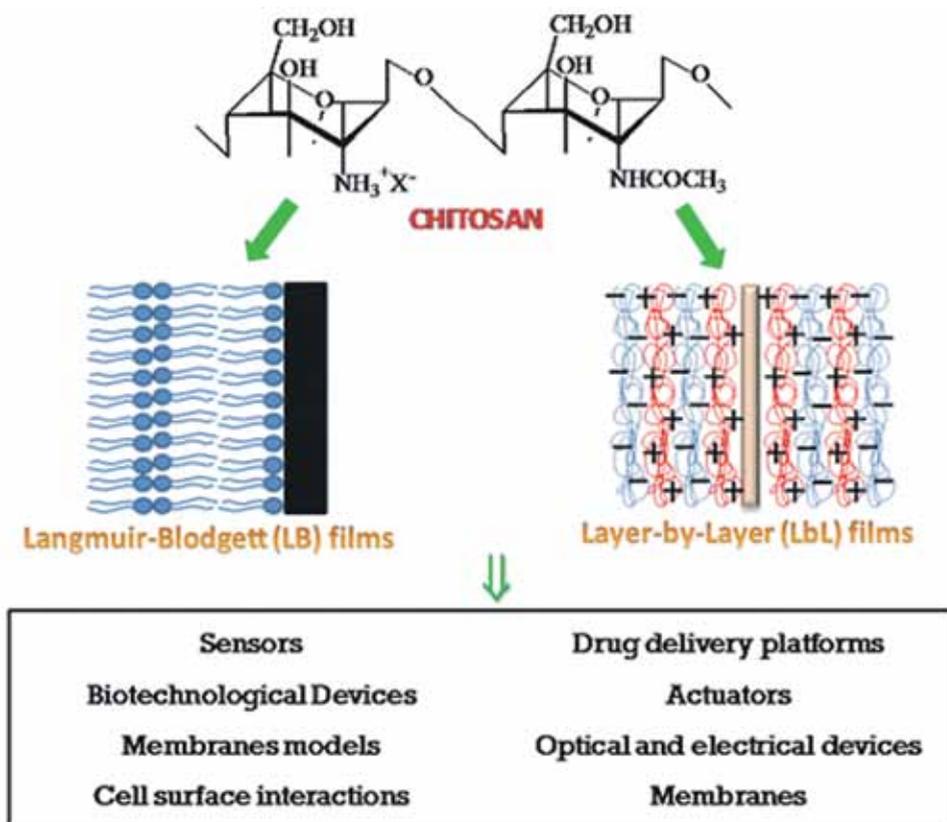


O controle molecular de propriedades de filmes ultrafinos é essencial para produzir novos materiais para memórias ópticas e aplicações em fotônica. Esse controle requer estudos fundamentais das interações moleculares, o que vem sendo explorado em colaboração científica de

pesquisadores do IFSC, da Unifesp-Diade-
ma e da Finlândia. A micrografia da figura
mostra uma imagem de microscopia no ângulo
de Brewster de um filme de Langmuir
produzido com azopolímeros e um polí-
mero semiconductor, relatada em artigo da
J. Coll. Interface Sci. 346 (2010) 87.

Revisão sobre quitosana em filmes finos nanoestruturados tem grande visibilidade em periódico internacional

22 de setembro de 2010



O artigo de revisão intitulado *Chitosan in Nanostructured Thin Films* foi o artigo mais acessado no último mês pelos leitores do periódico *Biomacromolecules*, um dos veículos de maior importância

da área de biopolímeros. O *review* foi escrito pelo aluno de doutorado do programa de Ciência e Engenharia de Materiais do IFSC, Felipe J. Pavinatto e por seu orientador Osvaldo Novais de Oliveira Jr.

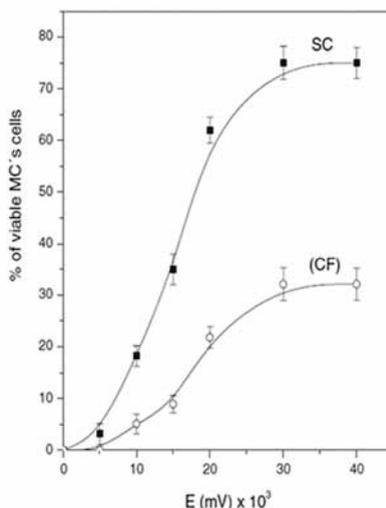
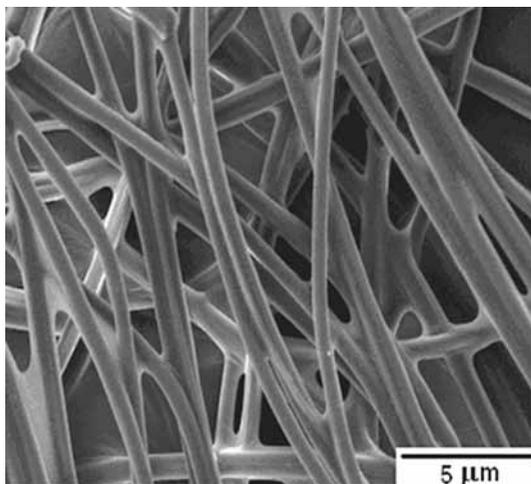
(Grupo de Polímeros), juntamente com o professor Luciano Caseli, da UNIFESP-Campus Diadema. Nele são descritos e analisados, crítica e comparativamente, 176 artigos que tratam do emprego da quitosana em filmes finos nanoestruturados. A quitosana é um polissacarídeo derivado da quitina, abundante na natureza, que possui importantes aplicações biológicas, por exemplo, em terapia gênica, entrega controlada de fármacos, imobilização de

biomoléculas e como agente bactericida, entre outras.

O artigo de revisão, que pode ser acessado em <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bm1004838>, foca principalmente na incorporação da quitosana em filmes *layer-by-layer (LbL)* e *Langmuir-Blodgett (LB)*, e no uso dos filmes como modelos de membrana celular, sensores e dispositivos de diversos tipos.

Nanomedicina - Células cardíacas imobilizadas em nanofibras condutoras respondem a eletroestimulação

24 de setembro de 2010



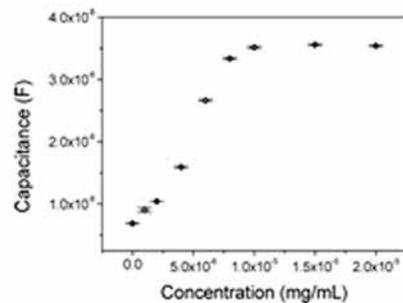
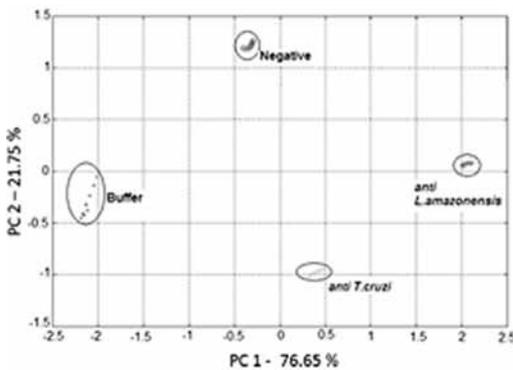
Effects of electrostimulation on cell growth after 72h. SC and F are fibrous scaffold and cast HPLys-PANINTs films, respectively. (PANINTs concentration in the nanofiber was 1.5% w/w).

Pesquisadores da Universidade Federal de Itajubá e do IFSC desenvolveram uma plataforma nanoestruturada contendo nanofibras de polímeros condutores. As plataformas foram usadas para ancorar células cardíacas que se desenvolveram melhor com a aplicação de eletroestimulação. O trabalho pode aju-

dar no implante de células, após infarto. A primeira figura mostra uma micrografia das nanofibras. O crescimento celular é intensificado com eletroestímulo, como mostra a comparação das duas curvas na figura à direita. Publicação: Giuliani, E. et al., J. Macromolecular Sci.

Novos sistemas nanoestruturados para diagnóstico rápido e barato da Leishmaniose e Chagas

16 de novembro de 2010



Resposta do Biossensor, mostrando ser possível a detecção e diferenciação entre anticorpos específicos para cada doença.

Em trabalho coordenado por pesquisadores do IFSC, em colaboração com pesquisadores do ICMC, FFCLRP, UNIFESP e UNIR, foram desenvolvidos sistemas para detecção rápida e a baixo custo da Leishmaniose e Chagas. A nova estraté-

gia está sendo patenteada e pode ser aplicada a várias outras doenças infecciosas.

Publicação: Perinotto et al., *Analytical Chemistry*, DOI: 10.1021/ac101920t

Pesquisadores inovam no diagnóstico de doenças infecciosas

23 de novembro de 2010

As doenças negligenciadas são um grupo de doenças tropicais infecciosas que assolam populações menos favorecidas da América Latina, Ásia e África. Entre estas doenças estão as conhecidas Esquistossomose, Elefantíase, Hanseníase, Leishmaniose, Malária e Doença de Chagas. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), juntas essas doenças causam quase um milhão de óbitos por ano. Sendo doenças que se alastram em áreas remotas, notoriamente as mais pobres do mundo, tanto medidas preventivas quanto o diagnóstico e tratamento não são difundidos com facilidade. É importante para estas áreas em desenvolvimento que sejam disponibilizados métodos baratos, rápidos e fáceis de aplicar na detecção e no tratamento destas doenças.

Um grupo de pesquisadores brasileiros desenvolveu um sensor elétrico simples que pode inovar no diagnóstico da Leishmaniose, uma doença infecciosa causada por um parasita chamado *Leishmania amazonensis*, muito comum no Brasil. Cerca de 12 milhões de pessoas no mundo sofrem desta enfermidade, que causa lesões na pele e pode ser fatal. Geralmente, o diagnóstico da Leishmaniose é difícil, pois além de custar caro e resultar frequentemente em falsos positivos, a quantidade de

anticorpos que o organismo produz para combatê-la é muito baixa.

A ação do sensor desenvolvido pelo grupo de brasileiros é detectar estes anticorpos específicos que agem no combate da infecção. O professor Valtencir Zucolotto, do IFSC, explicou como o sensor funciona. Ao colocar o circuito elétrico em contato com a amostra de sangue, aplica-se um sinal elétrico sobre este eletrodo: *Dependendo do sinal de resposta, ou seja, da corrente que se mede no eletrodo, podemos dizer se os antígenos imobilizados no eletrodo reagiram com anticorpos anti-leishmania. Se reagiram, é porque havia anticorpos na amostra e, portanto, o paciente estava infectado*, explica ele.

A simplicidade deste funcionamento se estende à produção do biossensor: são proteínas antigênicas da *Leishmania amazonensis*, incorporadas a nanoesferas imobilizadas sobre circuitos elétricos: *Com isso, o sistema está pronto para detectar anticorpos de material infectado – sangue, plasma, etc*, conta Zucolotto. Com este novo desenvolvimento, o tempo estimado de diagnóstico é de 10 a 20 minutos. O custo também será drasticamente reduzido, já que os eletrodos descartáveis devem custar menos de um dólar e o sistema

de medida, que é reutilizável, deve custar algumas centenas de reais. Isso é incrivelmente barato, já que, segundo Zucolotto, os equipamentos convencionais custam cerca de 20 mil reais. Ainda não há uma previsão exata de quando este método estará disponível para uso dos profissionais da saúde. Os testes foram realizados apenas em ratos, mas os pesquisadores já estão planejando os testes em humanos: *Já estamos começando os testes neste mês*, afirma Zucolotto.

Este trabalho é pioneiro no mundo e coroa os esforços de pesquisadores do

Brasil, na área de nanomedicina. Os sistemas nanoestruturados significam grande avanço no diagnóstico das chamadas doenças negligenciadas e podem ser adaptados para várias outras doenças, como a Doença de Chagas, que também pode ser fatal. Estas adaptações já estão sendo testadas no Laboratório de Nanomedicina e Nanotoxicidade do IFSC (<http://www.lnn.ifsc.usp.br>): *Essa realização representa as vantagens de se usar a nanotecnologia em medicina*, finaliza Zucolotto.

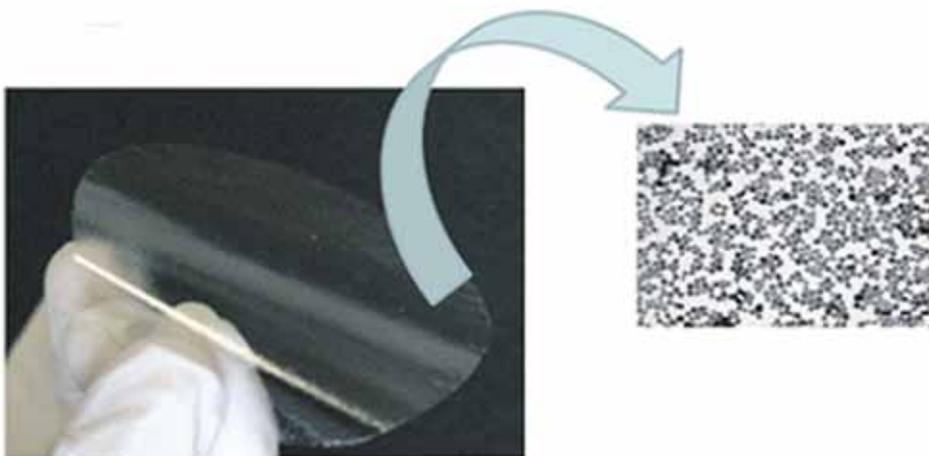
Nanotecnologia Comestível: Pesquisadores desenvolvem novo material para embalagens e revestimento de alimentos usando nanopartículas

08 de dezembro de 2010

Em trabalho coordenado por pesquisadores do IFSC, em colaboração com a EMBRAPA/CNPDIA, foram desenvolvidos novos filmes finos para revestimento de alimentos, no conceito *Smart Packing*. Os novos revestimentos podem proteger os alimentos por mais tempo e podem até

ser ingeridos, pois são fabricados na base de celulose e nanopartículas de polímeros naturais.

Publicação: Moura, M et al., *Journal of Food Science*



Filme fino a base de celulose contendo Nanopartículas de Quitosana.

Com parceria francesa, docente do IFSC desenvolve pesquisa em nanomateriais

14 de Abril de 2011

No IFSC, o Grupo de Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos (CCMC), coordenado pelo docente Valmor Roberto Mastelaro, faz pesquisas relacionadas à nanotecnologia, sendo que em parceria com o Instituto de Materiais Eletrônicos e Nanociências de Provence (Universidade *Paul Cézanne*, Marselha, França), são produzidos nanomateriais que podem vir a ser utilizados como sensores de gás e células solares.

No século XX, eram comuns materiais produzidos na escala micrométrica (10^{-6} m), mas no novo século, o popular é a escala nano: *A nanotecnologia seria a aplicação de materiais com tamanho na ordem do nanômetro [10^{-9} m], esclarece Valmor: Mas os nanomateriais não são novos, são apenas materiais antigos que agora são produzidos em escala bem menor. Egípcios e chineses já utilizavam esses materiais na pintura de vasos. Com o estudo mais aprofundado, foi possível melhorar seu uso graças ao desenvolvimento de novas técnicas de síntese, o que alterou ou evidenciou a propriedade dos nanomateriais. Muitas vezes, só de alterar-se a forma de um material nanoestruturado, ele pode ter suas propriedades melhoradas.*

Por exemplo, a síntese do óxido de titânio (TiO_2) em escala nanométrica propiciou sua utilização como aditivo em produtos cosméticos e farmacêuticos, com destaque para a aplicação em cremes solares na absorção dos raios ultravioleta: *Mais recentemente, descobriu-se também que o óxido de titânio, dependendo da morfologia das nanopartículas, tem suas propriedades evidenciadas e assim é possível utilizá-lo de maneira otimizada, explica Valmor: Esse mesmo efeito foi observado no estudo de nanotubos de carbono, o que ampliou a aplicação deste material, por exemplo na área biomédica.*

Parceria com a França

O grupo de Valmor produz nanomateriais e estuda suas propriedades físicas. Os materiais são enviados ao grupo de pesquisa francês, para testes, numa colaboração através de um projeto CAPES-COFECUB, do qual também participam pesquisadores do Grupo de Fotônica do IFSC: *Juntamos a competência dos dois grupos- brasileiro e francês- e a ideia é que fabriquemos os materiais, caracterizemos suas propriedades básicas, enquanto na França são feitos os testes desses materiais*

nos sensores de gás e células solares, conta o docente.

O projeto, que completa seu segundo ano, é promissor. Em maio deste ano, Valmor levará até a França a primeira amostra de nanomateriais produzida por seu grupo: *Agora poderemos ver os primeiros resultados, porque são materiais novos. Os primeiros testes serão feitos para os sensores de gás.*



Resultado final do nanomaterial, que buscará trazer melhor eficiência nos sensores de gás.

Os sensores de gás são dispositivos utilizados para detectar a quantidade de gases em um ambiente. No caso de um vazamento de gases tóxicos, esses sensores poderiam acusar tal vazão, evitando acidentes. Nos carros mais modernos já existe um sensor de oxigênio, conhecido também por sonda lambda. O sensor faz parte do sistema de controle de emissões e envia dados para o computador de gerenciamento do motor. O objetivo é ajudar o motor a funcionar da forma mais eficiente e produzir o mínimo de emissões: *Esse tipo de sensor já existe e é comercializado há anos, mas o que se busca são sensores mais sensíveis e rápidos, que possam detectar, de uma maneira mais eficiente, a presença destes gases, explica Valmor: O que desenvolvemos aqui será comparado com o que já se tem no mercado, para verificarmos se nosso material atende às melhores condições de rapidez e sensibilidade exigidas, conclui o docente.*

Docente do IFSC fala sobre nova tecnologia que tem revolucionado a medicina

09 de Junho de 2011

O Prof. Valtencir Zucolotto, responsável pelo Laboratório de Nanomedicina e Nanotoxicologia (LNN) do IFSC, tem suas principais pesquisas dedicadas à Nanomedicina, termo cunhado para definir a área que utiliza métodos microscópicos para fazer diagnóstico e terapia: *Nanomedicina é uma área da ciência aplicada, relativamente nova no mundo todo. Nosso foco é utilizar nanomateriais, como nanopartículas, nanotubos de carbono etc., na detecção e tratamento de doenças*, define o docente.

A troponina é uma proteína fabricada somente no coração. Quando há grande risco de infarto, sua produção é elevada. Com material doado pelo Incor, Zucolotto e colaboradores produzem sensores para identificação da proteína: *Coleta-se periodicamente o sangue de pacientes que estejam internados e faz-se o monitoramento dos níveis de troponina; através dessa avaliação constante é possível saber o risco de o paciente ter infarto e, obviamente, evitar que isso ocorra*, explica. Os nanomateriais não são fármacos, embora possam atuar como tal. São nanopartículas funcionalizadas com biomoléculas que, uma vez injetadas no corpo humano, podem se alojar próximo a locais que contenham tumores. *Depois desse procedimento, fica muito mais*

fácil - por tomografia ou ressonância magnética - identificar o tumor. Se esses materiais não estão ao redor do tumor, pode não haver contraste suficiente em imagens pelas técnicas tradicionais, explica o docente.

Nos Laboratórios da Biofísica do IFSC, diversas experiências já foram realizadas para testar a eficiência dos nanomateriais. *Esses materiais ainda não são comercializados. A ideia principal é que um dia eles sejam injetados no corpo humano e o grande desafio é que passem pelas células saudáveis e pelo sistema imunológico sem serem notados, atingindo somente as células doentes*, afirma o docente.

Medicina regenerativa

Um tópico atual na medicina é a terapia celular com uso de células-tronco. Uma dificuldade dessa terapia é que, ao injetar tais células no corpo, estas se espalham sem controle para quaisquer partes do organismo. Por isso, é necessário criar plataformas nas quais as células possam se depositar, que é parte do trabalho que o grupo de Zucolotto desenvolve: *Essas plataformas não irão espalhar-se pelo corpo do paciente. Uma vez depositadas nessa estrutura, as células entrarão somente nos locais específicos- e necessários- do corpo*

humano. Os nanomateriais desenhados pelo grupo de pesquisa são direcionados a buscar tumores específicos: O material identifica especificamente um tumor do colo do útero, de mama, ou um tumor no fígado e assim por diante, conta Zucolotto.

A nanotecnologia já está em nosso cotidiano, inclusive em protetores solares: O mundo todo já produz nanotecnologia, mas em nosso laboratório, além da produção, analisamos também a toxicidade dos materiais produzidos, uma preocupação importante. Há vinte anos, ninguém tinha nanopartículas em seu cotidiano: hoje, esse cenário já é diferente, explica o docente.

Zucolotto já realiza esse tipo de pesquisa há três anos e hoje conta com diversos colaboradores, desde estudantes de iniciação científica até pós-doutorandos: Nosso laboratório é um dos pioneiros do país a atuar na área, conta. Em princípio focado no diagnóstico de doenças, o professor pesquisa uma forma de, por um único caminho, identificar moléstias no corpo humano e ao mesmo tempo curá-las: Temos resultados demonstrando que os nanomateriais são mais eficientes para combater câncer de fígado e do colo do útero, do que alguns antitumorais convencionais que temos no mercado, esclarece. Zucolotto conta com a colaboração de dois alunos que estudam a detecção de anomalias no DNA: Há doenças que têm base genética, ou seja, já compõem o DNA dos pacientes. As principais são diabetes, câncer e hipertensão. Os alunos trabalham também com a produção de genossensores, produzidos com nanopartículas: Uma parte da pesquisa é voltada ao estudo da diabetes,

outra à hipertensão. Nossa linha de estudo é focada na detecção precoce dessas doenças. Um diagnóstico em recém-nascidos pode até mesmo evitar que ele venha a desenvolvê-las, explica.

Dentre as matérias-primas para produção de nanomateriais, o grupo de Zucolotto se concentra em nanopartículas metálicas, de ouro, prata e platina, nanopartículas de polímeros naturais, como quitosana e poliácido láctico, nanotubos de carbono e grafeno, este último uma forma de carbono.

Merecem destaque as nanopartículas de óxido de ferro, que são superparamagnéticas. De acordo com o docente, quando tais partículas se alojam ao redor de um tumor e se aplica um campo externo oscilante, essas nanopartículas são aquecidas, podendo destruir o tumor: Essa técnica é chamada 'hipertermia'- destruição do tumor pela elevação local da temperatura. Poucos graus Celsius já são suficientes para matar a célula doente. Isso não é novo e em princípio não tem nada a ver com nanotecnologia. A novidade é que esses materiais podem ajudar a concentrar o calor somente na região em que o tumor está alojado, explica.

Estudos in vitro e in vivo são realizados pelo docente. O primeiro se faz através do contato entre os nanomateriais produzidos pelo grupo e células tumorais ou células saudáveis retiradas de seres humanos: São culturas celulares, ou de células tumorais do fígado, mama, colo do útero. Colocamos essas células em contato com os materiais produzidos e estudamos como elas sofrem a ação dos nanomateriais, explica Zucolotto.

As *ftalocianinas* são usadas para detectar a quantidade de dopamina - um dos neurotransmissores responsáveis pelas variações de humor em nosso organismo. É a quantidade de dopamina que regula, por exemplo, os estados depressivos de uma pessoa doente. No laboratório de Zucolotto são produzidos chips capazes de detectar a quantidade de dopamina. De acordo com o docente, há quatro anos seu laboratório pesquisa o assunto, tendo já publicado artigos sobre o tema.

Para as experiências *in vivo*, Zucolotto conta com a colaboração de pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e da Faculdade de Medicina da USP, campus São Paulo. *Em São Paulo, eles possuem grandes biotérios e fazem experiências utilizando-se até mesmo de animais de médio porte, como porcos, conta.*

No começo de 2011, a Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da USP aprovou verbas para a criação de Núcleos de Pesquisa Avançada em Inovação. Junto a pesquisadores do Instituto do Coração (InCor) e da Faculdade de Medicina da USP, Zucolotto e seus colaboradores tiveram aprovado um projeto intitulado *Núcleo para Convergências das Ciências da Vida, Física e Engenharia para Inovação em Diagnósticos e Terapias*. A criação do novo núcleo permite a aplicação, de maneira mais rápida, dos nanomateriais produzidos no LNN em testes *in vivo*. Possibilitará, inclusive, a realização de testes clínicos em pacientes, no futuro. *Isso abre ótimas perspectivas para que tudo o que vem sendo feito em laboratório seja finalmente aplicado,* comemora o docente.

Docente do IFSC fala sobre seus estudos e adverte para os cuidados com novidades científicas

17 de Junho de 2011

Perto de completar oitenta anos de idade, docente desenvolve pesquisas ativamente e aconselha sobre nova tecnologia, enumerando vantagens, desvantagens e os cuidados que devemos tomar para fazer bom uso da novidade científica.

A docente do IFSC, Yvonne Primera-no Mascarenhas, embora já aposentada, mantém suas pesquisas em pleno vapor! Com seus estudos direcionados especialmente à análise da estrutura de materiais, atualmente coordena o projeto em rede *Avanços, benefícios e riscos da nanobiotecnologia aplicada à saúde*, também chamada *Nanobiomed*, financiado pela CAPES. O projeto faz parte da Rede Nacional de Nanobiotecnologia e envolve pesquisadores de diversas instituições, como UFSCar, Unesp, UFPI, UFRN, entre outras, num total de 20 grupos de pesquisa.

A contribuição de Yvonne no projeto relaciona-se ao estudo da estrutura de materiais: *Não importa o material, você deve saber seu nível de estrutura atômica para poder entender as propriedades. Muitas vezes, o material pode ter sua estrutura conhecida, mas cabe ao físico, químico, etc., modificar essa estrutura para novas aplicações.*

Ou seja, no caso de um semicondutor, como um material fotovoltaico, por exemplo, pode-se aumentar o rendimento de como a luz é transformada em eletricidade: *Conhecendo a estrutura de um medicamento, você pode modificá-la para evitar efeitos colaterais indesejáveis*, explica a docente.

Yvonne conta que na Nanobiomed ela responde por duas tarefas principais: pesquisas de estruturas moleculares e interação de polímeros sintéticos com nanopartículas, e seu comportamento em diferentes situações: *Em um futuro próximo, estaremos trabalhando também com membranas sintéticas que imitam a membrana celular- e através delas poderemos produzir um lipossomo e observar o efeito dos nanomateriais sobre ele*, explica. O lipossomo, glóbulo de lipídios, é considerado excelente para liberação controlada de medicamentos. Através da pesquisa da docente será possível testar a interação do lipossomo com materiais que possam ser aplicados nos tratamentos de muitas doenças: *A interação de físicos com biólogos é muito importante nesse momento*, conta.

De acordo com Yvonne, as nanopartículas têm uma característica paradoxal: ao mesmo tempo em que têm tamanho redu-

zido, possuem variação estrutural grande. Um exemplo são as moléculas de sal (cloreto de sódio): *As ligações entre sódio (Na) e cloro (Cl) são satisfeitas, internamente, mas as moléculas da superfície não se ligam a nada, o que causa um estado de muita agitação e maior energia em toda nanopartícula, esclarece.*

O boom do mundo nano e a ética no uso

O assunto parece recente, mas estudos nessa área já são realizados há algum tempo: *Desde a descoberta dos Raios X, medimos a distância entre as moléculas por escala nanométrica. O que faltava era manipular em escala nanométrica. Essa é a novidade! Hoje em dia, temos recursos para esse manuseio e ao chegar nesse ponto cria-se uma imensa área de pesquisa, explica Yvonne. Ela conta que máquinas biológicas - onde se inclui o corpo humano - funcionam em escala nanométrica: A parede celular, que permite a entrada e saída de nutrientes na célula, é nanométrica, esclarece. Por outro lado, a nanotecnologia deve ser usada com responsabilidade, pois seu uso*

incorreto pode causar danos, inclusive à saúde: Imagine que você respira uma nanopartícula e ela vai parar no seu pulmão. Se ela começa a interagir com as membranas do pulmão isso pode gerar problemas, pois o agitação dessas partículas é muito alto! A nanopartícula é mais ativa, ela tem capacidade de interagir com qualquer sistema que se junte, explica: É preciso fazer uso responsável das nanopartículas. Um levantamento de dados, para saber onde se encontra a nanotoxicidade dos materiais, é muito importante! adverte Yvonne.

Com bom uso, os benefícios são incontáveis. Segundo a professora, a genética terá grande salto com estudos em escala nano: *A área de manipulação genética é a grande aposta! Por exemplo, se uma criança foi gerada com defeito genético, pode-se fazer o conserto desse gene, diz: No âmbito de bactérias, essas intervenções já são muito bem feitas. Ela finaliza com a ideia de que todo conhecimento pode ser usado para o bem ou mal. É preciso que ao longo do desenvolvimento tecnológico cresça uma população crítica e ética para que se faça a utilização responsável dessa novidade.*

Docente comenta como pesquisas básicas podem auxiliar no desenvolvimento brasileiro

30 de Agosto de 2011

O termo *nano* está no auge. Porém, muito antes de o termo e da própria tecnologia tornarem-se parte de nosso cotidiano, estão sendo desenvolvidas pesquisas básicas para aprimorar materiais e processos já empregados. Euclýdes Marega Júnior, docente do IFSC e estudioso do assunto há vinte anos, diferencia a nanociência das outras ciências básicas: *Física atômica estuda os átomos, física dos materiais estuda os materiais macroscópicos, aqueles que conseguimos tocar, enxergar. No que se refere à grandeza e propriedades, os nanomateriais ficam entre o atômico e o macroscópico*, elucidada. A escala atômica é da ordem de 10^{-10} m, escala nanométrica 10^{-9} m e a micrométrica, que se refere também a pequenos materiais, mas já com propriedades volumétricas, são da escala de 10^{-6} m: *Todos eles possuem propriedades eletrônicas diferentes. A cor emitida por um grupo de átomos será diferente daquela emitida por um cristal*, explica o docente: *Assim, torna-se possível construir materiais que não existem na natureza.*

A produção de elementos artificiais inclui os nanomateriais, que podem carregar propriedades de semicondutores ou metálicos. Os semicondutores, extremamente úteis para a eletrônica, em razão de

seu nível de condutividade, têm suas propriedades físicas afetadas pela variação de temperatura, exposição à luz e acréscimos de impurezas. O semicondutor silício é a matéria-prima de chips de computadores e dos atuais aparelhos de televisão. Um material semicondutor tem propriedades intermediárias entre condutores e isolantes, com a vantagem de suas propriedades de condução poderem ser modificadas, tornando-o quase um metal ou mesmo um isolante: *Logo que iniciei minhas pesquisas, existia uma corrente que argumentava que a tecnologia do silício estava chegando ao seu final e que novos materiais deveriam substituí-lo. A história não foi bem essa. A tecnologia de nanofabricação teve papel fundamental e hoje quase que 100% dos equipamentos eletrônicos são baseados na tecnologia desse material. Na indústria optoeletrônica, os semicondutores do grupo III-V, onde se incluem os LEDs brancos, estão se tornando a solução para a iluminação num futuro próximo.* O docente traz mais argumentos: *Um exemplo claro de como a nanofabricação mudou nossa forma de viver são os dispositivos portáteis, como celulares, tablets, vídeo-games etc. Hoje pode-se ter um iPod com 64Gb de*

memória, que pesa 100 g. Há trinta anos, os computadores com muito menos capacidade de processamento pesavam na ordem de 1 tonelada e estavam restritos somente a pesquisadores em universidades e centros de pesquisa.

Os estudos de Euclides estão especialmente relacionados às técnicas de fabricação de materiais nanométricos semicondutores. Um artigo científico publicado pelo pesquisador, em 1996, teve grande impacto na área, com 215 citações no *Institute for Scientific Information (ISI)*: *Este trabalho foi sem dúvida um marco na área, sendo totalmente realizado no IFSC, desde a concepção e amostras até aos resultados e análises.* No momento, seu grupo de pesquisa não faz estudos voltados para tecnologia, mas para pesquisa básica, que servem de alicerce para novas tecnologias: *No mundo, as pesquisas tecnológicas para nanomateriais já são bem desenvolvidas, mas no Brasil, infelizmente, ainda não temos indústrias que consigam transformar ciência em tecnologia,* conta. Ele dá o exemplo dos telefones celulares que, embora sejam montados no Brasil, têm todos os seus componentes importados: *A pesquisa tecnológica consiste na busca pela produção de certos dispositivos que agreguem propriedades dos materiais, úteis para alguma coisa. O LED é um exemplo, esclarece: Se conseguirmos formar bons estudantes em pesquisas básicas, eles poderão se inserir no*

ramo de microeletrônica e nanofabricação, caso indústrias desse tipo se estabeleçam no país, e produzir a tecnologia da qual necessitamos para não termos mais que importar peças de celular, computadores e televisões. Embora não ganhem atenção devida, as pesquisas básicas podem solucionar dois problemas brasileiros: desenvolvimento de produtos e qualificação de mão-de-obra: *Hoje, o principal problema na área de nanoestruturas semicondutoras ou nanofabricação, no Brasil, é exatamente esse. A Foxconn, empresa chinesa que vem para o Brasil para produzir tablets, em princípio não poderá contar com a mão-de-obra brasileira,* exemplifica o docente.

Sobre o papel do IFSC e de seu grupo para a solução dos problemas mencionados, Euclides aponta o estudo pioneiro de pontos quânticos semicondutores: *Muitos trabalhos que desenvolvemos aqui têm alto impacto na ciência nessa área de pesquisa e são reconhecidos internacionalmente.* Sobre a aplicação dos estudos, Euclides afirma que num primeiro momento a intenção principal é formar pessoas capacitadas a trabalhar em grandes empresas de tecnologia: *No momento, o Brasil não tem condições de montar uma grande empresa tecnológica. Portanto, o primeiro passo é formar pessoas qualificadas. Essas pessoas terão um papel fundamental para mercados tecnológicos que venham a surgir no Brasil,* finaliza.

O plástico do futuro

13 de Dezembro de 2011

O avanço tecnológico é cada vez mais acelerado com o desenvolvimento de novos materiais. Através da manipulação de certos elementos da natureza, pesquisadores têm criado produtos com alto desempenho, entre os quais os polímeros - matéria-prima das sacolas plásticas e da borracha. Esses materiais têm sido detalhadamente estudados e manipulados no *Grupo de Polímeros Prof. Bernhard Gross*, do IFSC, com o intuito de torná-los *super-polímeros*: mais resistentes, capazes de armazenar informações e em futuro breve trazer mais segurança a cartões de créditos, cédulas de dinheiro e mesmo em dispositivos de carros.

Polímeros são macromoléculas com propriedades interessantes, das quais em geral somente as mecânicas são exploradas, ou seja, o potencial dos polímeros é aproveitado na maior parte das vezes para produção de embalagens, sacolas plásticas, molduras, etc. O mero, unidade química que se repete para formar a cadeia do polímero, possui propriedades que conferem características específicas ao polímero: um tipo de mero pode gerar um polímero com grande resistência mecânica, já outro mero pode permitir armazenamento de informação óptica. Quando o polímero possui meros diferentes, estes são chamados *copolímeros* e podem ser vantajosos em relação

a um polímero comum, justamente por possuírem propriedades distintas.

Para modificar as propriedades dos materiais, visando a um melhor aproveitamento, é preciso conhecê-las, afirma Osvaldo Novais de Oliveira Jr., docente do IFSC e um dos pesquisadores do Grupo. Há cerca de quatro anos, Osvaldo e colaboradores - incluindo colegas do Grupo de Fotônica do IFSC - chegaram a um resultado que lhes rendeu publicações científicas e uma patente: a construção de uma memória em 3D, através de uma técnica de armazenamento óptico por fotoisomerização, processo no qual se incide luz num material alterando a orientação de suas moléculas e permitindo o armazenamento de informações: *É como se estivéssemos escrevendo com luz*, explica Osvaldo. Para que seja gerado um produto em larga escala, com um preço acessível, é preciso descobrir novos materiais sensíveis à luz e que permitam a inscrição e leitura com eficiência e baixo custo.



Escrito com a luz: teste realizado pelo Grupo de Polímeros “Prof. Bernhard Gross”.

Apesar de grande parte da tecnologia baseada em leitura óptica, através de lasers, já estar bem estabelecida - prova disso é o bom funcionamento de CD's e DVD's - ainda se buscam novas possibilidades de armazenamento óptico de informações: *A capacidade de memória de novos materiais já tem sido aprimorada ao longo do tempo, especialmente nos últimos anos. O objetivo final dos estudos com polímeros é obter memórias com características especiais. Uma das possibilidades é o armazenamento em três dimensões, em que a informação não será armazenada em um único plano, como funciona nos discos que temos hoje. Ela poderá ser armazenada em vários.*

O Grupo de Polímeros tem utilizado plásticos para atingir esse objetivo, mas não na forma como os conhecemos. Esses polímeros tiveram suas propriedades alteradas para que o material ofereça melhor desempenho. Isso significa que se atribui nova funcionalidade ao material a partir da modificação de suas propriedades, o que se pode atingir de várias formas. Duas delas são a alteração das moléculas do material, utilizando-se meros diferentes, e a

deposição das macromoléculas do polímero em filmes nanoestruturados.

É nesses dois pontos que Osvaldo e seus colaboradores trabalham: tanto na modificação de propriedades, quanto na formação de filmes finos: *Nesse projeto, estamos juntando competências dos diversos grupos do IFSC, além de um grupo de pesquisa argentino que se incumbiu da produção de novas moléculas poliméricas, conta Osvaldo.*

A parceria entre Brasil e Argentina rendeu financiamento da FAPESP e do *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas* (Conicet). O financiamento permitirá intercâmbio de pesquisadores e estudantes entre os dois países, com vistas ao aprimoramento contínuo da pesquisa para produção do novo material: *Nosso objetivo nessa parceria é formar pessoal de alto nível. Esse intercâmbio científico é importante não só para essa formação, mas para o fortalecimento da interação entre países da América Latina, inclusive no que se refere à geopolítica, geração de riquezas e bem-estar para os nossos povos, diz Osvaldo.*

A grande evolução tecnológica que experimentamos hoje depende de pesquisas básicas, como as do *Grupo de Polímeros Bernhard Gross: Estamos produzindo materiais que não são encontrados na natureza, obtidos a partir de modificações e manipulações de matéria-prima. A aplicação em qualquer produto com novos materiais requer compreensão de suas propriedades e como estas podem ser modificadas. E isso só pode ser alcançado com pesquisa básica, explica o docente:*

Grande parte do desenvolvimento tecnológico depende do acúmulo de conhecimentos.

A pesquisa prevista na parceria com a Argentina busca várias vantagens: polímeros para armazenamento óptico em sua forma original não são flexíveis nem resistentes. Quando se fabricam os filmes finos com o copolímero, combinando propriedades mecânicas e ópticas no mesmo material, aumenta-se a possibilidade de aplicação: *Poderemos ter materiais que funcionem*

bem em temperaturas mais altas, por exemplo, pois o material será mais resistente, explica Osvaldo.

O Grupo preocupa-se com a aplicação das técnicas desenvolvidas. Mas o foco inicial é provar as possibilidades de melhora das propriedades do polímero e explicar os fenômenos envolvidos em sua aplicação: *O desenvolvimento de produtos muitas vezes só é possível a partir de pesquisas básicas, geradas, em princípio, sem preocupação com a aplicação.*

Técnica para rastrear células-tronco

06 de Fevereiro de 2012

Revolucionária, eficaz, mas de alguma forma polêmica. Essas são algumas das características que um conjunto de críticos já escolheu para definir a terapia envolvendo células-tronco. Com efeito, embora esteja se mostrando eficiente, o tratamento com células-tronco apresenta seus riscos: alojadas em regiões *impróprias*, as células podem causar tumores - benignos ou malignos.

A solução para isso já vem sendo estudada por pesquisadores da Faculdade de Medicina (FM-USP), Instituto de Física (IF-USP) e IFSC: *A medicina traz o problema, que é o monitoramento de células-tronco depois do implante. A física traz a técnica de visualização, com a ressonância magnética, e a nanotecnologia produz o material que possibilita essa visualização, que são as nanopartículas superparamagnéticas*, explica o responsável pelo Laboratório de Nanomedicina e Nanotoxicologia do IFSC, Valtencir Zucolotto.

A pesquisa é típica da nanomedicina que, junto à terapia com células-tronco, tem revolucionado a medicina. No que se refere à parte médica, a terapia celular já teve grandes avanços: *Muitas coisas já são compreendidas hoje. A parte de bioquímica das células, por exemplo, que possibilita que uma célula-tronco se transforme em uma célula de outro tecido, ou a biotecnologia, que possibilita o implante dessas células no*

corpo humano, já estão bem estabelecidas, afirma o docente.

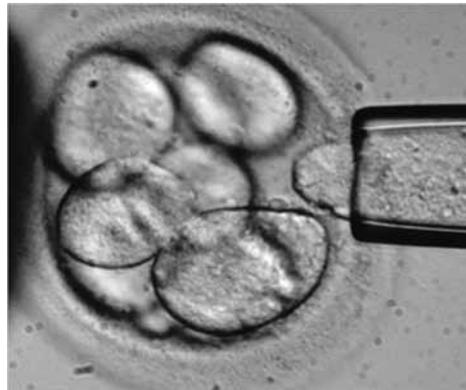


Imagem de células-tronco embrionárias

As referidas técnicas já são de uso frequente, mas há um grande desafio: embora tenham destino certo quando injetadas no corpo, as células-tronco podem seguir qualquer direção gerando problemas, incluindo tumores. A equipe citada no começo da matéria é responsável por desenvolver técnicas capazes de monitorar as células depois do implante – se estão percorrendo o caminho que deveriam e como se estão transformando no tecido para o qual foram designadas. A tarefa não é fácil devido ao tamanho da célula, o que exige uso de nanomateriais, como as nanopartículas superparamagnéticas produzidas no laboratório de Zucolotto. Depois disso, o imageamento por ressonância magnética será capaz de rastreá-las. Nesse estudo

específico, em parceria com o Instituto do Coração, ligado ao Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (FM-USP), o monitoramento será feito nas células-tronco implantadas no coração: *Quando uma pessoa tem um infarto, parte das células coronarianas morre. A ideia é que as células-tronco injetadas ali possam criar novos tecidos coronarianos saudáveis. O problema, em princípio, é como monitorar se essas células estão desenvolvendo novos tecidos do coração*, explica Zucolotto.

As nanopartículas produzidas e caracterizadas pela equipe de Zucolotto são enviadas ao Incor, onde o docente José Eduardo Krieger, responsável pela pesquisa na FM-USP, injeta-as em células-tronco *in vitro*. A próxima etapa é o envio ao IF-USP, onde o docente responsável por essa parte, Said Rabbani, tenta encontrar as nanopartículas por ressonância magnética: *O grande problema é que as células são muito pequenas - com 10^{-6} m. Não era possível vê-las sozinhas pela ressonância, mas o sinal emitido pelas nanopartículas, sim*, conta Zucolotto.

Depois dos bem-sucedidos testes *in vitro*, o próximo passo é injetar células-tronco com nanopartículas no coração de um porco isquêmico. O animal será então levado ao equipamento de ressonância para que se tente visualizar as nanopartículas. Com o monitoramento sendo bem-sucedido em porcos, o próximo teste será feito em ratos. Tendo sucesso nas duas cobaias, o experimento já poderá ser

aplicado em humanos: *Só injetaremos essas nanopartículas nos humanos quando soubermos muito bem para onde elas vão*, afirma Zucolotto. Sabendo o caminho que elas percorrem, as nanopartículas podem ser induzidas no futuro. Elas serão revestidas com uma molécula específica, para ser ligada a um órgão específico: *Já estamos desenhando uma cobertura para a nanopartícula. Pode ser um receptor, um anticorpo, que se ligue a uma proteína que só existe no coração, por exemplo*, explica.

Embora a pesquisa esteja caminhando com rapidez, os passos são cautelosos. Supondo que uma nanopartícula seja utilizada para levar uma droga para o interior de um tumor, mesmo que ela não fique totalmente alojada naquela região não há grandes riscos ao paciente, pois a droga será eliminada: *Atualmente, o problema da quimioterapia é que o remédio vai para o corpo todo e daí as quedas de cabelo, baixa imunidade e ânsias de vômito naqueles que recebem o tratamento. O remédio é muito tóxico. No caso da célula-tronco, o cuidado deve ser dobrado pois se não houver garantias de que ela está no local correto, ela não será eliminada pelo corpo, como um remédio, e ainda pode causar mais tumores*, reforça Zucolotto.

O trabalho em conjunto já trouxe diversos experimentos bem-sucedidos. A parceria entre medicina e física, neste caso, teve início em 2011. O próximo passo, que é o teste com porcos, está previsto para este ano.

Nanopartículas - beleza turbinada

15 de Fevereiro de 2013

A maneira tradicional de produzir cosméticos pode estar com os dias contados, se depender da pesquisa da pós-doutoranda do Grupo de Biofísica Molecular do IFSC, Amanda Luizetto dos Santos. Sob supervisão do docente do IFSC, Valtencir Zucolotto, Amanda criou nanopartículas de polímeros e lipídios. A nanopartícula protege o material envolvido e mantém suas propriedades intactas, diminuindo os riscos de degradação e perda de eficiência, causados pela exposição ao Sol e/ou ao calor.

Com a técnica de *hidrodestilação*, Amanda usa apenas água para extrair o óleo de diversas plantas - como cravo, pimenta-rosa, gengibre e manjerição. Tal processo de extração, 100% natural, diminui ou anula reações alérgicas ou a contaminação da pele. *Quisemos estudar óleos de diversas plantas, pois cada um deles possui propriedades biológicas diferentes*, explica a pesquisadora.

Ainda de acordo com Amanda, o tempo de extração do óleo é longo, o que torna seu custo elevado. No entanto, como tem havido preferência pelos produtos naturais, esse é um mercado em ascensão e de futuro promissor.

Durante a pesquisa, Amanda fez comparações entre o óleo nanoencapsulado e o livre (sem revestimento), tendo chegado a números interessantes: o óleo, na sua forma

livre, não é incorporado em formulações cosméticas; já quando nanoencapsulado é utilizado em concentrações elevadas, de aproximadamente 30%. Além disso, não são necessários conservantes, já que os óleos têm propriedade antimicrobiana, diminuindo o custo da formulação.

Próximos da comercialização

Há um ano, Amanda e outra pesquisadora - Paula Barbugli -, abriram a empresa *Nanomed* para extração dos óleos naturais e testes de eficiência das nanopartículas produzidas. Amanda conta que há seis meses a estabilidade da nanopartícula foi atingida, ou seja, ela foi capaz de proteger o óleo puro, evitando evaporação, degradação e oxidação. *Através desse sistema, os óleos duram mais tempo, além de oferecerem uma atividade mais eficiente, inclusive numa concentração menor do que o tradicional*, explica Amanda.



À esquerda, óleo de cravo-da-índia em água; à direita, nanopartículas poliméricas de eugenol (óleo extraído de cravo-da-índia).

Depois de terem conseguido manter o sistema estável e de nanoencapsular os óleos essenciais, as pesquisadoras da *Nanomed* já têm novos planos: a busca por parceiros que queiram utilizá-los para a produção de quaisquer produtos. Os efeitos estéticos ainda são o foco principal,

mas Amanda não descarta a possibilidade de no futuro tirar proveito das propriedades biológicas dos óleos para uso farmacêutico. Propriedades anestésicas e antifúngicas do cravo já são utilizadas há muito tempo na medicina, assim como algumas pesquisas apontam que a pimenta-rosa incita a produção de dopamina** no organismo e seu uso pode ter efeitos terapêuticos: *Já realizamos alguns testes farmacêuticos em animais e chegamos a resultados promissores.* Portanto, independentemente dos estudos que ainda precisam ser concluídos, Amanda reafirma a eficiência dos óleos essenciais nanoencapsulados e o fato de estes já estarem prontos para fabricação de cosméticos. Mais do que a disposição de uma empresa para arcar com os custos de tal fabricação, é preciso saber quanto os usuários estarão dispostos a pagar por ele.

** neurotransmissor que atua no cérebro promovendo a sensação de prazer e motivação.

Língua eletrônica brasileira é mais sensível que outras tecnologias ou humanos

12 de Março de 2012

A língua eletrônica, um projeto que vem sendo desenvolvido por uma equipe brasileira de pesquisadores há mais de dez anos, utiliza inteligência artificial, sensores super sensíveis e capacidade de reconhecimento molecular para aplicações industriais e até médicas, tornando o projeto brasileiro o mais inovador da área na última década.

O projeto surgiu da demanda industrial, por exemplo, de fármacos ou de alimentos não facilmente palatáveis, casos em que é inviável fazer testes de paladar com humanos. Além disso, para controle rotineiro de qualidade, ter um painel de humanos costuma ter custo muito elevado: *Claro que o trabalho de degustadores não será eliminado, pelo contrário, será muito mais valorizado*, comenta o professor Osvaldo Novais de Oliveira Junior, do IFSC, um dos colaboradores do projeto. Com a língua eletrônica, os resultados podem ser muito mais rápidos, menos subjetivos, e mais viáveis financeiramente.

A língua eletrônica é, na verdade, um conjunto de sensores que tenta mimetizar o funcionamento da língua humana. Sabe-se que os sensores na língua humana são capazes de identificar cinco sabores básicos (salgado, doce, azedo, amargo e umami) e enviar sinais de combinações



entre eles para o cérebro. Com o objetivo de combinar as respostas do equipamento desta mesma forma, ao invés de utilizar apenas um material como sensor, usam-se diversos materiais diferentes. Essa designação de seletividade global, o princípio segundo o qual o sabor é decomposto em alguns sabores básicos, distingue-se da seletividade específica, que é a detecção de substância química. No paladar humano isso não ocorre. Por exemplo, no café existem centenas de substâncias químicas, mas não é necessário que saibamos quais são essas substâncias para sabermos que estamos bebendo café. O odor também tem este tipo de característica: não é necessário identificar moléculas para saber o cheiro. O princípio da seletividade global postula

que se distinga *nuances* destes sabores básicos, por isso a importância de ter vários sensores.

Os sensores são fabricados a partir de filmes poliméricos ou filmes de biomoléculas, e em nenhum destes casos é possível conseguir uma reprodutibilidade alta, ou seja, duas unidades sensoriais nominalmente idênticas – produzidas com os mesmos materiais e nas mesmas condições – não apresentam propriedades iguais. Suponhamos que seja necessário comparar dois sabores em que apenas a acidez varia muito pouco. O ideal seria um sensor com material cujas propriedades elétricas dependessem muito da acidez, ou seja, do pH. Alguns polímeros condutores são extremamente sensíveis a mudanças de pH, então estes materiais são ideais para detectar sabores ácidos. Entretanto, no caso de duas substâncias com pequenas variações nos sabores doce ou amargo, não haverá grandes mudanças no pH ou na quantidade de íons da amostra e portanto o uso de polímeros condutores pode não ser eficiente.

Não há um estudo que pré-determine o número de sensores necessários para se obter a variedade de resposta desejável e gerar algo como uma *impressão digital* de cada amostra de alimento estudado, reproduzindo a combinação de sabores da maneira como o cérebro a capta: *Podemos utilizar o mesmo material, com sensores de características diferentes, como a espessura e a técnica de fabricação do filme*, explica Osvaldo. Os sensores de materiais inorgânicos, uma opção a ser explorada pela equipe, pode apresentar maior reprodutibilidade e otimizar a

análise de alguns tipos de materiais. Contudo, é possível que a sensibilidade do sensor seja menor: *Para aplicações comerciais, seria a melhor saída*, vislumbra o pesquisador do IFSC.

Dez anos de pesquisa

O primeiro trabalho da equipe brasileira foi publicado em 2002, relatando os sucessos do dispositivo com base na técnica de espectroscopia de impedância. Esta é uma inovação que se mostrou superior às técnicas utilizadas em outros projetos internacionais e gerou grande repercussão na imprensa global, como a primeira língua eletrônica de grande capacidade, que podia distinguir todos os sabores básicos, além de águas de coco e amostras de água com pequenas quantidades de poluentes. Desde essa época, muitos avanços têm sido alcançados através do esforço conjunto de pesquisadores brasileiros, que hoje inclui a Escola Politécnica da USP, Embrapa Instrumentação, Unesp de Presidente Prudente, UFSCar de Sorocaba, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade Federal de Rondônia, ICMC e o IFSC. Em 2004, um artigo foi publicado apresentando a capacidade da língua eletrônica brasileira de distinguir complexas amostras de safras de vinhos: *Conseguimos descobrir se o vinho, que era feito da mesma uva e pelo mesmo produtor, provinha de uma safra diferente*, explica o professor. Para atingir uma precisão tão grande com uma amostra tão complicada, como é o vinho, é necessário tratar os dados com métodos especiais: neste caso,



Língua eletrônica na análise de uma amostra de café

foi utilizado um método baseado em redes neurais artificiais.

Depois disso, uma grande contribuição foi *ensinar* a língua eletrônica a distinguir sabores bons de sabores ruins, ou seja, decodificar, a partir da perspectiva humana, os sabores agradáveis e os sabores desagradáveis. Uma perspectiva mais subjetiva para um equipamento eletrônico: *Mostramos que era possível, através de inteligência artificial e do aprendizado de máquina, correlacionar as medidas da língua eletrônica às notas atribuídas por degustadores da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) a amostras de café*, comenta o pesquisador: *É possível ensinar ao equipamento o que é gostoso, inclusive atribuir notas para o que está sendo degustado, completa.*

Aplicações médicas

O conceito de língua eletrônica foi também estendido para biossensores: *Nas línguas eletrônicas originais não tínhamos materiais nas unidades sensoriais que reconhecessem especificamente uma molécula, mas logo percebemos que não há motivo para essa limitação*, observa Osvaldo. Os pesquisadores poderiam selecionar várias unidades que têm a capacidade que chamam de reconhecimento molecular. Um exemplo dado pelo colaborador do IFSC é um par antígeno-anticorpo: os antígenos são moléculas específicas que reconhecem apenas o anticorpo característico daquele antígeno. Este é o princípio empregado nos biossensores para análises clínicas, no diagnóstico de doenças: *O antígeno reconhece um anticorpo específico e, se isso der um resultado positivo, significa que o indivíduo está doente*, explica ele.

Em 2007, o equipamento foi utilizado com sucesso neste conceito estendido, ou seja, algumas das unidades sensoriais tinham a capacidade de reconhecer moléculas específicas e, portanto, detectar diversas doenças: *Esse é o diferencial que torna nosso projeto pioneiro no mundo*, aponta Osvaldo. Dentre os resultados obtidos no âmbito desta aplicação, os pesquisadores foram capazes de fabricar um biossensor que distingue a Leishmaniose da Doença de Chagas, doenças muito similares e que, mesmo com os imunossensores mais sofisticados, ainda ocasionavam falsos positivos.

Em suma, em dez anos de pesquisa, o grupo pôde mostrar amplas aplicações em diversos tipos de alimentos - em geral líquidos, que torna a obtenção das medidas elétricas mais fáceis por serem amostras homogêneas -, além da capacidade do equipamento de distinguir sabores agradáveis dos desagradáveis ao humano e a possibilidade de formar um arranjo de unidades sensoriais capazes de reconhecimento molecular específico para análises clínicas. Neste ano, um artigo divulgou novos resultados de experimentos realizados nos últimos três anos, baseados em uma área de pesquisa relativamente recente, chamada *visualização de informação*. Utilizada principalmente por cientistas da computação, as técnicas de tratamento de dados, oriundas desta área, são muito úteis na análise de grandes quantidades de informação. A chave para o sucesso do trabalho foi a união de diversas metodologias: os filmes são nanoestruturados, o que significa que as unidades sensoriais são fabricadas a

partir de técnicas de nanotecnologia; a biotecnologia envolvida no trato dos materiais biológicos que compõem estes filmes e o processamento de dados através da visualização de informação: *Isso, obviamente, ainda pode ser aplicado a outras doenças*, comenta Osvaldo. Neste artigo, de janeiro de 2012, os resultados vão além do uso de técnicas computacionais: *É muito importante descobrir a melhor combinação de sensores ou de características de sensores para uma determinada aplicação*, observa o pesquisador. Não existe um modelo e teoria para fazer tal previsão, o que significa que o trabalho precisa ser feito empiricamente. O desafio é que as variáveis, ou seja, o número de possibilidades de combinação é muito grande e por isso é necessário empregar um método de otimização: *A área de pesquisa em otimização tem sido bastante explorada, funcionando como atalho para obter bom desempenho do dispositivo sem que se façam muitos experimentos*, explica ele. Assim, os pesquisadores procuraram verificar a correlação das propriedades dos filmes com a capacidade de sensoriamento.

Um desafio importante é explicar a altíssima sensibilidade dos sensores. *Em geral, quando se tem um líquido em contato com uma superfície, qualquer alteração da superfície ou das propriedades do líquido acaba modificando as propriedades elétricas da amostra, o que logo é transmitido ao sensor, por isso a sensibilidade é tão alta*, conta o pesquisador do IFSC. Entretanto, o que os pesquisadores não sabem é como se dão as interações no nível molecular, ou seja, ninguém sabe

por que a sensibilidade é tão alta. Para isso, o grupo tem aplicado metodologias teóricas e experimentais para desvendar o mistério da alta sensibilidade. Dentre as técnicas experimentais, eles têm utilizado, em parceria com a Unesp de Presidente Prudente, a espectroscopia Raman, que serve para sensoriamento de moléculas isoladas entre um grande conjunto de outras moléculas. Pôde-se verificar como esta técnica poderia auxiliar no entendimento das alterações das propriedades elétricas das amostras de interesse biológico do projeto.

Além da possibilidade de aplicação, neste último trabalho tentamos explicar a sensibilidade para mais bem manipulá-la, mas não esperávamos respostas definitivas porque não há instrumentos disponíveis para isso, reflete Osvaldo. No entanto, o trabalho já aponta para uma adsorção das moléculas nos filmes, responsável por parte das alterações das propriedades elétricas e pela detecção dos sensores. Não resolvemos todos os problemas, de origem na Física e na Química básica, mas é um passo, completa.

Mesmo depois de dez anos de pesquisa, o assunto permanece atual. Primeiro, devido à dificuldade de predeterminar os materiais que devem ser usados nos sensores.

Segundo, porque a aplicação ainda não está disponível e difundida no mercado. Nas aplicações mais nobres, a alta sensibilidade dos sensores é o próprio *calcanhar de Aquiles* do projeto, porque qualquer mudança do material significa mudança nas propriedades, o que exige a substituição de alguma unidade sensorial. Então, para obter dados de uma série de amostras, seria necessário recalibrar todo o sistema, ou a língua eletrônica forneceria resultados diferentes: *Ainda precisamos resolver este problema para colocar uma língua eletrônica de alto nível no mercado, conta Osvaldo. Como é impossível ter dados idênticos, devido à variabilidade intrínseca aos sistemas, é preciso lidar tanto com as amostras quanto com os materiais através de métodos computacionais. Isso ressalta a importância da parceria com o ICMC, já que uma das possibilidades mais fortes de solução deste problema é fazer o mapeamento de dados de amostras, que são semelhantes, mas não idênticas, através de software, para não ter que refazer todas as medidas. Segundo Osvaldo, sua maior colaboração no projeto é trazer uma perspectiva interdisciplinar: Acho que é essencial combinar diferentes tecnologias, para obter resultados mais significativos, finaliza ele.*

Beleza - O cosmético do futuro

19 de Março de 2012

Mulheres (e homens) que zelam pela integridade de sua pele não se importam em investir dinheiro em produtos que adiem as marcas do tempo no corpo e na pele. O que muitos não sabem é que nem sempre a eficácia desses produtos é de fato comprovada, já que os princípios ativos que os compõem perdem seu poder em pouco tempo. Essa realidade poderá estar prestes a ser mudada. Uma nova empresa *spin off** tem como foco desenvolver cosméticos *turbinados*, mas nem um pouco invasivos ou prejudiciais à saúde da pele. A Nanomed, originada do Laboratório de Nanomedicina e Nanotoxicologia (LNN) do IFSC, somará duas técnicas para produzir cosméticos otimizados: extração de óleos vegetais (como o cravo, pimenta-rosa etc.) com nanoencapsulamento. A técnica de nanoencapsulamento tem revolucionado áreas da saúde e consiste no aprisionamento de moléculas de uma substância em partículas de outra substância, resultando em cápsulas biodegradáveis de tamanho nanométrico.

A Nanomed terá a tarefa de produzir nanopartículas para encapsular moléculas diversas, sobretudo na área de cosmetologia**, de acordo com a demanda das empresas interessadas: *Iniciamos nosso trabalho com a colaboração de produtores do nordeste, de onde vêm plantas de extração verde, sem uso de solventes orgânicos, para*

obtenção dos óleos vegetais, conta Paula Barbugli, pesquisadora do LNN. O interesse maior em nanoencapsular moléculas é dar estabilidade aos produtos finais: *Alguns princípios ativos nos veículos farmacêuticos onde são utilizados são os mesmos no produto final. Inseridos diretamente nas fórmulas, sejam de medicamentos ou de cosméticos, alguns ativos se tornam muito instáveis, em suma, degradam-se muito rápido*, conta a pesquisadora.

Já nas nanocápsulas, a estabilidade é maior. No caso de um creme hidratante, a penetração será mais rápida e profunda na pele e os efeitos serão visíveis em menos tempo: *Poderemos disponibilizar cápsulas com princípios ativos mais estáveis e com maior poder de permeação*, afirma Paula. Algumas empresas gigantes do setor de cosméticos- Lancôme, Boticário, Givenchy- já aplicam nanoencapsulamento. No Brasil, o protetor solar Photoprot (Biolab) com FPS 100 usa sistema nanométrico biodegradável: *Em nosso projeto, desenvolveremos sistemas que poderão ser adicionados em fórmulas para creme ou em gel*, explica Paula: *Trabalharemos, em princípio, com óleos essenciais, algumas vitaminas e aminoácidos nanoencapsulados*. A Nanomed produzirá determinados tipos de cápsulas farmacêuticas e/ou cosméticas: *Tudo dependerá da demanda das empresas clientes. Disponibilizaremos dois sistemas*

básicos: um com nanopartículas sólidas poliméricas e outro com nanopartículas lipídicas sólidas, adianta a pesquisadora.

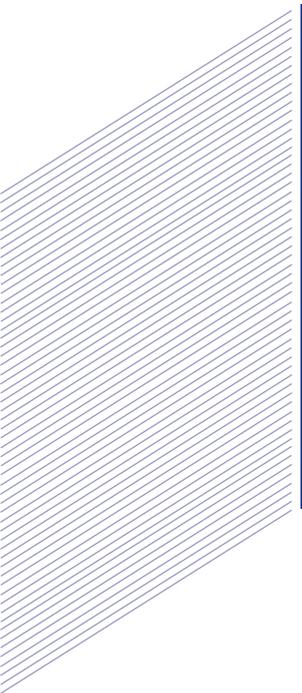
O projeto financiado pela FAPESP no programa *Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE)* deve apresentar resultados concretos até o final do ano, incluindo a comercialização das nanocápsulas. Em relação ao custo do produto, Paula não arrisca valores: *Hoje, no Brasil esse tipo de insumo é em sua maioria importado. Pretendemos, como empresa nacional, produzir tais insumos com a mesma qualidade e segurança que as estrangeiras, mas com*

preços menores, gerando um produto final mais barato aos consumidores, afirma. O Photoprop (embalagem de 40 ml), por exemplo, tem custo médio de R\$72,00. O Active Dermato Sistema (O Boticário), R\$52,00. As nanocápsulas do LNN serão vendidas às empresas interessadas, que poderão baratear seus produtos.

* empresa nascida a partir de um grupo de pesquisa.

** área da ciência farmacêutica que pesquisa, desenvolve, elabora, produz, comercializa e aplica produtos cosméticos.

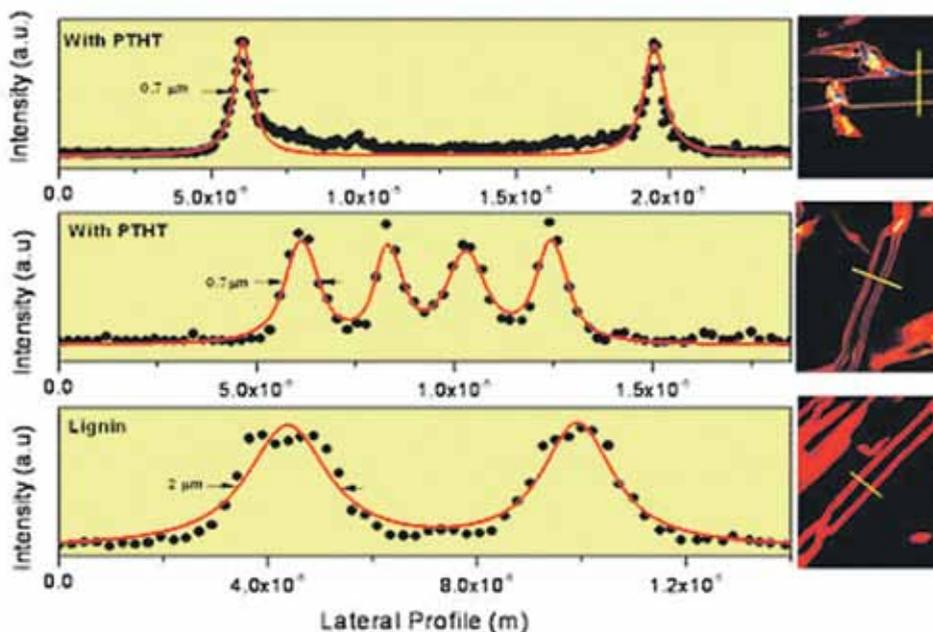
6 Energia e Meio Ambiente



O estudo dos diferentes tipos de materiais, que se tornou uma marca do IFSC ao longo dos anos, como se pode observar pelas reportagens no Capítulo V, trouxe uma diversificação adicional com contribuições de interesse para o tópico de energia e meio ambiente. Podem ser destacadas, neste contexto, as pesquisas em biomassa para geração de biocombustíveis e em energias alternativas, além daquelas relacionadas a monitoramento do meio ambiente. Como se poderá perceber, há intersecção e mesmo sinergia com pesquisas mencionadas em outros capítulos, pois muito do conteúdo das reportagens neste capítulo advém de iniciativas de docentes que também contribuem com pesquisas em outras áreas.

Microscopia aplicada a bioetanol

17 fevereiro 2010



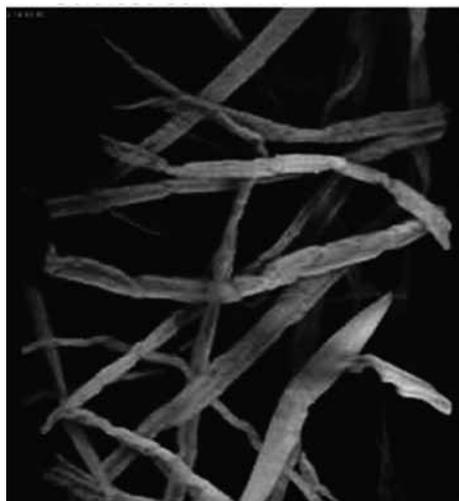
Metodologias ópticas avançadas de altíssima sensibilidade e resolução espacial/temporal, que vão muito além do limite de difração, foram desenvolvidas nas últimas décadas. No entanto, competências ou profissionais capacitados em espectroscopia e microscopia óptica de alta resolução ainda não foram incorporados de forma efetiva nas áreas de desenvolvimento e inovação na cadeia produtiva do etanol, principalmente no Brasil.

Pesquisadores do IFSC pretendem desenvolver e aplicar estas novas metodologias ópticas com resolução microscópica à cadeia de bioconversão da biomassa da

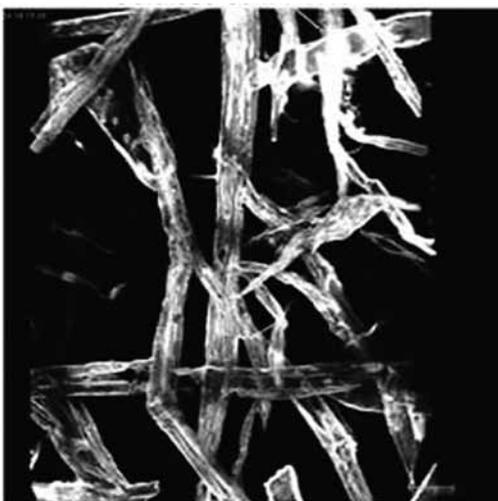
cana de açúcar em bioetanol. O objetivo é caracterizar o maior número de etapas da bioconversão. Mais especificamente, será estudado o efeito da estrutura da celulose na eficiência da hidrólise biocatalítica do bagaço de cana-de-açúcar, por meio de espectroscopia e microscopia de fluorescência.

A microscopia por fluorescência é apropriada para a caracterização da hidrólise da lignocelulose por enzimas específicas em um sistema heterogêneo, como a biomassa de cana-de-açúcar. A lignina, que compõe esse material, apresenta propriedades luminescentes quando excitada no ultravioleta,

Celulose sem PTHT



Celulose com PTHT



Imagens de microscopia de fluorescência em 3D de fibras de celulose com e sem polímero luminescente.

o que permitirá um estudo mais detalhado da estrutura do substrato fibroso. Segundo os pesquisadores Francisco E. G. Guimarães e Igor Polikarpov, estão sendo desenvolvidas novas metodologias, como a introdução de polímeros luminescentes às fibras, permitindo ampliar a faixa de utilização das técnicas de luminescência para a determinação da estrutura das fibras após os vários tratamentos enzimáticos.

Biocombustível: Pesquisador do IFSC estuda produção de combustíveis através de diferentes matérias-primas

14 de Março de 2011

O Brasil é destaque mundial no que concerne à produção de energia limpa. É um dos maiores produtores de etanol, ao lado dos Estados Unidos, que juntos são responsáveis pela produção de 75% do combustível. Por ser limpo e de baixo custo, o etanol tem sido cada vez mais requisitado: *Utilizamos atualmente apenas 3% de nossas terras aráveis para a produção de etanol. Para atender à demanda mundial, esse número precisaria aumentar 10 vezes, o que é inviável*, explica Igor Polikarpov, professor IFSC e especialista no assunto.

O suprimento das necessidades mundiais do etanol é a alma da pesquisa que o professor desenvolve no IFSC: o aumento significativo do aproveitamento da cana-de-açúcar. O processo de produção do etanol inclui várias etapas, iniciando-se com o corte do caule da cana para posterior transporte à usina, onde ele é esmagado. Aproveita-se o líquido para a produção de açúcar e o resto é queimado: *Quanta energia é deixada no campo, nesse processo? Um terço é jogado no campo, um terço é transportado para a usina e o último terço é a queima do bagaço. É possível utilizar esse bagaço para a produção de etanol, o que pode vir a suprir a enorme demanda e diminuir as queimadas,*

tão prejudiciais ao meio-ambiente. Por esse novo processo, pode-se aumentar em pelo menos 150% a produção de etanol, explica o pesquisador.

As pesquisas do docente vão além do bom emprego do bagaço de cana. O aproveitamento de biomassa geral é o grande objetivo de Igor, onde se incluem como matérias-primas gramíneas e partes de florestas, como galhos e folhas que, segundo ele, podem ser aproveitados para produzir energia: *É claro que precisamos conservar as florestas, mas também é preciso pensar uma maneira de aproveitar aquilo que está jogado na natureza, em princípio sem utilidade nenhuma. Em florestas de eucalipto, por exemplo, muitos galhos e folhas são cortados e deixados na terra. Uma parte da biomassa deve ser reposta, mas acredito que nem tudo o que é jogado deva ser simplesmente descartado*, pontua Igor.

A geração de bioetanol (etanol obtido de biomassa) ainda é difícil e onerosa. O problema é que compostos de plantas são muito resistentes: *Para poder polimerizar a glicose, por exemplo, é preciso quebrar suas moléculas para a fermentação e posterior transformação em etanol*, explica Igor. Ele diz que o aproveitamento de biomassa requer tecnologias que

ainda precisam ser desenvolvidas, especialmente em escala industrial.

Os estudos no IFSC são principalmente dedicados à produção do chamado *coquetel enzimático*, em que fungos têm sido cultivados para produzir enzimas que, uma vez incorporadas em biomassas específicas, podem torná-las mais maleáveis através do aumento da eficiência hidrolítica (produção de açúcar): *Trabalhamos no isolamento, caracterização e cristalização das enzimas que compõem o coquetel enzimático, produzidas pelos fungos que cultivamos. Há empenho nos estudos para otimização dos processos que buscam resultados mais eficientes e custos baixos*, menciona o pesquisador.

O principal desafio é descobrir como transformar uma biomassa maleável, estudando-se as formas de processar e separar compostos da biomassa, hidrólise e fermentação: *Entender o que acontece com a biomassa em cada uma das etapas de produção de etanol é o princípio para*

dar viabilidade à produção de energia em quaisquer produtos da biomassa. Há coquetéis enzimáticos específicos para cada tipo de biomassa. Queremos entender, em nível molecular, o que acontece em cada uma dessas etapas de produção, salienta Polikarpov.

Há interesse de vários países europeus na pesquisa, pois querem encontrar alternativas para a produção de energia limpa que não utilize apenas a cana-de-açúcar ou milho para produção – matérias-primas ausentes nesses países. Por esse motivo, parcerias têm sido firmadas entre pesquisadores brasileiros e europeus: *Mais de cinquenta instituições de pesquisa, além de empresas, estão envolvidas. Fazemos análises conjuntas*, afirma o docente: *Nossos objetos de pesquisa são distintos, mas a troca de informações é essencial. Essa parceria é algo importante, não somente pelo conhecimento que será absorvido, mas também pelo fato de estar inserindo a pesquisa brasileira no mundo*, conclui Igor.

Do norte ao sudeste - Pesquisa busca aproveitamento sustentável de micro-organismos

12 de Setembro de 2011

A pesquisadora da Universidade Estadual do Amazonas (UEA), Maria Antonia Souza, encarou fazer o longo trajeto até São Carlos para enriquecer sua pesquisa. Desde dezembro de 2010, conta com a colaboração do docente do IFSC, Igor Polikarpov, para estudar a prospecção de cepas fúngicas da Amazônia que produzem enzimas hidrolíticas.

Fungos e bactérias produzem esse tipo de enzimas que podem ser usadas para biorremediação (aplicação de processos biodegradáveis no tratamento de resíduos para recuperação e regeneração de ambientes) e produção de bioetanol de segunda geração (menos poluente do que o de primeira geração).

Maria Antonia, que na UEA trabalha com genética humana e de micro-organismos, atualmente orienta alunos da mesma universidade para utilização sustentável dos micro-organismos: *Eu e Igor já selecionamos cepas fúngicas que produzem celulosas e outras enzimas de interesse para produção do bioetanol e, no momento, estamos trabalhando para elucidar as estruturas dessas enzimas*, conta a pesquisadora. Ela destaca

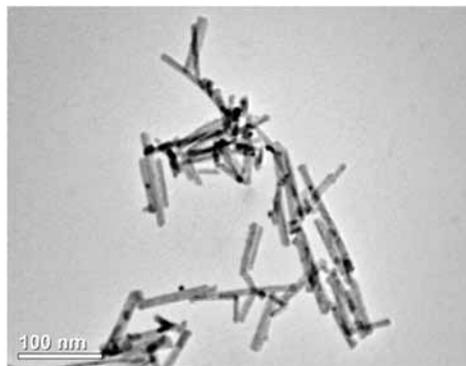
a construção de um protocolo com vistas à produção de metabólicos secundários bioativos*, a partir de micro-organismos: *Esse protocolo foi construído a partir de minha dissertação de mestrado e durante dois anos foi o artigo mais consultado da América Latina sobre o assunto*, enfatiza.

Com um novo tópico em seus estudos, agora ela também trabalha com o metabolismo primário dos organismos, que envolve a produção de enzimas. Sobre a conservação da Amazônia e dos micro-organismos que lá vivem e podem ser objeto de estudos para novas pesquisas, ela afirma que embora muito já tenha sido devastado, alguns estados estão melhores que outros: *O Estado do Amazonas ainda tem a maior área de floresta natural preservada. Quando pensamos na salvação da natureza, não podemos deixar de pensar também na salvação do homem e na preservação das pessoas que sobrevivem nessas regiões*, finaliza.

*Produto do metabolismo de substâncias de organismos vivos. Os secundários são encontrados somente em grupos de organismos restritos, como plantas, micro-organismos e insetos.

CCMC: Nanomateriais para produção de hidrogênio

01 de outubro de 2011



Entre os problemas de poluição do ar nas grandes cidades, um dos principais é o enorme índice de veículos motorizados nas ruas, devido à queima de combustíveis fósseis. Existem leis que limitam a quantidade de poluentes que os veículos podem emitir e novas tecnologias têm sido usadas para contribuir na melhoria da qualidade do ar. Os automóveis utilizam um catalisador que trata os gases de escapamento antes que sejam emitidos na atmosfera.

A indústria automobilística busca encontrar catalisadores mais eficientes e de custo mais baixo para atender a demanda com diferentes combustíveis, sejam eles fósseis, etanol ou biodiesel. O doutorando Vinícius Dantas de Araújo, do Grupo de Pesquisa Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos (CCMC) do IFSC, é um dos pes-

quisadores que procura contribuir para a solução desse problema.

A pesquisa tem em vista investigar se nanomateriais óxidos, na forma de pós de dimensões nanométricas, poderão ser utilizados como catalisadores, especialmente para a reação que envolve o etanol. Segundo Dantas de Araújo, o produto final da catálise pode ser gases, como o hidrogênio. O trabalho é desenvolvido sob orientação da doutora Maria Inês Basso Bernardi, integrante do CCMC e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Materiais em Nanotecnologia (INCTMN). O estudo está focado na síntese de nanopós à base de óxidos de cério.

A pesquisa tem perfil acadêmico básico, mas possui perspectivas de aplicação tecnológica desde que se domine o processo de fabricação e que seja possível produzir hidrogênio. Como no futuro se acredita na grande demanda por hidrogênio para os carros, o trabalho realizado por Dantas de Araújo tem também como meta determinar as características necessárias para tal.

Vinícius ressalta as vantagens e aplicações de sua pesquisa: *No primeiro caso, você tem a produção de hidrogênio a partir do etanol, que é um combustível limpo e que o Brasil produz em grandes quantidades. Vamos supor que já exista o combustível*

de hidrogênio e que os carros já tenham em seus cilindros este gás; quando ele vai passar pelo motor que faz a conversão de hidrogênio para eletricidade, o material que faz essa conversão tem um problema: se no gás de hidrogênio existir um pouco de monóxido de carbono misturado, esse seu dispositivo vai parar de funcionar com o tempo, pois o monóxido de carbono prejudica o motor do carro. Então, além da produção do hidrogênio, o pó que estamos tentando produzir também poderá remover o monóxido de carbono do motor, capturando-o e transformando-o em dióxido de carbono,

minimizando o problema de destruir a célula, ressalta.

O doutorando produz nanopós a partir de dois métodos de síntese: o método Pechini e do hidrotermal assistido por microondas. O objetivo é analisar a partir das morfologias dos nanocristais quais poderão se mostrar mais eficientes na reação catalítica.

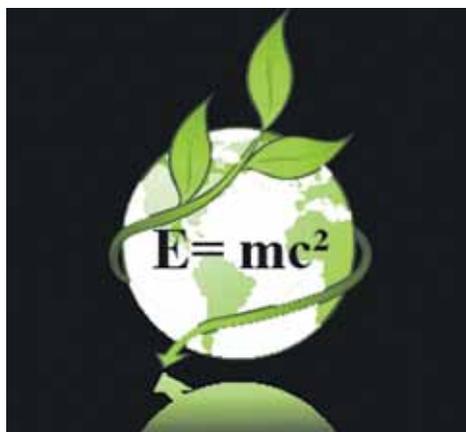
Vinícius finaliza: *Por exemplo, se eu tenho um cubo, um bastão, uma esfera e uma fita, qual dessas morfologias vai ter a maior eficiência na produção de hidrogênio ou na remoção de monóxido de carbono? Esse também é um dos focos do nosso trabalho.*

Meio ambiente - Como a física pode salvar nosso planeta

08 de Novembro de 2011

Se o homem teve o poder para transformar o meio ambiente num lugar menos aprazível, ele também pode, com as ferramentas certas e com estudos bem direcionados, encontrar alternativas que melhorem o cenário que ao longo dos anos ele próprio tem destruído. Através da biologia, química, engenharia e física, ferramentas têm sido aperfeiçoadas em busca de alternativas inteligentes para melhorar o ambiente.

O físico e as energias alternativas



Alguns fenômenos e processos têm contribuído para o aquecimento global. Entre eles o grande crescimento populacional, especialmente nos países de baixa renda, acompanhado do aumento

do consumo e consequente emissão de gases poluentes na atmosfera. Isso tem motivado pesquisadores a buscar combustíveis mais limpos, principalmente para veículos motorizados.

Atualmente, entre 12 e 13% dos combustíveis produzidos no mundo são de fontes alternativas de energia. Os destaques vão para energia solar, eólica e de biomassa e todas podem ser aproveitadas e repostas no meio ambiente, conta Igor Polikarpov, docente do IFSC e pesquisador de combustíveis alternativos.

Para a produção desse tipo de energia, diversos processos físicos estão envolvidos. Transformar a biomassa em combustível requer hidrólise enzimática; transformação de fótons de luz solar em energia elétrica envolve materiais semicondutores e transistores; produção de energia eólica passa por processos de engenharia, com forte embasamento em processos físicos: *Atualmente, estuda-se o movimento mecânico das ondas do mar acoplado a geradores de eletricidade, como nova forma de produzir energia elétrica,* conta Igor.

A mais nova e uma das mais promissoras fontes de energia alternativa é a biomassa, área em que os projetos de Igor se inserem. Nela se utilizam bagaço da cana e cascas de

eucalipto como matéria-prima para produzir biocombustíveis: *O conhecimento sobre processos de pré-tratamento de biomassa, o desenvolvimento de catalisadores para desestruturá-la e a extração de combustível da própria biomassa só serão atingidos utilizando ferramentas de física*, menciona Igor.

Para o pesquisador, não só desenvolver novos combustíveis, mas sobretudo utilizá-los de maneira racional, é uma premissa para que o aproveitamento seja efetivo: *De nada adianta produzirmos energia alternativa, se a desperdiçarmos. No mundo afora, físicos já trabalham também nesse quesito: desenvolver energia elétrica e usá-la de maneira inteligente*, pontua o pesquisador.

Ele exemplifica com a atual produção de carros híbridos- que funcionam com gasolina e energia elétrica: *Tenho certeza que para a preservação do meio ambiente, a solução se encontra nos estudos de conceitos básicos de física, com a aplicação de energia renovável e seu uso otimizado*, afirma Igor.

O físico e o saneamento básico

A degradação do meio ambiente é acelerada devido à falta de saneamento básico no Brasil e no mundo. A poluição gerada pelo lixo mal direcionado, ou simplesmente pela precária infraestrutura, é um problema: *Não temos plataformas bem desenvolvidas para o tratamento de esgotos. Países desenvolvidos não têm esse problema, ao contrário daqueles em desenvolvimento, como Índia e China. Isso de certa maneira reforça a necessidade dos estudos de tecnologias para resolver problemas desse tipo, como o tratamento de água poluída*, explica Igor: *Nisso, o físico pode contribuir no estudo das propriedades de materiais nanoestruturados, por exemplo*.

O estudo de materiais e processos físicos serve como alicerce para solucionar os diversos problemas do meio ambiente, o que requer atuação de profissionais de diversas áreas: *É importante frisar que, além de estudos fundamentais relacionados à física, outros que transcendam uma única disciplina são essenciais. Meio ambiente envolve, necessariamente, química, biologia, física, engenharia etc. A maioria dos estudos é tipicamente interdisciplinar e supra departamental*, esclarece Igor.

Energias Renováveis: Novas enzimas que degradam biomassa podem revolucionar biorrefinarias nacionais

21 de Novembro de 2011

A FAPESP aprovou neste último mês um importante investimento numa pesquisa brasileira para otimizar o processo de produção de bioenergia, com novos tipos de enzimas capazes de degradar biomassa. O projeto envolve pesquisadores de São Carlos em colaboração com a Universidade de York (Reino Unido), e já recebe recursos europeus. Com esse investimento, poder-se-á ampliar o reconhecimento que São Paulo e o Brasil já têm no que diz respeito às energias renováveis.



Dados da Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade,

em 2009, mostram que os biocombustíveis responderam por mais de 30% da oferta total na matriz energética estadual e a participação de insumos primários renováveis, como a cana-de-açúcar, o melaço e o bagaço, ampliou em 95% a produção energética estadual.

Em 2009, a FAPESP estabeleceu por três anos um acordo de cooperação com os Conselhos de Pesquisa do Reino Unido (RCUK, na sigla em inglês para *Research Councils UK*), tendo em vista apoiar projetos de pesquisa cooperativos entre pesquisadores britânicos e brasileiros. As propostas elaboradas no âmbito deste acordo são submetidas diretamente aos RCUK, aos cuidados do Conselho de Pesquisa da área em questão, ou seja, os projetos são julgados pelos britânicos.

Foi por essa razão que os pesquisadores brasileiros Igor Polikarpov e Eduardo Ribeiro de Azevedo, do IFSC, Sandro José de Souza (*Ludwig Institute for Cancer Research*) e Wanius José Garcia da Silva (UFABC), encararam a aprovação de sua proposta na Europa em abril deste ano como uma honra: *O Reino Unido tem uma taxa muito pequena de aprovação de projetos - apenas 10% das propostas -, enquanto o Brasil*

aprova quase metade. Ter sido aprovado em segundo lugar foi uma grande satisfação, comenta Polikarpov, coordenador do projeto de pesquisa.

A proposta brasileira, enviada ao BBSRC (*Biotechnology and Biological Sciences Research Council*) em outubro do ano passado, pode ser resumida como uma nova abordagem para investigar enzimas na degradação do bagaço da cana-de-açúcar, pesquisa que complementa uma proposta inglesa liderada pelo professor Neil Bruce, da Universidade de York, cujo objeto de pesquisa é um produto parecido com o feno. A ideia central deste projeto de pesquisa é encontrar enzimas capazes de degradar biomassa para a produção de combustível e energia elétrica, em substituição às formas convencionais derivadas do petróleo.

Segundo Polikarpov, os cientistas atualmente conseguem cultivar em laboratório apenas 1% dos micro-organismos presentes no Universo, o que significa dizer que 99% destes micro-organismos não podem ser apreendidos: são perdidos e morrem. Por essa razão, o procedimento mais comum é selecionar um conjunto destes micro-organismos, sem distingui-los ou caracterizá-los, e sequenciar seu DNA – a chamada atitude *metagenômica*. No entanto, esta técnica revela-se pouco eficiente quando o objetivo não é estudar todos os genes, mas sim enzimas específicas e, como é o caso desta pesquisa específica, enzimas que os micro-organismos secretam. No que diz respeito à produção de energia, nada pode ser mais eficiente

do que estas biomoléculas. As enzimas são especializadas na catálise de reações biológicas, com desempenho muito superior a qualquer catalisador já produzido pelo homem.

O fator que mais impede o aproveitamento pleno desta capacidade das enzimas é o procedimento normalmente aplicado na distinção, caracterização e posterior cultivo da enorme quantidade de micro-organismos para degradar qualquer matéria. Segundo Polikarpov: *Os micro-organismos não conseguem transferir biomassa para dentro das células, mas eles convertem-na em açúcar para energizar a célula; então, essas proteínas que investimos são excretadas para fora da célula.* Assim, no genoma das células existem apenas aproximadamente 5% de enzimas que de fato interessam aos pesquisadores.

A novidade do projeto é que tendo conhecimento da potencialidade destas enzimas e compreendendo seu funcionamento, os pesquisadores desenvolveram uma tecnologia que permite uma marcação mais exata de enzimas extracelulares. O segredo é a exploração de um mecanismo de afinidade proteica que não atravessa membranas biológicas e, por isso, apenas acessa e marca proteínas extracelulares: *Com essa marcação podemos 'purificar' parcialmente enzimas, ou seja, enriquecer a concentração das enzimas naquilo que você está extraíndo da biomassa, neste caso a lignocelulose (princípio do bioetanol) e a cultura microbiana, sequenciando pequenos pedaços destas proteínas – a que chamamos de procedimento proteômico,* explica

Polikarpov. Desta forma, comparando as informações genômicas com as informações proteômicas - uma junção chamada de análise secretômica -, é possível caracterizar cada enzima de acordo com suas funções e encontrar aquelas que se procura para sequenciar sem precisar analisar um enorme conjunto de micro-organismos, dos quais 95% serão inúteis. Com estes procedimentos é possível analisar as enzimas secretadas durante a degradação da biomassa que ocorre na hidrólise deste bagaço - quebra de uma molécula através da água. Essas biorrefinarias têm grande potencial para substituir o petróleo na produção de combustível e energia elétrica.

Espera-se com a pesquisa conceber biorrefinarias com menor custo. A configuração atual das biorrefinarias requer uso

de ácido e de explosões de vapor para tratar a lignocelulose, o que é pouco eficiente e depende de energia elétrica, além de custar caro. Isso ocorre porque o processo de degradação da lignocelulose depende justamente daquela pequena porcentagem de micro-organismos que os cientistas conseguem caracterizar, o que acaba por encarecer todo o processo: *Hoje, cerca de 25% do custo do biocombustível são para o cultivo desta pequena quantidade de enzimas*, conta Polikarpov. Daí a grande importância de descobrir e identificar enzimas que degradem biomassa - mais termoestáveis, mais abundantes no Universo, mais eficientes.

O apoio a pesquisas deste porte indica que a bioenergia é uma realidade consolidada no Brasil e revela uma meta nacional ambiciosa para o desenvolvimento sustentável.

Meio ambiente – Cuidados a tomar com os vários tipos de lixo

29 de Novembro de 2011

Vivendo num mundo em que os apelos à preservação ambiental e aos cuidados com a saúde são prioridades, vemo-nos constantemente em contato com campanhas de conscientização sobre como lidar com o lixo que produzimos. **Reduzir, Reutilizar, Reciclar:** estes verbos parecem resumir as ações para a preservação. Além do lixo doméstico, outros tipos de lixo necessitam de cuidados especiais, por poderem causar danos severos ao meio ambiente e ao ser humano – lixo hospitalar, lixo químico, lixo nuclear.

O lixo nuclear

Os resíduos provenientes de processos nucleares - materiais radioativos produzidos por usinas nucleares e laboratórios de exames clínicos - têm alarmado populações por todo o mundo. Em 2011 o acidente na usina nuclear de Chernobyl completou vinte e cinco anos, reacendendo discussões sobre a viabilidade da energia nuclear, ao lado das explosões ocorridas no complexo nuclear de Fukushima, no Japão, após o tsunami que devastou o país em abril deste ano. Além dos supostos perigos que a população teme devido ao funcionamento de usinas de produção energética deste tipo, há uma questão

pendente: qual o destino dos resíduos provenientes dos processos nucleares?

O que há no lixo nuclear?

Os rejeitos nucleares são materiais já irradiados, que pode ainda emitir radiação através de elementos como urânio, rádio, potássio, tório, carbono, céσιο e iodo. São classificados em três tipos:

Lixo de baixo nível de radiação: um lixo de vida curta, com baixa radioatividade, inclui a roupa protetora contaminada e alguns equipamentos de hospitais, fábricas, universidades e indústrias de energia nuclear.

Lixo de nível de nível intermediário de radiação: o lixo sólido de maior volume, como equipamentos usados, frascos de transporte e lama radioativa de usinas nucleares, de fábricas de processamento de combustível e unidades de fabricação de armas nucleares.

Lixo de alto nível de radiação: combustíveis sólidos e líquidos usados em indústrias de energia nuclear.

O combustível utilizado para fazer funcionar os reatores nucleares contém basicamente urânio 235 e 3% de urânio

238 (urânio enriquecido). No processo de fissão, o urânio 238 é transformado em uma série de materiais, em sua maioria inofensivos. Alguns deles, entretanto, são perigosos, como o cézio 137, o selênio e o plutônio, que constituem o que se chama de **rejeito radioativo**. Estes são os elementos de longa vida: enquanto os outros materiais decaem rapidamente, estes continuam irradiando por longo tempo. Esta pequena parte do combustível nuclear deve ser armazenada cuidadosamente até que cesse de irradiar.

Atualmente, o método para impedir que este rejeito afete o meio ambiente é inseri-lo em uma espécie de piscina com água. O material fica totalmente coberto, com um mecanismo de filtragem para subtrair os elementos radioativos, que são átomos pesados e, por essa razão, são filtrados com facilidade: *A água é um excelente obstáculo para a radiação, perdendo apenas para o chumbo ou para o concreto em capacidade de blindagem, com a vantagem de resfriar o combustível*, afirma o pesquisador José Eduardo Martinho Hornos, docente do IFSC e especialista em energia nuclear.

Segundo o pesquisador, este ambiente é monitorado por tecnologias de alta precisão e por uma cabine supervisionada dentro da própria usina. Como a radiação é onda eletromagnética, o único risco que decorreria deste método seria a contaminação do solo ou a evaporação da água: *Estes dois riscos são facilmente detectados com a precisão dos equipamentos na usina, baseados em lasers de*

alta precisão. A estrutura das piscinas é construída de maneira muito especial, com um tipo de concreto reforçado e extremamente resistente às ações do tempo, afirma Hornos.

Ainda segundo o pesquisador, as usinas nucleares são o único tipo de empreendimento que trabalha com o conceito de descomissionamento, ou seja, com a inclusão em seu projeto inicial dos procedimentos a serem adotados quando da desinstalação da mesma. Assim, os rejeitos têm um destino certo antes mesmo de existirem. O que será feito, então, com estes resíduos após o desmonte das usinas?

No Brasil, como em vários outros países, como China e França, será construído um repositório com barreiras de engenharia e geológicas projetadas para um período de aproximadamente quinhentos anos, o que é ainda um período relativamente curto para a segurança destes materiais. Estes repositórios serão construídos a uma grande profundidade de um local deserto, de forma que a propagação através da água não seja um risco: os materiais serão ali depositados após serem revestidos de uma cobertura especial que bloqueie a emissão de radioatividade.

Por que então não construir locais resistentes a maiores períodos de tempo? Hornos explica que os materiais emissores de radioatividade são elementos nobres, exóticos. Eles são temidos atualmente, mas podem ter grande potencial de aplicações benéficas à sociedade, se um dia dominados, diferentemente do lixo químico ou hospitalar: *Não sabemos*

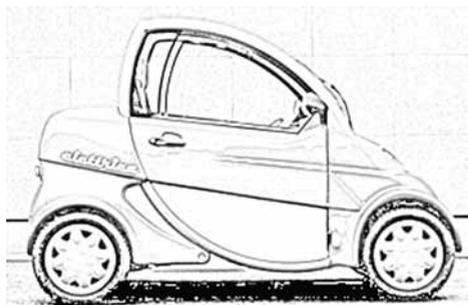
ainda como as propriedades destes materiais podem ser utilizadas, então pode não ser uma boa ideia fazer um grande investimento para esconder elementos preciosos, estima o docente.

Os medos decorrentes dos perigos do lixo não são meros frutos da imaginação do ser humano. Na modernidade, aquilo que mais tememos é o inimigo invisível, silencioso, aquele que não podemos ver,

que não podemos manipular com facilidade: *A relação sensitiva se dá através de um equipamento tecnológico, de um ponteiro, e nós tememos muito aquilo sobre o qual não temos um controle natural, reflete o pesquisador. Mas a defesa contra estas ameaças não é impossível; pelo contrário, pode ser bastante eficaz quando encarada com a gravidade que lhe é devida, com seriedade e profissionalismo.*

Trabalho de aluno do IFSC objetiva carro elétrico 100% limpo

09 de Março de 2012



Faz algum tempo que os carros elétricos estão fazendo sucesso em feiras automobilísticas internacionais. Embora tenham alcançado notoriedade pela propaganda de seus fabricantes sobre o fato de serem sustentáveis, é de salientar que o carro elétrico ainda não é totalmente *limpo*. Diferentemente dos automóveis convencionais com motor movido a gasolina, o carro elétrico funciona através de um motor elétrico, com as chamadas *células a combustível*, onde o hidrogênio, em sua forma gasosa, serve de matéria-prima.

As barreiras a serem vencidas para aumentar a quantidade de carros elétricos nas ruas incluem o preço. Especialmente no Brasil, onde esses carros ainda não são fabricados, os modelos disponíveis são caros devido aos impostos (por exemplo, um Mitsubishi MiEV custa mais de R\$100 mil). A segunda questão diz respeito ao conceito de uso *ecologicamente correto*.

Mesmo com motor elétrico, este tipo de carro possui um pequeno motor a gasolina, necessário para ligar um gerador para produzir energia elétrica.

Um pesquisador brasileiro, que atualmente realiza seu *doutorado sanduíche* na Universidade de Valência (Espanha), poderá ser um dos responsáveis por mudar essa realidade. Físico de formação pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Vinícius Dantas de Araújo é aluno de doutorado na Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, promovida pelas Unidades do campus da USP de São Carlos.

Depois de iniciar seu doutorado, sob orientação da Dra. Maria Inês Basso Bernardi, pesquisadora do Grupo Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos do IFSC, Vinícius optou por continuar seus estudos com materiais óxidos, mas dessa vez com óxido de cério (CeO_2) dopado com cobre (Cu). Um átomo de cério na molécula CeO_2 é substituído por um átomo de cobre (Cu), material que pode ser utilizado como catalisador (dispositivo que trata gases emitidos pelo escapamento de carros) para fazer a oxidação do monóxido de carbono (CO).

Em termos práticos, fazer a oxidação do CO é transformá-lo em CO_2 . Essa

transformação justifica-se porque carros elétricos têm seu funcionamento baseado na chamada *tecnologia do hidrogênio* (utilização do hidrogênio como combustível). Transformá-lo em combustível, no entanto, exige algumas especificidades: *Os eletrodos responsáveis por transformar hidrogênio gasoso em eletricidade param de funcionar muito rapidamente, caso haja monóxido de carbono. A ideia é utilizarmos o catalisador [CeO₂] para transformar o monóxido em dióxido, já que este último não inviabiliza o processo, como o CO, explica o doutorando.*

Noutra parte da pesquisa, Vinicius utiliza como dopante o cobalto (Co), ao invés do cobre (Cu). O intuito é que o óxido de cério dopado com cobalto seja eficiente na produção de hidrogênio gasoso, a partir da reforma do vapor do etanol: *As moléculas de etanol passam pelo catalisador e tudo será transformado em hidrogênio e dióxido de carbono, menciona o aluno.*

As metas nos dois estudos diferentes de Vinicius incluem, no primeiro caso, a produção de hidrogênio; no segundo, sua

purificação. Vinicius já chegou a resultados animadores: *Já fizemos testes de catálise e os resultados mostraram que o óxido de cério dopado com 3% de cobre consegue fazer 100% de oxidação do monóxido em dióxido. Outro material estudado, o óxido de cério dopado com cobalto, já conseguiu transformar o etanol em hidrogênio, comemora o aluno.* Diante de tais resultados, um carro totalmente elétrico poderá ser produzido no futuro. Ou seja, o pequeno motor a gasolina, que compõe esses automóveis atualmente, poderá ser substituído dentro de algum tempo.

Durante o ano em que ficará na Espanha, Vinicius pretende aprimorar suas pesquisas através de caracterizações ópticas e correlacionar as propriedades ópticas e estruturais do material (óxido de cério dopado com cobre ou cobalto) com sua eficiência como catalisador. Pretende produzir células a combustível completamente limpas e sobretudo mais baratas: *No momento, esses materiais não são economicamente viáveis para produção em larga escala. Mas em futuro breve isso mudará, finaliza Vinicius.*

O dispositivo limpo para monitorar o meio ambiente

14 de Março de 2012

Sensores são dispositivos capazes de detectar substâncias específicas, medir taxas de glicose no sangue ou detectar movimento, como nos alarmes instalados em residências que funcionam a partir de luz infravermelha. Um *biossensor* funciona da mesma forma e recebe o prefixo *bio* por conter uma biomolécula cuja resposta química é transformada em sinal a ser medido. Os mais comuns são os ópticos, eletroquímicos, de variação de massa e de capacitância.

Biomoléculas são compostos químicos sintetizados por seres vivos, e que participam da estrutura e do funcionamento da matéria viva. São, na sua maioria, compostos orgânicos, cujas massas são formadas em 97% de C, H, O e N (Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Azoto e Nitrogênio). Ou seja, são as proteínas, glicídios, lipídios, DNA etc. O elemento principal é o carbono pois é capaz de formar quatro ligações.

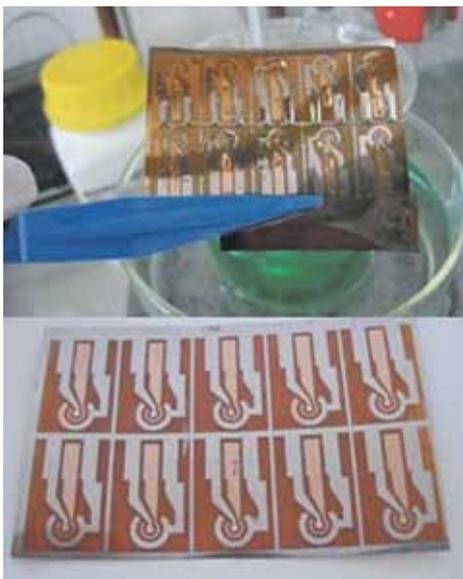
Fonte: Wikipédia.

No Grupo de Polímeros Prof. Bernhard Gross, do IFSC, uma das linhas de pesquisa da docente Débora Gonçalves

consiste no preparo e caracterização de sensores enzimáticos eletroquímicos. Para construção destes biossensores são utilizadas enzimas extraídas de fontes naturais, como vegetais e frutos.

Uma das enzimas estudadas por Débora, a polifenol oxidase, catalisa reações de oxidação de compostos tóxicos, como fenol, catecol, atrazina, carbamatos, clorofenóis e outras classes de pesticidas. O Grupo tem investigado métodos de imobilização de enzimas, essencial para produzir biossensores. O biossensor que o Grupo produz é formado por enzima e polímero. Depois da escolha da enzima específica, é possível definir para qual propósito será direcionado o biossensor.

O monitoramento ambiental



Biossensor miniaturizado.

Foto: Maurício Foschini.

No Grupo de Polímeros estão sendo construídos biossensores com enzimas extraídas de extrato de abacate imobilizadas em matrizes poliméricas, capazes de fazer o chamado *monitoramento ambiental*. Para tanto, realiza-se um conjunto de observações e medições de parâmetros ambientais contínuos, servindo como controle ou alarme para eventuais desequilíbrios: emissões gasosas de uma fábrica, umidade de um solo ou poluentes na água de lagos, são exemplos de monitoramentos ambientais.

Comparados ao que se tem hoje no mercado, os dispositivos que Débora almeja produzir serão superiores em

diversos aspectos. Tamanhos menores e custos expressivamente inferiores são duas das vantagens que podem apresentar: *Hoje faz-se monitoramento ambiental através de cromatografia [técnica de separação de misturas e de seus componentes] com equipamentos muito caros. Se tivermos um sensor descartável que possa ser utilizado localmente, será muito melhor. Nós trabalhamos pensando na miniaturização, aperfeiçoamento e custo mais baixo do dispositivo, afirma.*

As enzimas são “produtos” naturais biológicos. Têm a função de viabilizar a atividade das células, quebrando moléculas ou juntando-as para formar novos compostos. Fazer a inibição enzimática significa reduzir a velocidade de sua reação. Uma vez imobilizada, uma enzima pode ser útil à indústria de alimentos, produzindo açúcares solúveis, e à indústria farmacêutica, servindo de fonte à produção de penicilina sintética.

Por se tratar de pesquisa básica, o intuito principal é fazer diversos testes com enzimas e matrizes diferentes. Busca-se o biossensor mais eficiente, barato e não nocivo ao meio ambiente- tanto no que diz respeito à maneira de ser produzido, como na função a que será direcionado. No Brasil há diversos grupos de pesquisa em biossensores e isso pode facilitar a transferência do conhecimento para aplicações no mercado.

A óptica na produção de biocombustíveis

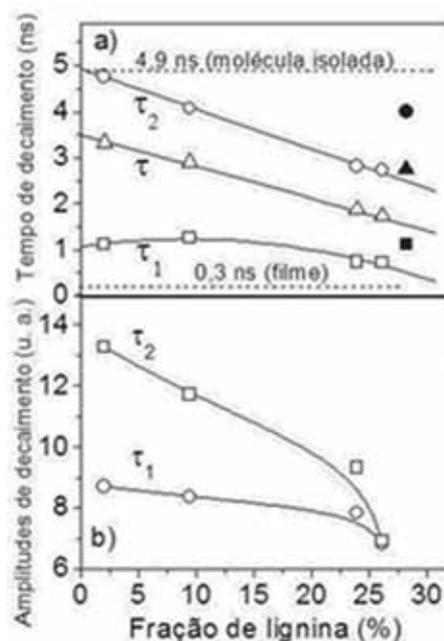
20 de Março de 2013

O termo *sustentabilidade* é recorrente nos meios científicos e na sociedade, pressupondo o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, como para gerar energia limpa. Isso pode ser atingido com biomassa, que significa a quantidade total de matéria orgânica na população animal ou vegetal. Para produzir biocombustíveis, em particular, o constituinte importante na biomassa é a celulose, pois outro componente importante - a lignina - não tem papel relevante nessa produção.

Mesmo que não possa ser transformada em etanol, a lignina funciona como a liga que mantém as fibras de celulose unidas e sustentadas. Retirá-la da fibra de celulose significa desestabilizar a celulose e permitir que esta fique no estado ideal para produção de combustível.

No IFSC, o docente Igor Polikarpov, do Grupo de Cristalografia, coordena uma pesquisa no âmbito do Programa EMU da FAPESP* que visa à transformação da biomassa do bagaço da cana-de-açúcar em etanol. Em parceria com Igor, o docente Francisco Eduardo Gontijo Guimarães, do Grupo de Semicondutores, com a colaboração do mestrando Vitor Carlos Colleta e da pesquisadora da Unicamp, Camila Alves Rezende, coordena outro projeto que criou nova metodologia óptica para separar as três componentes da biomassa da cana-de-açúcar. Com isso, pode-se ter

acesso à celulose pura, com perspectivas de produzir biocombustíveis com 30% mais de eficiência.



Relação entre fração de lignina no bagaço de cana de açúcar e seu tempo de decaimento da fluorescência.

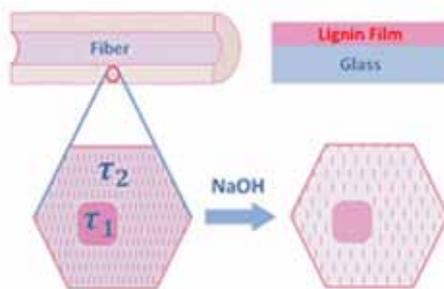
Usando microscopia confocal de fluorescência, Francisco vem medindo pequenas frações de lignina de fibras de bagaço de cana-de-açúcar, após estas sofrerem tratamentos químicos específicos: A maioria dos métodos existentes só conseguiu medir concentrações de lignina de até 9%. Já chegamos a 1%, porque através das técnicas específicas

que utilizamos conseguimos enxergar coisas que as outras técnicas não conseguem, afirma o docente.

Essa descoberta e a nova metodologia desenvolvida por Francisco podem influenciar a produção de biocombustíveis. O docente afirma que nos experimentos verificou uma relação direta entre concentração de lignina e propriedades ópticas: *Pelo decaimento da fluorescência da lignina conseguimos identificar sua concentração na fibra e mapear sua presença ao longo da parede da fibra de cana de açúcar.*

Outra novidade é a medição individual de fibras de celulose. As técnicas já utilizadas com esse propósito só eram capazes de medir um conjunto de fibras: *Quando se analisam diversas fibras de celulose juntas não se observam muitos detalhes, o que conseguimos com microscopia confocal,* afirma Guimarães.

Com uma visualização muito mais detalhada, Francisco notou que o arranjo de ligninas em fibras de celulose é extremamente organizado em qualquer ser vivo e que quando rompido esse ordenamento através dos pré-tratamentos químicos, a lignina aglomera-se na parede externa das fibras.



Esquema de microscopia confocal de uma fibra isolada de bagaço de cana de açúcar

Tantas novidades e inovações da pesquisa em questão chamaram a atenção dos editores da revista inglesa *Biotechnology for Biofuels*, que em fevereiro passado aceitaram o artigo científico de Francisco sobre essa pesquisa: *Essa é uma revista de alto impacto e todos os árbitros da revista que avaliaram o artigo gostaram,* pontua o pesquisador.

Sobre perspectivas futuras, Francisco afirma que um dos objetivos é desenvolver metodologias para deixar frações ainda menores de lignina nas fibras, indo do 1% (já alcançado) ao 0%.

*O Programa Equipamento Multiusuários (EMU) tem por objetivo apoiar a aquisição de Equipamentos para Pesquisa que não podem, ordinariamente, ser adquiridos em Auxílios à Pesquisa Regulares ou Projetos Temáticos (fonte: site FAPESP).

Energia elétrica acessível e barata

13 de Agosto de 2013

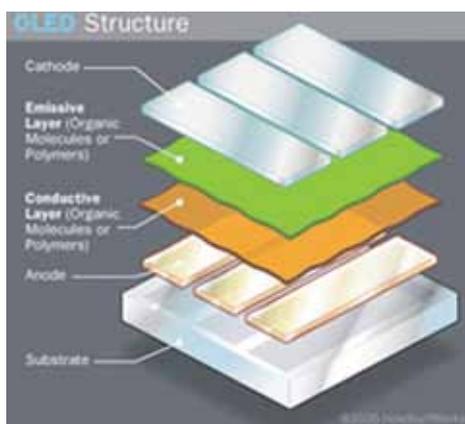
Há alguns meses, muitos receberam com ceticismo a notícia de que as tarifas de energia elétrica poderão ficar mais baratas a partir de 2014. Aqueles que conseguirem manter desligados os chuveiros e aparelhos de televisão entre as 18 e 21 horas, período em que o preço da energia custará mais, poderão usufruir tarifas mais baratas em outros horários. De acordo com especialistas, uma economia de até 45% poderá ser gerada na conta de energia elétrica.

A medida, necessária em razão da dificuldade de se produzir energia elétrica suficiente para suprir a demanda atual, poderá ser obsoleta em alguns anos se depender do esforço de pesquisadores do Laboratório de Espectroscopia de Materiais Funcionais (LEMAF) do IFSC. Em parceria com pesquisadores da Universidade do Minho (Portugal) e do IQSC*, um estudo coordenado pela docente do IFSC, Andréa S. Stuchi de Camargo, visa ao aproveitamento da energia solar usando-se materiais híbridos capazes de captar luz solar de maneira barata, sustentável e abundante.

Na pesquisa de novos materiais luminescentes, o grupo de Andrea tem se dedicado a matrizes inorgânicas ou híbridas inorgânico-orgânicas, mesoporosas, que possam abrigar moléculas luminescentes, como complexos metálicos e corantes. Vários trabalhos já foram publicados

baseados em matrizes de silicatos e/ou organo-silicatos, incorporando complexos de terras raras e corantes, como a rodamina. Através da colaboração com o IQSC e Portugal, busca-se utilizar como matrizes hospedeiras biopolímeros naturais, como celulose, DNA e pectina. Além de abundantes na natureza, de baixo custo, de fácil extração e biocompatíveis, os polímeros naturais, abrigando moléculas luminescentes, podem ser facilmente processados na forma de filmes. São assim criadas possibilidades de aplicações em células solares, células eletroluminescentes (LEECs) e diodos orgânicos (OLEDs), além de sensores e marcadores biológicos.

Nas células solares, materiais contendo corantes orgânicos permitem aumentar a eficiência de absorção de luz, o que resulta em maior eficiência de conversão elétrica. Para as LEECs e OLEDs, é necessário que os materiais, além de luminescentes, sejam bons condutores de carga. Para alcançar esta multifuncionalidade, várias composições de biopolímeros contendo sais de lítio e outros aditivos estão sendo estudados. O grupo da docente Agnieszka Maule (IQSC) tem vasta experiência no assunto, com pesquisas que agora se expandem através da colaboração com Andrea.



Andréa conta que vários testes em materiais luminescentes baseados nos biopolímeros estão sendo feitos. Por se tratar de pesquisa recente, poucos foram os resultados colhidos, mas em contrapartida são promissores: *Nosso objetivo é utilizar a matriz sólida para dispersar moléculas luminescentes, conferindo aos materiais estabilidade mecânica, aprimoramento de eficiências quânticas e estabilidade química às espécies luminescentes, além de maior flexibilidade de aplicações em estado sólido. Já fizemos testes com pectina dopada com moléculas de complexos de irídio [Ir3+], que resultaram em materiais com excelente*

qualidade óptica e propriedades fotofísicas promissoras, informa a pesquisadora.

Ainda que seja primordialmente pesquisa básica, Andrea ressalta a importância dos estudos para contribuir com o desenvolvimento tecnológico do Brasil em áreas onde não somos competitivos com outros países. Além disso, o caráter multidisciplinar da pesquisa, com grande enfoque nas correlações de propriedades estruturais e fotofísicas, através do uso de várias técnicas espectroscópicas, constitui terreno fértil para formar profissionais interessados em trabalhar na interface da física, química e ciências dos materiais.

* *O projeto em questão está inserido no Centro de Educação e Inovação em Vidros, cujo coordenador é docente da UFSCar, Edgar Zanotto, e o vice-coordenador é o docente do IFSC, Hellmut Eckert.*

No presente projeto também são colaboradores os docentes Cláudio Magon (IFSC), Pedro Donoso (IFSC), Agnieszka Maule (IQSC) e Maria Manuela da Silva (Universidade do Minho).

Pesquisadores de São Carlos fazem alerta sobre possíveis malefícios de cinzas vulcânicas

18 de Novembro de 2013

Em maio de 2010, o Prof. Sérgio Mascarenhas, do IFSC, e o Dr. Luiz Henrique C. Mattoso, chefe geral da Embrapa Instrumentação (CNPDIA) em São Carlos, publicaram uma nota na revista *Nature*, em que alertavam autoridades para os possíveis perigos das cinzas vulcânicas para a saúde humana. Essa preocupação veio na esteira de recente atividade de alguns vulcões, que inclusive afetaram o transporte aéreo. Na nota à *Nature*, Mascarenhas e Mattoso enfatizaram que as mudanças climáticas têm sido bem documentadas, mas que o mesmo pode não estar ocorrendo com os possíveis efeitos de longo prazo para a saúde humana, uma vez que as partículas das cinzas – de dimensões micro- e nanométricas – podem contaminar comida, plantações e a água. Terminaram a nota afirmando que não se pode presumir que as cinzas vulcânicas não terão efeitos maléficos para a saúde humana, e que seria uma obrigação das autoridades investigarem tais efeitos e informarem a população.

Passados três anos, Mascarenhas e Mattoso se juntaram a uma equipe de pesquisadores para realizar uma pesquisa

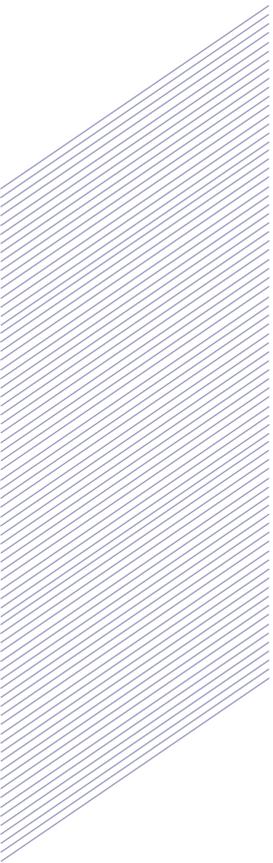
minuciosa cujos objetivos principais são identificar os elementos que constituem a cinza, fazer análise das partículas em escala nanométrica e avaliar seu impacto ambiental. Empregando cinzas de um vulcão que entrou em erupção na Islândia, esse grupo de pesquisadores testou efeitos de nanopartículas com dimensões de 80 nm, dispersas em água, em ratos.

Os resultados, que ainda estão sendo organizados na forma de artigo científico, indicaram que os órgãos dos ratos e a concentração de algumas enzimas não foram afetados pela administração das soluções aquosas de cinzas. Entretanto, as concentrações de ácido úrico, triglicérides e ferro sérico foram alteradas de maneira significativa. Isso reforça a percepção inicial do Prof. Sérgio Mascarenhas e do Dr. Mattoso sobre os possíveis perigos para a saúde pública, e esperamos possa guiar políticas públicas.

Referências

MASCAREANHAS, S.; MATTOSO, L.H.C. Volcanic ash should not be presumed harmless in long term. *Nature*, v.464, p.1253, 2010. doi:10.1038/465157b.

7 Física Computacional



O pioneirismo do IFSC deixou sua marca também na computação do Brasil. Com a motivação na década de 1970 de prover infraestrutura computacional para algumas das pesquisas em física no então IFQSC, professores do IFSC acabaram por contribuir de maneira decisiva para a consolidação de um polo de computação em São Carlos. Apenas a título de ilustração, muitos docentes do atual ICMC desenvolveram seus projetos de mestrado e doutorado no IFSC, criando uma parceria que cresceu com o tempo e hoje permite a realização de pesquisas inovadoras e multidisciplinares. São também produtos desse trabalho a modalidade de física computacional na pós-graduação em física aplicada e o bacharelado em física computacional.

Este capítulo traz uma amostra das pesquisas em física computacional, iniciando-se com um depoimento do Prof. Jan Slaets, pioneiro da computação em São Carlos.

Computação e Informática em São Carlos

Prof. Dr. Jan Slaets – IFSC/USP

Desde sua criação em 1971, os dirigentes do então Instituto de Física e Química de São Carlos (IFQSC) se dedicaram em criar uma ampla infraestrutura para viabilizar a realização de pesquisas. Assim, foram criadas oficinas com equipamentos e funcionários especializados nas áreas de mecânica, criogenia, vidros, eletrônica, além da biblioteca. Esta infraestrutura foi fundamental para que o IFQSC desenvolvesse pesquisas, criando e mantendo equipamentos experimentais em funcionamento.

Com esta visão, os fundadores do Instituto plantaram também as primeiras sementes para realizar pesquisas interdisciplinares, construir equipamentos próprios para pesquisa e formar recursos humanos com bons conhecimentos, não somente em física, mas também em áreas aplicadas e interdisciplinares. Com a aquisição do computador Digital PDP11/45, em 1974, adquirido para realizar cálculos para determinar estruturas moleculares a partir de dados obtidos por difração de Raios X, o Instituto iniciou sua própria infraestrutura de computação. Tratando-se de um sistema interativo e permitindo acesso via terminais, foi possível utilizá-lo para efetuar outros cálculos e simulações. Assim iniciou-se a utilização de softwares - principalmente a linguagem FORTRAN - em várias pesquisas.

O surgimento dos microprocessadores no final da década de 1970 permitiu o desenvolvimento de projetos de hardware baseados em microprocessadores, tornando possível controlar e adquirir dados experimentais de modo digital,

automatizando experimentos e tornando os dados coletados mais precisos. Com a disponibilidade desta nova tecnologia e a demanda local em automatizar experimentos nos laboratórios de física, foi criado o Laboratório de Instrumentação Eletrônica, em 1982. Neste ambiente foram desenvolvidos vários projetos dedicados ao controle, aquisição e processamento de dados, dos quais vários resultaram na obtenção de títulos de mestrado e doutorado na área de Física Aplicada da pós-graduação do IFQSC.

Um resultado importante destas atividades foi a obtenção da primeira imagem por Ressonância Magnética de um quiabo, em maio de 1984, viabilizada pelo uso de um terminal gráfico e um gerador de pulso desenvolvidos em projetos de mestrado em Física Aplicada no Laboratório de Instrumentação Eletrônica do IFSC com financiamento da FINEP. A grande experiência prática no desenvolvimento de hardwares e softwares, única até então no campus de São Carlos, e a crescente importância da informática para praticamente todas as áreas de pesquisas em Física e Física Aplicada, resultaram em 1983 na criação da Habilitação em Física Computacional no Bacharelado de Física.

Em 1988, juntamente ao Instituto de Física da USP de São Paulo (IF/USP), foi estabelecida a primeira conexão interligando nosso PDP11/45 (via FAPESP) ao Fermilab, em Chicago (EUA). Esta ligação permitiu as primeiras trocas de e-mails e dados com o exterior, utilizando-se o protocolo proprietário da Digital DECNET através de um modem analógico síncrono de 4.800 bps, fornecido pela Embratel.

Em 1991, a utilização do software Multinet nos computadores digitais do IFQSC viabilizou a conexão, via FAPESP, à internet, utilizando-se o protocolo TCP/IP. Com a consolidação destes conhecimentos em hardwares, softwares e redes, e os amplos recursos de computação adquiridos

pelos pesquisadores do IFQSC, incluindo-se os computadores VAX, e estações de trabalho SUN, Interpro e Silicon Graphics, a computação se tornou ferramenta quase onipresente nos grupos de pesquisa.

A partir de 2008, com a introdução dos computadores pessoais (PCs) possuindo megabyte de memória, monitores com megapixels e processamentos com velocidades de megaFLOPS (*Mega Floating Point Operations Per Second*), o acesso à informática ficou à disposição em qualquer laboratório de pesquisa. O grande impacto que esta nova ferramenta representava para a formação de físicos e o fato de o IFSC possuir docentes com amplos conhecimentos e experiência em informática foi decisiva para criação, em 2006, do curso de Física Computacional.

Pesquisadores da USP criam novo sistema de criptografia para proteger transações na internet

29 de junho de 2010

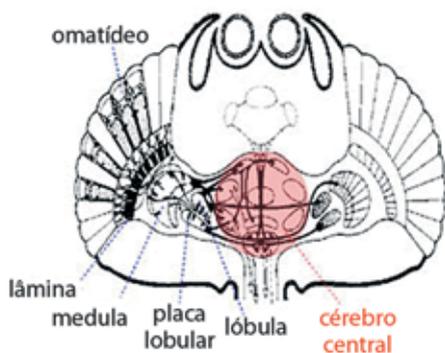
Pesquisadores do IFSC e da USP Ribeirão Preto desenvolveram um novo sistema de criptografia que promete maior segurança nas transações bancárias e no comércio via internet: *O sistema é inovador porque combina o método tradicional de criptografia com uma parametrização dinâmica obtida de sistemas caóticos. Até onde sabemos, é a primeira vez que esta abordagem é feita e com isso conseguimos produzir um algoritmo computacional com melhorias na segurança e também na velocidade*, afirma o professor Odemir Martinez Bruno, pesquisador do IFSC.

A iniciativa dificultará a ação de hackers e espões em suas tentativas de quebrar códigos de segurança na internet. A criptografia também é importante na codificação de arquivos em notebooks que podem ser perdidos ou roubados.

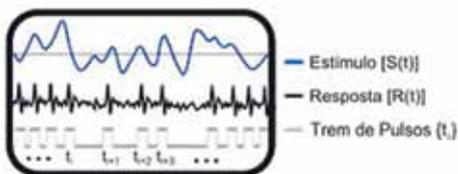
O projeto iniciou-se há cerca de três anos e possibilitou a criação do Grupo de Criptografia. Além do Prof. Odemir Martinez Bruno, integram o grupo o Prof. Alexandre Souto Martinez, do Departamento de Física e Matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFLCRP) da USP, e o bolsista de Iniciação Científica do CNPq, Anderson Gonçalves Marco: *Um dos aspectos inovadores do novo sistema é a integração entre os conceitos da física e matemática à computação*, afirma Bruno, lembrando que o novo método está em processo de obtenção de patente. A pesquisa está em fase final e a Agência USP de Inovação está buscando empresas interessadas em licenciar o produto.

Pesquisa do IFSC sobre decodificação neural é destaque em periódico internacional

08 de novembro de 2010



Sistema visual da mosca. Corte horizontal da cabeça da mosca indicando os vários estágios de processamento do sistema visual: Omatídeo, Lâmina, Medula, Placa Lobular e Lóbula. A informação do cenário sensorial percorre este caminho até o centro neuromotor da mosca. Imagem adaptada de (58).



Codificação neural. Ao apresentarmos um estímulo em função do tempo $S(t)$ (azul) e registrarmos a atividade $R(t)$ do neurônio H1 (preto), observamos uma sequência de pulsos praticamente idênticos (spikes). Devido a esta semelhança entre os pulsos, podemos caracterizar $R(t)$ apenas pelos tempos (t_i) de ocorrência dos disparos.

Os animais precisam reconstruir uma representação do mundo externo a partir dos dados obtidos dos seus sistemas sensoriais, a fim de reagir corretamente às demandas das rápidas variações do ambiente. Em muitos casos, esse sinal sensorial é codificado em uma sequência de pulsos elétricos idênticos, chamados potenciais de ação, ou *spikes*. Se representarmos o mundo externo através de uma função estímulo dependente do tempo $s(t)$, o animal tem de reconstruir $s(t)$ a partir de um conjunto de *spikes*. Esse processo decodificador atua como conversor digital-analógico, gerando uma estimativa $se(t)$ do estímulo.

Neste artigo, a representação da reconstrução do estímulo visual a partir da sequência de *spikes* utiliza séries de Volterra de até segunda ordem. Este procedimento consiste no registro simultâneo dos disparos dos dois neurônios H1, localizados na região chamada *lobulaplate* da mosca *Chrysomy amega cephal*, quando estimulados visualmente por estímulos representando deslocamentos rotacionais ou translacionais.

Reconstruções de segunda ordem necessitam, potencialmente, de manipulação de matrizes muito grandes, dificultando o uso da técnica para vários neurônios. A computação e inversão destas matrizes

podem ser evitadas utilizando um conjunto de funções básicas. Isso requer que se aproxime a sequência de disparos de funções de quatro pontos em combinações de funções de dois pontos, o que seria verdadeiro para processos *estocásticos gaussianos*. No caso presente, a aplicação desta aproximação não diminuiu a qualidade da reconstrução. A contribuição dos kernels de segunda ordem na reconstrução do estímulo é de apenas 5%, quando comparado com a contribuição de primeira ordem. No entanto, representando um estímulo visual rotacional, a adição dos kernels de segunda ordem pode representar uma melhora de até 100%. No artigo, foi apresentado um

esquema perturbativo que facilita a aplicação do método para neurônios fracamente correlacionados.

O artigo foi publicado no periódico *Neural Computation*, do *MIT Press Journals*.

Referência:

FERNANDES,N.M.;PINTO, B. D. L.;ALMEIDA, L.O.B.; SLAETS,J.F.W.; KÖBERLE,R. Recording from two neurons: second- order stimulus reconstruction from spike trains and population coding.*Neural Computation*,v.22, n.10, p.2537-2557, Oct. 2010.

Visão cibernética: benefícios da medicina à filosofia

26 de Janeiro de 2011

A automação da maior parte das habilidades humanas exige a capacidade da visão. Para aprimorar a exploração submarina ou a exploração espacial, por exemplo, a visão artificial é essencial. Por essa razão, muitos pesquisadores no mundo se dedicam à área de Visão Cibernética, estando locado no IFSC o único grupo do Brasil empenhado nesse tipo de pesquisa.

A visão cibernética contempla uma fusão entre a visão biológica e a visão artificial. Segundo o Professor Luciano da Fontoura Costa, membro do Grupo de Computação Interdisciplinar e fundador do Grupo de Visão Cibernética do IFSC, muitos dos mecanismos e técnicas para visão computacional têm forte ligação com o funcionamento da visão natural.

Sendo pesquisa multidisciplinar, incluindo Física, Matemática e Biologia, é possível trabalhar com conceitos e métodos bem versáteis. Isso permite atuação em várias áreas, desde o aspecto teórico, mais básico, até o mais aplicado. Segundo Fontoura, as pesquisas já beneficiaram desde a Medicina até a Filosofia: *Por se tratarem de conceitos e metodologias bastante gerais, podem ter vasta aplicação em diferentes campos de pesquisa*, explica.

O grupo tem se dedicado aos estudos da forma dos neurônios, mais especifica-

mente, à maneira com que a forma dos neurônios auxilia na conexão entre eles e o sistema nervoso, e define sua função: *Isso quer dizer que se o neurônio é mais simples, ele vai se ligar menos; se é comprido, vai se ligar a certos alvos mais específicos. Percebendo isso, procuramos entender como a forma influencia o funcionamento dos neurônios e vice-versa, pois o oposto também é possível*, explica Fontoura.

Este estudo, conduzido há bastante tempo por Fontoura, também se estende à pesquisa sobre raízes de plantas e suas interações. A relação está no fato de que as raízes, sendo transmissoras de fungos e doenças, dependem de sua forma e da distância entre outras raízes para propagar epidemias. Em colaboração com a Universidade de Cambridge, na Inglaterra, verificou-se que raízes mais uniformes, com forma mais regular, são mais suscetíveis à transmissão de doenças: *Isso também vale para neurônios: a transmissão de doenças em sistemas neuronais é facilitada quando as células têm formas mais regulares*, explica o pesquisador.

Este é apenas um exemplo da interação da Computação e da Física com a área médica. Além disso, o grupo também estuda

a forma das mitocôndrias e usa conceitos de redes complexas, que é uma versão *modernizada* da teoria dos grafos. Um grafo é uma estrutura importante, pois pode representar quase qualquer tipo de sistema. É composto por nós que se conectam através de ligações, arestas. Uma rede social, por exemplo, pode ser representada por um grafo, em que cada indivíduo é um nó que estabelece ligações através de suas relações com outros indivíduos. Esse tipo de estudo pode ser aplicado, novamente, à transmissão de doenças: é possível verificar de que maneira as doenças se propagam em tipos diferentes de estruturas.

Estas pesquisas visam ao estudo da forma, que é fundamental para a visão: *Isso tudo se refere à caracterização automática das formas: dimensão fractal, alongamento, complexidade, ou seja, as características geométricas dos objetos. Estes conceitos que*

utilizamos são da Análise de Imagem, que é uma parte do estudo da visão, explica Fontoura.

Apesar de todos os avanços, ainda há muitos desafios para a visão cibernética. O maior deles é o reconhecimento automático de padrões - a identificação de categorias de objetos: *Se os objetos são bastante diferentes, é fácil distingui-los. Mas isso não ocorre para objetos com características semelhantes*, conta o pesquisador. Este tipo de procedimento é base de, por exemplo, diagnóstico automático de exames médicos, nos quais é preciso procurar por doenças nos padrões e muitas vezes não há uma diferença óbvia.

Já a área de redes tem revolucionado as ciências e pode ser aplicada em quase todas as áreas. É o caso de uma tese de doutorado que desenvolveu um trabalho relacionado à leucemia.

Pesquisador do IFSC estuda cérebros de siris para poder compreender cérebro humano

23 de Março de 2011

Crustáceos vêm sendo usados há algum tempo como modelos para desvendar como as informações se processam no cérebro humano: *Estudamos o processo de codificação e transmissão entre neurônios em vários sistemas e usamos, para isso, siris, moscas e um peixe elétrico de campo fraco, chamado tuvira*, explica Reynaldo Daniel Pinto, docente do IFSC.

O interesse no assunto iniciou-se no decurso do seu pós-doutorado na Universidade de San Diego (EUA), sendo o objetivo final compreender o funcionamento do cérebro humano: *O cérebro de mamíferos é muito complicado! É mais fácil estudar circuitos menores, com menos neurônios para, a partir do estudo de bichos diferentes, entender o que existe em comum com outros animais, nesse caso o ser humano*, esclarece Reynaldo.

A utilização de um siri para estudos do cérebro humano parece uma grande novidade, mas Reynaldo afirma que desde a década de 1970 lagostas já vinham sendo utilizadas nos EUA com o mesmo propósito: *Os experimentos realizados na University of California – San Diego, durante o pós-doutorado, constituíram o primeiro contato com esse tipo de pesquisa. Lá, eles usavam lagostas para seus estudos*, conta.

Para a linha de pesquisa com organismos com menos neurônios, o professor tenta descobrir como um neurônio se comunica com o outro. A expectativa é que o conhecimento adquirido com siris possa ser correlacionado com o que ocorre nos neurônios humanos: *Os siris existem há muito mais tempo que nós. Muitas vezes, a natureza escolhe resoluções similares para iguais problemas, ou seja, o sistema nervoso evoluiu de maneiras diferentes nos organismos, mas as soluções para certos problemas são muito semelhantes*.

O peixe elétrico

A tuvira é um peixe com um órgão que produz pulsos elétricos dentro da água, como uma enguia. Porém, diferentemente da enguia, que emite sinais de até 800 Volts, a tuvira gera um pulso de dois a três volts de amplitude, equivalente a duas pilhas em série: *A tuvira tem sensores elétricos ao redor da cabeça e gera um pulso na água parecido com um sinal de neurônio. O campo elétrico gerado sai de seu órgão elétrico, passa pela água, interage com os objetos ao redor e volta em direção à cabeça: no final desse processo, ele forma uma imagem elétrica em seus sensores, que será decodificada pelo cérebro do animal*, explica o pesquisador.



“Traduzir” a linguagem de tuviras pode auxiliar na prevenção de catástrofes.

Além de enxergar através desse processo, a tuvira é capaz de saber de que tipo de material um objeto é feito (plástico, ferro, metal,...), identificar o sexo de outras tuviras e comunicar-se, entre outras coisas. Ela pode, inclusive, detectar a qualidade da água do ambiente em que vive, uma espécie de sensor biológico: *A ideia é aprender como as tuviras conversam. Pode-se colocar um robô na água para ‘traduzir’ o que as tuviras estão dizendo e ter acesso a informações, como contaminação da água por vazamento de petróleo em regiões de difícil acesso, podendo-se evitar uma catástrofe, exemplifica Reynaldo.*

O professor afirma que artigos estão prestes a ser publicados. No laboratório do docente, vários alunos de pós-graduação dedicam-se aos estudos: *Colocamos eletrodos em volta de um aquário que abriga uma tuvira e ligamos esses eletrodos no computador. Assim, já podemos captar os sinais da tuvira e começar a ‘traduzir’ sua linguagem.*

O objetivo global da pesquisa é entender o processamento de informações no cérebro: *Procuramos interagir o sistema nervoso vivo desses organismos com o computador e tentar decifrá-los. Embora seja um organismo simples, a comunicação, em si, é complexa. Se conseguirmos fazer essa interação entre sistema nervoso e computador, poderemos um dia substituir circuitos biológicos por eletrônicos, caso o primeiro esteja danificado, por exemplo, finaliza o docente.*

Visão computacional e inteligência artificial possibilitam detecção de deficiência nutricional em plantas

11 de Maio de 2011

Num projeto da autoria de pesquisadores do IFSC e da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da USP, desenvolveu-se um sistema que permite verificar as informações nutricionais da planta do milho antes de sua produção. O sistema utiliza uma tecnologia que combina visão computacional e inteligência artificial e pode prevenir uma série de prejuízos nas safras de milho.

O projeto teve início há cerca de três anos e a equipe de pesquisadores, formada pelos docentes Odemir Martinez Bruno (IFSC), Pedro Henrique de Cerqueira Luz (FZEA), Valdo Rodrigues Herling (FZEA) e os pós-graduandos Liliane Maria Romualdo (FZEA), Fernanda de Fátima da Silva (FZEA), Mário Antonio Marin (FZEA) e Álvaro Gómez Zúñiga (ICMC), desenvolveu um mecanismo inovador que se baseia em examinar, com um scanner, a folha em estágios iniciais da fase vegetativa: *A imagem da folha digitalizada é transformada num modelo matemático que é comparado com outros já estabelecidos. A inteligência artificial verifica a qual padrão o modelo se ajusta*, explica o professor Odemir Martinez Bruno. O processo, que dura poucos minutos, detecta todas as deficiências da

planta em relação aos macronutrientes e aos micronutrientes.

Os pesquisadores conseguiram, através de técnicas de reconhecimento de padrões de inteligência artificial, estabelecer um modelo matemático da planta ideal, com quantidades pré-determinadas de todos os nutrientes minerais necessários. Assim, o modelo matemático obtido do escaneamento das folhas é comparado a este primeiro modelo para identificar a falta dos nutrientes.

A utilização do sistema será bastante simples, bastando que o agricultor vá à plantação com um scanner de mão, obtenha a imagem da folha e com um computador realize a operação de reconhecimento. Em alguns minutos, o agricultor poderá acessar um relatório nutricional da planta através de seu computador.

Nesta primeira fase do projeto, os testes são realizados em casa de vegetação no campus da USP de Pirassununga, onde o cultivo das plantas pode ser controlado. Segundo Bruno, os resultados foram bastante positivos e o sistema demonstrou grande eficiência.



Escaneamento das folhas de milho permite comparação entre modelos matemáticos da planta.

Outros testes já estão sendo executados no campo para tentar prever o comportamento do sistema em escala comercial. O pesquisador contou que os testes foram aplicados em híbridos comerciais de milho, mas ampliará seu objeto de es-

tudo com outros híbridos como soja, café e feijão.

O projeto gerou uma patente e uma página online chamada *Projeto Visão Artificial do Milho*, que disponibiliza alguns resultados da pesquisa. A identificação do estado nutricional do milho ocorre já na fase reprodutiva da planta. O pesquisador explica o processo: *Analisa-se quimicamente o tecido vegetal (as folhas) das plantas. Para tanto, o produtor recolhe amostras das folhas e as encaminha para laboratórios ou órgãos específicos, o que demanda certo tempo e custo.*

Essa análise servirá de parâmetros para correções na próxima safra. Assim, o novo método será uma ferramenta eficaz no diagnóstico precoce de deficiências nutricionais, possibilitando que a deficiência seja remediada, evitando perdas de safras.

Estudo do cérebro da mosca para compreensão do cérebro humano

29 de Julho de 2011



Rapidez, equilíbrio, robustez e extensa literatura. Esses são os principais motivos pelos quais a espécie *Chrysomya americana cephalata* se tornou o principal objeto de estudos dos laboratórios de Física Computacional e Instrumentação Eletrônica, Neurofísica, Dipterlab e Neurodinâmica do IFSC: *A marinha americana adoraria fazer um F-16 com a capacidade performática de uma mosca*, brinca Lírio Onofre B. de Almeida, especialista no Laboratório do Grupo de Física Computacional e Instrumentação Aplicada do IFSC.

A pesquisa, já desenvolvida há uma década, inicialmente coordenada pelo docente Roland Köberle e atualmente

por seu colega Reynaldo Daniel Pinto, é pioneira na América do Sul e no mundo todo, sendo que poucos laboratórios fazem pesquisas semelhantes: *No hemisfério sul, apenas na Austrália se utilizam invertebrados, como gafanhotos e abelhas - que têm detecção de movimento mais lento do que as moscas -, para esse tipo de pesquisa*, conta Lírio.

No princípio, onde a neurociência era ligada diretamente à medicina, acreditava-se que a quantidade de pulsos emitidos por um neurônio é que determinava a intensidade do estímulo recebido. Mais tarde, descobriu-se que

grande parte da informação codificada está no intervalo entre os pulsos.

Todas as informações e sensações nos organismos são transmitidas da mesma maneira: neurônios com sinais elétricos e químicos. Isso vale para animais vertebrados ou invertebrados e algumas vezes plantas. A análise de como a informação é processada em seres vivos mais simples, como moscas, pode auxiliar no entendimento de estruturas mais complexas: *Um único neurônio já pode ser considerado um sistema complexo. Partimos do pressuposto de que, uma vez compreendidos mecanismos mais simples, pela similaridade entre organismos poderemos decodificar como o processamento de informações ocorre no cérebro humano*, explica Lírio.

São duas as maneiras pelas quais as informações são transmitidas pelo sistema nervoso em organismos: pulsos elétricos, que fazem isso de maneira muito rápida, e neurotransmissores, que o fazem de forma mais lenta: *A reação de uma mosca é extremamente rápida, por isso o interesse em estudá-la.*

O tempo de processamento do sistema visual da mosca é da ordem de 30 milissegundos ($30 \times 10^{-3} \text{s}$) e o neurônio desse sistema tem um tempo de recuperação (descanso entre um pulso e outro) da ordem de 2 milissegundos ($2 \times 10^{-3} \text{s}$): *Poucos pulsos são suficientes para codificar e processar o estímulo visual apresentado para a mosca. Através de ferramentas matemáticas e computacionais, estes dados são analisados*, explica Lírio.

Além de pesquisa acadêmica, esse tipo de análise de sinais pode ser estendido para aplicações importantes, como fazer um paraplégico andar. Para a Física é simplesmente compreender a codificação e decodificação das informações: *Estaríamos dando um passo muito grande em termos de eficiência*, diz Lírio.

Por que as moscas se tornaram objeto principal de estudos

Há quase cem anos, as partes neurológicas e anatômicas desses insetos já são estudadas por biólogos. Além da visão bem desenvolvida, seu sistema de voo é extremamente eficiente e habilidoso: *No início de sua espécie, a mosca possuía quatro asas, mas com sua evolução, duas delas se transformaram em 'giroscópios', possibilitando um domínio ainda maior sobre o voo*, conta Lírio.

A mosca percebe movimentos de forma muito rápida. Por comparação, enquanto um ser humano tem a sensação de continuidade em uma imagem apresentada de 25, 30 quadros por segundo (Hz), dependendo da temperatura ambiente, uma mosca é capaz de detectar até 500 Hz.

Além das razões citadas, a mosca oferece outra vantagem: É difícil realizar experiências com animais *in vivo*. *Por ser um inseto muito robusto, a mosca é capaz de permanecer viva durante uma microcirurgia, implante de microeletrodos*

e aquisição dos sinais enviados por seus neurônios durante experimentos, explica o pesquisador.

Diversos grupos se uniram para desenvolver pesquisas semelhantes à citada. No caso do estudo do cérebro da mosca, no IFSC, além dos próprios físicos, grande parte dos pós-graduandos veio do curso de Ciências Físicas e Biomoleculares, mas engenheiros eletrônicos e físicos computacionais do Instituto também participam do projeto: *A precisão para geração dos*

estímulos e a aquisição de dados dos sinais neurológicos exigem equipamentos especiais, não disponíveis no mercado. Nesse aspecto, métodos computacionais são fundamentais, conta Lírio.

Essa área fascinante de pesquisa foi motivada por um período sabático de dois anos do Prof. Roland no Centro de Pesquisas NEC Worldwide, em Princeton (EUA), onde trabalhou com Rob de Ruyter van Steveninck, um dos grandes estudiosos do assunto.

TIDIA: A alta tecnologia na Universidade

12 de Janeiro de 2012



Há mais de setenta anos, quando nem se sonhava com a internet, o físico indiano Narinder Singh Kanpany trabalhava com uma tecnologia que viria a revolucionar a maneira como as informações são transmitidas pela rede. Narinder foi o inventor da fibra óptica (1930), tecnologia hoje amplamente utilizada para transmissão de informações digitais.

A comunidade científica sempre buscou maneiras eficientes não só de transmitir a informação, como torná-la acessível ao maior número de pessoas. Em 2001, a FAPESP criou o programa *Tecnologia da Informação no Desenvolvimento da Internet Avançada* (TIDIA), cujo objetivo prin-

cipal era transformar a internet em objeto de pesquisa.

Carlos Antonio Ruggiero, docente do IFSC, é um dos pesquisadores que participa do *Kyatera* - um dos subprojetos contemplados pelo TIDIA: *A FAPESP tem um papel importante em relação à internet, pois foi graças à sua atuação que houve a primeira conexão da internet do Brasil com os Estados Unidos, em 1991, relembra Ruggiero. Nessa época, eu estava licenciado do IFSC para coordenar o CCE - Centro de Computação Eletrônica da USP, e ligamos a Universidade à internet duas semanas após a FAPESP ter feito o mesmo: a USP foi a segunda instituição do Brasil a se conectar na internet.*

Dois anos após o lançamento do TIDIA, vários projetos de pesquisa (incluindo o *Kyatera*) receberam as verbas para serem concretizados: *A FAPESP financiou nosso projeto com R\$1 milhão, mas o total de investimentos foi muito maior, no valor de R\$8 milhões, conta o docente.*

Através do *Kyatera*, uma rede de fibra óptica foi disponibilizada para ser instalada em todo o Estado de São Paulo. Foram definidos três polos principais, para serem as *espinhas dorsais* da rede: São Paulo, Campinas e São Carlos foram as cidades escolhidas por concentrarem maior volume de tráfego: *Pelo fato de os cursos de ciências exatas da USP, fora de São Paulo, estarem em São Carlos, o tráfego aqui sempre foi muito alto, quase igual ao de Campinas, explica Carlos Antonio.*

Com essa rede a velocidade da internet nas três cidades chegava a 10 Gigabites por segundo, com o adicional de 10 Gigabites (previstos pela redundância), somando uma velocidade de conexão impensável para grande parte dos usuários comuns: *Essa é uma rede voltada a pesquisadores, especialmente aqueles ligados com pesquisa em rede de computadores, conta Ruggiero.*

A consequência disso, especificamente para São Carlos, foi a construção de três

redes de fibra óptica, tanto no campus da USP quanto na cidade de São Carlos, onde qualquer usuário interessado em trabalhar com redes pode usufruir: *Essa rede liga profissionais da Física, Engenharia Elétrica e Computação da USP, além do Departamento de Computação da UFSCar, acrescenta Ruggiero.*

Assim, o número de fibras ópticas no campus foi significativamente ampliado: *Temos aqui no campus cabos passando com cento e quarenta e quatro fibras e o Centro de Informática da USP de São Carlos é responsável por algumas dessas fibras, complementa o docente.*

De acordo com Carlos Antonio, desde seu projeto inicial, o TIDIA objetiva chegar a toda comunidade - embora até o momento seja somente utilizado por pesquisadores: *Inicialmente, o TIDIA foi projetado para o uso daqueles que trabalham com redes e é óbvio que isso será repassado a todos, mas esse processo atrasou, conta.*

Ele afirma que em 2012 há grandes chances de o projeto poder ter um rápido progresso e todos possam usufruir da velocidade de transmissão de informações através das fibras ópticas: *A infraestrutura está pronta, mas para fazer essa transferência à comunidade é preciso que ela esteja funcionando perfeitamente, conclui o docente.*

IMAGECLEF: IFSC é referência em reconhecimento de padrões em plantas

25 de Janeiro de 2012

Pesquisadores do IFSC ocupam o primeiro lugar em desafio francês promovido pela Sociedade Francesa de Botânica, relacionado à análise e reconhecimento de padrões, mais especificamente na categoria *identificação de plantas*. A ideia é aplicar o princípio em um levantamento da flora brasileira

O *Imageclef* é um evento internacional criado em 2003, que lança anualmente desafios para a comunidade mundial da área de reconhecimento de padrões. Dois tipos de desafios são lançados a cada edição: um é relacionado à identificação de imagens médicas, ou seja, localização de tumores ou análise de patologias, enquanto o outro é relacionado a imagens em geral.

Imaginemos como seria se o Google conseguisse fazer buscas de imagens a partir de outras imagens: por exemplo, inserindo a foto de um carro e o Google retornar imagens de carros muito similares. Este sistema ainda não existe, mas o trabalho dos pesquisadores do IFSC é identificar características únicas de determinados objetos, de modo que com uma fotografia se consiga acessar suas informações – o mesmo princípio que faria funcionar um sistema de buscas.



Em 2010, uma nova categoria do desafio foi inaugurada: o reconhecimento de plantas, algo difícil devido à variabilidade de sua forma, muito maior do que a biologia animal, por exemplo. O professor Odemir Bruno e seus orientandos Dalcimar Casanova e João Florindo, que integraram a equipe do *Imageclef 2011*, se perguntaram: *Será que podemos desenvolver um sistema computacional que reconheça todas as espécies de plantas da Europa?*

O banco de dados disponibilizado pelo *Imageclef*, na internet, continha diversas fotografias de inúmeras espécies nativas da Europa. Segundo Odemir, este é um tema que seus colaboradores vêm tentando investigar há mais de dez anos: *A ideia é unir Física, Matemática e Computação para*

analisar a biodiversidade através de imagens; talvez por este motivo tenhamos saído com vantagem. Em uma parceria com o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), com a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq – USP) e UNESP, de Assis, os pesquisadores se preocuparam, principalmente, com a forma, a enervação e a textura (padrão dos pigmentos da folha) das plantas para estabelecer um banco de dados que servisse como pontos de reconhecimento na imagem. Com isso, a equipe conseguiu uma taxa de acertos de quase cinquenta por cento, muito acima das outras instituições competidoras.

A flora europeia é simples quando comparada à flora brasileira, uma das mais ricas do mundo: *O nosso objetivo é identificar a biodiversidade brasileira, o que é muito mais desafiador do que a biodiversidade europeia,* menciona o docente. No Estado

de São Paulo não há um levantamento das espécies: *A Mata Atlântica do Estado é desconhecida para nós, então imagine a Amazônia,* compara ele: *Estamos destruindo sem nem saber o que pode existir lá; não sabemos se pode haver uma potencial cura para o câncer, para citar um exemplo.* Por essa razão, a ideia é descobrir uma maneira de fazer um levantamento florestal rápido, além de catalogar características fisiológicas e fenômenos evolutivos que podem ditar o melhor clima, melhor solo, melhor ambiente para o crescimento da espécie: *A modelagem matemática das plantas pode fazer com que possamos entendê-las de maneira muito mais desenvolvida,* explica. Um exemplo disso é um sistema desenvolvido por Odemir e colaboradores que verifica as deficiências nutricionais do milho, intitulado *Visão Artificial do Milho:* com um scanner de mão e um computador, o agricultor



À esquerda, planta da espécie *Passiflora Caerulea*, ao lado de imagem gerada a partir de seu escaneamento pela equipe do IFSC.

pode acessar todas as informações do produto que está cultivando.



Projeto Visão Artificial do Milho: escaneamento das folhas de milho permite a identificação das deficiências nutricionais da planta.

O docente conta que uma versão mais sofisticada do dispositivo pode ser integrada a um telefone celular. Ao obter

uma foto e enviar para um software, ou um endereço online, o biólogo pode obter informações sobre as prováveis espécies às quais pode pertencer a folha, de maneira muito mais prática e rápida. Para identificar uma espécie de planta encontrada em campo, atualmente um biólogo tem que consultar um herbário, onde plantas são catalogadas secas por muitos anos – um processo que pode levar muitos dias.

Contudo, Odemir afirma que o problema encontrado na Biologia é extremamente difícil e sofisticado: *Estamos trabalhando nisso há dez anos, mas é possível que daqui a mais dez anos ainda estejamos aprimorando nossa solução para esta problemática, porque atualmente, nem a Matemática, Física ou Computação têm ferramentas prontas para solucioná-la.* Por isso, a equipe usa este problema para tentar desenvolver algoritmos que possam fornecer a solução em futuro próximo.

A (r)evolução da informática

30 de Janeiro de 2012

O computador atual nada tem a ver com o primeiro, criado há quase dois séculos. Em 1837 o cientista e matemático Charles Babbage inventou uma máquina de funcionamento mecânico, que realizava as quatro operações fundamentais (adição, subtração, multiplicação e divisão) com rapidez, sendo considerado o primeiro computador da história.

Passados cento e oito anos, o esforço de guerra aliado na 2ª Guerra Mundial, que buscava quebrar a criptografia nazista e fazer cálculos balísticos sofisticados, deu origem aos computadores eletrônicos: *O primeiro deles - o americano ENIAC -, que era uma grande calculadora, começou a operar logo após o final da Guerra, em 1946, conta Guilherme Matos Sipahi, coordenador do curso de Física Computacional do IFSC.*

No entanto, o real marco foi o computador proposto por von Neumann. Na década de 1950, somente governos e grandes empresas utilizavam computadores: *Desde o surgimento das primeiras máquinas, as universidades já tinham acesso, pois eram criadas lá. E, como resultado do esforço de guerra, a máquina de von Neumann foi construída na Princeton University, tendo entrado em operação em 1951, explica o docente. Pouco tempo depois, a segunda geração de computadores apresentava máquinas que funcionavam com materiais*

semicondutores para, finalmente, chegar aos circuitos integrados - no modelo que conhecemos hoje.

Se no começo os estímulos para a criação de computadores eram as guerras, atualmente a realidade é outra. Há outras prioridades, como o entretenimento, com a criação de jogos de computador: *Há vinte anos, o cenário não era esse. Hoje, quase tudo é voltado para a produção de games. Pela primeira vez, o foco é o próprio consumidor e não mais as universidades ou o governo, como no começo, explica Guilherme.*

Ainda no mundo do entretenimento, nas décadas de 1950 e 1960, os computadores tornaram-se *personagens* principais na ficção científica. Muitos filmes dessa época tinham como tema principal o computador, até com certo sensacionalismo: um exemplo é o filme *2001 - Uma odisséia no espaço: Dos seriados da década de 1960, muitos mostravam máquinas do tempo ou submarinos sendo operados por computadores do tamanho de uma sala, elucida o docente.*

Na década de 1970, os primeiros computadores pessoais começaram a ser comercializados: *Era, em princípio, um brinquedo. Os componentes vinham soltos e o próprio comprador tinha que montar a máquina, conta Guilherme. No início da década de 1980, apareceram computadores como o ZX Sinclair, com CPU integrada a*

um teclado, usando TV como monitor e aparelhos cassete como discos. No final da década de 1980, a IBM lançou o PC (*personal computer*), mas somente no início da década de 1990 é que os computadores passaram a ser amplamente comercializados.

Criada pelo governo americano nos tempos incertos da Guerra Fria, a internet, considerada o grande advento da informática, foi precedida por sistemas semelhantes. Guilherme conta que, na década de 1980, precursores da internet já se faziam presentes. Na França havia um sistema funcionando como um computador, onde as pessoas podiam consultar telefones e endereços. A primeira manifestação do que seria a rede começou desta forma: *A internet surgiu para ser um instrumento de troca de dados e não de comunicação. Depois, foi sendo aprimorada e chegou comercialmente ao Brasil só em 1995. Antes disso, ela era puramente acadêmica.*

Seja nas empresas, na indústria do entretenimento ou na educação, os computadores trouxeram mudanças que afetam a vida das pessoas - inclusive daquelas que não têm acesso às máquinas. Nas empresas, a facilidade para troca de documentos e a comunicação entre funcionários, fornecedores e clientes foram modificadas e aprimoradas. Os editores de texto e planilhas também passaram a ter papel fundamental: *Tudo isso facilitou o trabalho. Esses softwares relativamente simples trouxeram uma melhora significativa no cotidiano de todos*, afirma o docente.

Dos estúdios de animação às grandes produções cinematográficas, como *Titanic*,

a computação teve papel relevante. Quando George Lucas produziu os gráficos que dariam vida à notória produção *Guerra nas Estrelas*, começou-se a conceber efeitos visuais construídos nos computadores: *Todos os grandes efeitos de Titanic foram realizados em máquinas Linux e Alfa. Eram clusters** gigantescos, fazendo muitas imagens em máquinas diferentes, conta o docente.*

Steve Jobs fundou a *Pixar* (hoje pertencente à *Walt Disney Company*), estúdio de animação que produziu *Toy Story*, *Vida de Inseto*, entre outras famosas animações, tendo-se tornado um dos melhores exemplos do relacionamento bem-sucedido entre computação e entretenimento.

Um caminho para que países emergentes obtenham avanço efetivo em informática é o desenvolvimento de *softwares*: *Temos que aprender a fazer programas de computador, pois gastamos muito dinheiro pagando licenças de uso*, lamenta Guilherme: *Perdemos a corrida da tecnologia do silício e replicamos tecnologia, não temos um número expressivo de patentes ou tecnologia exclusivamente brasileira na área de chips ou de dispositivos eletrônicos no Brasil.*

Biossensores e computadores orgânicos, de acordo com o docente, podem ser a nova aposta nessa corrida tecnológica, da qual o Brasil pode - e deve - participar. Outra aposta em que o Brasil deve se envolver é no desenvolvimento de jogos e aplicativos para computador: *Atualmente, a Índia faz isso muito bem e já participa ativamente do mercado dos EUA: o Brasil*

poderia estar nesse patamar, afirma o docente: Sempre se teve pouco desenvolvimento de tecnologia no Brasil. Mesmo sendo país em desenvolvimento, a indústria brasileira sempre foi de montagem e raramente desenvolveu produtos, lamenta.

A escolha com a qual o Brasil pode se deparar, nesse sentido, é caminhar para o desenvolvimento de *softwares* livres (que não exigem o pagamento de licença de uso, por parte dos usuários) ou na direção *capitalista*, desenvolvendo programas cuja licença de uso é paga: *Com softwares livres, as pessoas aprendem mais e, no caso brasileiro, talvez fosse melhor caminhar nessa direção e dar liberdade aos programadores. Quando as pessoas se veem obrigadas a aprender por conta própria, podem aprender mais e os brasileiros são muito criativos*, diz Guilherme.

Grandes empresas, como Google ou Yahoo, trabalham no desenvolvimento de novas tecnologias. Em um futuro próximo, teremos diversas máquinas em uma só, fazendo a *computação nas nuvens*, com

uma velocidade de transmissão de dados muito maior do que atualmente. Quanto ao tamanho dos computadores, se caminharmos do desktop ao iPad, poderemos perceber que a tendência é que *encolham* cada vez mais.

A computação em nuvem, de acordo com Guilherme, já é uma realidade. Funciona da seguinte forma: qualquer documento, dado ou informação armazenada em uma máquina, poderá ser acessado de qualquer outra, em qualquer lugar do planeta: ou seja, qualquer suporte físico terá acesso à informação virtual.

As evoluções e facilidades que teremos em áreas como saúde e educação também são significativas: *A Google comprou uma empresa de DNA e utilizará as técnicas de banco de dados para sequenciar o DNA*, conta Guilherme: *Por trás disso está o desenvolvimento de bons softwares*, diz.

** Traduz-se “aglomerado” e, na prática, significa o trabalho de vários computadores juntos.

Criptografia baseada no caos é promessa de segurança online

03 de Fevereiro de 2012

Uma equipe de pesquisadores do IFSC desenvolve e aprimora um novo sistema de criptografia baseado na teoria do caos, mais eficiente que os métodos convencionais e que pode oferecer maior segurança em transações financeiras online. Tem a vantagem, também, de operar em alta velocidade, até mesmo em aparelhos com hardwares limitados e pouca capacidade de processamento.

Alan Turing, um matemático inglês e cientista da computação, considerado um dos pais da computação moderna, apresentou concepções que foram essenciais para sistemas de criptografia e inteligência artificial. Pioneiro na exploração de sistemas de dinâmica não-linear nas primeiras décadas do século XX, Turing concebeu uma metodologia matemática chamada *autômato celular* – um conjunto de entidades isoladas que, interagindo entre si, realiza alguma tarefa específica. Este método é inspirado na natureza, mas também pode ser abordado do ponto de vista da matemática pura (conforme as duas abordagens propostas por Turing).

Na década de 1980, o renomado matemático Stephen Wolfram, empresário que atua no desenvolvimento de softwares, sugeriu que todos os processos aleatórios do



Universo possam ser gerados pelos autômatos celulares. A geração de números aleatórios, por exemplo, tem inúmeras aplicações, desde soluções para experimentos em Física até a segurança tecnológica – a criptografia.

A proposta do projeto de pesquisa do Prof. Odemir Bruno, do IFSC, é uma nova utilização dos autômatos celulares, que serviriam para gerar números pseudo-aleatórios e, assim, uma criptografia forte. A vantagem deste sistema de criptografia é a velocidade em que opera, além da facilidade de ser implantado em celulares ou equipamentos que não possuem hardware de grande capacidade: *Temos um sistema que pode ser implantado por hardware, porque não é um algoritmo pesado*, conta Odemir.

A teoria do caos, ou a ciência não linear, está mais presente em nossas vidas e em nossos arredores do que podemos imaginar. Segundo o professor Odemir, a própria natureza pode ser modelada como um autômato celular, pois o funcionamento biológico dos seres vivos se dá através da interação de células que podem ser vistas como indivíduos que, quando em conjunto, dão origem a uma folha ou a algum órgão do corpo humano, por exemplo. Os fractais, objetos geométricos que podem ser divididos em partes idênticas ou similares ao objeto original, compõem uma parte importante na investigação dos pesquisadores e podem ser encontrados na natureza de diversas formas, desde a cauda de um pavão até a forma de uma couve-flor e a costa fragmentada de países como a Inglaterra.



“A natureza se utiliza de métodos matemáticos que nós, cientistas, só conseguimos desenvolver perto da década de setenta. Muitos fenômenos naturais encontram uma explicação mais exata através da teoria do caos, desde o funcionamento dos seres vivos até a maneira como a natureza gera certos fenômenos aleatórios”, explica Odemir. A equipe de pesquisadores do IFSC utiliza esta teoria em ambos os sentidos: no que diz respeito à composição das estruturas complexas dos seres vivos, é desenvolvido um software para reconhecimento de plantas (que você pode entender melhor abaixo) e, no caso dos fenômenos aleatórios, esta maneira inovadora de codificar dados.

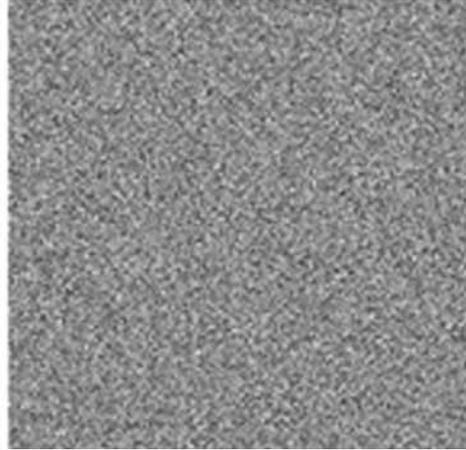
O principal benefício deste desenvolvimento é a promessa de maior segurança em transações bancárias e comércio via internet, o que nos traz à memória um projeto semelhante assinado pelos mesmos pesquisadores, divulgado em 2010, que ganhou notoriedade por aliar, de maneira inovadora, o método tradicional de criptografia à teoria do caos: *De alguma forma vemos uma contínua batalha entre pessoas que geram criptografia e pessoas que quebram essa criptografia: por isso, precisamos estar à frente no desenvolvimento constante de novos métodos*, explica Odemir.

Mas os hackers e espões virtuais terão menos chances contra o dispositivo de segurança. De acordo com o pesquisador, para decodificar a mensagem gerada pelo dispositivo seria necessário utilizar um sistema caótico idêntico àquele usado no dispositivo para codificá-la: *A chance de este sistema ser quebrado é infinitamente menor do que a chance de quebrar senhas convencionais que utilizamos hoje na internet, porque o número de combinações utilizadas para gerar aquele padrão específico de codificação é muito maior do que as combinações possíveis nos métodos atuais,*

baseados em aritmética e em matemática mais elementar, comenta o pesquisador.

O método desenvolvido pela equipe do IFSC tem potencial para tornar ilegí-

vel qualquer tipo de dado na computação: *Podemos criptografar uma fotografia, um filme, um texto, um HD, qualquer coisa*, conclui Odemir.

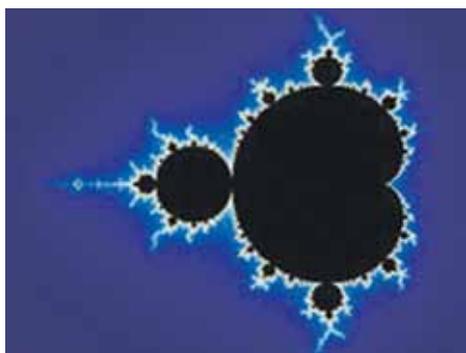


À esquerda, fotografia original e, à direita, resultado da aplicação do método de criptografia sobre a mesma imagem.

Medida de Complexidade de Imagens: Áreas da matemática solucionam questão

01 de Agosto de 2012

Uma pesquisa do docente da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e aluno do ICMC, Prof. André Ricardo Backes, intitulada *Estudos de métodos de análise de complexidade em imagens*, foi premiada com uma Menção Honrosa no Prêmio CAPES de Teses – 2011.



Para o orientador de André Backes, Prof. Odemir Bruno, docente do IFSC, a pesquisa é extraordinária. André estabeleceu um elo entre três áreas da matemática para resolver o problema da complexidade de imagens. Combinou autômatos, redes complexas e fractais (objetos geométricos que podem ser divididos em partes, cada uma delas semelhante ao objeto original), para criar uma medida de complexidade.

Essa medida serve para quantificar quão complexo é um objeto, uma ima-

gem. A noção de complexidade é abstrata, pois é difícil decidir se a imagem da cidade de São Paulo é mais complexa do que uma imagem da floresta Amazônica. Para diminuir o grau de subjetividade, cria-se uma metodologia matemática para extrair medidas da imagem: *A forma clássica de medir complexidade de imagens se utiliza de fractais, e isso já é conhecido na literatura. Além de estudar os fractais e propor alguns métodos novos, Backes empregou conceitos de redes complexas e autômatos. Conseguiu demonstrar um link entre os três, e que funciona para resolver a questão da medida de complexidade de imagens. Esta descoberta não apareceu por acaso, já que Backes previa esse resultado ao propor seu trabalho. Fiquei impressionado com sua visão – ressalta Odemir.*



Backes trabalhou em três frentes: reconhecimento e mapeamento de plantas, um

projeto já em desenvolvimento pela equipe de Odemir Bruno, imagens médicas e monitoramento de imagens urbanas via satélite. Na saúde, o trabalho de Backes poderá auxiliar a diagnosticar precocemente a formação de tumores: repare que refere-se à formação de tumores, ou seja, tumores que ainda não existem: *Essa ferramenta propicia que a máquina veja coisas que o homem não consegue enxergar. Por exemplo, se houver alguma combinação celular numa imagem de formação de um tumor, que aos olhos humanos passa completamente despercebida, a máquina detecta e informa. Nessa linha de visão computacional com a qual trabalhamos, mais do que fazer o computador enxergar o mundo como um ser humano, do ponto de vista da versatilidade – observar uma obra de arte, dirigir um carro, jogar futebol ou ver um filme, por exemplo –, o ponto fulcral é poder criar nas máquinas uma visão específica: daí que a ferramenta é capaz de diagnosticar a futura existência de um tumor, ou reconhecer e mapear plantas*

de uma floresta. Aí sim, ela é melhor que um ser humano – sublinha Odemir Bruno.

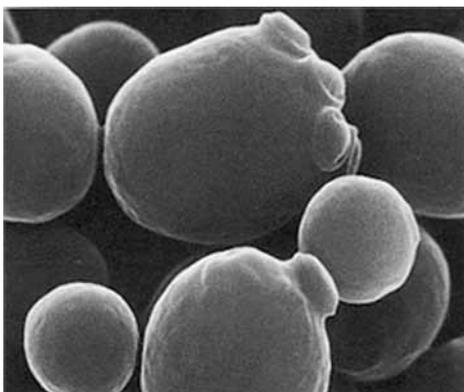
No monitoramento de imagens urbanas via satélite, a ferramenta é capaz de fazer uma análise do grau de desenvolvimento de uma cidade – de qualidade de vida, assimetrias arquitetônicas, déficits de espaços verdes e de lazer, amplitude e qualidade de vias de comunicação, dimensão e aproveitamento de quadras e praças públicas. Esses dados podem ser comparados com os de outras fontes (por exemplo, do IBGE) para auxiliar órgãos públicos a realizarem correções: *Eu diria que é um olhar matemático sobre a urbe. Resumidamente, neste momento esta nova ferramenta está apta a fazer identificação, mapeamento e reconhecimento de plantas nas florestas e em imagens médicas: quanto às imagens urbanas, ainda vai demorar algum tempo* – conclui Odemir Bruno.

O trabalho de André Backes já foi mencionado em dez das mais importantes revistas científicas de sua área de pesquisa.

A solidariedade da levedura

14 de Dezembro de 2012

Histórias de mães que sacrificam a própria vida em prol dos filhos não é novidade no mundo animal. Mas parece que no mundo microscópico esse é um feito inédito.



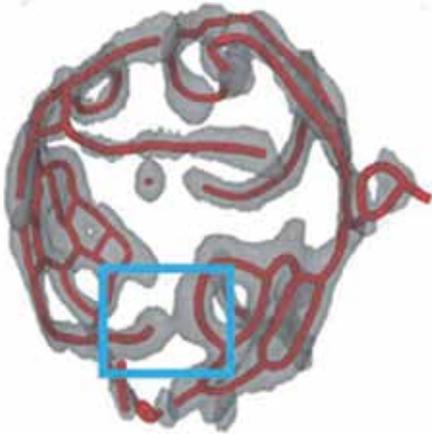
Uma descoberta de pesquisadores da *University of California* (UCSF), que rendeu publicação na famosa revista científica *Science*, mostrou que o fungo *Saccharomyces cerevisiae*, levedura utilizada na produção de pães, cervejas e etanol, ao dividir suas células passa um número acima do necessário de mitocôndrias (órgão celular responsável pela produção de energia) à célula filha, para garantir sua sobrevivência. Normalmente, a quantidade necessária de mitocôndrias para sobrevivência de células filhas desse fungo é proporcional ao seu volume.

Os pesquisadores da UCSF observaram, entretanto, que a quantidade transmitida é extrapolada. Tendo-se em mente que para cada geração do fungo mais mitocôndrias são transferidas de mãe para filha, chega-se a um determinado ponto em que a célula mãe fica sem nenhuma mitocôndria, não conseguindo, portanto, produzir energia, morrendo em seguida.

Tal observação não poderia ter sido feita com tanta precisão pelos pesquisadores da UCSF sem o auxílio do Grupo de Computação Interdisciplinar (GCI) do IFSC, graças a uma parceria de cinco anos entre a UCSF e o IFSC, através do docente Luciano da Fontoura Costa.

Utilizando-se dos conhecimentos das três frentes de pesquisa com as quais o GCI trabalha*, Luciano e seus colaboradores - entre eles o pós-doutorando da UCSF, Matheus Palhares Viana - analisaram imagens de uma estrutura reticulada que fica em volta da mitocôndria da *Saccharomyces cerevisiae*. Obtiveram medidas geométricas (comprimento dos ramos da retícula, ângulos que formam umas com as outras, volume etc.) e topológicas (quantidades de pontos de ligação entre as retículas) de tal estrutura, com um objetivo principal: fazer comparações entre células mães e filhas, células de diferentes linhagens ou ainda entre células mutantes: *Nós fazemos*

no computador a reconstrução das imagens enviadas pelos pesquisadores da UCSF, com o objetivo de caracterizá-las e compará-las. Demoramos em torno de uma hora para análise completa de cada imagem, conta o docente.



Representação tridimensional da mitocôndria e seu esqueleto

Para fazer tais medidas, Luciano e seus colaboradores utilizaram *softwares* criados por eles próprios. Com esses dados, os pesquisadores norte-americanos puderam retirar informações preciosas, inclusive o motivo pelo qual as células mães da *Saccharomyces cerevisiae* repassam mais mitocôndrias do que o necessário para suas filhas.

A colaboração da UCSF com o grupo de Luciano continua, mas no momento todas as análises de imagens solicitadas já foram concluídas: *Para nós foi muito importante trabalhar com esses pesquisadores, pois eles têm acesso a experimentos sofisticados para testar diversas hipóteses*, afirma Luciano.

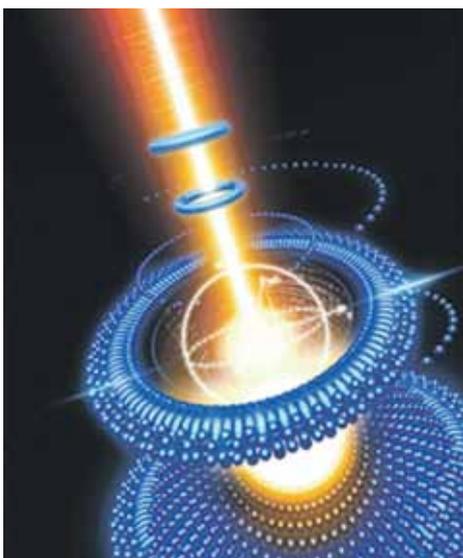
A imagem acima foi extraída da tese do ex-aluno do IFSC, Matheus Palhares Viana.

*Análise de imagens e visão, reconhecimento de padrões e redes complexas.

Computação quântica adiabática - A terceira tecnologia computacional

18 de Março de 2013

A Computação Quântica é considerada com potencial para dominar a tecnologia num futuro não muito distante, com capacidade de processamento muito maior do que a computação clássica que se emprega hoje.



As propostas iniciais da computação quântica foram baseadas na analogia com o que já existe, ou seja, a linguagem da computação clássica, que tem como *idioma* a linguagem binária, baseada em zeros e uns. Na década de 1980 surgiu a ideia de usar a lógica quântica para realizar tarefas que

a clássica tem dificuldades em cumprir. Tal reflexão foi feita quando físicos tentavam simular a matéria e perceberam que simular matéria quântica, utilizando-se de um computador clássico, era inviável: *Os físicos perceberam que era preciso simular a mecânica quântica nos computadores. Nesse momento, eles seguiram a mesma analogia do caso clássico, criando o 'alfabeto' da comunicação quântica e um novo sistema para processar, manipular e armazenar informações,* conta Frederico Borges de Brito, docente do Grupo de Física Teórica do IFSC. Uma nova codificação para computação quântica e uma nova linguagem (Qubits) nascia, seguindo as ideias análogas à computação clássica.

Mundo quântico, mundo quântico adiabático

Depois de criar uma nova linguagem para computação quântica na década de 1990, os estudiosos notaram que ela era muito mais rápida e segura do que o tradicional modelo clássico para algumas tarefas importantes, como problemas relacionados à busca de informação em um banco de dados que não esteja estruturado. Outro exemplo prático diz respeito às senhas de e-mails e cartões de crédito: *A criptografia é responsável por proteger*

nossos dados on-line, tanto na transmissão como no armazenamento. Hoje, o principal protocolo utilizado para criptografar a informação utiliza-se de uma codificação baseada em números primos. Até agora, ninguém mostrou algum algoritmo clássico capaz de quebrar essa criptografia de maneira eficiente, explica o docente.

Em 1994, o matemático do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Peter Shor, demonstrou que se um dia conseguíssemos construir um computador quântico, ele seria capaz de implementar um algoritmo que poderia quebrar facilmente a criptografia atual, de maneira eficiente. Na prática, isso significa que, caso a criptografia se mantenha da forma como está, um computador quântico poderá muito facilmente desvendar os códigos já existentes. No entanto, se a tecnologia quântica for dominante, conseqüentemente a criptografia quântica é que tomará conta, tornando os códigos muito mais seguros.

Uma variação da computação quântica, menos conhecida, é a computação quântica adiabática. Enquanto o modelo de circuito se utiliza de portas lógicas para realizar suas tarefas, a adiabática força uma evolução contínua do sistema. Numa definição mais simples, a computação quântica adiabática faz com que o sistema trabalhe no menor nível de energia possível: *Trata-se de um paradigma diferente para a realização da computação. Deixamos de proceder à computação através de uma sucessão de várias operações, para uma situação na qual obtemos a resposta do nosso problema*

ao manipular o sistema físico sem permitir que ocorram transições entre seus estados quânticos, explica Frederico.

De acordo com Frederico, a maior parte da comunidade científica continua trabalhando com computação quântica utilizando somente o modelo de circuito. A base de dados e descobertas são muito maiores e há elementos que indicam ser possível implementar computação quântica através do modelo existente. No entanto, uma parcela crescente considera a computação adiabática tão interessante (e promissora) quanto a quântica usual. A chave para o sucesso da computação adiabática é conseguir manter o sistema no seu estado fundamental durante a implementação do algoritmo e, para que isso seja possível, os desafios são grandes. Primeiramente, é preciso evitar transições entre os níveis de energia quânticos: *Todo sistema físico interage com seu ambiente. Portanto, não há controle sobre essa interação e ela pode gerar erros e induzir transições no sistema, exemplifica Frederico: Mas, pressupondo-se que o sistema seja isolado, o que vai determinar a rapidez com que virá a resposta será a distância entre os níveis de energia do sistema, chamada de 'gap': quanto maior o gap, menor a chance de se cometer um erro na computação.*

Outro problema é que quanto maior o tamanho do sistema menor o gap. Isso é ruim, pois quanto maior a quantidade de dados inserida no sistema, menor será seu gap e, portanto, o tempo de resposta será longo e a eficiência baixa: *Com isso, o tempo de resposta é muito longo! Essa é a*

principal crítica à implantação da computação adiabática.

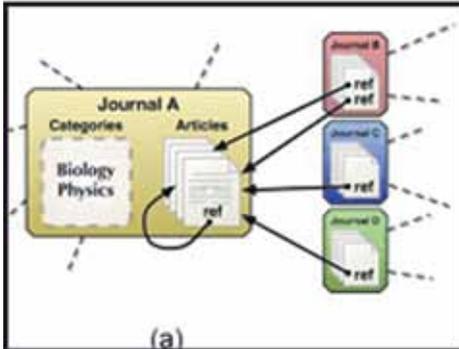
Diante dessas desvantagens, poder-se-ia perguntar por que a computação adiabática continua sendo atraente. A grande vantagem da computação adiabática é que ela não exige a preservação da identidade quântica do sistema entre estados macroscopicamente distinguíveis. O mundo macroscópico tende a interagir muito mais com o ambiente e a única *obrigação* da computação adiabática, nesse momento, é manter seu sistema no estado fundamental, para trazer as respostas dos problemas mapeados com eficiência e rapidez: *Mesmo assim, a computação quântica usual tem melhores condições de ser implementada*, ressalva o docente.

A computação adiabática ainda está na *infância* e não há provas de que possa ser utilizada em todo e qualquer sistema físico. Há evidências de que, conforme se aumentar a quantidade de dados, o gap tenderá a cair rapidamente. Pode ser que em outros sistemas o gap não diminua tão rapidamente, tornando a computação adiabática mais eficaz em casos específicos.

Além de um desafio aos pesquisadores, a computação adiabática pode abrir novas portas, como aconteceu com os dispositivos supercondutores mais bem explorados durante os estudos da computação quântica: *Verificou-se que esses dispositivos podem constituir um rico laboratório de testes de hipóteses quânticas*, relembra Frederico.

Quantificação da interdisciplinaridade em revistas científicas e campos de pesquisa

29 de Julho de 2013



Embora exista uma percepção geral sobre o aumento da interdisciplinaridade na ciência, isso é difícil confirmar quantitativamente, principalmente devido à falta de métodos adequados para avaliar os fenômenos subjetivos, da mesma forma que existem dificuldades em estabelecer relações quantitativas nas áreas de ciências humanas e sociais.

Num trabalho de pesquisa assinado pelos Professores Francisco Aparecido Rodrigues (ICMC), Osvaldo Novais de Oliveira Jr. e Luciano da Fontoura Costa (IFSC) e por Filipi Nascimento Silva (aluno de doutorado do IFSC), intitulado *Quantifying the interdisciplinarity of scientific journals and fields*, publicado em abril deste ano no *Journal of Informetrics*, os autores quantificaram a interdisciplinaridade das revistas científicas e campos da

ciência, usando uma medida de entropia baseada na diversidade dos temas de revistas que citam uma revista específica.

A metodologia consistiu na construção de redes de citações, utilizando o banco de dados do *Journal of Citation Reports*, em que as revistas foram assinaladas como pontos - ou nós -, enquanto as arestas (links) foram estabelecidas com base nas citações entre periódicos. O estudo confirmou quantitativamente que os campos da ciência estão se tornando cada vez mais abrangentes, com o grau de interdisciplinaridade (entropia) intimamente ligado ao fator de impacto.

A respeito deste trabalho, um de seus autores, o Prof. Osvaldo Novais, afirmou que isso vai servir, em primeira instância, para a criação de um mapa do conhecimento que, através de gráficos e projeções em duas e três dimensões, verifica os campos de conhecimento conectados entre si. Cada revista tem a ela associadas categorias (*subject categories*), tópicos que definem a área a que pertence.

As informações são retiradas das citações contidas na base de dados *Web of Science*, que dão um panorama da ciência que se faz no mundo, por conter a maioria das revistas científicas. A metodologia aplicada nesse trabalho serve para medir a entropia - a métrica de interdisciplinaridade.

Descobre-se de onde vêm as citações para uma determinada revista ou campo do conhecimento: se elas vierem de campos muito distantes, muito diferentes, isso dará uma entropia alta, ou seja, aquela revista ou campo tem alta interdisciplinaridade.

Oswaldo dá alguns exemplos: *É óbvio que temos uma ideia do mapa do conhecimento, só que neste trabalho podemos quantificar como as áreas são conectadas. O mais importante é que a partir da entropia podemos saber quão diversificada é uma área, qual a natureza interdisciplinar de uma área científica ou de uma revista: isso pode servir para o estabelecimento de políticas editoriais para revistas ou para áreas de pesquisa, ou para agências de fomento, a partir das interconexões identificadas.*

O grupo responsável pelo trabalho observou a evolução da rede num período de onze anos. A partir da linha do tempo da interdisciplinaridade, percebeu-se que essa é uma medida crescente, ou seja, as áreas estão se tornando ainda mais interdisciplinares: *Neste trabalho, mostramos em gráficos uma análise quantitativa da interdisciplinaridade. Além de ser útil para subsidiar políticas, esta quantificação de interdisciplinaridade pode servir para futuros projetos. Por exemplo, com o mapa do conhecimento descobrem-se as conexões em determinadas áreas e naqueles casos em que houver intuição de que as conexões deveriam ser feitas, mas ainda não o foram, podem-se induzir políticas para fazê-las, explica Oswaldo.*

Para uma revista em particular, ou para um conjunto de revistas, as métricas

podem ser importantes até para mostrar seu perfil. Se esse perfil não está adequado, o comitê editorial pode fazer ajustes. A ciência de computação, central nos nossos dias para o desenvolvimento tecnológico, tem revistas com baixa multidisciplinaridade. Isso é surpreendente porque a computação está inserida em todas as áreas do conhecimento. Na opinião do pesquisador, as revistas apresentam entropia baixa (baixa interdisciplinaridade) devido a suas políticas editoriais que privilegiam contribuições mais dedicadas à computação propriamente dita, não dando destaque às aplicações de computação em outras áreas. Ou seja, essas revistas privilegiam trabalhos que não são multidisciplinares: *A impressão que tenho é que as revistas de computação são extremamente herméticas: se os corpos editoriais dessas publicações acreditarem que elas podem e devem ser mais multidisciplinares, serão obrigados a mudar a política editorial para atingir esse fim,* pontua o autor.

As sociedades científicas e editoras podem pressionar os corpos editoriais para que a política seja alterada, embora isso exija uma mudança de cultura nas próprias áreas: em geral, isso também depende dos árbitros, que são independentes. Aparentemente, os árbitros das principais revistas da área de computação não são favoráveis a trabalhos muito multidisciplinares.

Além das revistas da área de computação, as dedicadas à matemática também possuem baixa interdisciplinaridade. Oswaldo Novais afirma que este resultado é

compreensível, já que o rigor que se exige no tipo de contribuição que se espera dos pesquisadores dessa área é diferente do que em uma aplicação da matemática em qualquer área do conhecimento.

Outro dado importante é que o impacto de uma revista tem correlação positiva com a interdisciplinaridade, ou seja, as revistas mais multidisciplinares são as que têm maior impacto - embora existam exceções. Exemplos marcantes da correlação com o fator de impacto são as revistas mais genéricas, como a *Nature*, que tem a maior entropia, seguida da *Science* e da *Proceedings of the National Academy of Sciences*: *Nesse caso, é interessante verificar que se você fizer a pergunta para qualquer grupo de cientistas sobre quais são as revistas que têm mais entropia - depois de lhes explicar os conceitos -, todos irão apontar estas três. Também é interessante verificar*

que na rede tridimensional das revistas no nosso artigo, quando se observa a posição e as características do conjunto, a Nature e a Science se confundem em um só ponto. Isso significa que as duas revistas têm características muito similares, o que sabemos ocorrer, explica Osvaldo.

Este trabalho de quantificação também pode influenciar a qualidade dos artigos que os pesquisadores enviam para publicação nas revistas, principalmente aquelas que têm grande impacto, até porque as grandes revistas já têm nas suas instruções para submissão de trabalho, instruções de como elas esperam que os trabalhos sejam redigidos. A escrita científica está sendo muito valorizada porque se espera que os autores sejam capazes de transmitir suas contribuições para uma audiência mais geral, mais abrangente.

Inteligência artificial

30 de agosto de 2013



Por mais de uma década, o Prof. Osvaldo Novais de Oliveira Jr. do IFSC, tem dado palestras tentando explicar o porquê de autores de ficção científica terem errado tão grosseiramente nas previsões de comunicação do homem com a máquina.

De fato, em filmes e livros de ficção dos anos 1960-1970 era comum haver robôs que se comunicavam sem dificuldade com os humanos e, como sabemos, isso está muito longe de ocorrer.

Segundo o cientista, são várias as razões para que esses erros de previsão tenham ocorrido, mas talvez a mais importante tenha sido o não reconhecimento da complexidade da linguagem humana, e a necessidade do chamado *conhecimento de mundo* para uma comunicação eficaz. Mesmo crianças, em fase de aprendizado da língua, já detêm um volume gigantesco de informações e estratégias, que hoje parecem impossíveis de processar por um computador. Nas palestras proferidas por Osvaldo,

ele sempre menciona as duas abordagens de processamento automático de línguas naturais (PLN), a simbólica e a estatística (ou conexionista e agora também chamada de baseada em corpus ou em aprendizado de máquina).

Para uma audiência de não-especialistas, é fácil explicar os requisitos de um sistema de processamento no paradigma simbólico, o que inclui dicionários, analisadores sintáticos e semânticos: *Minha ênfase – até porque é fácil de a audiência perceber – é sempre voltada para a dificuldade de resolver ambiguidades, principalmente nos casos em que conhecimento de mundo é necessário. Dou exemplo de sentenças que mesmo humanos não conseguem decifrar, a menos que tenham experiência de uma cultura local, e para tanto uso sentenças em inglês cuja compreensão requer conhecimento da cultura britânica. Se houver membros na audiência com tal experiência, as sentenças são facilmente decifráveis e, não havendo, preciso dar pistas para que a audiência adivinhe o significado. Em ambos os casos, a dificuldade de interpretação por um computador fica claramente demonstrada*, menciona o pesquisador.

Contudo, na opinião de Osvaldo, chegou a hora de reconhecer que ele próprio estava enganado. Segundo suas próprias palavras, infelizmente não informou suas audiências corretamente por todos esses

anos, ao se fixar nas dificuldades de processamento, dando a entender que dificilmente o homem se comunicaria com a máquina de forma natural: *Meu primeiro erro foi não ter a percepção de que o outro paradigma de PLN, que hoje se apoia nos métodos de aprendizado de máquina, pode dar resultados muito superiores aos do paradigma simbólico, o que já acontece nos tradutores automáticos. Mas o erro crucial foi não compreender que o aprendizado de máquina mimetiza – ainda que de maneira rudimentar – o aprendizado humano. Portanto, quando a capacidade de processamento da máquina se equiparar à dos humanos, os sistemas computacionais devem apresentar habilidades semelhantes na produção e recepção de uma língua, talvez com menor eficiência (será?). Minha opinião sobre os limites do PLN mudou drasticamente em 2011, quando o computador Watson, da IBM, venceu campeões humanos na competição Jeopardy - um programa de perguntas e respostas de conhecimentos gerais da TV americana. Agora, prevejo um progresso tão espetacular, que permitirá comunicação com computadores num futuro não muito distante, desde que a capacidade de processamento de um computador continue aumentando com taxas semelhantes às atuais (no que é chamado de Lei de Moore), adianta o pesquisador.*

PLN baseado em aprendizado de máquina

Neste paradigma de PLN, métodos computacionais de aprendizado de máquina são empregados para aquisição de

conhecimento a partir de grandes corpora, ou seja, a partir de exemplos. A eficiência do paradigma ficou clara nos últimos anos, à medida que o armazenamento de grandes volumes de informação linguística passou a ser praticamente ilimitado, com todo o material hoje disponível em meio eletrônico. Para tradução automática, por exemplo, foram necessários corpora volumosos de textos alinhados para as línguas em questão. Na competição Jeopardy mencionada acima, o supercomputador Watson foi projetado especificamente para a tarefa de perguntas e respostas, com capacidade de processar cerca de um milhão de livros por segundo e com acesso a grande parte do material disponível em meio eletrônico, em língua inglesa.

Pode-se agora antever novos desdobramentos que revolucionarão os sistemas de busca na Internet e aplicativos similares. Para dar um exemplo simples, imagine que todos os objetos de certo domínio sejam definidos numa enciclopédia. Para o sistema computacional será fácil responder a qualquer pergunta do tipo *O que é?* Exemplo semelhante, talvez um pouco mais difícil, será responder a perguntas do tipo *Quem fez?* ou *Quem foi?*, a partir de bases de dados.

Computador ou máquina personalizada

Para justificar algumas das previsões e seu otimismo com o PLN baseado em aprendizado de máquina, o cientista discute como as máquinas, no futuro, poderão

ser diferentes das de hoje: *Quando compramos um computador, o hardware vem acompanhado de uma série de softwares, sendo o principal o sistema operacional. Além disso, muitos programas já vêm instalados, de maneira que cada máquina já tenha dezenas ou centenas de programas. Uma característica interessante é que as máquinas são quase iguais para todos. Há, obviamente, uma particularização da língua natural para comunicação com o usuário, há diferentes sistemas operacionais e algumas outras especificidades. Mas só. Prevejo que, em décadas, os usuários acharão bizarro que todos tenhamos computadores quase iguais, “sem personalidade”, e com um número pequeno de programas. Para esses usuários do futuro, que receberão um computador com milhões ou bilhões de programas, será difícil imaginar o nosso tempo, assim como os jovens agora se divertem em saber que já usamos computador sem disco rígido*, pontua Osvaldo.

Em suma, o computador no futuro já terá muito mais conhecimento embutido e provavelmente contará com estratégias que permitam aumentar esse conhecimento automaticamente com aprendizado de máquina. Hoje, o acréscimo é muito tímido a partir da instalação, pelo usuário, de programas, bibliotecas e funcionalidades. Tudo em pequena escala e de forma manual.

A possibilidade de aprendizado contínuo do computador suscita a necessidade de independência, para que a aquisição de informação (ou conhecimento?) se dê sem intervenção de um humano. Isso já seria

possível, atualmente, com hardware específico e mobilidade da máquina, como um robô. Podemos imaginar a máquina funcionando com bateria recarregável, que buscará fonte de energia quando necessário. Imagina-se, também, um robô dotado de visão e uma série de sensores que permitam sentir e avaliar o ambiente.

A decisão, ou *desejo*, de adquirir novos conhecimentos – da Internet, de algum repositório ou de outras máquinas – será dada pelo programa que gerencia as ações da máquina. Como, obviamente, o programa foi escrito por um humano, aparentemente a máquina não tem independência. Mas a dependência pode ficar invisível quando não mais for possível descobrir qual dos milhões de programas que vieram com o computador é responsável pelo gerenciamento geral. Ou mesmo se tal programa não foi – ele próprio – produzido por outra máquina, a partir de modificações de um programa originalmente escrito por humanos.

A educação de uma máquina

Este é um ponto interessante, devido à analogia com educação de crianças numa sociedade. Mesmo considerando que cada máquina já poderá vir personalizada a partir das escolhas do comprador, o que ela aprenderá vai depender das instruções do dono e do ambiente. Se o dono usar duas ou mais línguas, por exemplo, a máquina adquirirá conhecimento nessas línguas.

Para um dono que trabalha no mercado financeiro, a máquina deverá se tornar

especialista em estatística, ações, câmbio e acompanhar todo o noticiário de negócios: *Imagino que a máquina possa ser auxiliar, cuidando dos diversos assuntos que o dono definir. Pode fazer gerenciamento de contas bancárias, cuidar da agenda do dono, preparar material de suporte para o trabalho do dono, etc. Por exemplo, fazer pesquisa na literatura e preparar material didático para um dono que exerça a atividade de professor. Obviamente, para realizar a maioria das tarefas estou supondo que a Internet será acessível para as máquinas, o que ainda não é possível. Mas, há propostas nesse sentido, como a Web Semântica,* comenta Osvaldo.

Gestação de uma máquina

Para o pesquisador do IFSC, a aquisição de uma máquina será um processo muito mais complicado do que comprar um computador hoje. Para personalizar a máquina (robô) há que se decidir como selecionar os milhões ou bilhões de programas e aplicativos, o que deverá levar muito mais tempo e, provavelmente, terá que ser feito com apoio de uma (outra) máquina. Não se pode esperar que um humano vá saber em detalhe o que selecionar. É esta dificuldade de identificar a origem das decisões que dá o aspecto de independência para as máquinas. Elas parecerão ter vontade própria, simplesmente porque não saberemos explicar como as decisões são tomadas.

Neste contexto, reparar uma máquina avariada – ou que simplesmente esteja se comportando de maneira inesperada

- será muito mais complicado, pois o cenário é completamente distinto do atual, em que um humano especialista localiza o problema, conserta ou substitui um componente (programa ou elemento de hardware).

Aqui surge uma possibilidade interessante: *Suponhamos um casal recém-casado, cada qual com seu agente (robô ou só agente de software). Esses agentes terão sido treinados de acordo com os gostos e necessidades dos donos. Ao iniciar a nova vida juntos, o casal percebe que seria mais eficiente conciliar agendas e aplicativos, e decide adquirir uma nova máquina (novo agente). Para selecionar a especificação inicial, como mencionado acima, e posteriormente treinar a nova máquina, será necessária a atuação conjunta das máquinas do casal. Ou seja, a nova máquina herdará características da máquina do marido – chamemos máquina-pai – e da esposa, a máquina-mãe. Seria como receber o código genético dos pais (máquinas neste caso); a propósito, a metáfora que deu origem aos algoritmos genéticos provavelmente já estará sendo usada para a herança de características. Incompatibilidades poderão aparecer na junção dessas características e imagino que devamos esperar que a máquina-filha seja diferente das que lhe deram origem, apesar da herança. Fenômenos, como mutações, poderão ocorrer, de maneira muito semelhante ao que acontece em biologia. E o que é mais relevante: quando quisermos descobrir a razão para certos comportamentos da máquina, como abordagens para resolver problemas ou como decisões são tomadas*

pode não ser fácil determinar a origem. O comportamento pode ter sido adquirido das máquinas-pais ou aprendido no processo de aquisição de conhecimento da nova máquina, esclarece o pesquisador.

Máquina pode ter sentimento?

Um argumento comum daqueles que não acreditam que o computador pode superar o humano é de que uma máquina jamais terá sentimento. Parece verdade. Mas o que é sentimento? Como se sabe que as pessoas têm sentimento? Ora, sabemos que elas têm sentimento, por sua reação ao interagir conosco. Usando essa definição de *sentimento*, ou seja, o que é inferido por

nossa percepção de uma reação da pessoa, o pesquisador do IFSC acredita que as máquinas podem ter sentimento. As reações das máquinas atuais são muito artificiais e facilmente descobrimos que elas se devem a estímulos previamente programados por humanos. Mas, e quando não for possível determinar a origem das decisões das máquinas? E se estas usarem uma lógica *fuzzy* para alguns tipos de decisão, dando a impressão de serem irascíveis? Quando as reações das máquinas puderem ser muito variadas e não formos capazes de compreender sua origem, atribuiremos a elas sentimentos! A máquina então passará no teste de Turing, sem que consigamos distinguir sua reação da de um humano.

8 Ciências Físicas e Biomoleculares

A pesquisa em biofísica, que data dos primórdios do IFQSC, e o interesse pela cristalografia de proteínas nos anos 1980, culminaram na formação de um centro de pesquisas em diversas áreas das ciências biológicas, da vida e da saúde, que talvez seja único no Brasil. Esta conquista se materializou em um CEPID da FAPESP, num INCT, e fizeram do IFSC um centro de excelência em biologia estrutural, em doenças tropicais e nanomedicina, para mencionar algumas das áreas de atuação. Tais iniciativas foram também acompanhadas da criação do bacharelado em Ciências Físicas e Biomoleculares e da modalidade de Física Biomolecular no programa de pós-graduação de Física Aplicada. A imensa variedade das pesquisas nessas áreas está retratada nas reportagens deste Capítulo, sendo que essas pesquisas também foram relevantes para as aplicações em saúde no Capítulo IX e em muitas inovações mencionadas no Capítulo X. Este capítulo se inicia com uma reportagem que traz a opinião do Prof. Richard Garratt sobre a importância da física para a biologia, nos mesmos moldes dos textos sobre a física no Século XXI do Capítulo II.

O biólogo do futuro

07 outubro 2013

Um dos grandes desafios de nosso tempo é descobrir novas fontes de energia para sustentar a crescente população mundial. Essa também é a opinião do docente do IFSC, Richard Charles Garratt, bioquímico de formação no IFSC há muitos anos, fazendo pesquisas relacionadas à biologia molecular e cristalografia de proteínas: *Obviamente, a física tem uma grande contribuição a fazer, através de descobertas de métodos e meios mais eficazes de transformar a energia para produzir, principalmente, eletricidade e combustíveis, duas coisas das quais mais necessitamos hoje em dia.*

No que concerne aos desafios da física para o século XXI, Richard ressalta que especificamente em sua área de atuação haverá impacto com a interação entre áreas de conhecimento: *a física mudará a maneira como fazemos biologia*, enfatizou Richard. Segundo ele, a biologia tem se tornado uma ciência mais quantitativa se comparada ao seu antigo modelo. *Na biologia é possível quantificar e descrever fenômenos e sistemas de uma maneira menos descritiva do que no passado, o que a tem transformado numa disciplina mais exata: Se perguntássemos a um biólogo do século XVIII o que é um elefante, ele daria uma descrição anatômica, uma classificação clássica das espécies. Por exemplo, 'é um animal que possui uma tromba, orelhas grandes,*

um paquiderme' etc. Um geneticista do século XX responderia à mesma pergunta da seguinte maneira: 'o elefante é uma máquina produzida por genes de elefantes para produzir mais genes de elefantes'. No entanto, se essa mesma pergunta for feita hoje, a descrição do biólogo será: 'um elefante é uma determinada sequência de nucleotídeos. Esta sequência é diferente para cada espécie e pode ser escrita com exatidão', elucidou o docente.

Nesse sentido, os biólogos alteram sua maneira de enxergar e descrever as coisas, o que os aproxima das ciências exatas e, conseqüentemente, dá espaço maior aos físicos para se tornarem, também, colaboradores protagonistas nessa área: *Os biólogos do futuro terão que dominar a matemática tão bem quanto os físicos de hoje, o que não é uma grande novidade. Na área de biologia estrutural, por exemplo, os físicos sempre tiveram um papel importante. O próprio Francis Crick, que codescobriu a estrutura do DNA, era físico de formação*, relata Richard.

Físicos e biólogos já são grandes parceiros, mas desafios antigos ainda precisam ser desvendados. Um dos mais importantes, na opinião de Richard, é o do enovelamento de proteínas, em que a grande pergunta é: a partir de uma sequência de aminoácidos, como é possível prever a estrutura tridimensional de uma proteína?

Responder adequadamente essa pergunta significa possibilitar o planejamento de moléculas com novas atividades que, num futuro, poderão ser usadas em vacinas e remédios para a cura das mais variadas doenças, como câncer, Alzheimer e AIDS, só para citar alguns exemplos: *Esse é um desafio que provavelmente não será descoberto pelos biólogos tradicionais. Penso que um físico é que acabará resolvendo esse problema*, opina Richard.

De acordo com Richard, muitos físicos já estão tentando resolver essa questão, mais uma prova de que a parceria física/biologia é promissora. É comum, inclusive no IFSC, encontrar físicos experimentais estudando seres vivos através de técnicas de ressonância magnética nuclear, físicos teóricos aplicando a física na compreensão

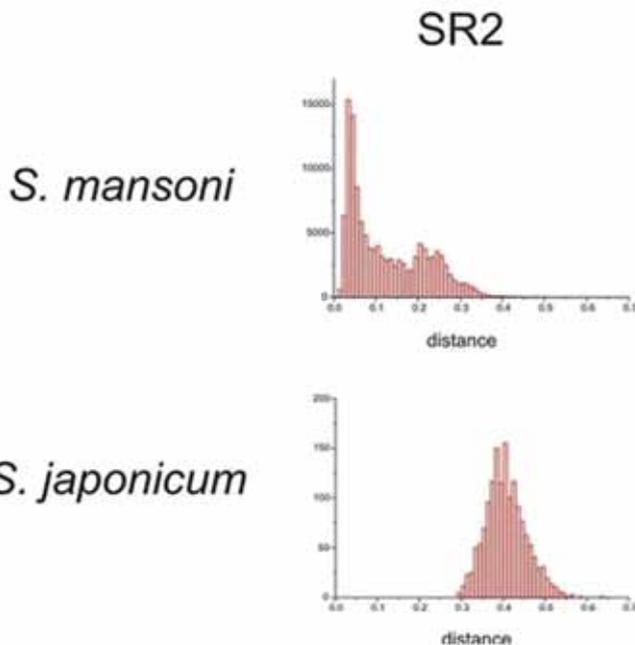
da transmissão de impulsos nervosos ou calculando a velocidade de disseminação de uma doença em uma comunidade.

Porém, ainda que a física desempenhe papel protagonista em diversos estudos biológicos, Richard afirma que a biologia continua mantendo seu posto de ciência do século XXI: *Por sua complexidade, o avanço da biologia de uma forma exata é muito mais difícil do que em outras áreas da ciência e por isso ela está atrasada e representa, nesse momento, um grande desafio aos estudiosos*, afirma.

A parceria entre física e biologia certamente continuará a gerar muitos frutos, como a possibilidade de sequenciar genomas para diversas finalidades e permitir melhorias para a qualidade de vida da sociedade.

Evolução de elementos de transposição no genoma de organismos do gênero *Schistosoma*

24 de maio 2010



Pesquisadores do IFSC, com a colaboração de grupos do Instituto de Química da USP e da *University of York*, descreveram eventos de expansão do número de cópias de *transposon no genoma* do parasita humano *Schistosoma mansoni*, predominante na África e Américas, que não tem paralelo no genoma do *Schistosoma japonicum*, que é predominante na Ásia. Hipóteses recentes

indicam que o *Schistosoma mansoni* se originou de ancestrais asiáticos que migraram para a África. A abundância de eventos de transposição pode ser um reflexo da adaptação do parasita ancestral, quando da sua migração da Ásia para a África. O trabalho foi publicado na revista *International Journal for Parasitology* v. 40, p. 743-749.

Pesquisa pode auxiliar na produção de fármacos para controle de obesidade e colesterol

30 abril 2010

O estudo foi conduzido no IFSC, em parceria com o Instituto de Química da Unicamp, com a Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília e com o Hospital Metodista de Houston, Texas (USA) e é coordenado pelo professor Igor Polikarpov, do IFSC. A relevância do projeto vem da investigação do motivo pelo qual o Triac (um hormônio da tireoide) se liga a uma proteína do fígado relacionada ao controle do metabolismo de gorduras e colesterol.

Conduzido desde 2002, o projeto visava a estudar as proteínas receptoras de hormônios, mais especialmente duas variedades dessas proteínas: os receptores *alfa* e *beta* do hormônio tireoidiano. A primeira é encontrada abundantemente nos tecidos cardíacos e está associada à regulação da frequência cardíaca, enquanto a proteína *beta* é encontrada no fígado, sendo importante para o metabolismo de gorduras e colesterol. A variedade *beta* é também um ligante *beta-seletivo*, o que desperta interesse da indústria farmacêutica por ser útil na redução de colesterol e obesidade. O objetivo era, então, desenvolver um ligante capaz de ativar com maior intensidade essa variedade específica da proteína.

Daí o interesse pelo Triac, que é um ligante natural pouco abundante e já uti-

lizado na indústria farmacêutica, por acarretar menos efeitos colaterais que o hormônio tireoidiano principal (que pode causar arritmia e até ataque cardíaco). A pergunta que os pesquisadores se faziam era de que maneira este ligante se associava às proteínas *alfa* e *beta*. Para esse fim, foi determinada a estrutura cristalográfica das proteínas, sem resultados positivos, e em seguida um trabalho computacional que possibilitou a interação das proteínas com água, mas o resultado concordou com o primeiro procedimento.

Porém, este segundo teste revelou-se fundamental devido à importância da atuação do solvente, pois o cálculo do ligante com todo o ambiente (proteína, água, íons), nas formas *alfa* e *beta*, revelou que a diferença de interação desaparecia. A água em volta da proteína compensava a diferença que aparecia na estrutura cristalográfica, que mostrou o Triac se ancorando mais na forma *alfa*. Neste trabalho computacional, pôde-se observar que a estrutura *alfa* tinha o ligante fortemente associado à proteína *alfa*. Na estrutura *beta*, o ligante não se associava tão fortemente, mas dentro do sítio de ligação estava a água que interagiu com o ligante, funcionando como uma espécie de *lubrificante*. Assim, a interação com a estrutura *beta* revelou-se mais

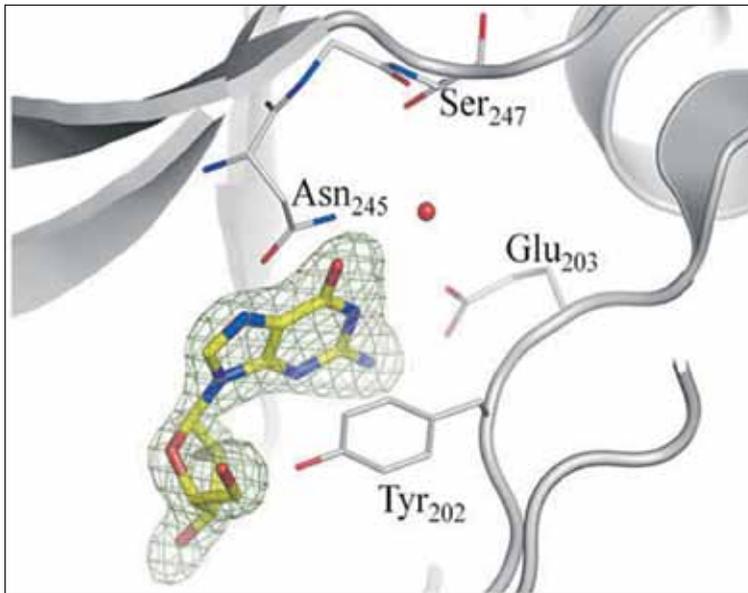
favorável devido à entropia, fundamental para determinar a afinidade da proteína do ligante.

A pesquisa foi publicada em uma importante revista norte-americana - *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) -, com a finalidade de atingir um público maior. O aspecto inovador do trabalho é de interesse geral, pois segundo o coordenador do projeto é inserido nas ciências um novo modo de investigar a estrutura cristalográfica. Ao jornal da

Unicamp, o colaborador Munir S. Skaf disse que a pesquisa consegue mostrar, no caso de uma proteína específica um fenômeno que (...) *sugere toda uma nova maneira de pensar o desenvolvimento de novas moléculas, não só para essa proteína em particular, e uma nova maneira de olhar para a estrutura cristalográfica. Portanto, sugere também uma nova maneira de pensar o desenvolvimento de novos fármacos a partir de uma estrutura cristalográfica (...).*

Estudos bioquímicos e estruturais revelam importantes requisitos para afinidade e seletividade enzimática

27 de maio de 2010



A seletividade tem papel crucial no desenvolvimento de inibidores enzimáticos candidatos a novos agentes antiparasitários, particularmente nos casos em que a enzima alvo está presente também no hospedeiro humano. Estudos cristalográficos e de cinética enzimática forneceram importantes informações para o planejamento racional de inibidores da enzima purina nucleosídeo fosforilase (PNP) de *Schistosoma mansoni*, revelando diferen-

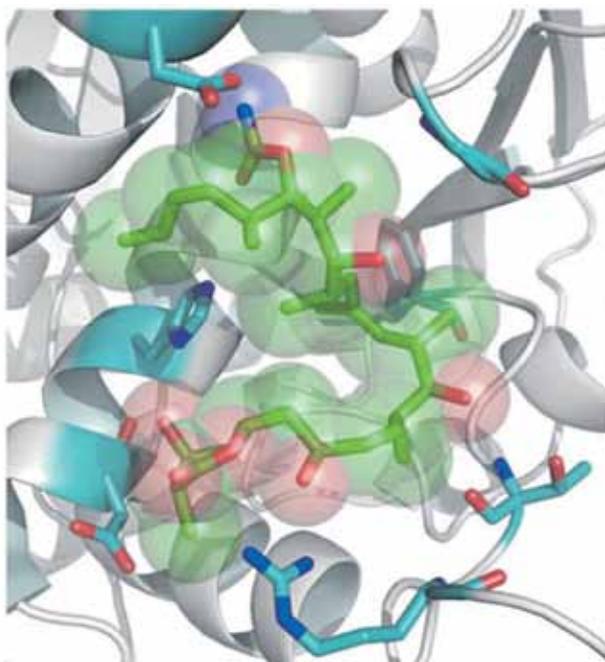
ças estruturais consistentes no modo de ligação de uma série de deazaguaninas (e de outras bases purinas modificadas) no sítio ativo das enzimas PNP do parasita e humana. A integração de estudos estruturais e bioquímicos proporcionou o entendimento de importantes requisitos moleculares para a afinidade de ligação e seletividade. Os resultados foram publicados na revista *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, v.18, p.1421-1427, 2010.

Integração de fragmentos moleculares especializados no planejamento de novos fármacos

16 de junho de 2010

Fragmentos moleculares especializados têm sido usados na identificação de novas moléculas bioativas e no desenvolvimento de novas entidades químicas (NCE's) candidatas a fármacos. Estratégias modernas de química medicinal,

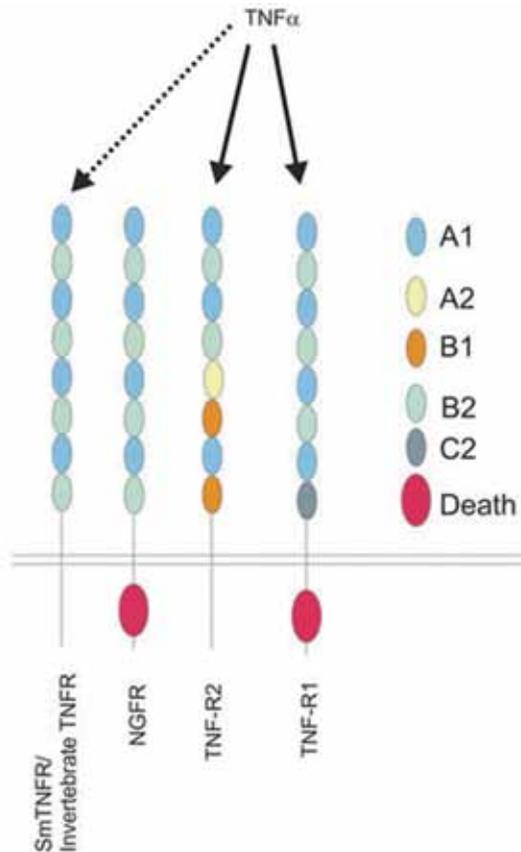
envolvendo a integração de fragmentos moleculares com outros métodos de planejamento, têm possibilitado novas oportunidades para o estudo e otimização de propriedades farmacodinâmicas e farmacocinéticas.



Estes estudos foram publicados na revista *Expert Opinion on Drug Discovery*, v.5, p.405-412, 2010.

Receptor de TNF-alfa no parasita humano *Schistosoma mansoni*

29 de junho de 2010



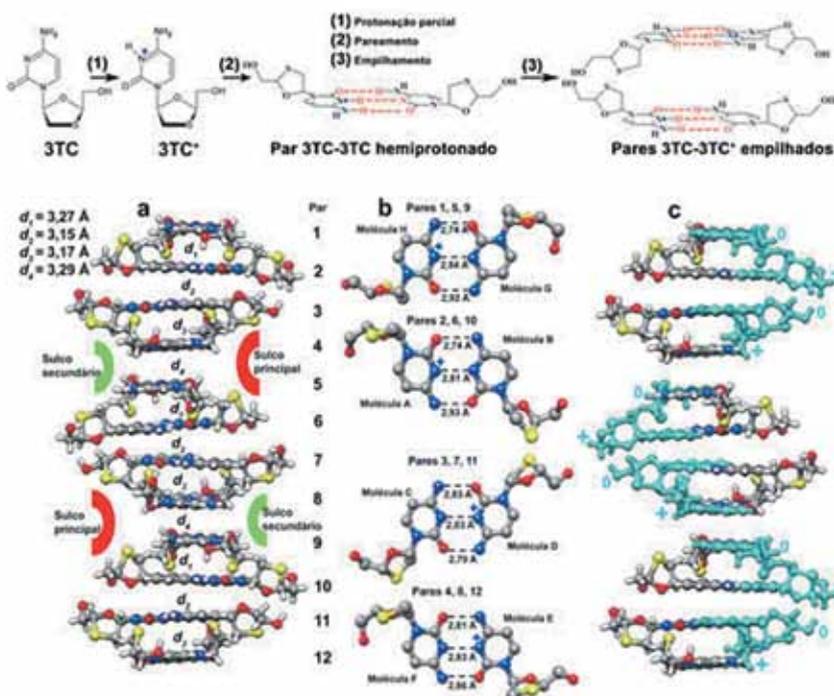
Pesquisadores do IFSC, em colaboração com um grupo do Instituto de Química da USP, descreveram um receptor da família do TNF (*Tumor Necrosis Factor*) no parasita humano *Schistosoma mansoni*, além de efeitos da citocina TNF-alfa humana sobre o parasita. Isso parece

indicar uma possível utilização, por parte do parasita, de sinais endógenos do hospedeiro humano para sua adaptação.

O trabalho foi publicado na revista *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v.3, n.12, p.556, 2010.

Desvendando estruturas de nucleosídeos: Dupla Hélice de Lamivudina

08 de julho de 2010

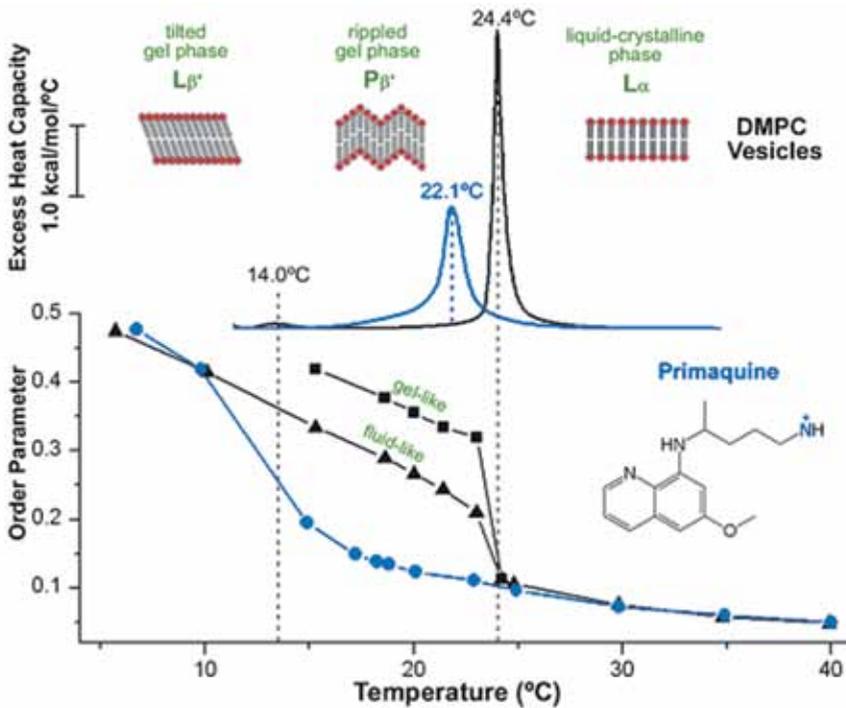


Pesquisadores do IFSC, em conjunto com um colaborador da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), determinaram a estrutura de uma nova modificação cristalina de lamivudina, fármaco anti-HIV utilizado para o tratamento da AIDS. Nesta modificação, moléculas do fármaco são capazes de se organizar em uma estrutura onde seus fragmentos de citosina são pareados através de três ligações de hidrogênio e sobrepostos helicoidalmente, mimetizando uma estrutura de DNA. Tal arquitetura revela que o esqueleto molecular de um nucleosídeo tem a informação necessária para estruturar duplas hélices como no DNA.

Referência: MARTINS, F. T. et al. From rational design of drug crystals to understanding of nucleic acid structures: lamivudine duplex. *Crystal Growth & Design*, v.10, p.676–684, 2010

Efeitos do fármaco antimalárico primaquina na estrutura dinâmica de modelos de membranas

30 de agosto de 2010

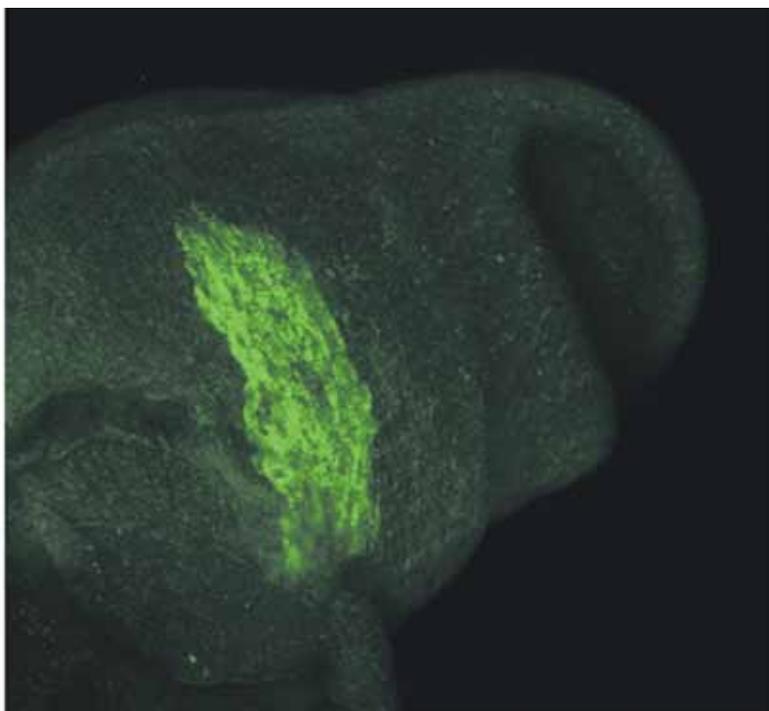


A pesar de o fármaco primaquina (PQ) ser amplamente utilizado no combate e controle da malária, seu mecanismo de ação ainda carece de entendimento detalhado, em nível molecular. Não obstante sua ampla gama de efeitos biológicos, os alvos moleculares da PQ, se lipídios e/ou proteínas, ainda são desconhecidos. Em

recente estudo, pesquisadores do IFSC levantaram a hipótese de que interações com membranas possam representar um rota alternativa adicional no mecanismo de ação deste fármaco contra os parasitos da malária. Os resultados foram publicados na revista *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes*.

Genes de micro-exons produzem proteínas secretadas com alta variação no parasita humano *Schistosoma Mansoni*

13 de setembro de 2010



Pesquisadores do IFSC, em colaboração com grupos de pesquisa do IQ-USP e da *University of York*, descreveram um grupo de genes que possuem exons muito pequenos, denominados micro-exons. Este sistema genético complexo não havia sido descrito em nenhum organismo e

permite a produção de proteínas secretadas pelo parasita, que possuem alto grau de variação. Ele pode ser a base para um mecanismo de escape do parasita a respostas do sistema imunológico humano. O trabalho foi publicado na revista *Genome Research*, v.20, n.8, p.1112-21, 2010.

Multidisciplinaridade - Cristalografia Robotizada

25 de Fevereiro de 2011

O Brasil tem condições para contribuir com os avanços tecnológicos no campo da automação que estão revolucionando as pesquisas para a descoberta de fármacos a partir da síntese de novas moléculas, segundo opinião do Prof. Otávio Thiemann, do IFSC. Thiemann participou no dia 24 de fevereiro, em São Paulo, do *Workshop on Synthetic Biology and Robotics*, cujo objetivo foi divulgar a nova área multidisciplinar que envolve robótica e a biologia sintética.

O evento, organizado pela FAPESP e pelo Consulado Britânico em São Paulo, integra a Parceria Brasil-Reino Unido em Ciência e Inovação. Durante o evento, o pesquisador fez uma avaliação dos avanços e perspectivas das aplicações da robótica à cristalografia de proteínas – uma técnica que permite *enxergar* as moléculas de proteína em nível atômico. As estruturas das moléculas, entretanto, não podem ser propriamente vistas porque sua escala é menor que o comprimento de onda da luz visível. Por conta disso, os cientistas utilizam Raios X de alta energia, produzidos por linhas de luz síncrotron, que permitem distinguir distâncias da ordem de poucos ângstrons. Thiemann usa a técnica para elucidar a estrutura molecular e a função de proteínas-alvo na fisiologia de parasitas, como as *Leishmanias* e os *Trypanosomas*, avaliando o potencial dessas moléculas para o desenvolvimento de novas drogas: *Várias etapas do processo de cristalografia de proteínas já foram automatizadas, mas ainda*

há gargalos em algumas delas. As tecnologias de automação, no entanto, estão avançando rapidamente e deverão tornar o ciclo inteiro muito mais ágil, disse Thiemann em entrevista publicada pela Agência FAPESP.

Conforme evolui a robotização de determinadas fases do processo, segundo o pesquisador, a ciência avança na direção de cristalizar um grande número de proteínas, simultaneamente, em vez de estudar a estrutura de cada uma delas separadamente. *Isso vai encurtar enormemente o caminho para a descoberta e melhoria de drogas*, explicou.

De acordo com o cientista, o processo para cristalizar as moléculas – desvendando sua estrutura, sua dinâmica e atividade – não é trivial. Suas diversas etapas podem ser classificadas em dois tipos: o da produção da proteína e o da cristalização propriamente dita: *Na produção da proteína, embora a automação ainda não esteja tão bem estabelecida, já há vários robôs que podem ajudar em várias etapas. É ao fim da parte da cristalização que temos gargalos fundamentais, cuja superação deverá revolucionar todo o processo*, afirmou o pesquisador do IFSC.

A automação da montagem da proteína no difratômetro – equipamento utilizado para a análise da estrutura da molécula – é crucial para mudar a escala do processo, segundo o cientista: *Temos que montar a gota de cristalização, selecionar o cristal, obter os dados de difração e resolver a estrutura. Uma vez que temos o cristal, o principal gargalo*

consiste em colocá-lo dentro do difratômetro, explicou Thiemann.

Uma vez que isso é feito, o robô se encarrega do resto, alinhando o cristal corretamente diante do feixe de Raios X: *No meu entender, esse é o ponto que ainda está suscetível a enormes avanços. Se o robô puder 'pescar' o cristal para introduzi-lo no difratômetro, todo o processo ganhará outra escala,* explicou o docente do IFSC.

Uma das alternativas consiste em diminuir as chances para que o cristal cresça livremente dentro da gota de cristalização, imobilizando-o dentro de um capilar: *São iniciativas que estão em estágio inicial. Quando o cristal cresce, geralmente a intervenção humana se faz necessária. É preciso ter discernimento para saber se o cristal é bom ou não, se inclui outros precipitados ou se possui outras características em seu entorno que precisem ser retiradas,* destacou o cientista.

Mais ágil

Como essa parte ainda exige intervenção humana, o processo sofre interrupções contínuas. A automação aumentaria a velocidade, dispensaria diversos cuidados específicos e permitiria um trabalho de 24 horas por dia: *Se quisermos cocristalizar uma enzima com quinhentos ou mil compostos possíveis para avaliar as características da molécula e, a partir daí, melhorar sua ação, teremos que criar condições de cristalização para todas essas cocristalizações,* apontou Thiemann, que acrescentou: *Nesse processo, é preciso encontrar um*

composto, voltar atrás, cocristalizar o composto, aprender, voltar atrás mais uma vez, sintetizar o novo composto e assim por diante. Esse ciclo poderá se tornar muito mais ágil com a automação.

Com mais agilidade, seria possível cristalizar as moléculas simultaneamente em larga escala: *Cristalizar a proteína é diferente de cocristalizar a proteína com um inibidor dentro dela. As condições podem ser bastante diferentes, dependendo do composto e o número de combinações possíveis é enorme. Geralmente, conseguimos cocristalizar uma proteína com um ou dois inibidores – o que já dá muito trabalho aos alunos. Com o robô, poderíamos fazer isso em massa,* disse.

Para o professor do IFSC, a tecnologia da robótica avança em ritmo forte, assim como a informática, que permite a análise e distinção de padrões de imagem: *Além disso, a inteligência artificial possibilita que os programas aprendam com o que acabaram de fazer, realimentando o software para que ele consiga executar a próxima rodada com maior taxa de acerto,* mencionou Thiemann.

Segundo ele, há perspectivas de desenvolvimento desse tipo de tecnologia em vários centros no Brasil: *Há alguns cursos de graduação – como mecatrônica e robótica – formando pessoal nessa área. Mas trata-se de um segmento essencialmente multidisciplinar. Não precisamos apenas de alguém que saiba montar um robô, mas alguém que saiba fazê-lo com essa finalidade específica. Precisamos de pessoal com várias formações diferentes e certamente é possível desenvolver isso no Brasil,* concluiu o cientista.

Docente do IFSC conta sobre o que o levou a desistir da medicina para mergulhar no complexo mundo das proteínas

1 de Junho de 2011

Movido pela paixão em desvendar a estrutura de proteínas, professor fala sobre sua colaboração em importantes pesquisas brasileiras e sobre a nova proteína que tem protagonizado seus estudos, que pode ocupar importante papel contra doenças degenerativas.

Eu poderia me classificar um apaixonado pelas estruturas de proteínas - se autodefine o pesquisador e professor do IFSC, Richard Charles Garratt. Desde o ensino médio, ele se questionava sobre as possibilidades e os porquês da complexa estrutura de proteínas: Todo sábado, durante o colegial, eu ia até a biblioteca municipal de minha cidade e em um dos livros que eu costumava ler, intitulado 'Life on Earth', havia muitas figuras de estruturas protéicas. Para mim, naquela época, era incompreensível e parecia algo impossível de se mapear! conta o docente.

Terminado o colegial, Garratt aventurou-se por dois anos na famosa Escola de Medicina do Guy's Hospital, em Londres, na Inglaterra, seu país de origem. Percebeu que medicina não era sua vocação: *Descobri que gostava realmente de ciência básica e não da prática cotidiana da medicina. Então, desisti de ser médico para*

iniciar minha graduação em Ciências Médicas Básicas e Bioquímica, pela University of London.

Em 1989, depois de ter concluído o mestrado e iniciar seu doutorado, ambos em Cristalografia, também na University of London, teve o primeiro contato com o atual presidente do CNPq, Glaucius Oliva, que na época também cursava o doutorado: *Glaucius foi fazer o doutorado justamente quando terminei meu mestrado. Começamos nosso doutorado no mesmo dia. Naquele momento a cristalografia de proteínas estava no auge! Na época, era algo muito difícil de ser feito. Quando concluí meu doutorado, por alguma razão não me senti atraído em ir para algum laboratório bem instituído, com tudo montado e caras famosos. Eu achava que ir para um lugar no qual ainda não havia nada estabelecido, em termos de cristalografia, seria o verdadeiro desafio! E decidi vir para o Brasil. No final da história, nosso grupo de cristalografia foi o primeiro a se estabelecer na América Latina,* conta o pesquisador.

As várias aplicações

Os estudos de Richard e seu grupo não se limitam à pesquisa básica, mas visam também a resolver problemas com impacto para a sociedade: *De nossos estudos, os mais citados estão na área de biotecnologia em indústrias farmacêuticas. Conhecer a estrutura de moléculas-alvo é de grande importância para o desenvolvimento de novos fármacos. Através de pesquisas básicas, descobrimos como uma proteína funciona para, posteriormente, estudar suas aplicações*, conta o docente.

Atualmente, Richard é coordenador do Instituto Nacional de Biotecnologia Estrutural e Química Medicinal em Doenças Infecciosas (INBEQMeDI), programa do qual fazem parte diversos pesquisadores do Brasil, inclusive do IFSC: *Os estudos do INBEQMeDI têm um viés mais direcionado ao desenvolvimento de fármacos e vacinas, terapias e diagnósticos. A maioria das doenças infecciosas que tem a ver com os fármacos e vacinas que estudamos é tipicamente brasileira, como a doença de Chagas, esquistossomose e leishmaniose, que estão enumeradas como as mais graves, matando milhões de pessoas ao ano*, menciona Richard.

Um destaque em sua pesquisa é a colaboração com a Fundação Osvaldo Cruz: *Há mais de uma década colaboro com o grupo coordenado pela médica e pesquisadora, Miriam Tendler, para o desenvolvimento de uma vacina contra a esquistossomose. Embora eu não tenha me envolvido diretamente com essa pesquisa ao longo dos*

últimos anos, que hoje se encontra em novo patamar, inclusive já com testes clínicos, no início desse projeto nosso conhecimento sobre a estrutura da molécula antigênica, Sm14, foi essencial. Isso levou a publicações importantes, geração de patentes e interesse de indústrias, que hoje estão coordenando testes em humanos para o lançamento da primeira vacina contra esquistossomose, conta Garratt.

Ainda ao que se refere à parte experimental, Richard tem-se dedicado aos estudos de um grupo de proteínas, chamadas septinas, moléculas importantes para uma série de processos celulares fundamentais à vida: *As septinas são moléculas que formam filamentos que, por sua vez, são essenciais para a interação com a membrana das células para exercer suas funções vitais, como divisão celular, transporte de vesículas, entrada e saída de material nas células. Tentamos compreender como essas moléculas formam filamentos e como estão relacionadas à atividade biológica. Não estudamos essas moléculas com vistas à aplicação, mas nada impede que no futuro elas sirvam de base para o desenvolvimento de novas terapias, uma vez que septinas já foram associadas a diversas enfermidades*, afirma Richard.

Sobre algumas técnicas

Descobrir a estrutura e função de uma proteína requer uso de diversas técnicas, sendo uma das principais a difração de Raios X: *Enquanto estudante no colégio, descobri que a maneira de desvendar o problema*

da complexidade de uma proteína era pela difração de Raios X, usando cristais. Porém, nunca imaginei que eu mesmo teria oportunidade de desenvolver este tipo de trabalho, comentou o pesquisador.

Além das técnicas em cristalografia, são utilizadas outras complementares para auxiliar na identificação e mapeamento das proteínas: *Junto à técnica de difração de Raios X, utilizamos ressonância magnética nuclear, microscopia eletrônica e outras. É necessário utilizar mais de uma técnica para um problema biológico mais complexo, pois cada uma aborda o problema de maneira diferente e apresenta informações distintas. Essa soma é que traz um bom entendimento do problema,* esclarece Richard.

Em março deste ano, Richard participou de um congresso na Alemanha onde apresentou resultados e conclusões referentes à pesquisa com septinas: *Em função dos resultados apresentados no congresso, grupos de pesquisa dos Estados Unidos e Israel já demonstraram interesse em firmar parcerias,* conta.

Das parcerias existentes, Richard ressalta que a colaboração de outros grupos foi fundamental ao longo dos anos: ele conta com a intensa participação do Grupo de Biofísica do IFSC, através da docente Ana Paula Ulian Araújo, além de um grupo de pesquisadores de Campinas, liderado por Jorg Kobarg, que trabalha no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS): *Conseguimos complementar as pesquisas entre esses grupos e atingimos resultados mais importantes,* afirma.

Já em relação a aplicações com septinas, o docente diz que ainda não é possível prever: *Algumas septinas foram associadas a doenças degenerativas, como Mal de Parkinson e Mal de Alzheimer. Já foram observados em exames 'post mortem' de cérebros de pacientes com Alzheimer depósitos de septinas junto a proteínas diretamente associadas à doença. Ainda não se sabe o que significa: se foram importantes para desencadear o processo ou se foram meramente agregadas,* finaliza Garratt.

Biofísica: o bom relacionamento entre física e biologia

05 de Dezembro de 2011

A biofísica, como o próprio nome indica, é a mistura de biologia e física, embora nem tudo o que envolve a biologia, na física, seja considerado biofísica. Sua definição também depende da perspectiva do profissional que nela atua: *Para o biólogo, ela está muito relacionada à fisiologia. É estudar como as coisas funcionam dentro do organismo, seja ele uma planta ou animal. Já o físico utiliza-se de ferramentas e métodos físicos para 'observar' e entender a biologia em nível molecular*, explica a docente do Grupo de Biofísica Molecular, do IFSC, Ana Paula Ulian de Araújo.

A ligação entre física e biologia já é realidade há longo tempo. Medidas de absorção óptica para dosagem de proteínas, ou a técnica de eletroforese, que separa proteínas em um gel com aplicação de uma diferença de potencial, são alguns exemplos do uso de técnicas simples utilizadas por biofísicos (e bioquímicos): *A Biofísica estuda os fenômenos biológicos não só com uma visão mais física, mas usando instrumentos e métodos da física, permitindo observar detalhes que não seriam possíveis de outra maneira*, afirma a docente.

Ao utilizar sofisticados instrumentos, a maior parte deles trazendo informações em nível molecular, os biofísicos colaboram

com a pesquisa básica, que pode florescer em aplicações nos mais variados campos. É possível, por exemplo, estudar efeitos de radiação emitidos por aparelhos celulares, produzir camundongos transgênicos e encontrar plantas com potenciais terapêuticos:

Os biofísicos geralmente trabalham com pesquisas acadêmicas, mas há oportunidades nas indústrias farmacêuticas e de biotecnologia. Para garantir acesso de um medicamento a uma célula específica, é importante compreender a estrutura de proteínas e como interagem com lipídios, o que se obtém de estudos que são rotina para pesquisadores dessa área.

Ana Paula, que é bióloga, vem atuando em pesquisas básicas relacionadas à biofísica. No momento, destaca dois projetos com os quais colabora: o primeiro trata de uma proteína inativadora de ribossomos, produzida em determinadas plantas, que é tóxica em baixíssimas concentrações: *Fizemos um trabalho inicial de caracterização dessa proteína*. A segunda vertente desses estudos refere-se ao trânsito da proteína na célula. A proteína produzida na célula de uma planta pode ser tóxica à célula de um mamífero que a tenha ingerido. Como essa toxina entra na célula e em termos de toxicidade, qual será seu destino final? Essas

são algumas das perguntas que as pesquisadoras de Ana Paula buscam responder. Depois de estudar a toxicidade da proteína, ela poderá ser usada no combate de células tumorais, por exemplo: *Com a Nanocore, uma empresa de biotecnologia brasileira, temos trabalhado com essa proteína em formulações farmacêuticas para aplicação em certos tipos de câncer superficial, como o de pele*, menciona a pesquisadora.



Estudos de organismos menos complexos, como algas, podem ajudar no entendimento sobre a relação do septinas com doenças graves como a de Alzheimer.

O segundo estudo, envolvendo outros docentes do IFSC - Richard Charles Garratt e Ricardo De Marco -, é direcionado ao estudo de uma proteína humana, chamada septina. Ela aparece em diversos

organismos, desde leveduras até animais, incluindo seres humanos. Sua função é desconhecida, embora se saiba que ela possui um papel na divisão celular: *As septinas já foram encontradas no cérebro de pessoas que sofrem da doença de Alzheimer. Nossas pesquisas, que trabalham com essa proteína in vitro, buscam entender o papel das septinas, começando pelos seres mais primitivos*, explica Ana Paula que, atualmente, tem estudado uma septina encontrada em algas, além das humanas.

A biofísica na física

No IFSC, o corpo docente inter e multidisciplinar trabalha com diversas vertentes: *Temos um grupo muito heterogêneo de professores, como químicos, cientistas moleculares, biólogos, engenheiros e, obviamente, físicos. Todos têm um tema comum de trabalho, que envolve proteínas e outras macromoléculas biológicas. Trabalhamos com proteínas de interesse biotecnológico, ou como fármacos, fazendo a sua produção, caracterização, estudos estruturais e de aplicação, em geral*, conta Ana Paula. Essa multidisciplinaridade permite que novas técnicas sejam trazidas e as antigas sejam continuamente aprimoradas.

O encontro entre física e fármacos

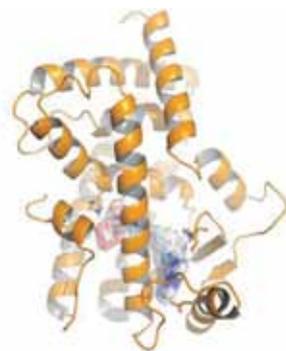
05 de Fevereiro de 2013

A física tem participação importante na produção de medicamentos, em virtude da necessidade de se compreender os mecanismos de ação dos fármacos. Para que um remédio cumpra sua função, é necessário que entre no corpo e interaja com moléculas receptoras do nosso organismo (proteínas, DNA, etc.). Modelos físicos são usados para compreender essa interação: *Já temos bancos de dados nos quais é possível, através de simulação computacional, testar diversas moléculas em receptores diferentes antes de realizar experimentos práticos*, exemplifica o docente do Grupo de Biotecnologia Molecular do IFSC, Alessandro Silva Nascimento.

A biologia vem se beneficiando dos avanços na física, principalmente em algumas técnicas descobertas há mais de meio século: *Até a década de 1960, tinha-se conhecimento de como era a constituição das proteínas, mas não era possível determinar sua estrutura. Isso se tornou possível com o aprimoramento da técnica de difração de Raios X e de cristalografia, além de grande avanço na física computacional*, afirma Alessandro: *Os modelos de mais ou menos 90% de proteínas que temos até hoje só foram possíveis pela técnica de difração de Raios X.*

Exemplo recente de um fármaco produzido graças a técnicas cristalográficas foi a vacina contra esquistossomose, concluída em junho de 2012. Embora

desenvolvida pela pesquisadora da Fundação Oswaldo Cruz, Miriam Tendler, o auxílio do docente do IFSC Richard Charles Garratt, e de sua equipe do Grupo de Cristalografia, foi essencial para estudar a modelagem da proteína SM14, uma das moléculas encontradas no organismo do *Schistosoma mansoni* (causador da doença) e que no corpo humano é responsável pela produção de anticorpos contra o próprio parasita.

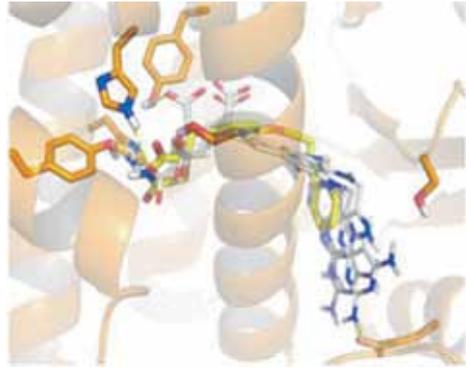


Estrutura cristalográfica, determinada no IFSC, de receptor biológico envolvido no diabetes melito do tipo 2 (PPAR gama)

Remédios tecnológicos

Como especialista em biotecnologia molecular, Alessandro arrisca palpites para o futuro dessas modelagens e para o desenvolvimento mais acelerado de fármacos: *No futuro, a ideia é que sejamos capazes de propor*

moléculas ativas capazes de combater quaisquer tipos de doenças, declara. De acordo com o docente, algumas estimativas recentes apontam que todos os fármacos que conhecemos atuam apenas em cerca de 10% das proteínas humanas que podem ser reguladas por fármacos. Isto significa que a maior parte de alvos terapêuticos ainda não foi descoberta ou explorada, abrindo um mundo de possibilidades para produzir medicamentos cada vez mais eficientes.



Detalhes da interação entre um fármaco conhecido (rosiglitazona, em amarelo) e o receptor PRAR gama (em laranja) e resultados de simulações realizadas com moléculas de potencial terapêutico (em branco)

Câncer - No caminho contra o mal

23 de Março de 2012

Um trabalho de pesquisa básica direcionado à busca de inibidores capazes de combater células tumorais foi publicado na prestigiosa revista *Proceedings of The National Academy of Sciences (PNAS)*, de autoria de um grupo que inclui os pesquisadores do Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), André Ambrósio e Sandra Gomes Dias, doutores pelo programa de pós-graduação do IFSC, e o professor Richard Charles Garratt.

A repercussão do artigo justifica-se pela abordagem ampla e aprofundada de uma linha de pesquisa que nos últimos dez anos tem sido desenvolvida para encontrar inibidores de células tumorais, baseados no vício dessas células por glicose e glutamina, sem prejudicar as células saudáveis: *Essa pesquisa começou quando eu e a Sandra estávamos fazendo pós-doutorado nos Estados Unidos. Quando voltamos ao Brasil, decidimos unir esforços para estudar proteínas de maneira mais multidisciplinar, lembra André.*

Com o financiamento da FAPESP, os pesquisadores utilizaram diversas técnicas para estudar proteínas relevantes no desencadeamento de câncer, e não por acaso se depararam com a Glutaminase C (GAC), que a comunidade científica considera um *combustível* essencial para manter a proliferação exagerada das células tumorais: *Já se sabia da existência de três*

variantes da glutaminase e nosso trabalho mostrou que a GAC é a enzima mais ativa, conta o pesquisador.

O estudo do metabolismo tumoral alicerça-se em descobertas do início do século XX, tendo voltado à tona nos últimos anos: *Um desses estudos aponta um fenômeno - o 'efeito Warburg' - segundo o qual as células tumorais têm alta dependência de glicose para se proliferar. Outros estudos afirmam que a glutamina, juntamente com a glicose, é um importante componente para propagação dessas células, explica Sandra.*

Com essas informações, os dois pesquisadores passaram a estudar a glutaminase e suas variantes, até chegarem à GAC: *As células tumorais consomem alta quantidade de glutamina, isso é fato. Grande parte dessa glutamina vem de fontes externas através da alimentação, ou de proteínas que ficam armazenadas nos músculos do corpo. Normalmente, o nível de glutamina no sangue já é alto, sendo importante para alimentação de células saudáveis. Ao mesmo tempo, servem de combustível para as células tumorais e conseqüentemente para seu crescimento, conta a pesquisadora.*

A importância da glutaminase já era conhecida por alguns cientistas, mas os dois pesquisadores em questão fizeram algumas descobertas importantes: primeiro, conseguiram encontrar um composto - o 968 - que inibe a ação da glutaminase:

Participamos de uma publicação elaborada na Cornell University, onde realizamos o nosso pós-doutoramento, sobre esse inibidor, conta Sandra.

A relação da glutaminase com tumores celulares não era bem estabelecida. André e Sandra separaram as três variantes da enzima e encontraram na GAC um *des-taque* maior: *As outras duas variantes não se mostraram como 'chave' para o desencadeamento de tumores. A GAC seria a variante mais presente na mitocôndria, local da célula onde acontece o processamento da glutamina*, detalhou Sandra.

O artigo publicado no PNAS também inclui a estrutura cristalográfica da GAC, considerada diferencial da publicação: *Essa informação é essencial para a busca de inibidores da GAC, o que vários grupos de pesquisa já estão tentando encontrar*, conta Sandra.

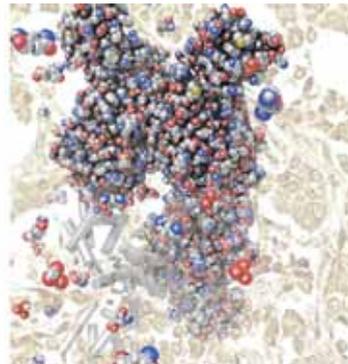
Richard faz questão de se pronunciar sobre a qualidade da pesquisa desenvolvida: *O IFSC está formando alunos que se preocupam com pesquisas de qualidade. Há hoje uma grande 'febre' para publicação de muitos trabalhos e a essência da ciência está se perdendo um pouco, porque está se tornando uma máquina de produzir coisas, sem a devida preocupação com o impacto que elas podem causar. Não precisa existir aplicação em uma pesquisa, desde que seja feito um trabalho completo e que avance o conhecimento de alguma forma.*

O docente acredita que o trabalho ganhou notoriedade devido às várias abordagens diferentes para um mesmo problema: *A PNAS aceitou essa publicação, pois*

qualquer estudioso da área sabe que a glutaminase é uma proteína 'chave' para o desencadeamento das células tumorais, explica.

Richard frisa que a capacidade intelectual dos brasileiros para desenvolver pesquisas de qualidade equipara-se a de pesquisadores de qualquer parte de mundo e que é preciso ousadia para se conseguir os melhores resultados. Embora se trate de pesquisa básica, é importante ressaltar que tal descoberta abre muitas portas: *Nossa descoberta aumenta as chances de encontrarmos mais e melhores inibidores para o controle e até mesmo cura para alguns tipos de câncer*, afirma Sandra.

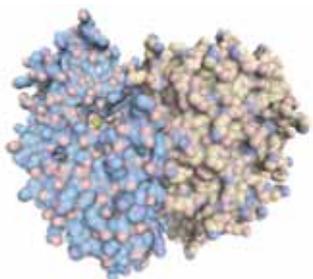
Uma vez descoberta a estrutura da GAC, tem início uma nova etapa no projeto com o estudo do BPTES, outro inibidor em estudo no laboratório de Sandra e André: *Já temos a estrutura do inibidor em complexo com a proteína e estamos tentando entender seu mecanismo de inibição. Acreditamos que no meio do ano estaremos submetendo esse novo trabalho*, finaliza Sandra.



A glutaminase, ao mesmo tempo que é importante para células saudáveis, serve de combustível às tumorais.

Malária: a meio caminho da cura

01 de Julho de 2013

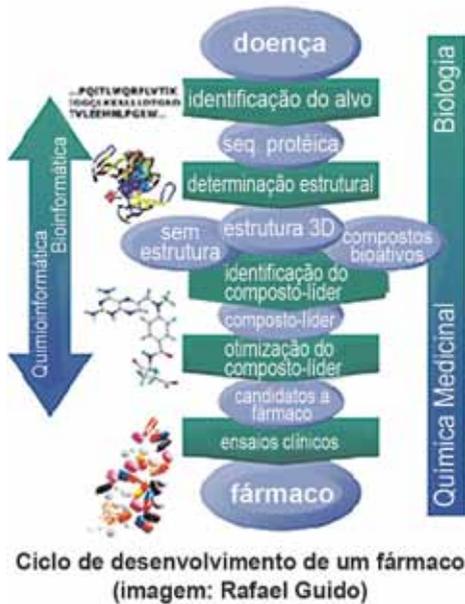


Embora sua incidência tenha sido reduzida, a malária ainda faz muitas vítimas pelo mundo*, principalmente crianças. Os tratamentos desenvolvidos estão ficando obsoletos porque o parasita causador da doença já aprendeu a *driblar* os medicamentos capazes de exterminá-lo.

Para resolver esse problema, pesquisadores do Grupo de Cristalografia do IFSC realizam há alguns anos pesquisa sobre alternativas para o tratamento da malária. Dos conhecimentos já adquiridos no estudo, sabe-se que o *Plasmodium falciparum* (agente causador da forma mais severa de malária) possui diversas proteínas-chave, com destaque para enolase, vital para o organismo do parasita. A proteína, pertencente à via glicolítica, é uma das responsáveis pela produção de energia: *Se inibirmos enzimas relevantes da via glicolítica do Plasmodium, ele fica sem energia e morre*, explica o docente e coordenador do Projeto, Rafael V. C. Guido.

A via glicolítica também está presente em nosso organismo, contudo no plasmodium ela é de vital importância para sua manutenção e sobrevivência, pois é a principal via responsável pela produção de ATP (nucleotídeo para armazenamento de energia para consumo imediato). Nos seres humanos, a principal via para produzir energia é o chamado Ciclo de Krebs, que produz 36 ATPs, enquanto a via glicolítica produz apenas dois.

Para que essa inibição seja possível, é necessário produzir uma molécula com grande afinidade para se ligar à enolase do *Plasmodium*, impedindo que esta realize sua principal função - a produção de energia no parasita. Ainda não existem fármacos que atuem pela inibição da enolase. No entanto, Rafael e seus colaboradores conseguiram determinar a estrutura tridimensional em alta resolução da enolase (algo inédito no mundo**), uma etapa importante para desenvolver novos medicamentos.



A ilustração da figura mostra o longo caminho que se percorre para obter um fármaco. Após determinada a estrutura da enolase, o próximo passo será identificar moléculas capazes de inibi-la. Isso implica encontrar uma molécula que ocupe o sítio ativo da proteína, bloqueando sua ação e impedindo que ela produza energia para sobrevivência do *Plasmodium falciparum*: *Começaremos a trabalhar agora com o 'processo de triagem', para encontrar essas moléculas. Precisamos explorar a diversidade química, investigando moléculas de origem natural, como as de plantas^{***}, ou sintéticas que possuam atividade biológica frente à enolase*, conta Rafael.

Para determinar a estrutura da enolase, gastaram-se dois anos de pesquisa. Para encontrar moléculas promissoras candidatas a novos fármacos contra a malária, ainda

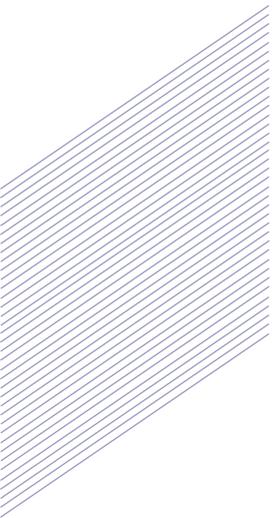
não há previsão, muito menos para produção de um novo medicamento.

*No relatório *Derrotando a malária na Ásia, no Pacífico, nas Américas, Oriente Médio e Europa*, produzido pela ONU em 2010, foram registrados 34 milhões de casos da doença no continente africano.

** Por esse trabalho, intitulado *Estudos estruturais da enzima enolase de P. falciparum: alvo molecular para desenvolvimento de novos agentes antimaláricos*, de autoria de Fernando V. Maluf; Evandro J. Mulinari; Eduardo A. Santos; Glaucius Oliva; Celia R. S. Garcia e Rafael V. C. Guido, a equipe coordenada por Rafael foi premiada na 36ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química, ocorrida entre 25 e 28 de maio deste ano

*** O docente Adriano Andricopulo, o doutorando do GC, Ricardo N. Santos, e a docente do Instituto de Química da Unesp, Vanderlan Bolzani, criaram uma base de dados *on-line* sobre 640 compostos químicos extraídos da biodiversidade brasileira, e que será utilizada nessa etapa de pesquisa do Projeto discutido no texto.

9 Saúde



Pesquisas dedicadas a aplicações de técnicas da física em medicina e odontologia, aliadas à pesquisa básica em ciências físicas e biomoleculares, fizeram do IFSC um importante centro na geração de inovações para a saúde. Isso se reflete na longa série de reportagens deste capítulo, numa clara demonstração da qualidade da pesquisa multidisciplinar que aqui se faz. Mencione-se a conexão com muitas inovações abordadas no Capítulo X.

Pesquisa estuda a distribuição das moléculas dos remédios e influência na eficácia do tratamento médico

25 de novembro de 2010

A eficácia de um medicamento depende não só das moléculas do princípio ativo, mas também de seu arranjo estrutural: *Três comprimidos diferentes, mas compostos pelas mesmas substâncias, podem gerar efeitos distintos no corpo humano. Um pode ter o resultado correto, o que se espera de um medicamento; outro pode simplesmente não causar nada; e o terceiro pode gerar uma overdose. A diferença entre os efeitos pode ser explicada pela maneira como as moléculas do medicamento estão dispostas*, explica o professor Javier Ellena, do Laboratório de Cristalografia do IFSC, que trabalha em uma linha de pesquisa denominada Polimorfismo em Sólidos Farmacêuticos.

Essa área de pesquisa é relativamente nova, e passou a ter prioridade na indústria farmacêutica em meados de 1990, quando pesquisadores começaram a perceber a interferência do posicionamento das moléculas na eficácia dos medicamentos: *Os medicamentos são formados por um conglomerado de microcristais*, explica o professor. E é a forma de empilhamento dentro destes microcristais que determinará uma série de propriedades do produto – desde a sua cor até o modo como é absorvido pelo organismo. Nas análises em laboratório, os pesquisadores usam ferramentas como calorime-

tria, difração de Raios X e espectroscopia no infravermelho.

O trabalho tem como meta uma espécie de *controle de qualidade*, no qual os medicamentos são observados para que se verifique a composição dos microcristais e como isso gera características do produto. O Laboratório de Cristalografia do IFSC pesquisa o tema há cerca de dez anos. Na avaliação do professor Javier Ellena, o que se faz ali é apenas uma fração do que deve ser pensado quanto à eficácia dos medicamentos. *O trabalho com fármacos é essencialmente multidisciplinar. Nós damos uma contribuição ligada à nossa área do conhecimento*, aponta. Para Javier, o estudante que busca se especializar no tema ingressará em área promissora. Pois as companhias farmacêuticas estão percebendo que podem ter ganhos significativos se trabalharem corretamente as propriedades microscópicas de seus remédios.

O laboratório foi um dos responsáveis pela organização do Simpósio Latino-Americano de Polimorfismo e Cristalização em Fármacos e Medicamentos (Lapolc), realizado em 2007 e 2009, já programado para ocorrer também em 2011: *Encontrar todos os pesquisadores do tema é algo essencial. É uma discussão que contribui para o fortalecimento dos estudos*, completa Javier Ellena.

Pesquisadores desenvolvem novas moléculas com potente atividade anticâncer a partir de um produto natural

14 de dezembro de 2010

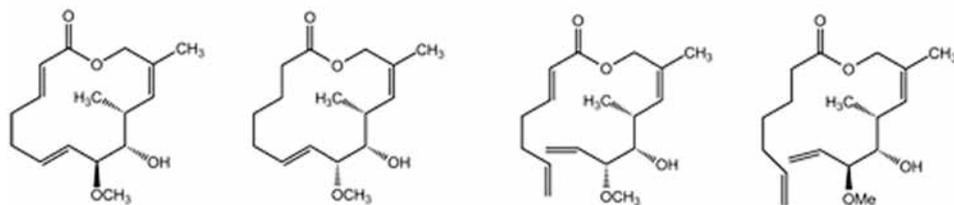


Figura 1. Estruturas químicas das macrolactonas com potente atividade anticâncer.

Pesquisadores do IFSC e da UNICAMP descobriram uma série inédita de macrolactonas sintéticas com potente atividade anticâncer, mostradas na Figura 1.

Esses compostos são eficazes na inibição da migração celular, como mostrado na Figura 2A. Um dos compostos possui atividade biológica mil vezes maior do que a migrastatina, composto de origem natural. O efeito promissor dos compostos foi confirmado em ensaios de invasão celular *in vitro*, que simula o processo *in vivo*, como mostra a Figura 2B.

Referencia: DIAS, Luis et al. Synthesis of the macrolactone of migrastatin and analogues with potent cell-migration inhibitory activity. *European Journal of Organic Chemistr*, v.35, p.6748–6759, 2010.

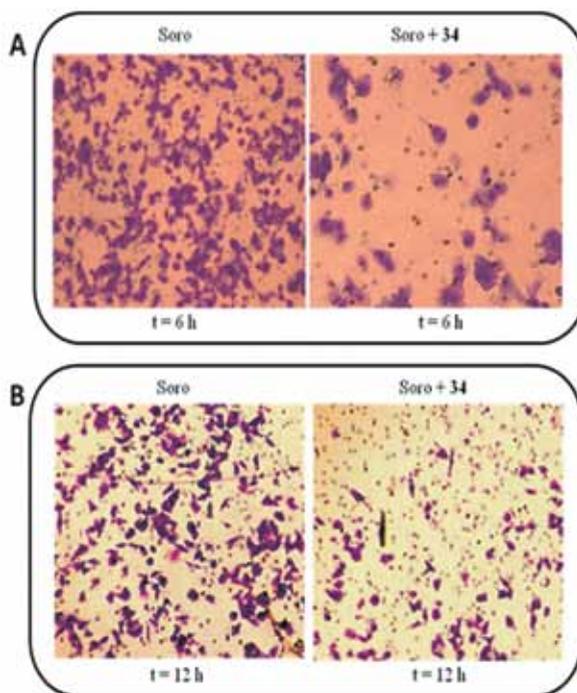


Figura 2. Efeito das macrolactonas sobre o ensaio de migração celular (A) e de invasão celular (B), utilizando linhagem celular MDA-MB-231, de carcinoma de mama humana.

Docente do IFSC pesquisa desenvolvimento de novo medicamento para cura da malária

01 de Fevereiro de 2011

A malária faz dois milhões de vítimas no mundo por ano. É causada por parasitas do gênero *Plasmodium*, que necessitam de um organismo para sobreviver e nele penetram através da picada de mosquitos do gênero *Anopheles*, popularmente conhecidos como muriçoca, sovela, mosquito-prego ou bicuda. A transmissão da doença ocorre quando o mosquito pica um indivíduo contaminado - pessoa ou animal - e assim ingere o parasita. Posteriormente, esse mosquito pica outra pessoa e dessa forma transmitirá a doença. A maior incidência da doença se dá na África e na Amazônia, principalmente porque a vegetação nesses locais é o *habitat* natural dos mosquitos transmissores.

No IFSC, o pesquisador Rafael Victório Carvalho Guido busca criar um fármaco que possa curar a doença: *Sendo o Anopheles um dos elementos do ciclo, são utilizadas formas de erradicação do inseto para controlar a transmissão da doença. Essa é uma das estratégias para se diminuir a incidência da malária*, explica Guido: *Muitas vezes, as pessoas contaminadas não têm consciência de que podem ser infectadas. Quando começam a sentir mal-estar, febre alta, calafrios, suor excessivo e dor de cabeça, confundem com uma gripe ou resfriado, não imaginando que podem estar contaminadas por uma doença que pode ser mortal. Quando*

os sintomas aparecem mais evidentes, a pessoa acaba morrendo, conta Rafael: *O subdesenvolvimento é um obstáculo para a cura da doença, pois sem dinheiro não é possível comprar medicamentos. E as crianças são as maiores vítimas*. Por esse principal motivo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e outras organizações não-governamentais passaram a investir em pesquisas para desenvolver novos medicamentos para curar a doença.

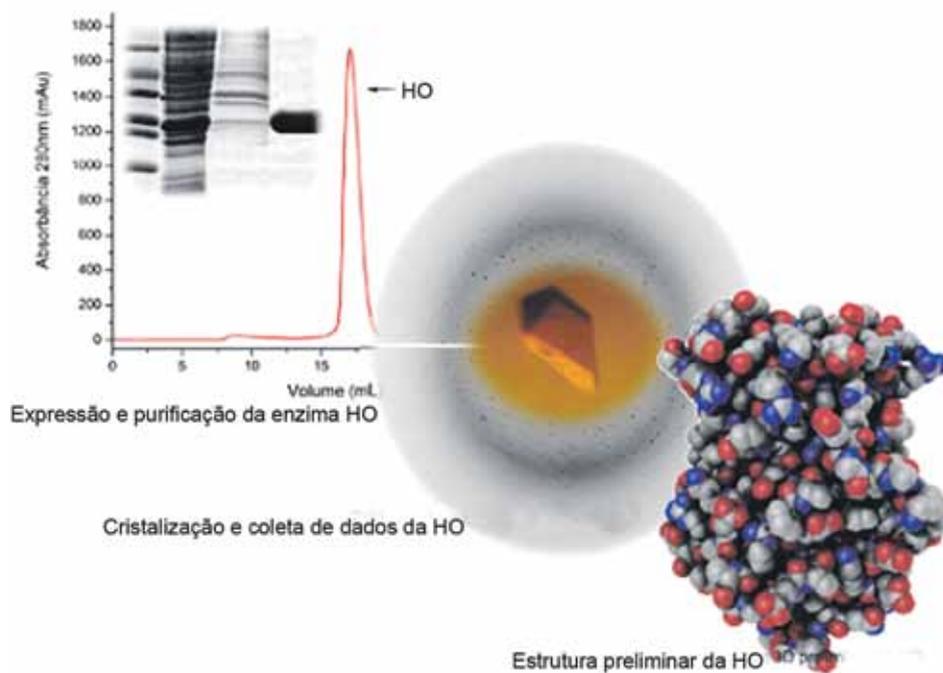
De acordo com o docente, já há medicamentos para a cura, mas alguns parasitas podem se tornar resistentes a esses medicamentos: *A população humana demorou aproximadamente cinquenta anos para dobrar. Éramos 2,5 bilhões em 1950 e 6 bilhões em 2000. Já o parasita faz a mesma coisa em questão de dias, o que possibilita sua mais rápida adaptação ao meio, dificultando o controle da doença. Essa é a maneira que esses parasitas encontraram para sobreviver*. Nos últimos anos, mais de 50% dos fármacos liberados para tratamento de doenças parasitárias são medicamentos para a malária: *O impacto causado pela malária é que justifica esse fato*, diz Guido: *Há um intervalo grande no lançamento de novos fármacos. O processo, por si só, já consome um tempo significativo, de quinze a vinte anos, desde a descoberta do princípio ativo até a comercialização do medicamento. No caso de doenças*

parasitárias, como a malária, esse processo é agravado, pois além de ser eficiente, o novo medicamento deve ser necessariamente de baixo custo, pois os que precisam do tratamento são normalmente pessoas carentes.

Uma das estratégias para desenvolver fármacos é saber como e onde eles atuam: Procuramos alvos no parasita, proteínas específicas que são essenciais para a sua sobrevivência. Uma vez identificados esses alvos procuramos desenvolver pequenas moléculas que se ligam a ele alterando sua função natural. Estamos tentando identificar esses alvos e desenvolver essas pequenas moléculas para que se liguem com alta eficiência nos alvos do parasita, para que ele não sobreviva no nosso organismo, explica Guido.

A pesquisa do professor é uma parceria com diversos pesquisadores da Universidade de São Paulo, inserida no Instituto Nacional de Biotecnologia e Química Medicinal em Doenças Infecciosas (INBEQ-MeDI). Consiste em controlar a produção da molécula Heme, que é tóxica ao parasita quando em altas concentrações.

O parasita causador da malária necessita de aminoácidos para sobreviver e esses aminoácidos são encontrados na hemoglobina, molécula do nosso corpo responsável pelo transporte de oxigênio. No entanto, para conseguir os aminoácidos, o parasita precisa primeiro digerir a hemoglobina e quando isso acontece a hemoglobina liberada não só aminoácidos, mas também a



Etapas de pesquisa básica, envolvidas no planejamento de novos fármacos.

molécula Heme. Ao longo de sua evolução, o parasita desenvolveu estratégias biológicas para reduzir a quantidade de Heme produzida, sendo que uma delas é através da proteína Heme oxigenase (HO), muito importante para sua sobrevivência. Na pesquisa, pretende-se inibir essa via que reduz a quantidade de Heme. A inibição da HO manteria elevada a concentração de Heme em níveis suficientemente tóxicos para eliminar o parasita.

A pesquisa de Guido pode ser considerada como básica: *É preciso, primeiramente, conhecer o 'inimigo' e descobrir seus pontos fracos para, posteriormente, atacá-lo*, explica. Para tanto, isola-se o gene que codifica a HO do *Plasmodium* para posteriormente colocá-lo em bactérias que possam produzir

grandes quantidades da HO, passíveis de serem estudadas. Ao final, a proteína é extraída da bactéria e isolada, para tê-la com alta pureza: *Conhecendo-se a estrutura 3D do alvo poderemos planejar pequenas moléculas que se encaixem no sítio ativo da HO e assim inibir a sua função bioquímica*, esclarece Guido.

O docente tem boas expectativas: *Em 2010, avançamos bastante e conseguimos uma produção significativa de proteína: então já temos substância para trabalhar e desenvolver os estudos estruturais e de química medicinal. Embora estejamos distantes do objetivo final, que é desenvolver um fármaco para o tratamento da malária, os avanços que tivemos são bastante animadores*, conclui.

Docente do IFSC estuda solução contra infecção hospitalar

13 de Maio de 2011

Professora apresenta um panorama de suas pesquisas e do novo laboratório no IFSC dedicado ao estudo de proteínas de bactérias multirresistentes. Esse tópico é crucial para combater a infecção hospitalar, que infelizmente atinge altos índices e pode afetar pacientes, profissionais da saúde e mesmo visitantes em hospitais.

Os estudos coordenados pela Profa. Ilana L. B. C. Camargo, do IFSC, envolvem proteínas relevantes na resistência de bactérias: *Recolhemos amostras de hospitais com interesse em participar de nossa pesquisa. Os profissionais do laboratório clínico isolam as bactérias dos pacientes infectados, identificam e fazem o antibiograma - teste de sensibilidade - do micro-organismo. Ao perceber que pacientes estão contaminados pela mesma espécie de bactéria, com o mesmo padrão de resistência, isso já é sugestivo de que possa haver uma disseminação da bactéria no hospital. O primeiro indício de um surto hospitalar é justamente isso: vários pacientes infectados pela mesma bactéria*, explica Ilana.

Existem bactérias comuns em nosso organismo que podem nos colonizar, ou seja, elas podem viver no nosso corpo sem causar maiores problemas. O *Staphylococcus aureus*, por exemplo, é uma bactéria que pode colonizar a cavidade nasal de

uma pessoa e não causar infecção. Já se um paciente debilitado, portanto mais vulnerável, entrar em contato com esta bactéria, poderão ocorrer infecções. Se o paciente passou por uma cirurgia e tem alguma ferida, essa pode ser a porta de entrada para o micro-organismo iniciar uma infecção naquele local e, posteriormente, se disseminar pelo sangue e coração do paciente, esclarece a pesquisadora. O grande problema é a presença de bactérias multirresistentes no ambiente hospitalar, por falta de alternativas de tratamento: *Nas UTIs, o simples fato de um profissional não lavar as mãos adequadamente, depois de atender um paciente infectado, pode causar a infecção do próximo*. Esse é o momento em que deve se iniciar a chamada *vigilância epidemiológica*, sendo que o ideal seria separar os indivíduos colonizados por bactérias daqueles não colonizados, evitando a disseminação nos hospitais.

Desde seu mestrado, Ilana estuda microbiologia molecular de bactérias multirresistentes: *Nos hospitais é possível identificar se bactérias são da mesma espécie, mas elas podem ser de diferentes linhagens, o que só pode ser descoberto através do perfil genético dessas bactérias. Isso abre as seguintes possibilidades: ou uma linhagem está se disseminando no hospital ou cada*

paciente que entra nesse hospital pode estar trazendo uma linhagem diferente, mesmo que, aparentemente, pareça a mesma, por ser da mesma espécie, conta Ilana: A disseminação de uma ou mais linhagens multirresistentes no ambiente hospitalar pode ser responsável pelos surtos de infecções hospitalares, tão noticiados na mídia. Em geral, este tipo de pesquisa só é realizado em laboratórios de referência, com profissionais e equipamentos especializados.

Outro agravante é a alta mobilidade de indivíduos pelo mundo. Um exemplo é o de indivíduos que viajam de um país para outro após um período de convalescência, pois podem trazer bactérias multirresistentes adquiridas durante a internação: *Durante meu mestrado, um paciente que tinha feito tratamento de uma doença nos Estados Unidos veio infectado por uma bactéria daquele país. Existem perfis bacterianos que já são de nosso conhecimento; no entanto, a linhagem encontrada naquele paciente era totalmente diferente das linhagens estudadas nos hospitais brasileiros daquela época, esclarece Ilana. Outro grave problema brasileiro é a automedicação: Ainda é fácil conseguir antibióticos sem receita médica e ao ingerir o medicamento incorreto as pessoas podem ajudar a selecionar bactérias resistentes, problema que seria menor se só ingerissem remédios receitados pelos médicos, afirma a docente.*

No início de 2011, a FAPESP concedeu financiamento para a implantação do Laboratório de Epidemiologia e Microbiologia Molecular (LEMiMo), no Grupo de Cristalografia instalado provisoriamente nas de-

pendências do campus I do IFSC: *Com esse financiamento, estamos comprando diversos equipamentos. Essa é uma grande oportunidade, pois nosso grupo terá um laboratório de nível II de biossegurança, o que permitirá a expansão dos estudos, conta Ilana.*

No LEMiMo, o grupo coordenado pela docente estuda o *Staphylococcus aureus*, resistente à meticilina (MRSA) e o *Enterococcus* resistente à vancomicina (VRE). *A parte de epidemiologia visa a descrever a linhagem das bactérias encontradas nos hospitais e pesquisar seu perfil de resistência aos medicamentos. Outra linha de pesquisa no Grupo de Cristalografia consiste em elucidar os mecanismos de resistência e virulência de bactérias, a partir da determinação de estruturas de proteínas relevantes para a resistência aos medicamentos: A partir da descrição da estrutura destas proteínas, verificaremos de que forma se pode intervir, o que abre espaço para desenvolvimento de novas alternativas de tratamento, explica Ilana. Pretende-se também identificar o papel biológico de algumas proteínas nas bactérias.*

A pesquisadora se integrou ao Instituto Nacional de Biotecnologia Estrutural e Química Medicinal em Doenças Infecciosas (INBEQMeDI), que congrega pesquisadores de várias universidades brasileiras: *A aliança do LEMiMo com o Grupo de Cristalografia do IFSC permite interação entre a microbiologia molecular de patógenos - agentes que podem causar doenças bacterianas e as técnicas da física, que nos auxiliam a resolver os problemas levantados. Esta aliança não poderia ser melhor.*

Diversas proteínas vêm sendo estudadas por Ilana e colaboradores, com destaque para GraR, uma proteína de *Staphylococcus aureus*: *Queremos ver até que ponto esta proteína está envolvida na resistência da bactéria*, conta. Em âmbito nacional, além dos colaboradores do Grupo de Cristalografia, Ilana tem colaboração com a docente Ana Lúcia da Costa Darini, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP), enquanto outra parceria vem de Belo Horizonte (MG), com amostras enviadas pelo Laboratório Geraldo Lustosa: *Já entramos em contato com hospitais da nossa região para o envio de amostras, mas isso ainda está em andamento*, conta Ilana.

Em âmbito internacional, a docente conta com a colaboração de Jean-Cristophe

Giard, da Université de Caen e Pascale Serrot, do INRA, Jouyen Josas, ambos da França, além de Nathan Shankar, da *University of Oklahoma Health Sciences Center (UO-HSC)*, de Oklahoma, e Michael S. Gilmore, da *Harvard Medical School*, de Boston, ambos dos Estados Unidos: *Estas colaborações visam ao estudo de diversas proteínas envolvidas nos mecanismos de virulência em Enterococcus faecalis, bem como a troca de informações pertinentes à pesquisa*.

Sobre projeções futuras, Ilana adianta que: *Quando mudarmos para o campus II, que será o novo local do LEMiMo, poderemos ampliar a parte de epidemiologia molecular e a diversidade das bactérias estudadas será maior. Queremos fazer do LEMiMo um laboratório de referência no Estado de São Paulo*, finaliza a docente.

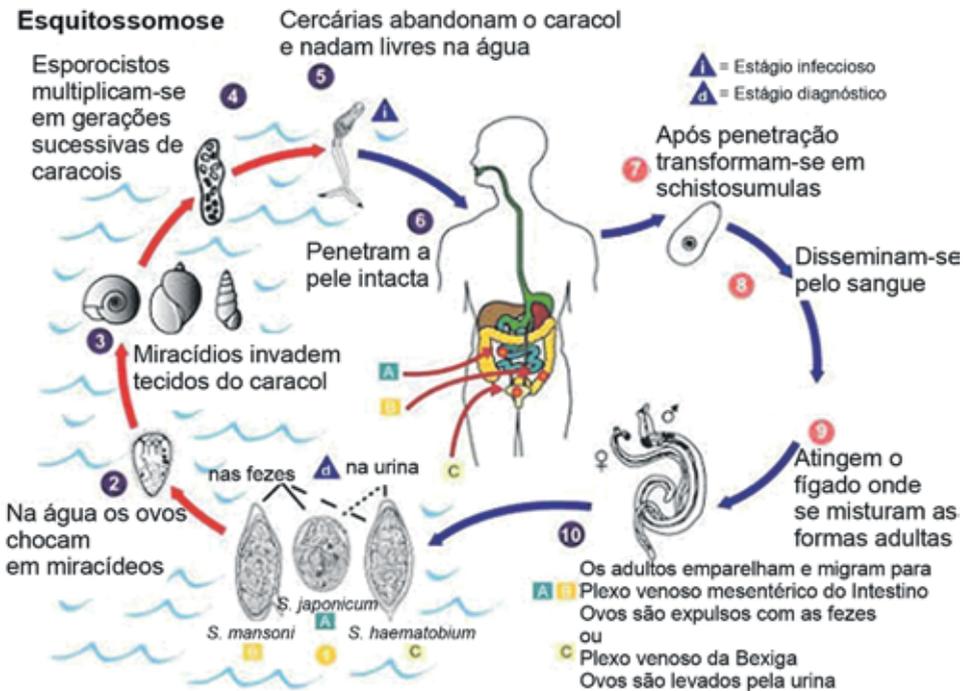
A Física e as doenças negligenciadas: o exemplo da esquistossomose

11 de Novembro de 2011

As doenças negligenciadas são doenças tropicais, endêmicas – concentradas em um determinado espaço – que se manifestam especialmente entre as populações mais pobres da África, Ásia e América Latina. As mais conhecidas são a leishmaniose, a doença de Chagas, hanseníase, raiva, esquistossomose, dengue e a doença do sono. Apesar de algumas das doenças negligenciadas serem consideradas prioritárias para a Organização Mundial da Saúde (OMS),

há aproximadamente um milhão de vítimas fatais por ano. Isso ocorre porque as medidas preventivas e o tratamento para algumas dessas doenças não estão disponíveis nas áreas mais pobres do mundo.

Dentre estas doenças, destaca-se a esquistossomose por ser a forma de parasitose mais grave, matando milhares de pessoas por ano. Diferentemente dos parasitas causadores da maioria das doenças negligenciadas, como a doença de Chagas, a raiva ou



a leishmaniose, que são causadas por vírus ou por organismos unicelulares, o *Schistosoma mansoni* é um parasita multicelular visível a olho nu, que circula na corrente sanguínea. Por essa razão, o *Schistosoma* está constantemente exposto à ação do sistema imunológico de seu hospedeiro, mas ainda assim resiste. A esquistossomose pode ser infecção crônica, existindo relatos de pessoas que padeceram desta enfermidade durante décadas.

Há um medicamento para o tratamento da esquistossomose, considerado bastante eficaz e barato, custando apenas US\$ 0,20 por pessoa por ano. Então, por que a doença não é erradicada? O problema fundamental é que a droga apenas elimina a forma adulta do parasita, mas o meio ambiente ainda continua contaminado, principalmente as águas. Sem modificar este ambiente, o ser humano voltará a ser infectado.

Além disso, como existe apenas um medicamento, é grande a possibilidade de que o organismo causador adquira imunidade contra esse medicamento, principalmente se empregado constantemente. Um



Reação inicial à penetração de várias larvas na pele do braço.

dos grandes desafios é desenvolver um tratamento e sobretudo uma prevenção contra a doença. Isso tem inspirado projetos específicos para doenças negligenciadas, como é o caso de pesquisas no IFSC relativas à doença de Chagas, leishmaniose e esquistossomose.

O docente Ricardo de Marco, do grupo de *Biofísica Molecular Sérgio Mascarenhas*, dedica-se aos estudos do genoma e do transcriptoma do parasita, além de proteínas importantes na sua relação com o hospedeiro.

Dois facetas da pesquisa

Na primeira linha de pesquisa, De Marco desenvolve um estudo bioinformático do genoma e do scriptoma deste parasita. Um dos principais objetivos é entender a organização do genoma do parasita para identificar elementos de transição, elementos autônomos que vão criando várias cópias de si dentro do genoma: *É quase como se fosse um parasita dentro do genoma*, compara o pesquisador.

Segundo De Marco, quando a ciência descobriu estes elementos no genoma, os pesquisadores acreditaram tratar-se de um parasita dentro do genoma. Entretanto, ao comparar com outros organismos, perceberam que todos os eucariontes têm estes elementos e que eles têm um caráter parasitário, mas ao mesmo tempo existe a hipótese de que eles gerem uma dinâmica dentro do genoma.

No caso específico do *Schistosoma*, analisando a evolução de seu genoma, De Marco observou que a atividade destes elementos é grande em termos de transcrição.

Daí decorre a hipótese de que seu funcionamento oferece certa flexibilidade evolucionária ao parasita, até porque sobrevive em ambiente com alta pressão evolutiva, exposto ao sistema imune do ser humano: *Para o Schistosoma, é necessário ter um genoma que se modifique com o passar do tempo*, explicou o pesquisador. E completa: *Isto é negativo, por um lado, já que é maior a probabilidade de ter indivíduos morrendo por causa de defeitos nos genomas, enquanto do outro lado tem-se a facilidade para se adaptar a desafios do ambiente em que vive, o que significa uma vantagem em termos de população do parasita.*

Do ponto de vista da ciência aplicada, a heterogeneidade descoberta pode vir a prejudicar a tentativa de erradicação do parasita e conseqüentemente da doença, já que a população dos parasitas terá indivíduos diferenciados em seu genoma: *Mesmo havendo um tratamento mais eficaz, existe alguma probabilidade de que uma parcela da população sobreviva aos efeitos do medicamento, devido às características diferenciadas, e posteriormente se reproduza novamente*, explica De Marco.

Uma segunda etapa da pesquisa com *Schistosoma mansoni* é a análise informática de transcritos de genoma. Em uma colaboração com o Instituto de Química da USP, em São Paulo, sequenciou-se o RNA – o ácido ribonucleico, uma molécula em cadeia simples com estrutura semelhante ao DNA – utilizando sequenciadores de última geração que oferecem uma quantidade enorme de

dados. No nível molecular, para entender o organismo do parasita, deve-se primeiro caracterizar os genes. Nisso, já houve grandes avanços com relevantes projetos, contando com importante participação brasileira: hoje, os transcritos do parasita são descritos muito mais facilmente. No entanto, ainda existe uma lacuna que o esforço de sequenciamento do grupo de De Marco tenta suprir.

Pesquisam-se, também, proteínas envolvidas na relação entre parasita e hospedeiro. Ricardo de Marco, com a colaboração de grupos do IQ-USP e da *University of York* (Inglaterra), descreveu um grupo de genes que possuem exons (regiões codificantes do RNA mensageiro, que compõem o gene com os introns, as regiões não codificantes do RNA) muito pequenos, denominados micro-exons. Este sistema genético complexo não havia sido descrito em nenhum organismo e permite a produção de proteínas secretadas pelo parasita que possuem alto grau de variação. O *Schistosoma* é o único organismo que teve esta classe de genes descrita. O interessante deste sistema é que o parasita pode retirar qualquer um dos exons ali presentes, formando uma nova proteína sem afetar o resto da proteína, que permanece idêntica: *Isso é um mecanismo de variação proteica*, explica De Marco: *Outros parasitas, como o tripanosoma, também possuem mecanismos de variação antigênica, mas utilizando mecanismos completamente diferentes – mecanismos clonais, com várias cópias do mesmo gene, mas nada igual ao schistosoma*, completa.

A hipótese a partir destas constatações é de que esse mecanismo de variação de proteínas esteja relacionado com mecanismos de variação antigênica, uma forma de fugir do sistema imunológico do hospedeiro. É uma hipótese viável, pois uma das formas do sistema imunológico combater os ataques ao corpo humano é mobilizar anticorpos, e esses anticorpos são produzidos através do reconhecimento de algumas partes de proteínas. Se a proteína está sempre variando, o sistema imunológico não sabe quais anticorpos produzir e o parasita vai dominando o corpo.

O pesquisador explica: *Queremos saber como é a estrutura destas proteínas; tentamos reproduzi-las, investigar se interagem com proteínas humanas e assim desvendar seu papel na relação parasita/hospedeiro.*

E a Física?

A Física está presente nestas pesquisas com uma série de princípios que regem o funcionamento dos equipamentos para sequenciar os genes. Por exemplo, em alguns estudos é necessário emitir algum tipo de radiação para interagir com a proteína, ou verificar como fica carregada, ou como faz um percurso ao passar por um campo magnético, para medir

certas propriedades: *A Física é uma ferramenta importante até para mim, que não sou físico de formação, para perceber dados específicos em sistemas biológicos,* explica De Marco.

Pesquisa básica

O Professor De Marco ressalta a importância de realizar pesquisa básica, mesmo numa área em que há claros objetivos aplicados, como é o caso de tentativas para encontrar curas para doenças tropicais. A pesquisa com o parasita causador da esquistossomose não visa a desenvolver uma droga ou tratamento: *Ninguém cria um medicamento contra um organismo sem entender esse organismo,* afirma o pesquisador. Entender a atuação de um parasita pode ampliar o conhecimento do ser humano sobre seu próprio sistema imunológico, já que o *Schistosoma* domina e controla facilmente as investidas do corpo do hospedeiro contra si: *Se algum dia a medicina conseguir controlar o sistema imunológico do ser humano da mesma maneira que este organismo o faz, poderíamos resolver problemas como a rejeição de órgãos transplantados ou de qualquer tipo de implantes, só para citar alguns exemplos,* comenta De Marco.

A ciência que faz bem ao corpo

09 de Dezembro de 2011

Os maiores avanços para a melhora na saúde da mente e do corpo foram conseguidos graças às pesquisas em ciências básicas, como a física. Tecnologias de diagnóstico, terapias e desenvolvimento de novos fármacos dependem de conhecimento gerado em pesquisas básicas. O docente do IFSC, Rafael V. C. Guido, especialista em fármacos, exemplifica: *Os Raios X foram considerados uma das sete maiores descobertas científicas da história. Foram utilizados, inclusive, para que dois cientistas - um físico e outro biólogo - pudessem descobrir a estrutura do DNA, através da técnica de difração de Raios X que utilizamos aqui no IFSC.*

Outro destaque vai para a ressonância magnética: *Com técnicas de ressonância magnética pudemos diagnosticar precocemente doenças e fazer tratamentos adequados*, explica Guido. As terapias fotodinâmicas desenvolvidas no Grupo de Óptica do IFSC já beneficiam vítimas de câncer de pele, gengiva e boca: *O principal instrumento para a realização desse tipo de terapia é o laser. Tais pesquisas são pioneiras, inclusive no que se refere a novas formas de tratamento*, conta Guido.

O trabalho com proteínas para o planejamento de novos fármacos também tem a física como um de seus principais suportes. A técnica de fluorescência para visualizar proteínas é um exemplo: *Através*

da emissão de radiações em comprimentos de onda diferentes, é possível 'enxergar', porque há um detector para aquele comprimento de onda específico, explica Guido. Ainda para a produção de fármacos, as propriedades de pequenas moléculas e sua interação com proteínas podem ser esclarecidas com radiação de Raios X, inclusive identificando potenciais candidatos a fármacos: *A combinação dos métodos de biologia e física permite a descoberta da estrutura tridimensional e da função biológica da proteína em estudo. Com base nesse conhecimento, podemos planejar candidatos a fármacos que se encaixem nessas proteínas e alterem sua função. Dessa forma, minimizamos os sintomas ou curamos a doença*, explica o docente: *Para isso tudo, precisamos da cristalografia de proteínas.*

Rafael assumiu uma nova linha de pesquisa para otimizar a produção de alimentos. Pelas mesmas técnicas de cristalografia, ele pretende curar doenças de plantas: *Precisamos produzir cada vez mais alimentos, tanto para a população quanto para produção de energia. Há doenças que afetam a cana-de-açúcar, por exemplo, e as ferramentas que utilizo para desenvolver novos fármacos são as mesmas para curar as 'doenças' da cana, tornando possível o aumento de sua produção*, conta o pesquisador.

De acordo com o docente, o mercado de biotecnologia precisará de profissionais multidisciplinares. *Até há pouco tempo não existia tratamento para algumas doenças, principalmente as doenças autoimunes, como artrite reumatoide, doença*

de Crohn (doença inflamatória intestinal) e psoríase (doença inflamatória da pele) e o que existe hoje foi conseguido graças aos esforços e pesquisas realizadas por equipes multidisciplinares em empresas e universidades, afirma Guido.



Diabetes - Pesquisadores do IFSC formam Rede para combater epidemia mundial

16 de março 2012



De acordo com a Federação Internacional de Diabetes, a cada oito segundos a diabetes mata uma pessoa no mundo. No Brasil, a situação não é menos grave. A Sociedade Brasileira de Diabetes chegou ao número de sete milhões de brasileiros com a doença no ano passado, sendo que 90% sofrem de diabetes tipo 2, causada principalmente por obesidade e sedentarismo. A diabetes é considerada como epidemia mundial pela OMS, o que motiva a busca por prevenção e cura da doença.

O Ministério da Saúde brasileiro, através do CNPq, lançou no início de 2010 uma chamada para grupos de pesquisa interessados em estudar diagnóstico, prevenção ou tratamento da diabetes. Uma das propostas vencedoras foi apresentada por pesquisadores do Laboratório de Nanomedicina e Nanotoxicologia do grupo de Biofísica do IFSC. Na chamada *Rede de Diabetes*,

o objetivo é estimar a quantidade de adiponectina produzida no organismo.

De acordo com Valtencir Zucolotto, docente do IFSC e coordenador da *Rede de Diabetes*, estudos anteriores já indicavam a relação entre variação dos níveis de adiponectinas e a incidência de resistência à insulina, ou de diabetes tipo 2: *Antes de contrair a diabetes tipo 2, o paciente pode já ter apresentado níveis de adiponectina alterados*, conta Zucolotto. Essa observação levou os pesquisadores a propor a determinação de adiponectina para detecção precoce da doença.

ADIPONECTINA É UM HORMÔNIO PROTEICO, RESPONSÁVEL POR VÁRIOS PROCESSOS METABÓLICOS DO CORPO, ENTRE ELES A REGULAÇÃO DA GLICEMIA. ELA É SECRETADA NA CORRENTE SANGUÍNEA E AFETA A SENSIBILIDADE À INSULINA (TAMBÉM UM HORMÔNIO, RESPONSÁVEL PELA REDUÇÃO DA TAXA DE GLICOSE NO SANGUE).

Na *Rede* coordenada por Zucolotto serão desenvolvidos sistemas integrados de diagnóstico para monitorar a quantidade de adiponectina produzida no organismo: *O objetivo dessa 'Rede' é produzir pela primeira vez um dispositivo que monitore a*

adiponectina e relacionar essa quantidade com a obesidade e aparecimento de resistência à insulina e diabetes tipo 2, explica o docente.

Na pesquisa, serão coletadas amostras de grupos de pacientes obesos, hipertensos e normais, medindo-se a quantidade de adiponectina. O passo seguinte é verificar a viabilidade do uso dos chips para monitorar o hormônio em questão: *No momento dos testes, verificando-se a variação dos níveis de adiponectina, será possível fazer associações dessa quantidade com a incidência de diabetes tipo 2. Um paciente com níveis baixos do hormônio pode ter tendência em desenvolver a diabetes tipo 2, no futuro. Aí entra a prevenção, explica.*

Zucolotto conta que essa é a primeira vez que um aparelho é desenvolvido para fazer tal medição. Os testes, que se iniciam até o meio do ano, serão feitos diretamente em humanos. A parceria é feita com pesquisadores da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP-USP), que coletarão as amostras de pacientes, enviando-as posteriormente ao IFSC para análise.

A Rede de Diabetes deve vigorar por três anos e acaba de ser aprovada pelo CNPq. *Para fazer a chamada de pacientes, coletar amostras e analisá-las, esse é o tempo mínimo que uma 'Rede' deve ter para trazer resultados mais concretos, conta Zucolotto.*

Leishmaniose - Nova vacina mais eficiente e indolor dá primeiros passos

27 de Abril de 2012

A descoberta de tratamentos para a Leishmaniose, doença crônica causada por protozoários, que atinge mais de 2 milhões de pessoas anualmente em todo o mundo, exige grande esforço de pesquisadores. No Grupo de Cristalografia (GC) do IFSC emprega-se hoje a chamada *metagenômica*, com o intuito de produzir um fármaco mais eficiente e com menos efeitos colaterais às vítimas da doença:



Muitos pesquisadores utilizam derivados de plantas e animais na busca de novos princípios ativos para desenvolver fármacos contra a doença. Mas os medicamentos usados exigem um tratamento muito longo, são injetados no músculo ou na veia dos pacientes, dependendo do medicamento, e são muito doloridos, além de apresentarem forte efeito colateral, explica Izaltina Silva Jardim, pós-doutoranda do GC. Outro problema é que alguns casos são recidivos, ou seja, o paciente fica curado por um tempo, mas a doença volta.

Com a metagenômica, tenta-se obter substâncias produzidas por bactérias do ambiente, não cultiváveis em laboratório. É análogo ao que ocorreu na descoberta da penicilina, em que a substância de um fungo tornou-se um princípio ativo que revolucionou a medicina.

A busca por tais substâncias começa com a coleta de amostras de solo, que contém inúmeros tipos de micro-organismos que não podem ser cultivados em laboratório. O DNA dos micro-organismos - que podem ser bactérias, fungos, etc. - é extraído e fragmentado para então ser ligado a um vetor (cosmídeo), formando um plasmídeo recombinante. Esse recombinante é colocado em outra bactéria (*E. Coli*) que pode ser cultivada em laboratório. Repetindo-se esse procedimento com diversos micro-organismos da amostra recolhida, constrói-se uma *Biblioteca Metagenômica*: *Uma das bibliotecas que eu testei contém trezentos mil fragmentos de DNA diferentes, e outra, que começaremos a testar agora, tem quinhentos mil fragmentos de DNA dos micro-organismos encontrados em uma amostra, conta Izaltina.*

Após receber o plasmídeo recombinante, uma cultura de *E. Coli* é formada numa placa de Petri, na qual são colocados os parasitas causadores da leishmaniose,

gerando uma co-cultura de bactérias e parasitas. Os pesquisadores observam os locais onde a bactéria tiver produzido uma substância que mata a leishmania, pois esses locais conterão um candidato à produção de fármaco: *Ao redor da bactéria que matou a leishmania podemos observar uma região mais translúcida*, explica Izaltina.

A difícil busca por candidatos a fármaco

Um ano é o tempo médio para formar a *Biblioteca Metagenômica*, mas a colaboração entre pesquisadores pode acelerar o processo. Na biblioteca de trezentos mil clones (fragmentos de DNA) analisada por Izaltina e construída pela docente Mônica Tallarico Pupo, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP/USP), trinta e cinco clones foram capazes de matar a leishmania. No entanto, devido a algumas interferências (como a bactéria ter crescido sob estresse), pode ser que ocorram equívocos em relação a sua eficiência em matar o parasita.

Em outro trabalho de colaboração com pesquisadores da UFPR, em Curitiba, Izaltina teve acesso à Biblioteca metagenômica cedida pelo Dr. Emanuel Maltempi de Souza, onde encontrou cento e noventa e dois clones de amostras de micro-organismos de solo da Mata Atlântica e outras regiões, já isolados, mas dessa vez em meio líquido: *Mudamos nossa técnica. Em vez de formar a cultura de bactérias e esperá-las crescer para incluir a leishmania, fizemos diferente. Deixamos crescerem os*

clones em meio líquido. Durante seu crescimento, a bactéria produz substâncias e as joga no meio. Esperamos cinco dias e depois separamos o líquido das bactérias e o colocamos na cultura de leishmania.

O resultado foi muito mais animador. Dos cento e noventa e dois clones, treze deram ótima atividade, ou seja, depois de testado e re-testado, cerca de 50% das *leishmanias* foram mortas pelas substâncias produzidas pelas bactérias e misturadas ao líquido.

O próximo passo é isolar todas as substâncias encontradas no líquido para descobrir a responsável pela morte da *leishmania*: *Quando isolamos essas substâncias, temos que isolar suas estruturas químicas e aí poderemos saber de 'quem' se trata*, afirma Izaltina.

O DNA dos treze clones positivos também será sequenciado: *Nesse sequenciamento, podemos por vezes identificar de qual tipo de bactéria veio a substância, para chegarmos a um produto único que poderá ser usado como remédio.*



À esquerda, clone positivo (halo de inibição bem visível ao redor da colônia) e à direita, clones negativos.

A produção de um fármaco pode demorar alguns anos: *A substância candidata a fármaco deve matar a leishmania, sem afetar as células humanas*, explica Izaltina. Portanto, ainda *in vitro* são feitos testes com células saudáveis e infectadas de camundongos, depois com células humanas saudáveis e infectadas. Considerando que todas as etapas tenham sido bem-sucedidas e contando com aprovação de comitês de ética e agências de vigilância sanitária, iniciam-se os testes com humanos: *Começando por pacientes saudáveis e tendo observado que*

não houve efeitos colaterais nem reações negativas, passa-se aos pacientes infectados: primeiro, grupos pequenos, depois, grupos maiores. Tudo isso leva, em média, dez anos, conta.

Se parece desanimador esperar tanto tempo pela fabricação de um fármaco para cura mais rápida, indolor e *confortável* da leishmaniose, convém recordar que a penicilina só passou a ser fabricada doze anos após a descoberta do fungo que a produziu: *Até o final deste ano, nosso plano é chegar até, pelo menos, a fase dos testes in vitro*, conclui Izaltina.

A ameba fatal

11 de Maio de 2012

Essa doença leva entre dez e doze dias para matar uma pessoa, com uma infecção tão grave que não há tempo sequer para fazer um diagnóstico. Trata-se da Meningoencefalite Amebiana Primária (MAP), causada por um ser unicelular que já existe há 1,2 bilhão de anos - a *Naegleria fowleri*. Essa poderosa ameba vive em locais frequentados regularmente, como águas mornas de piscinas não cloradas ou pouco cloradas, rios, lagos, represas e caixas de água. A *Naegleria* entra no organismo através da mucosa nasal, dirigindo-se para o sistema nervoso central e matando o hospedeiro.

Não há dados seguros sobre a doença no Brasil. O número de infectados nos EUA, por exemplo, não chega a oito por ano. Mesmo fazendo um pequeno número de vítimas, a incidência de MAP tem aumentado em virtude do aquecimento global. Com sete vítimas da MAP nos EUA, antes mesmo do término do primeiro semestre de 2012, o assunto ganhou notoriedade, assim como tem crescido o número de pesquisadores interessados em estudá-la.

No Grupo de Cristalografia (GC) do IFSC, o pesquisador Marco Túlio Alves da Silva, com o auxílio do docente Otavio Thiemann e dos pesquisadores Fernanda Cristina Costa (IFSC), Daniel Silvestre (Faculdade de Medicina- FM/USP) e Vic-

tor Caldas (IFSC), dedica seu tempo para estudar a ameba. Devido à periculosidade, esses pesquisadores decidiram analisar a sua parente - *Naegleriagruberi* - que não é patogênica, não transmite a doença fatal para humanos.

A *Naegleria*, no ambiente, é uma predadora que se alimenta de bactérias. Já em laboratório, a *Neagleriagruberi* cresce em meio axênico, onde todos os nutrientes são colocados para que a ameba cresça sozinha: *Se colocarmos bactérias nesse meio, ele não será mais axênico, pois ela terá outro organismo para ajudá-la a crescer*, explica Marco Túlio. A vantagem do meio axênico é que não há interferência de outros organismos vivos: *Na ausência de outros organismos, não existirá a interferência do metabolismo de um no metabolismo do outro*, conta Túlio.

O principal objetivo dessa pesquisa é entender como um aminoácido raro, chamado *selenocisteína*, é incorporado em proteínas específicas de *Naegleria*, as selenoproteínas. Há três anos não se conhecia o genoma da *Neagleria*. Consequentemente, não se sabia se havia selenocisteína nesse organismo. Sabia-se que esse aminoácido no organismo pode auxiliá-lo na sobrevivência em circunstâncias específicas: *A Naegleria está submetida a diferentes condições e de vez em quando há alterações muito bruscas no meio onde vive. Isso possibilita*

que ela use selenoproteínas para se defender desse ambiente estressante, elucidada Túlio.

Os pesquisadores do GC isolaram o gene da *Naegleriagruberi*, que sofreu uma provável fusão de dois genes. Como produto observou-se uma proteína com dois domínios (diferentes regiões da proteína), cada um com uma função específica. Um deles estava envolvido na produção de selenocisteína e o outro auxiliaria na retirada do selênio da célula: *Organismos de vida livre podem passar, em algum momento, a viver numa região rica em metal pesado, e o selênio em excesso, mesmo sendo muito importante para o organismo, pode causar danos grandes.*

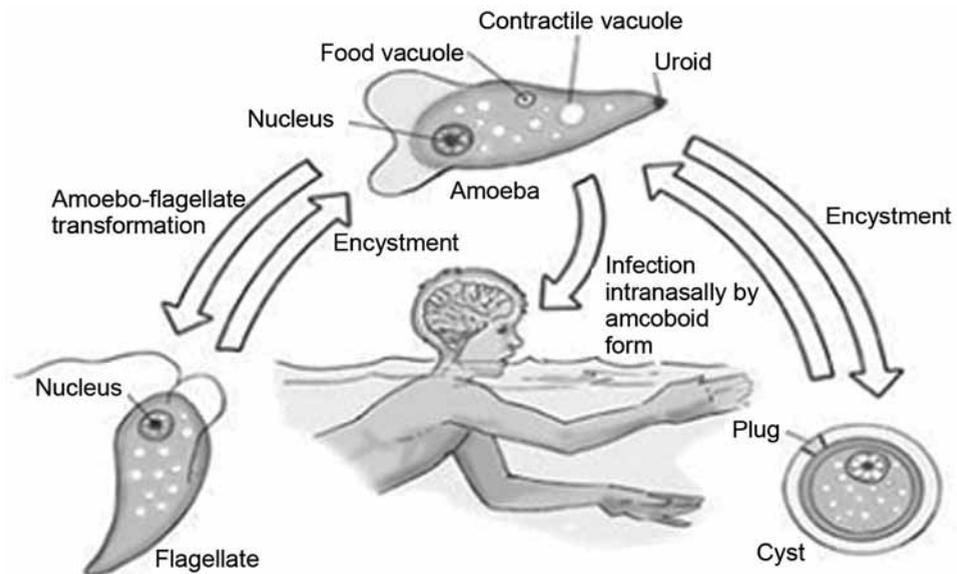
Próximos passos

A pesquisa visa à identificação da estrutura da proteína e de seus domínios,

independentemente. Tais domínios foram separados usando-se técnicas de biologia molecular e estão sendo estudados separadamente. *Agora tentaremos entender a estrutura desses domínios isoladamente e em conjunto*, explica Túlio. Esse tipo de estudo, que possibilita a visualização de regiões diferentes da proteína, permite inferir inibidores à doença: *Embora estejamos em uma etapa preliminar, podemos desenhar inibidores que não interfiram na célula humana.*

Pesquisas anteriores já trazem dados interessantes sobre a *Neagleria*: 60% da poeira doméstica têm cistos de amebas de vida livre, só não se sabe se são da *Neagle-riafowleri*, sua versão mortal.

As infecções causadas por amebas de vida livre - caso da *Naegleria* - não deveriam ocorrer no organismo humano. Por



Ciclo de infecção da Naegleria Fowleri

esse motivo, sua evolução no organismo é extremamente rápida e geralmente acomete o sistema nervoso central. Existe tratamento, mas pela rapidez com que se dissemina não há tempo para cura ou para o diagnóstico: *A maioria dos diagnósticos de Neagleria é feito 'post mortem'*, explica Túlio.

Túlio conta que sente falta de dados no Brasil sobre a doença. A escassez de

informação também atrapalha a pesquisa e aplicação de seus resultados: *Não tenho o número de casos de MAP no Brasil, nas regiões mais expostas; não temos dados de como a atividade industrial pode alterar o número de formas de Neagleria*, afirma o pesquisador. Embora se trate de doença rara, a fatalidade da MAP é motivo suficiente para estudos dedicados.

Bloqueio total à esquistossomose

28 de Setembro de 2012

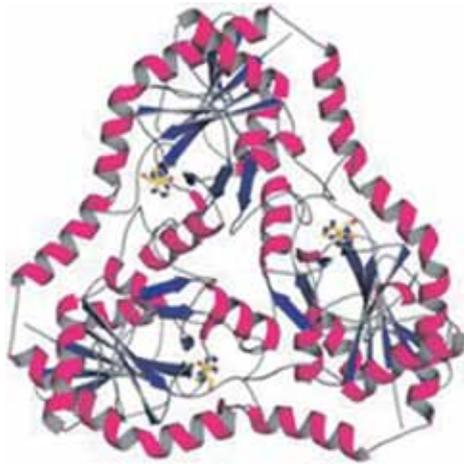
Na década de 1970, o pesquisador Alfred W. Senft e seus colaboradores se dedicavam a investigar o parasita *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose. Essa doença infecta 230 milhões de pessoas por ano, segundo a OMS. Eles descobriram que o *Schistosoma mansoni*, uma das espécies do platelminto causador da doença, era incapaz de produzir purinas, base nitrogenada responsável pela produção de moléculas energéticas e formação do DNA, dependendo assim da chamada *via de salvação de purinas*.



Não conseguir sintetizar purinas, moléculas precursoras na formação do DNA, era uma ótima notícia, exceto para o *Schistosoma*, que produz uma média de trezentos ovos por dia e precisa de muito DNA. Para resolver essa limitação, o parasita encontrou uma maneira simples: alojar-se num hospedeiro capaz de lhe conceder moléculas precursoras para suprir a deficiência de purinas e por sua vez produzir

energia e DNA. Essa descoberta há mais de quarenta anos foi o ponto de partida dos estudos do pesquisador do *Grupo de Cristalografia* (GC) do IFSC, Humberto D’Muniz Pereira. A doutoranda Juliana Roberta Torini de Souza realizou uma triagem de proteínas candidatas a fazer a conversão de adenosina à adenina em *S. mansoni*, uma vez que na via de salvação em humanos não é encontrada uma proteína capaz de realizar tal conversão de forma direta.

Alguns anos de estudo depois, Juliana encontrou duas fortes candidatas: purina-nucleosídeo fosforilase (PNP2) e a metiltioadenosina fosforilase (MTAP): *No início da pesquisa do mestrado não sabíamos se existia uma proteína capaz de converter adenosina em adenina de forma direta na via de salvação de purinas em S. mansoni. Então, começamos a trabalhar com a MTAP, uma proteína da via de síntese de poliaminas*, que em alguns organismos já havia demonstrado capacidade de fazer tal conversão, apesar de ter como substrato natural a metiltioadenosina (MTA).*



Estrutura da enzima MTAP,
determinada durante o mestrado de Juliana

A MTAP é uma proteína comum ao *Schistosoma mansoni* e ao ser humano. Sua afinidade por seu substrato alternativo no *Schistosoma* foi uma das surpresas que Juliana encontrou. Nos chamados *ensaios cinéticos* com a MTAP, em que se verifica o nível de atividade no *Schistosoma mansoni*, ela observou que a afinidade da proteína do parasita por adenosina era cem vezes o valor da proteína no organismo humano. O GC então determinou a estrutura da MTAP e no seu sítio ativo foram encontradas duas mutações cruciais que Juliana acredita serem responsáveis por aumentar a afinidade por adenosina: *Acreditamos que essas duas mutações dão estas características à proteína do Schistosoma*. Para confirmar essa informação, alguns ensaios ainda precisam ser feitos. No momento, Juliana considera quatro estruturas da MTAP: duas determinadas no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (Campinas-SP) e duas no *Diamond Light*

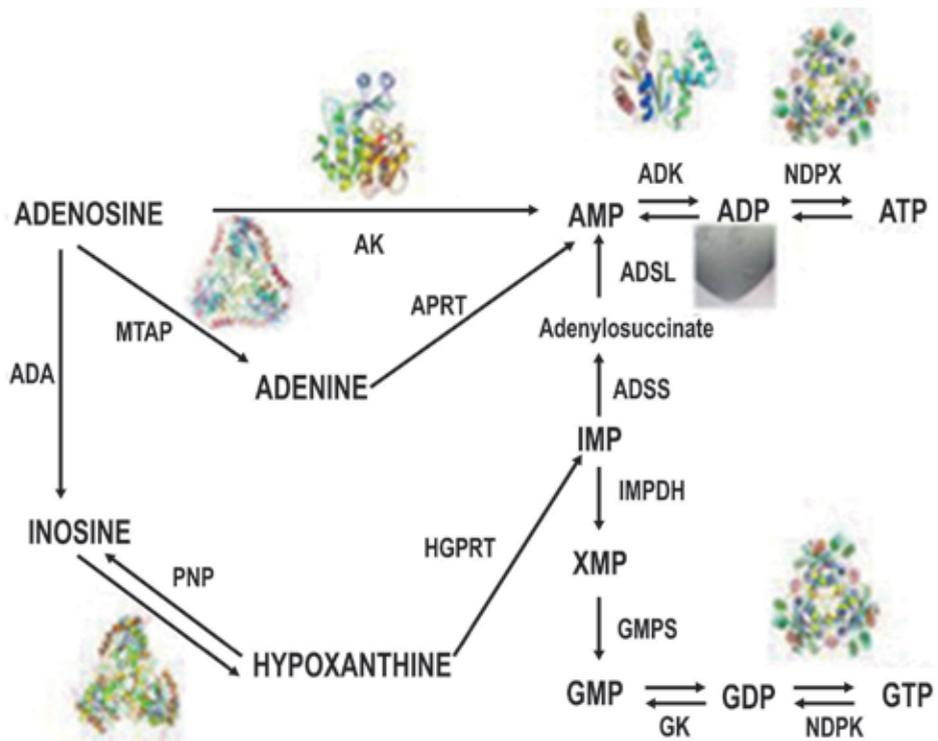
Source, um síncrotron situado em Harwell na Inglaterra.

O trabalho de Juliana insere-se no Projeto *Purinoma*, que visa a determinar a estrutura de diversas proteínas chaves da via de salvação de purinas em *S. mansoni* e entender como cada uma das reações químicas é catalisada: *Se conseguirmos entender a função de todas as proteínas presentes na via de salvação, poderemos elaborar planos para bloqueá-las, impedindo o acesso do Schistosoma mansoni às moléculas precursoras*, explica a pesquisadora. Na via de salvação de purinas, o *Schistosoma* pode usar vários *caminhos* para conseguir ferramentas para sintetizar DNA e moléculas energéticas. Se for desenvolvido um medicamento capaz de bloquear apenas um desses *caminhos*, o parasita poderá utilizar os demais e o bloqueio não será efetivo. Portanto, estudando proteínas e determinando suas estruturas será possível bloquear os possíveis *caminhos* - ou os mais importantes. Assim, poder-se-á bloquear a via como um todo, diminuindo a formação dos ovos e até causar a eliminação do *Schistosoma* do organismo humano.

O objetivo final é criar um medicamento mais eficaz contra o *Schistosoma mansoni*, pelo que as perspectivas de Juliana são boas. Com a colaboração do laboratório britânico *Diamond Light Source*, o GC poderá, em um ano, determinar as estruturas de todas as proteínas da via de salvação: *Depois disso, faremos mais ensaios cinéticos para compreender o mecanismo de funcionamento das proteínas*. A maneira mais efetiva de bloquear o parasita seria o

investimento em saneamento básico, uma vez que o contágio se dá através do contato humano com a forma imatura do adulto (os ovos são eliminados pelas fezes do paciente contaminado). Como a melhora do saneamento parece mais difícil, deposita-se esperança na ciência para acabar com este mal.

*moléculas presentes em plantas, animais e micro-organismos.



Último suspiro da Doença do Sono?

25 de Março de 2013

O *Trypanosoma brucei* é um protozoário flagelado causador da Doença do Sono em humanos e Nagana em animais. Em seres humanos, a enfermidade atinge principalmente a população da África subsaariana, onde mais de sessenta milhões de pessoas vivem em áreas de risco. Estima-se que setenta mil já estejam infectadas pela doença*, que pode ser fatal.

Estudiosos dessa doença identificaram há alguns anos, no *Trypanosoma brucei*, três proteínas que possuem em sua cadeia polipeptídica o 21º aminoácido**, denominado de selenocisteína (Sec ou U) e perceberam a oportunidade de produzir um fármaco para combater a Doença do Sono. Dedicando-se a esse tema, a doutoranda do Grupo de Cristalografia (GC) do IFSC, Jaqueline Pesciutti Evangelista, sob orientação do docente Otavio Henrique Thiemann, iniciou sua pesquisa para identificar o papel da proteína no organismo do protozoário: *Por possuírem esse aminoácido a mais, as selenoproteínas têm vantagens únicas em relação às homologas, que possuem cisteínas***, como a atuação em reações de oxidorredução, uma das principais funções das selenoproteínas*, explica Jaqueline.

A doutoranda já percorreu algumas etapas importantes: clonou as selenoproteínas e inseriu seus genes na bactéria *Escherichia coli* para produção da proteína recombinante: *Na expressão e purifica-*

ção das três selenoproteínas encontradas, a única que apresentou um resultado que permitiria a continuidade do trabalho foi a do tipo Sel-T, conta a doutoranda. Por ser uma proteína de membrana, a Sel-T requeria uma análise diferenciada de outras proteínas. Primeiramente, Jaqueline isolou a Sel-T (proteína), encontrando um detergente específico para isso: *Testei todos os detergentes que tínhamos aqui no IFSC e um deles respondeu bem*, conta.

Para continuar o estudo, ela necessitava de instrumentos específicos, não disponíveis no IFSC, o que a levou a realizar um estágio de vinte e dois dias no *Membrane Protein Laboratory (MPL)*, em Harwell (Inglaterra): *Já tinha chegado até a etapa de purificação, mas não conseguia caracterizar a proteína, analisar seu formato e tamanho, pois nada disso se encontra descrito na literatura e não era possível obter tais informações com os instrumentos que tínhamos em mãos*, relembra. *Soube que a pesquisadora Isabel de Moraes, do MPL, vinha para Campinas ministrar um curso de técnicas em proteínas de membranas. Entrei em contato com ela e combinamos o meu estágio****.*

No MPL, Jaqueline utilizou-se de outra linhagem da bactéria *Escherichia coli*, denominada C43, cujas modificações genéticas a tornam mais apta a expressar proteínas de membrana. Dessa forma,

ela obteve bom rendimento na produção da proteína Sel-T. Além de ter conseguido descobrir o melhor detergente para isolamento e purificação de proteínas de membrana, Jaqueline pôde observar a estabilidade da Sel-T, o que permitiu que ela seguisse à etapa de caracterização: *Agora, tentaremos produzir e cristalizar a proteína para resolução de sua estrutura tridimensional. Assim, poderemos visualizar seu sítio ativo, como ela se aloja na membrana, e deduzir a sua função no Trypanosoma.*

Sobre seu contato com um laboratório de pesquisa no exterior, ela destaca que alguns procedimentos futuros talvez tenham que ser feitos em Harwell, mas que uma colaboração já foi firmada entre o IFSC e o MPL para dar continuidade à pesquisa. Já sobre o retorno individual, ela conta que a oportunidade de poder visitar o exterior pela primeira vez e ter

contato direto com o inglês foi muito importante. Finaliza, dizendo que o melhor resultado dessa experiência foi a parceria surgida entre os pesquisadores: *A parceria está feita e a porta aberta. Esta é a maior conquista que eu trouxe*, finaliza.

*Informação retirada do site *Médicos sem Fronteiras*.

** Essa nova cadeia é o resultado da expansão do código genético de 20 para 22 aminoácidos.

*** Um dos aminoácidos codificados pelos genes e parte das proteínas dos seres vivos.

**** O estágio de Jaqueline foi financiado pelo financiado pelo Grupo de Cristalografia (CG), pela Pró-reitoria de Pós-graduação (PRPG/USP) e pela Comissão de Relações Internacionais do IFSC (CRInt).

M3ND- Molecules, Materials and Medicines for Neglected Diseases

24 de Junho de 2013



Uma iniciativa mundial nascida de uma parceria internacional com um grupo lato de renomados pesquisadores da academia, indústria e representantes governamentais, iniciou há cerca de um ano e meio um trabalho que tem o objetivo de criar uma nova metodologia que melhore a eficácia dos medicamentos dedicados às designadas doenças negligenciadas. Através da química do estado sólido, o objetivo é desenvolver novas formulações orais e combinações que aumentem a eficácia de medicamentos, com o intuito de anular seus efeitos colaterais, promovendo principalmente o aumento da solubilidade desses remédios.

O grupo, designado de *M3ND – Molecules, Materials and Medicines for Neglected Diseases*, conta com o trabalho de treze pesquisadores e de responsáveis por laboratórios de várias partes do mundo, como Índia, África do Sul, Argentina, Irlanda, Estados Unidos, México, Canadá e Brasil.

A participação de nosso país está sendo feita através dos pesquisadores Alejandro Ayala (Universidade Federal do Ceará), Chung Man Chin (UNESP – Araraquara) e Javier Ellena do IFSC.

As doenças negligenciadas continuam a ocupar um lugar contraditório num mundo onde a evolução científica e tecnológica desbrava caminhos nunca antes imaginados, em que a esperança de vida aumenta enormemente. Novas descobertas científicas abrem portas para a eminente cura de inúmeras de doenças, menos para aquelas chamadas de doenças negligenciadas – ou doenças dos pobres –, que são pouco interessantes para as indústrias farmacêuticas, já que praticamente não dão lucro.

A ação do *M3ND* traduz-se num trabalho com aplicabilidade concreta para a indústria, incluindo engenharia de novas fórmulas sólidas de fármacos. Embora seja um trabalho complexo do ponto de vista laboratorial, a ideia primária é simples. Para combater qualquer doença, o primeiro passo é *desenhar* um fármaco eficaz no combate a esse alvo, ao que se segue outro passo importante, que é transformar esse *desenho* num fármaco. Principalmente no caso das doenças negligenciadas (Malária, doença de Chagas, etc.), o remédio é majoritariamente apresentado

na forma de um sólido farmacêutico – um simples comprimido - até porque se fosse injetável haveria questões relacionadas com armazenamento, aplicabilidade e segurança.



Um dos grandes problemas desse tipo de comprimidos - desses fármacos sólidos - é não se dissolverem no corpo dos pacientes. São exemplos os retrovirais para o controle da AIDS, como explica o Prof. Javier Ellena, pesquisador do IFSC e membro do M3ND. *De fato, esses pacientes tomam durante muito tempo um coquetel composto por vinte produtos, sendo que todos apresentam problemas de solubilidade. Ao interagirem entre si e o organismo, esses medicamentos do coquetel têm eficácia reduzida, acrescida de inúmeros efeitos colaterais. Por exemplo, com esse tipo de medicamento, um paciente com AIDS poderá estabilizar a doença, porém também irá sofrer fortes efeitos colaterais, como problemas hepáticos, diarreia, vômitos, enfraquecimento do sistema imunológico, etc. O que estamos fazendo é trabalhar para minimizar ou anular as dificuldades de solubilidade desses medicamentos no*

organismo e neutralizar os efeitos colaterais. Estamos fazendo a aplicação da tecnologia do estado sólido às indústrias farmacêuticas, explica Ellena.

Ao contrário do que se possa pensar, a ação do grupo de pesquisadores não é fazer um novo medicamento, até porque isso levaria mais de uma década. O objetivo do grupo M3ND é transformar medicamentos que já existem no mercado, para combater doenças negligenciadas, em versões com propriedades farmacocinéticas melhoradas.

Esta equipe é composta por pesquisadores internacionais, não só ligados a universidades de renome mundial, especialistas em áreas tão diversas, como química, medicina, biologia, farmácia, física, etc., mas também por pesquisadores e outros profissionais ligados à indústria farmacêutica internacional e a órgãos vocacionados a patentes de produtos.

O grande intuito é melhorar medicamentos que estejam exclusivamente dedicados a doenças negligenciadas, ou mesmo para a AIDS. Na perspectiva do continente africano a AIDS pode ser considerada doença negligenciada, pois pouca gente tem acesso aos medicamentos. No Brasil, a AIDS está de alguma forma controlada devido aos investimentos dos governos e às políticas de saúde pública, o que não acontece na maior parte dos países africanos.

Patente em tramitação

O desenvolvimento do trabalho do grupo M3ND tem sido rápido e eficaz, sendo prova disso a tramitação de uma patente

no Brasil: Neste momento, temos um medicamento contra a AIDS, completamente desenvolvido por nós, cuja patente está sendo tramitada no Instituto Nacional de Patentes. É um medicamento cinco vezes mais eficaz do que aquele que está no mercado. O resultado é que consegue-se produzir o mesmo comprimido com cinco vezes menos matéria-prima e com maior eficácia, com melhor absorção pelo organismo, neutralizando efeitos colaterais e fazendo com que o paciente ingira menos quantidades de químicos fármacos. Menciono também que essa é uma patente brasileira. Se começarmos a fazer este trabalho em muitos outros medicamentos utilizados em países em desenvolvimento, os resultados serão significativos em termos de gastos públicos e de saúde pública, explica Javier Ellena.

Outro exemplo dado por Javier Ellena é o *Mebendazol*, medicamento bastante usado para o controle de parasitas no organismo humano, consumido principalmente em zonas pobres onde os índices de higiene e de salubridade pública são baixos. Esse medicamento tem grandes problemas na sua versão de estado sólido, conforme explica o pesquisador: *Para fazer esse comprimido são utilizadas doses certas de, por exemplo, dois pós: o branco e o amarelo. O pó branco é aquele que funciona bem para combater a doença, enquanto o pó amarelo faz muito menos efeito. Então, se formos analisar esse comprimido, ele tem 90% de pó amarelo e 10% de pó branco. Logo, o comprimido não faz efeito: para esta fórmula fazer qualquer efeito benigno, o paciente terá que se encharcar*

em comprimidos, prejudicando o estômago e o fígado, só para dar dois exemplos de reações adversas. Mas por que isso acontece? Porque o pó branco custa R\$ 100,00/grama e o pó amarelo custa R\$0,10/grama. 90% dos medicamentos dedicados a doenças negligenciadas têm esse defeito – ou particularidade. Este nosso medicamento, que está esperando ser patenteado, foi feito com as quantidades certas de determinado ingrediente, mesmo que esse ingrediente tenha sido aquele que eu exemplifiquei como sendo o mais barato – o pó amarelo –, só que ele fica cinco vezes mais eficaz, explica Javier Ellena.

Este grupo internacional está trabalhando em diversas frentes, em diversos alvos, como no combate à doença de Chagas. O grupo começou sua atividade há cerca de um ano e dois meses e nele trabalham nomes importantes da ciência mundial, incluindo Gautam Desiraju, pesquisador do *Indian Institute of Science* (Índia), especialista em engenharia de cristais aplicada à farmácia, ou Marcelo Sarkis, pesquisador do Heenan Blaikie do Canadá, especialista em patentes.

Este é um trabalho que precisa ser conhecido, principalmente pelas indústrias farmacêuticas nacionais e pelo próprio governo brasileiro, já que está em causa a resolução de inúmeros problemas de solubilidade de qualquer medicamento. Uma das iniciativas do grupo é promover ainda este ano, entre os meses de Novembro e Dezembro, um workshop com as indústrias farmacêuticas nacionais, explicando o trabalho e seus resultados. Ênfase será dada à questão de segurança nacional,

pois as matérias-primas e a maioria dos medicamentos comercializados no Brasil vêm do exterior, com graves problemas na área do controle de qualidade.

Em suma, o foco do grupo *M3ND* traduz-se nas seguintes medidas:

1. Utilizar tecnologia do estado sólido aplicada a produtos farmacêuticos;
2. Obter melhores preços;
3. Fazer patentes incrementais que possam num curto espaço de tempo (um ou dois anos) promover medicamentos completamente novos que, com base

nos que já existem, se transformem em novos medicamentos que resolvam os graves problemas de saúde pública, quer em termos nacionais, quer internacionalmente, principalmente para as doenças negligenciadas.

O *M3ND* conta com os apoios do CNPq (Ciência sem Fronteiras), CAPES e FAPESP, bem como as colaborações do IFSC, FUNCAP, Ministério da Saúde, *University of South Florida* (EUA) e Universidade Federal do Ceará.

Novas pistas sobre o Mal de Alzheimer

05 de Agosto de 2013

No processo de divisão celular em organismos vivos, no qual uma célula mãe se divide em duas células filhas, uma proteína chamada septina tem papel fundamental: atuar no estágio final da divisão celular, conhecido como citocinese. No entanto, mesmo em células nervosas que não sofrem divisão celular, as septinas são encontradas, o que cria a dúvida sobre qual seria o papel das septinas nessas células.

Em cima desse e de outros questionamentos referentes às septinas se assenta uma das linhas de pesquisa do Grupo de Biofísica (BIO) do IFSC, coordenado pela docente Ana Paula Ulian Araújo: *Nós, humanos, possuímos treze tipos diferentes de septinas, algumas produzidas em células muito específicas - como as células nervosas - e outras produzidas em todas as células do organismo, as quais julgamos ter um papel realmente importante na divisão celular, explica a docente.*

De acordo com Ana Paula, as treze septinas identificadas em nosso organismo têm algo em comum: qualquer uma delas é capaz de ligar-se a GTP (um nucleotídeo trifosfatado) e a maioria pode hidrolisá-lo, ou seja, quebrá-lo em pedaços com uma molécula de água. No entanto, essas septinas são divididas em quatro grupos, sendo que o grupo composto pelas septinas de número 1, 2, 4 e 5 acabou tornando-se o

foco dos estudos de Ana Paula e de seus colaboradores.

A septina2 (SEPT2) já foi detectada nos chamados *depósitos amiloides*, estruturas encontradas no cérebro de pacientes que tiveram a doença de Alzheimer: *Tais depósitos são um emaranhado de proteínas e entre elas a SEPT2 é uma presença constante*, explica Ana Paula. Num trabalho com vários colaboradores, incluindo o Prof. Richard C. Garratt, descobriu-se no IFSC que a SEPT2, *in vitro*, é capaz de formar fibras amiloides sem ter contato com nenhuma outra proteína. Notou-se que essa *autoassociação* da SEPT2 ocorre em temperatura ambiente, sendo um processo irreversível e contínuo, ou seja, uma vez iniciada a fibrilação da SEPT2, ela não para mais.

Como depósitos amiloides são encontrados no cérebro de pacientes que tiveram Alzheimer, indaga-se se essa relação entre Alzheimer e SEPT2 existe de fato: *As septinas aparecem normalmente associadas a outras septinas, como SEPT2, SEPT6 e SEPT7, e se juntam para formar um filamento em determinadas células. Mas acreditamos que numa situação patológica, a SEPT2 pode associar-se a si mesma e formar os filamentos amiloides que já observamos in vitro*, elucida Ana Paula.

No entanto, ela frisa que alguns comportamentos *in vitro* podem ser diferentes *in*

vivo. Em outras palavras, embora a SEPT2 tenha se comportado da maneira descrita acima, não significa que no corpo humano tal processo ocorra da mesma forma: *Temos uma proteína isolada em condições muito particulares. Nas células, será que isso pode acontecer?* questiona a docente.

Uma primeira resposta

Para descobrir o que pode disparar a formação de filamentos amiloides na autoassociação da SEPT2, Ana Paula, com a colaboração do Grupo de Polímeros do IFSC, iniciou experimentos usando um sistema que imita parte de uma membrana, incluindo uma molécula de fosfatidilinositol (PI), um dos componentes da membrana celular com o qual a SEPT2 interage: *Ao entrar em contato com essa membrana mimética, a SEPT2 interagiu com o PI e manteve sua estrutura normal. Porém, ao colocar a SEPT2 em contato com uma membrana mimética sem a presença*

de PI, a SEPT2 interagiu, mas não manteve sua estrutura, iniciando a formação de filamentos amiloides, descreve a docente: *Isso acabou se tornando mais um elemento que aproxima a formação de filamentos amiloides in vitro de SEPT2 ao que pode ocorrer numa célula.*

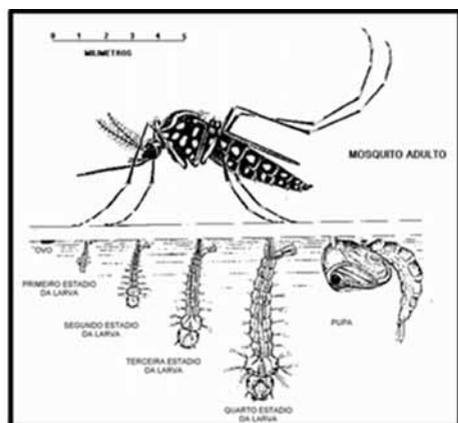
Até o momento, técnicas de biofísica e bioquímica foram utilizadas para fazer a maioria das análises descritas acima. O próximo passo é investigar a interação da SEPT2 usando microscopia eletrônica, o que permitirá a visualização do *desenho* completo dessas interações.

Esses trabalhos estão disponíveis via SIBI:

DAMALIO, J. C. et al. *Lipid interaction triggering Septin2 to assembly into street structures investigated by Langmuir monolayers and PM-IRRAS*. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005273613000394>>. Acesso em: jan.2014.

Dengue- A poderosa técnica para exterminar o mosquito

26 de Agosto de 2013



Ciclo de vida do *Aedes aegypti*: ovo, larva, pupa e adulto (imagem: Cadernos de Atenção Básica (2008) do Ministério da Saúde)

Adengue continua sendo um problema de saúde pública no Brasil e em outros países. Segundo dados da OMS, oitenta milhões de novos casos de dengue são registrados anualmente e suas manifestações clínicas podem ir desde uma simples síndrome viral até quadros graves de hemorragias e choques, levando à morte do infectado.

Para conter essa epidemia, pesquisadores do IFSC, em parceria com o Departamento de Hidráulica da USP e com o Departamento de Hidrobiologia da UFSCar*, têm utilizado a terapia fotodinâmica para eliminar o mosquito.

O projeto da mestranda em biotecnologia da UFSCar, Larissa Marila de

Souza, sob orientação dos pesquisadores do Grupo de Óptica (GO) do IFSC, Natália Mayumi Inada e Vanderlei Salvador Bagnato, é vinculado a vetores urbanos, especificamente ao *Aedes aegypti*. Em um de seus experimentos, Larissa mergulhou larvas de diferentes estágios** do mosquito da dengue em solução na qual se encontrava dissolvida uma droga fotossensibilizadora*** (Photogem®). Depois, expôs a solução com as larvas a diferentes fontes de luz (solar, lâmpadas fluorescentes e LEDs) e verificou significativa mortalidade das larvas: acima de 90% quando expostas à luz solar e a lâmpadas fluorescentes, e entre 70% e 80% quando expostas aos LEDs.

A Terapia Fotodinâmica é resultado da interação do fotossensibilizador com a luz e com o oxigênio, sendo amplamente usada no Grupo de Óptica para tratar lesões malignas e no controle microbiológico: Agora, é usada no controle das larvas do *Aedes aegypti*: *Estamos também testando outras substâncias químicas fotossensibilizadoras: a clorina, que mata fungos e bactérias com uma eficiência muito grande, e a curcumina produzida a partir das raízes do açafrão*, explica Natália.

Os bons resultados não param por aí: além dos testes com larvas, Larissa realizou experimentos com mosquitos adultos

da dengue. Ela dissolveu o Photogem® em sangue de carneiro e açúcar e alimentou fêmeas e machos do *Aedes aegypti* criados em laboratório: *Os mosquitos são atraídos para ambientes mais quentes e então aqueci o sangue, mas não adiantou. Depois, adicionei o açúcar e deu certo, conta a mes-tranda.*

Através de microscopia óptica confo-cal de fluorescência, Larissa pôde observar a presença do Photogem® no trato digestivo e glândulas salivares das larvas. Além disso, os ovos resultantes do acasalamento dos mosquitos com Photogem® no organismo não eclodiram: *Ainda precisamos fazer mais experimentos para confirmar se a não eclusão dos ovos está relacionada à presença do fotossensibilizador no organismo dos veto-res, ressalta Larissa.*

O principal objetivo da pesquisa é produzir um composto para eliminar o mosquito da dengue, mas estudos de impacto ambiental também serão realizados, já que os larvicidas para exterminar o *Aedes aegypti* contaminam o ambiente: *Uma das grandes preocupações deste projeto é*

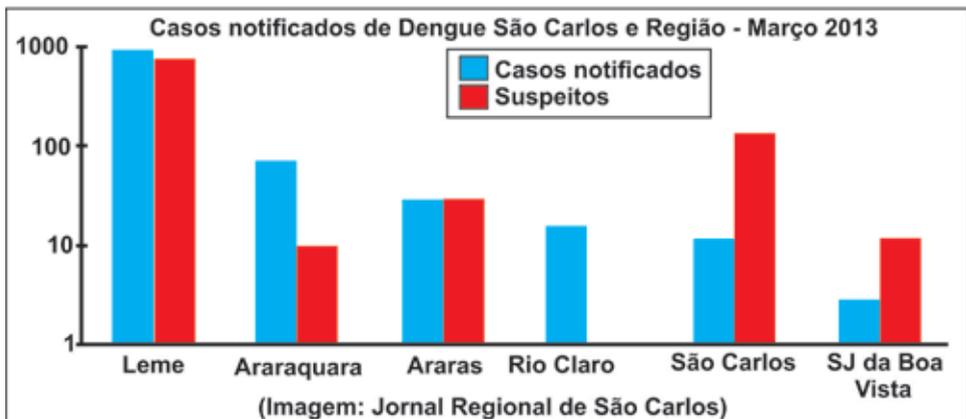
conseguir, além da morte de larvas e mosquitos causadores da dengue, oferecer uma nova terapia ecologicamente correta, para que a água ou solo nos quais será dissolvida a substância química não sejam contami-nados, explica Natália.

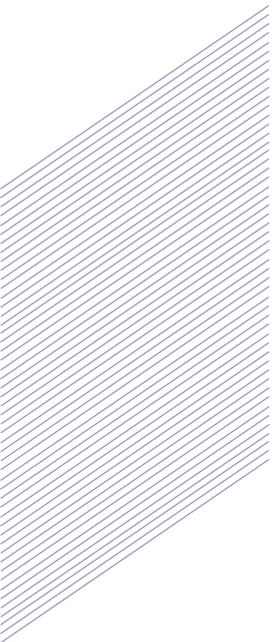
Mesmo em seu início, o trabalho já oferece resultados animadores, tendo sido premiado como melhor pôster no *14 World Congress of the International Photo-dynamic Association.*

**estão envolvidos na pesquisa: Suzana Tri-vinho Strixino (UFSCar), Cristina Kurachi (IFSC), Juliano José Corbi (EESC), Vanderlei Salvador Bagnato (IFSC), Natália Mayumi Inada (IFSC), Sebastião Pratavieira (IFSC) e Francisco Guimarães (IFSC).*

*** a larva do *Aedes aegypti* passa por quatro estágios antes de se tornar pupa e transformar-se no mosquito.*

**** moléculas capazes de interagir com a luz gerando espécies altamente reativas, tais como o oxigênio singlete.*





Ao longo de décadas, os professores e pesquisadores do IFSC têm feito questão de valorizar a pesquisa aplicada, desenvolvida em sinergia com os vários projetos de pesquisa básica. O objetivo primordial é gerar conhecimento, soluções e tecnologias que sejam passíveis de transferência para a indústria e empresas, com isso servindo a sociedade. Como resultado dessa filosofia e dos inúmeros projetos de inovação desenvolvidos no IFSC, pode-se afirmar que nosso Instituto contribui decisivamente para a criação de várias empresas de alta tecnologia em São Carlos, transformando nosso município num centro de inovação e tecnologia no Brasil.

Os desafios da Inovação Tecnológica

07 outubro 2013

O que é capaz de tornar um país economicamente atraente e de que maneira esse objetivo pode ser alcançado? A inovação tecnológica e produção de conhecimento são os caminhos mais certos, segundo a opinião do docente do IFSC, Jarbas Caiado de Castro Neto.

Professor titular do IFSC e sócio-proprietário da empresa *Opto Eletrônica*, Jarbas diz que: *A inovação está diretamente relacionada à formação de riqueza e afirma que para o Brasil alcançar o patamar de país desenvolvido, a distribuição de renda não é a saída: Os países ricos não se preocupam em distribuir riquezas, mas sim em gerá-las; e nessa geração, a universidade tem papel fundamental, pois é responsável pelo estímulo à inovação que, por sua vez, traz a riqueza objetivada.* E acrescenta que a universidade não tem o papel direto de gerar riquezas, mas de formar pessoas com essa preocupação em mente.

Sobre países que seguem um modelo exemplar de inovação, Jarbas cita os Estados Unidos e justifica sua escolha de maneira muito específica: *Nas universidades americanas existem competições que estimulam a criatividade dos alunos, enquanto no Brasil parece que é proibido pensar diferente. Eu acho que está cada vez mais inserido no espírito das universidades incitar seus alunos a pensar diferente, mas no Brasil ainda precisamos caminhar mui-*

to para que isso alcance um patamar ideal. Devíamos ter como inspiração os países que estão dando certo nesse sentido e imitar suas iniciativas.

Ainda no Brasil, no que diz respeito à inovação, Jarbas elenca algumas críticas e afirma que o país está na direção errada, uma vez que concentra sua geração de riquezas na extração de *commodities* para exportação: *Esse não é o caminho, pois é o tipo de atividade que concentra renda em vez de distribuí-la. Poucos são aqueles que se beneficiam das explorações naturais feitas por empresas como a Petrobras ou Vale do Rio Doce e quando temos empresas que buscam inovação muito mais pessoas são beneficiadas,* justifica.

O caminho para a mudança

Embora para Jarbas o país não esteja no caminho correto, ele cita uma ação pontual implantada pela própria administração pública, que já trouxe bons resultados. A FINEP tem dado bastante atenção ao aspecto inovador e esse é um ponto positivo. Jarbas ressalva que o foco da FINEP é na inovação social, enquanto deveria ser na tecnológica. Outra sugestão para a atuação da FINEP é sobre avaliação de projetos: *Na FINEP, são burocratas que julgam os projetos enviados, o que acaba por atrasar o processo de desenvolvimento*

de um produto. Para Jarbas, a produção de patentes deveria ser valorizada no país, especialmente pelas financiadoras de projetos, como FINEP, FAPESP e CNPq.

O docente, no entanto, destaca que o governo brasileiro tem falado e se preocupado mais com a inovação, algo que não acontecia no passado. E, nesse contexto, ele cita a Coreia do Sul como um dos exemplos de país de mentalidade inovadora, que nos últimos anos tem ganhado destaque: *A Coreia do Sul, um país pequeno, registrou quase dez vezes mais patentes que o Brasil. As publicações científicas brasileiras correspondem a 2,5% das mundiais, o que está de acordo com a população do país. Já as patentes não acompanham esses números. Para que essa situação seja revertida é preciso incentivo aos pesquisadores*, afirma.

Segundo Jarbas, o número insignificante de registros de patentes no país resulta de uma cultura na qual se incentiva que alunos apenas publiquem artigos científicos: *Esse é um parâmetro utilizado para progressão na carreira, mas o registro de patentes, não. As patentes deveriam estar inseridas nesse parâmetro e aquelas que estão no mercado deveriam ter um valor, no mínimo, dez vezes maior*.

Ainda nesse contexto, Jarbas diz que uma das soluções para que a cultura do registro de patentes ganhe mais força é o reconhecimento daqueles que já registraram patentes, e que posteriormente conseguiram transformá-las em produtos. *Não podemos nos esquecer de que com o registro de uma patente é possível produzir riqueza, também*.

Jarbas faz questão de novamente reforçar o papel da universidade, não como a responsável pela inovação, mas sim como incentivadora de pesquisadores e cientistas para produzi-la: *Não é função da universidade gerar produtos, mas sim formar pessoas criativas e criadoras; pessoas que abram empresas e que dentro delas criem novos produtos e tecnologias que, cedo ou tarde, estarão à disposição da sociedade*.

O papel da inovação para projeção internacional

Sobre a importância da inovação no Brasil para seu reconhecimento internacional, Jarbas faz uma comparação com o Japão: *Os produtos fabricados no Japão são vendidos no mundo inteiro e isso é o que fez - e faz - o país ser conhecido mundialmente*, afirma.

Na opinião do docente, o Brasil não é o país mais barato para se produzir mercadorias no mundo. No entanto, para desenvolver bons produtos, a inovação é essencial: *A empresa Havaianas é um caso muito interessante, pois é a marca mais conhecida do Brasil, internacionalmente, não deixando de ser uma empresa inovadora. São produtos, como os da Havaianas, que poderão divulgar a 'marca' Brasil mundo afora, exemplifica. A Embraer é outro exemplo. Ela encontrou um nicho de mercado de aviação regional e hoje existem aviões no mundo inteiro produzidos pela empresa*.

Segundo Jarbas, outro exemplo que contribui para projeção internacional do Brasil é o Programa Ciência sem Fronteiras. Embora o programa já tenha recebido

diversas críticas, ele ressalta sua importância para a internacionalização do país. *Não sei o custo exato do programa aos cofres públicos, mas acredito que ele terá um impacto de longo prazo nos brasileiros. Afinal, para ter uma ciência internacional é preciso ter uma experiência internacional.*

A inovação no IFSC

Docente no Instituto há trinta e sete anos, Jarbas afirma que durante esse tempo acompanhou *grandes evoluções* no IFSC: *Duas ou três décadas atrás, o Instituto era fechado internacionalmente. No começo, a resposta que se preocupava em dar à sociedade com as pesquisas feitas aqui era, somente, através da explicação dos impactos sociais da ciência para o país, relembra: Agora, o cenário é diferente.*

Para essa mudança de cenário, várias ações foram implantadas no IFSC e Jarbas destaca a criação dos CEPIDs da FAPESP, dois dos quais estão sediados no IFSC: *Os CEPIDs têm enfoque científico de divulgação e inovação. Há vinte anos, o foco seria somente na publicação de artigos científicos, afirma.*

Ainda sobre o IFSC, Jarbas faz uma última consideração no que se refere à inovação tecnológica: embora afirme que o IFSC tenha evoluído significativamente, ele diz que ainda há muito a ser feito. Mas os passos estão sendo dados na direção correta, o que é um ponto positivo: *O segredo é não ter medo de dizer que inovação é riqueza e incentivar as pessoas a buscarem isso. No Instituto, ainda que timidamente, isso está sendo feito e em alguns anos estará consolidado, conclui.*

Projeto de pesquisadores do IFSC pode expandir o tratamento de câncer de pele em todo o país

20 fevereiro 2010

Um projeto pioneiro desenvolvido por pesquisadores do IFSC para o tratamento de câncer de pele vai beneficiar mais de oito mil pessoas em apenas um ano. A distribuição do equipamento para mais de cem municípios do país, a partir de fevereiro, representa o desenvolvimento da ciência com responsabilidade social. O projeto recebeu investimento de R\$3,2 milhões do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para a produção dos kits de tratamento, compra de medicamentos e treinamento de pessoal.

O tratamento será gratuito, devendo ser eficaz contra o câncer de pele em estágio inicial. A distribuição dos centros de tratamento terá como critério áreas de maior incidência da enfermidade, segundo o coordenador do projeto, Prof. Vanderlei Salvador Bagnato. Cada centro deverá custar no máximo R\$ 7 mil.

O tratamento baseia-se em terapia fotodinâmica: uma pomada é aplicada no local da lesão para que uma luz especial, com comprimento de onda específico, ative uma substância chamada porfirina, que age matando as células cancerosas. Segundo Bagnato, mais de 70% das lesões são

facilmente tratadas, e o tratamento deixa cicatrizes quase imperceptíveis.

A terapia fotodinâmica já vinha sendo utilizada há mais de dez anos no país. O trabalho dos pesquisadores foi direcionado à adequação do método à realidade do país, que sofre com grande índice de casos de câncer de pele, de maior incidência no Brasil. Com o aumento da expectativa de vida, os números podem crescer ainda mais.

O projeto tem como objetivo ultrapassar obstáculos econômicos, sociais e logísticos do tratamento do câncer de pele, levando a tecnologia a toda a sociedade, com baixo custo e bons índices de eficácia. A ideia já chamou atenção de autoridades médicas internacionais de países como Venezuela, Argentina e Paquistão.

Quarenta pesquisadores (entre técnicos, estudantes e professores) e empresas de São Carlos trabalham no projeto, que conta com o apoio financeiro da FAPESP e é realizado no âmbito do Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CePOF), com apoio do Instituto Nacional de Óptica e Fotônica (INOF).

Semáforo utiliza inovador sistema óptico para amenizar problemas de trânsito

15 de Fevereiro de 2011



A cidade de São Carlos está vivenciando, desde o mês de janeiro, uma nova experiência na área de trânsito: um novo modelo de semáforo construído a partir de um conjunto de diodos emissores de luz (LEDs) de alta potência e com grande eficiência óptica.

O equipamento, construído pela empresa *DirectLight* em parceria com o Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CE-POF) do IFSC, é forte candidato a resolver problemas dos semáforos convencionais. Estes incluem o chamado *efeito fantasma* (reflexo de raios solares, dando a impressão de falso aceso das luzes), além de paneles devido à falta de energia e diminuir o gasto de energia. Os novos semáforos podem, também, evitar a necessidade de descarte de lâmpadas incandescentes no meio ambiente.

O coordenador do projeto, Luís Fernando Bettio Galli, contou à Agência FA-

PESP que o gasto de energia desses novos modelos de semáforos pode ser reduzido em até 90%, em comparação com o gasto dos semáforos convencionais: *Um semáforo convencional utiliza lâmpadas incandescentes de 100W, que consomem 400W em apenas um cruzamento de quatro vias, enquanto os LEDs do sinalizador de trânsito que projetamos consomem apenas 40W,* explicou.

Outra notável vantagem é a vida útil do emissor LED, que pode funcionar por até cinquenta mil horas, enquanto as lâmpadas incandescentes funcionam por, no máximo, quatro mil horas. Ainda segundo Galli, depois de seis anos de funcionamento, o LED perderá apenas 25% da sua capacidade inicial.

Outros países também utilizam o semáforo à base de LED, mas a vantagem do sistema brasileiro está no inovador sistema óptico. O modelo brasileiro utiliza apenas sete diodos emissores de luz, enquanto os antigos, desenvolvidos na década de 1960, utilizam uma centena de LEDs. Os diodos do novo semáforo são mais modernos, mais confiáveis e têm maior potência, além de consumirem menos energia.

Para conseguirem chegar a este nível, os pesquisadores empenharam-se nos últimos dois anos para desenvolver um conjunto de três tipos de lentes que, disposto

próximo aos LEDs, ocasiona melhor aproveitamento e distribuição da luz emitida pelos diodos, além de melhor direcionamento. Isso reduz significativamente a quantidade necessária de LEDs e dispensa refletores – o que elimina o *efeito fantasma* que tanto engana os motoristas.

Outra inovação é o sistema eletrônico embarcado, que permite alimentar o semáforo tanto pela rede de energia convencional como por energia solar ou por um conjunto de baterias, em caso de emergência. A cada milissegundo, um sistema de gerenciamento inteligente faz uma avaliação e decide a melhor maneira de alimentar o semáforo, naquele momento. A prioridade do equipamento é o trabalho com energia solar, mas caso isso não seja possível ele é programado para receber energia elétrica. Se acontecer um blecaute, ele começará a operar a partir do sistema

de baterias, que deve funcionar por 40 minutos, tempo suficiente para que guardas de trânsito passem a controlar a situação. Segundo Galli, já existem em outros países semáforos alimentados por energia solar e que funcionam mesmo com blecaute, mas nenhum conseguiu integrar as três formas de alimentação empregadas pelo equipamento brasileiro.

Os semáforos testados em três lugares de São Carlos estão operando inicialmente apenas com energia elétrica. O equipamento está em fase de avaliação, mas os testes indicam um funcionamento próximo do esperado. Mesmo nesta fase, anterior à obtenção de certificados e distribuição para comércio, os semáforos já despertam interesse de prefeituras de outros municípios: *Os resultados dos testes em campo estão sendo muito positivos, completa Galli.*

Físico da USP e Químico da UFSCar desenvolvem reator fotoquímico com base na tecnologia LED

03 de Março de 2011

O IFSC conta com enorme corpo de pesquisadores em seus laboratórios. Além dos docentes, alunos de pós-graduação e graduandos engajados em Iniciação Científica, um grande número de técnicos especializados é vinculado aos grupos de pesquisa. Dentre as funções executadas por esses técnicos estão o planejamento, coordenação e avaliação de experimentos nos laboratórios, projeto, construção e manutenção de equipamentos, produção didático-científica e envolvimento em trabalhos de ensino e extensão, além de colaboração e assessoria em teses e relatórios de alunos da instituição. Como profissionais especializados em constante formação, os técnicos se mantêm atualizados com o frequente contato com as novas gerações de pesquisadores e com a experiência dos seus coordenadores. Um ambiente rico em informações e possibilidades motiva profissionais de qualquer área de trabalho, mas isso é especialmente evidente no meio acadêmico.

Um exemplo de experiência profissional bem sucedida é o físico João Fernando Possatto, vinculado ao grupo de *Biofísica Molecular Sérgio Mascarenhas* desde 2001. Graduado em Licenciatura em Ciências

Exatas pela USP, Possatto aproveitou seus conhecimentos e interesses em Instrumentação Óptico-Eletrônica, em construção de equipamentos analíticos e desenvolvimento de software, para engrenar um mestrado profissional pelo Programa de Pós-Graduação em Química na UFSCar, com um projeto inovador.

Sob a orientação do Prof. Dr. Alzir Azevedo Batista, do Departamento de Química da UFSCar, Possatto trabalhou durante três anos no desenvolvimento de um reator fotoquímico que supera, em larga escala, as características do reator convencional, fabricado na Inglaterra e comercializado sob o custo aproximado de US\$ 5.000,00.

Esse equipamento é empregado na Química para investigar reações fotoquímicas e fotossíntese artificial, bem como em terapia fotodinâmica no tratamento do câncer. Como não havia um modelo de produção nacional, João Possatto e seu orientador decidiram por produzir o equipamento, já incorporando melhorias para torná-lo mais versátil e atender as demandas do mercado atual.

A maior inovação do novo reator é a substituição das lâmpadas fluorescentes

por LEDs – Diodos Emissores de Luz -, uma nova tendência em tecnologia que aumenta consideravelmente a eficácia luminosa do aparelho: *As vantagens oferecidas pelos LEDs são inúmeras, incluindo menor consumo de energia elétrica e maior durabilidade, pois são até mil vezes mais duráveis do que as lâmpadas fluorescentes. Geram menos calor e permitem selecionar eletronicamente o pico de emissão luminosa ideal para a reação fotoquímica que se deseja irradiar*, afirma Possatto.

O reator convencional exigia que o controle destes fatores fosse mecânico, manual. Para variar a intensidade da luz era necessário reduzir ou aumentar o número de lâmpadas no reator. O tempo de funcionamento do aparelho também era controlado por ação humana, ou seja, ao fim da reação o equipamento precisava ser desligado manualmente: *Para uma reação simples de duas ou três horas não há grandes transtornos, mas há reações que duram doze horas ou mais*, explica o Físico.

Os dois pesquisadores conceberam um reator inteligente, controlado eletronicamente. Já que LEDs podem ter seu funcionamento controlado, Possatto desenvolveu um sistema embarcado no reator, microcontrolado, com uma interface gráfica de fácil utilização para o usuário. Esse sistema permite a programação eletrônica da intensidade da emissão de luz, a seleção da energia, o tempo de excitação luminosa e monitoramento da temperatura.

Outra vantagem dessa tecnologia é o menor impacto ao meio ambiente, na medida em que os LEDs, cuja eficiência é

comprovada, substituem lâmpadas incandescentes ou fluorescentes. O aparelho inglês que está no mercado é composto por um conjunto de lâmpadas fluorescentes, que por conterem mercúrio podem contaminar o meio ambiente no processo de descarte: *Os LEDs são considerados uma tecnologia limpa, reciclável e por isso mais seguros e compatíveis com o projeto Química Verde, que é uma tentativa de reduzir os contaminantes e trabalhar por uma química mais sustentável*, explica o professor Alzir.

João Possatto defendeu sua dissertação no Mestrado Profissional do Depar-



Novo reator fotoquímico, desenvolvido por Físico da USP e Químico da UFSCar, apresenta design mais moderno e utiliza sistema eletrônico de regulação.

tamento de Química da UFSCar, tendo sido bastante elogiado pela banca examinadora. O projeto está agora em fase de patenteamento e o próximo passo será a fabricação e comercialização do reator fotoquímico. Os pesquisadores já foram procurados por interessados que pediam por especificidades na fabricação do equipamento: *Estaremos prontos para começar a produção em cerca de seis meses e estamos iniciando a etapa de procura por parceiros para essa produção*, conta Alzir.

Segundo Possatto, seu trabalho com instrumentação no IFSC foi de grande valia no desenvolvimento do projeto, principalmente por ser desenvolvido em ambiente altamente multidisciplinar: *Ali temos especialistas em diversas áreas e a todo o momento estamos trocando informações e experiências, possibilitando assim reduzir o tempo de desenvolvimento de um projeto e as chances de obtermos êxito são muito maiores*, conta ele: Para Alzir: *é um ambiente que facilita o desenvolvimento de novos projetos*.

Ressonância magnética: saiba mais sobre a técnica e o laboratório do IFSC

22 de Junho de 2011

O IFSC conta com espaços físicos que abrigam laboratórios de reconhecimento nacional e internacional. Um deles é o Centro de Imagens e Espectroscopia *in vivo* por Ressonância Magnética (CIER-Mag), coordenado pelo docente Alberto Tannús e classificado como um dos *Centros Principais de Pesquisa* do Programa CInAPCe da FAPESP, desenvolvendo estudos em parceria com diversos órgãos governamentais e particulares.

Tudo começou a se concretizar em 1994, por iniciativa do professor Horácio Panepucci com espaço físico específico para o Laboratório. Até então, o grupo já desenvolvia atividades de pesquisa em Imagens por RMN (isto desde 1982, quando Tannús iniciou suas atividades de Doutorado no IFSC). Após atuar como professor visitante da *University of Minnesota*, no *Center for Magnetic Resonance Research*, Tannús retornou ao Brasil para consolidar o Laboratório de Imagens: *De meu retorno, em 1997, começamos a fazer mudanças físicas no Laboratório e estabelecê-lo da forma como está*, conta o docente.

Em 2000, a FAPESP lançou o programa de *Cooperação Interinstitucional de Apoio a Pesquisas sobre o Cérebro (CInAP-Ce)*, com vistas ao estudo da Plasticidade Cerebral: *Foi na época da variação brusca*

do câmbio e isso atrasou os planos. Finalmente em 2005 a FAPESP transformou nossa proposta de 'Projeto Especial' em um programa. A partir de 2007, esse projeto foi concretizado, o que nos deu o título de Centro de Pesquisa Principal do referido programa, conta.

A partir desse marco inicial, as aplicações de Ressonância Magnética em Imagens e Espectroscopia no IFSC ganharam força: *Tínhamos um sistema de ultrabaixo campo que funcionou durante algum tempo no IFSC, mas era uma infraestrutura inadequada para atender pacientes. A operação do sistema acontecia às quintas e sextas-feiras à tarde, mas teve mesmo um caráter de utilização experimental em voluntários e pacientes. Tínhamos um médico lotado aqui no IFSC, por meio da Secretaria Estadual da Saúde, que trabalhou conosco durante quatro anos, fazendo análise dos resultados, além de expedir laudos.*

Nessa época, a capacidade do sistema ainda era muito limitada. Segundo o professor, o laboratório usava apenas parte das metodologias utilizadas em RMN: *Estávamos limitados pelo que tínhamos desenvolvido até aquele momento e não havia possibilidade de muita expansão nas metodologias devido à necessidade de atendimento aos pacientes.*

Para conciliar pesquisa e atendimento a pacientes, em 2000 o Grupo optou por uma nova diretriz. Com o CInAPCe, direcionou a pesquisa para imagens e espectroscopia *in vivo* em sistemas biológicos, particularmente em modelos animais. Já o desenvolvimento tecnológico ficou a cargo do Centro de Ciência, Inovação e Tecnologia em Saúde de São Carlos (Citesc), esforço regional convertido em modelo nacional por recomendação do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), junto ao Ministério da Saúde: *Esse projeto vem criando uma infraestrutura em São Carlos para atender à região e também possui abrangência nacional. O Citesc é consequência das pesquisas tecnológicas desenvolvidas nos Institutos de Ciência e Tecnologia que possuem características de extensão e inovação. Ele abriga diversos projetos, além de ter espaço físico e recursos*, esclarece Tannús.

Outro órgão que tem apoiado pesquisas relacionadas à RMN é a FINEP, através do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), programa do MCT que compreende três modalidades de redes: uma de serviços, outra de extensão e a de centros de inovação, esta última ligada diretamente aos interesses do Grupo de RM do IFSC: *Essas redes têm orientação para diversas temáticas, entre elas a que nos concerne diretamente, que é a de Equipamentos, Insumos e Processos de Uso Médico, Odontológico e Hospitalar. O propósito é atender demandas de empresas para desenvolver equipamentos ou processos, dos quais as próprias empresas carecem*, diz Tannús: *Através de*

programas como esse, todos saem ganhando: as empresas, que têm oportunidade de realizar consultoria para desenvolvimento de um novo produto, contribuindo com apenas uma contrapartida proporcional ao seu faturamento; as Instituições, que ganham recursos, inclusive na forma de equipamentos e consultoria; e a sociedade, com o novo produto lançado.

Tal projeto se inclui na onda empreendedora que tem crescido vertiginosamente no Brasil. Como no exemplo citado, os pesquisadores não terão seu espaço físico ou intelectual limitado aos muros das universidades e laboratórios de pesquisa: *Para os estudantes do IFSC, é uma oportunidade de serem expostos a esse ambiente de interação entre centros de desenvolvimento e empresas, além de uma oportunidade de emprego, uma opção além da academia*, afirma o docente: *Esta é uma aposta para tornar os cursos do IFSC mais atraentes para bons estudantes e aumentar a competitividade, criando uma alternativa de mercado de trabalho para os egressos destes cursos*, complementa.

Mas, afinal, o que é a Ressonância Magnética?

Primeiramente, define-se o objeto de estudo. No caso do Laboratório de RM do IFSC, o núcleo do átomo seria esse objeto: *A energia usada não inclui as normalmente empregadas nas reações nucleares, mas aquela envolvida na interação entre o momento magnético do núcleo e um campo magnético aplicado à região. Esse campo externo provoca um torque, que seria uma*

ação de rotação. O fato de ele girar em resposta a essa tentativa de torque, numa direção que não aquela imposta pelo torque, cria esse movimento 'fora do comum'. A velocidade de rotação do núcleo do átomo é proporcional ao torque externo nele aplicado pelo campo magnético. Quanto maior o campo magnético, maior o torque e a velocidade com que ele gira, explica o docente.

No laboratório do IFSC, a frequência dos equipamentos é de 85MHz: É radiação eletromagnética na faixa de rádio frequência. Para interagir com esse núcleos é preciso produzir campos magnéticos que oscilem nesta faixa de rádio frequência.

Nos seres humanos, os núcleos observados na RM são os de hidrogênio (H), por dois motivos: o núcleo do H emite sinal bem superior ao de outros núcleos magnéticos, além de se encontrar em abundância no corpo humano. Comparativamente às técnicas de diagnóstico por imagem, mais conhecidas como tomografia computadorizada de Raios X e ultrassom, a RM apresenta melhor resolução espacial, além de não utilizar radiação ionizante. Outro benefício, de acordo com o docente, é que a RM não necessita de meios de contraste, embora os utilize: *Utiliza-se para acelerar o resultado do diagnóstico, mas esse contraste não é absolutamente necessário. Por outro lado, as outras técnicas obrigam a utilização dos meios de contraste como uma tentativa para diferenciar tecidos moles.*

Projeções futuras e parcerias presentes

Desde que o Laboratório de RM do IFSC foi reconhecido como Centro de Pesquisa Principal, muitos colaboradores se juntaram ao Grupo. Entre os parceiros figuram o Laboratório de Neurofisiologia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), a Faculdade de Medicina da USP, campus de São Paulo, o Instituto de Física Gleb Wataghin, da Unicamp, o Instituto de Radiologia (INRAD), em São Paulo, e o Hospital Albert Einstein, através do Instituto do Cérebro: *Pretendemos expandir nossos estudos, assim como colocá-los em prática, sempre preservando a temática da plasticidade do cérebro, explica: O fato de sermos CInAPCe nos permitirá no futuro utilizar a estrutura do Citesc. Por sermos Citesc, podemos fazer o desenvolvimento tecnológico; por participarmos dessa rede, existe o incentivo ao desenvolvimento da instrumentação, que é o que alcançará a população diretamente e lhe trará inúmeros benefícios, finaliza.*

Docente do IFSC comenta pesquisa que desenvolve em parceria com Petrobrás

19 de Julho de 2011

O desconhecido mundo subterrâneo sai dos roteiros de ficção científica para ocupar espaço cada vez mais importante na vida real. Exemplo disso é a pesquisa da docente do IFSC, Nelma Regina Segnini Bossolan, que numa parceria com a Petrobras desde 2007, tem feito a caracterização de comunidades microbianas que vivem em plataformas aquáticas de petróleo - e próximas a elas: *Conhecer essas comunidades é importante, pois elas vivem num ambiente pouco acessível, com uma profundidade estimada entre 1.000 e 2.000 metros*, explica a pesquisadora.

De acordo com Nelma, o principal objetivo é descobrir o comportamento de tal comunidade e como esta pode influenciar o meio, inclusive na formação do valioso combustível: *Os organismos que vivem nas plataformas são quase sempre bactérias e podem ter influência na qualidade do petróleo que está sendo formado*, conta.

Dividido em duas fases, o projeto com a Petrobrás teve sua primeira etapa finalizada em 2010: *Eu já tinha um contato com o Centro de Pesquisas da Petrobrás desde meu doutorado e em 2007 fui convidada pela bióloga, Dra. Antonia G. Torres Volpon, do Centro de Pesquisas da Petrobras, para desenvolver uma parceria de estudos*, conta Nelma.

A motivação para o projeto é o uso de reservatórios de petróleo vazios para armazenamento do gás carbônico: *O CO₂ já é utilizado na forma liquefeita em processos de retirada de petróleo das camadas profundas. Com a injeção de CO₂ o óleo fica menos viscoso. Depois, injeta-se água e com isso arrasta-se com mais facilidade esses 'restos' do petróleo que ficam retidos nos reservatórios*, explica Nelma.

Companhias de petróleo pretendem utilizar reservatórios de petróleo esgotados para armazenamento de CO₂, solucionando dois problemas de uma só vez: recuperação do petróleo retido nos reservatórios e redução na emissão de um dos maiores inimigos da camada de ozônio, grande responsável pelo aquecimento global: *Por ser uma tecnologia já utilizada, pensou-se em usar esses reservatórios para o armazenamento de CO₂. Em vez de ser lançado na atmosfera, estoca-se nos reservatórios. Por contribuírem com a emissão do CO₂, as empresas de petróleo têm investido nessas pesquisas para reduzir esse impacto ambiental*, esclarece.

Para essa nova experiência, reservatórios terrestres têm servido para testes. No Brasil, um reservatório explorado pela Petrobras na região nordeste é o principal candidato, por já estar quase esgotado. Cabe à pesquisadora fazer o controle

e estudo da comunidade de bactérias que vive nesse reservatório: *Se há escape de CO₂ desses reservatórios, toda comunidade microbiana do solo e outros organismos podem sofrer alterações. É preciso pensar em todas essas etapas.*

Nelma também será responsável por analisar essas comunidades, detalhadamente: *O ambiente no qual essas bactérias vivem é peculiar, pois é superaquecido, com alta salinidade e sem oxigênio. Para viver ali, o organismo precisa possuir condições muito especiais*, diz. A docente compara a peculiaridade dessas bactérias à diversidade na Amazônia, no seguinte sentido: da mesma forma que se desconhece o potencial de muitos tipos de organismos e plantas que vivem na floresta, bactérias de reservatórios de petróleo podem ter utilidades ainda não imaginadas: *Não conseguimos pensar neste momento em aplicações para cura de doenças, mas não se pode descartar o uso dessas bactérias ou produtos gerados por elas em processos industriais e até mesmo para recuperação do ambiente*, afirma.

No Laboratório de Biofísica Molecular Sérgio Mascarenhas, do IFSC, Nelma cultivava bactérias em ambientes simulados, com as mesmas características do *habitat* original: *Fizemos o cultivo das bactérias em meio de cultura líquido, num ambiente com maior quantidade de CO₂ que o original e vimos que não houve alteração na diversidade: as bactérias conseguiram sobreviver.*

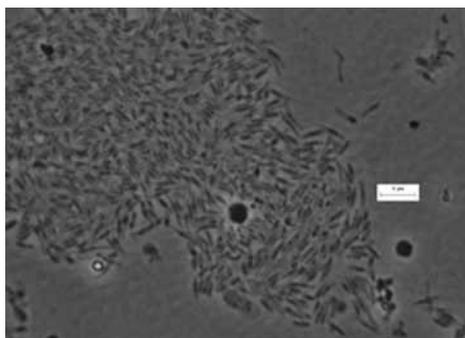
Na próxima fase do projeto, com pesquisas teóricas e em campo, a docente

verificará se as primeiras bactérias analisadas permanecem ou não na nova amostra: *As bactérias que neste momento estão nos reservatórios são as mesmas que analisamos no passado? Esse exame será focado em tópicos, como eventual alteração na diversidade*, conta.

Nesse ambiente inóspito e único, as bactérias competem entre si para sobreviver. No entanto, as mais fortes podem causar problemas no meio, como degradação do petróleo e até mesmo corrosão das plataformas. Por isso, esse estudo prévio poderá servir para determinar se a injeção de CO₂ deve continuar: *Isso leva tempo, pois os reservatórios são muito extensos e os efeitos não são imediatos, especialmente no que toca ao meio ambiente. Chamamos isso de 'estudo de impacto'. Já temos conhecimento do tipo de bactéria que vive lá. Nessa segunda etapa do projeto acompanharemos como fica a diversidade, depois da injeção do CO₂ no reservatório.*

Perspectivas e benefícios no curto, médio e longo prazos

Mesmo sem ter obtido muitos dados, a docente acredita que os impactos que tais bactérias podem vir a sofrer não são grandes, que impeça o uso da nova tecnologia de armazenamento do CO₂: *É importante saber se esse armazenamento pode vir a prejudicar o meio ambiente e as comunidades que vivem nesse meio. Se a porcentagem de CO₂ não for drasticamente alterada, as comunidades microbianas não serão prejudicadas*, afirma a docente.



Amostra de bactérias coletada

Os benefícios ao meio ambiente e à sociedade são vários. Primeiramente, a quantidade de CO_2 despejada será muito menor, o que contribuirá com a qualidade do ar e diminuirá o aquecimento global. Nas plataformas, através da limpeza mais petróleo poderá ser aproveitado. No que se refere à pesquisa de Nelma, o conhecimento sobre a comunidade microbiana é de grande importância: *Depois de concluir alguns tópicos do estudo que me cabem, deixo dados disponíveis para a comunidade industrial, que poderá utilizar-se dessas informações para o desenvolvimento de produtos, explica: Isso é uma contribuição para a pesquisa básica e aplicada. Se a técnica para armazenamento de CO_2 for vista como algo possível, isso será importante para a indústria brasileira.*

No caso do pré-sal, Nelma explica que em princípio não existe nenhuma relação direta de aplicação do sequestro de CO_2 , mas é de interesse da indústria de petróleo também caracterizar as comunidades microbianas que vivem nessas camadas: *O problema de corrosão das tubulações é sério e o estudo das bactérias pode prevenir isso, conta a docente.*

Além da Petrobras e de graduandos e pós-graduandos que trabalham no Laboratório de Biofísica, na primeira fase do projeto Nelma contou com a colaboração da docente Maria Bernadete Varesche da Silva, do Laboratório de Processos Anaeróbios, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC).

Sobre um destaque em sua pesquisa, Nelma elege a caracterização das bactérias feita até o momento: *Os dados a que chegamos são consistentes com os pré-existent na literatura, conta: Conseguimos também padronizar uma metodologia de análise molecular, algo que não foi simples.* Além disso, ela destaca a relação da pesquisa básica com o conhecido problema da indústria petroleira: poluição do meio ambiente.

Novo sensor traz técnica menos invasiva para medir a pressão do crânio

30 de Agosto de 2011

O professor do IFSC Sérgio Mascarenhas apresentou na 26ª Reunião Anual da Federação de Sociedades de Biologia Experimental (Fesbe) um equipamento que mede a pressão dentro do crânio sem a necessidade de perfurá-lo. Para comercialização, Mascarenhas aguarda primeiramente a autorização do Insti-

tuto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Já em relação ao preço, o pesquisador calcula que o equipamento custe em torno de R\$350,00, muito abaixo daquele praticado para os equipamentos importados, orçados entre R\$2,5mil e R\$5mil.

Segurança: Arma do futuro reconhecerá seu dono

16 de Setembro de 2011

Pensando no aumento da segurança, estudante criou um projeto para uma nova arma de fogo que só poderá ser ativada por seu proprietário. A principal novidade, no entanto, consiste em como isso será feito. Pesquisadores que assumem o papel de cobaias para validar experiências não são novidade no mundo científico. Basta lembrar do médico britânico Edward Jenner, que se contaminou com varíola para testar a eficácia da vacina que produziu.

O pós-doutorando do Centro de Imagens e Espectroscopia *in vivo* por Ressonância Magnética (CIERMag) do IFSC e docente do ICMC, Mário Gazziro, também incorporou o papel de pesquisador e de *pesquisado*. Seu intuito é legitimar uma experiência que, se bem-sucedida, poderá diminuir os números da violência no Brasil e no mundo. Em agosto do ano passado, Mário implantou um pequeno chip em sua mão esquerda, com a ideia de criar uma maneira eficiente e segura para usar uma arma de fogo: *A inspiração veio do filme de ficção científica, 'Distrito 9', onde alienígenas invadiam a Terra e suas armas de combate não funcionavam nas mãos dos humanos. A trama central do filme era descobrir uma maneira de poder utilizar essas armas*, conta.

O projeto para criar a chamada *arma eletrônica* tomou forma quando Mário passou a trabalhar em uma empresa de consultoria que fabricava chips para animais silvestres. Já decidido a se tornar o próprio

experimento, ganhou o menor chip que a empresa revendia (9mm por 1,2mm) e realizou o implante com a ajuda de uma médica: *O chip vem dentro de um vidro revestido por um material chamado 'parylene C', não rejeitado pelo organismo de animais e humanos. O local do implante foi escolhido, já se pensando em sua viabilidade para ativar a arma eletrônica*, conta Gazziro.

A ideia é relativamente simples e consiste no seguinte: o chip implantado conecta-se eletronicamente com uma bobina montada no interior da arma. O chip será a única ferramenta capaz de destravar tal bobina, possibilitando o disparo imediato. Ou seja, só o portador do chip será capaz de destravá-la.

Ainda de acordo com o pós-doutorando, nos Estados Unidos o acesso a essa tecnologia não só já existe, como é liberado pela *Food and Drug Administration (FDA)* desde 2004: *Lá, a inserção do chip é feita entre o polegar e o indicador, onde há menos terminações nervosas. Em nosso caso, esse local para o implante não é válido pois o chip ficaria muito distante da bobina da arma, não possibilitando seu destrave*, explica: *No laboratório, projetamos uma bobina e depois disso definimos a melhor localização para o chip ser inserido no corpo*.



O chip foi implantado de forma subcutânea, logo acima do músculo abdutor, do dedo mínimo.

Além do chip, Mário e outros colaboradores, entre eles o especialista em eletrônica do IFSC, Lírio Onofre B. de Almeida, projetaram uma arma de brinquedo do mesmo modelo de uma pistola *Colt*. No interior dessa arma existe espaço para inserir uma bobina e um micro solenoide, peças fundamentais para destravá-la eletronicamente.

Embora possa em princípio chocar e causar polêmica, o projeto visa a propósitos totalmente benéficos: *Acidentes com armas de fogo e suicídios são a segunda causa de morte entre crianças e adolescentes. Só perdemos para traumatismos gerados por acidentes domésticos e veiculares*, conta Mário, que complementa a informação, garantindo

que a arma eletrônica só será capaz de efetuar o disparo pelas mãos do dono legítimo.

Quanto à eficácia, depois de identificar o chip leva-se em média cinco milionésimos de segundo para que todo circuito seja acionado e a arma seja destravada: *Como todo circuito eletrônico, ela deverá ser carregada para funcionar. Já estudamos montar um circuito que tenha capacidade para manter o funcionamento da arma por, no mínimo, uma semana, sem recarregá-la*, elucidada.

Ele conta que outras questões também são estudadas para aprimorar a segurança do novo equipamento: *O intuito final do projeto é uma arma que no momento do disparo já registre local, horário e autor do disparo, inclusive com orientação do tiro, informação que poderá ser fornecida se a arma possuir um giroscópio*, conta.

Parte das etapas do projeto já foi concluída com sucesso: implante do chip, construção de um receptor de rádio frequência tradicional e projeto de uma bobina compatível ao projeto: *Nossa primeira dúvida era se teríamos alguma bobina capaz de fazer a leitura do chip na mão, mesmo próximo da arma. Conseguimos passar essa etapa. Depois, conseguir um micro solenoide que coubesse na arma: vencemos essa etapa, também.*

Pelos benefícios técnicos e sobretudo sociais da proposta, interessados já começaram a manifestar-se. No exterior, uma publicação com detalhes do projeto foi divulgada no *European Conference of Control*. No Brasil, investigadores da Polícia Civil de Minas Gerais já convidaram Mário para

testes mais concretos: *No final do ano pretendo ir a Belo Horizonte para fazer testes com a parte mecânica da arma, já que a eletrônica, relacionada ao chip, funciona perfeitamente.*

Em relação à definitiva concretização do projeto, ou seja, a comercialização das

armas eletrônicas, Mário conta que uma etapa pode levar algum tempo para ser ultrapassada: *A última fase envolverá a esfera política, para aprovação de um projeto de lei que autorize o uso desse tipo de arma, levando-se em conta todas as suas consequências.*



Arma de brinquedo simula modelo de pistola Colt. No interior, os locais para serem inseridas a bobina (em bronze) e a micro solenoide (logo acima, em prata e amarelo).

Novo material possibilita emissão de luz que não prejudica a visão

04 de Outubro de 2011

Uma pesquisa que teve início em 2004 no IFSC recebeu neste ano de 2011 o seu registro de patente no *European Patent Office* (ou Escritório Europeu de Patentes), na França, pelo desenvolvimento de um nanomaterial que minimiza incômodo à visão sob luz. Todos sabemos quão incômodo - e por vezes doloroso - pode ser o contato com uma fonte de luz, seja do sol, faróis de veículos ou de lâmpada comum. Isso acontece porque a retina dos olhos é formada por células extremamente fotossensíveis, que podem ser prejudicadas pela incidência da luz ultravioleta. A defesa mais comum contra este problema era controlar a intensidade de luzes artificiais com lentes escuras, o que nem sempre se mostra eficiente, já que neste caso a pupila se mantém dilatada e mais vulnerável à atuação da luz UV (ultravioleta).

Uma pesquisa em parceria entre Brasil e França por sete anos conseguiu produzir um material que, associado a fontes emissoras de luz, pode inibir a emissão dos raios que incomodam e prejudicam a visão. Produziu-se um nanomaterial que possibilita converter luz UV em luz visível: *Essa conversão acontece numa faixa de comprimento de onda que cobre todo o visível - essa é a chamada luz branca*, explica o Prof. Antonio Carlos Hernandes,

autor do projeto financiado pela CAPES. A luz branca já foi largamente investigada no mundo acadêmico, mas o interessante desta pesquisa é que o novo material emite num comprimento de onda na região do vermelho, ao contrário dos materiais já desenvolvidos, que emitem no azul: *Esse tipo de luz é chamado de luz fria, que é aquela luz do farol do carro, por exemplo, que é branca, emitida por LEDs e incomoda um pouco os olhos*, explica Hernandes. O material desenvolvido emite luz branca quente, que não incomoda a visão. Na verdade, o material é um pó, à maneira dos que já são usados em lâmpadas comuns que se alimentam de descarga elétrica. O material deve ser depositado na lâmpada, sendo excitado através de LEDs ultravioleta para transformar essa emissão em luz branca: *O princípio é muito simples; o desafio era desenvolver um material que apresentasse uma taxa de conversão eficiente, e conseguimos elevar esta taxa a 90%*, esclarece o pesquisador, que também é diretor do IFSC. Segundo ele, a função desta pesquisa era desvendar cada etapa da conversão, procurando os erros que diminuíam a capacidade de conversão do material, corrigindo-os um a um.

Nos sete anos do projeto, todos os mecanismos de processamento deste tipo de

luz foram investigados para obter um material realmente diferenciado. A conversão da luz UV em luz branca é extremamente eficiente. Todo o processo tecnológico é agora conhecido e dominado. Em janeiro de 2004, o projeto foi idealizado no *Grupo de Pesquisa Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos* do IFSC. A partir daí, o doutorando em Física Aplicada, Lauro Maia, hoje professor da Universidade Federal de Goiás, iniciou os trabalhos de pesquisa, que concluiu em 2006 na defesa de sua tese. No ano seguinte, a doutoranda Cristiane Nascimento, que alguns anos mais tarde trabalharia na *Université Catholique de Louvain* (Bélgica), engajou-se na pesquisa, defendendo sua tese em 2008.

Nas duas defesas de tese, os pesquisadores receberam duplo diploma, ou seja, foram pós-graduados pela USP e pela Instituição Francesa parceira. A tese em co-tutela se dá no âmbito do programa Cofecub da CAPES, cujo objetivo é justamente estreitar as relações de instituições de ensino superior do Brasil e da França. No caso, o projeto havia sido enviado à CAPES pelo Prof. Hernandes, com o objetivo de investigar luminescência em nanomateriais. Com este intuito,

os doutorandos passaram um período no exterior, tendo contado com pesquisadores estrangeiros na sua banca de defesa de tese. Ambos foram os primeiros estudantes do IFSC a defenderem teses em cotutela, marco importante para o Instituto: *Do ponto de vista da formação de recursos humanos, este projeto foi proveitoso, pois além destes alunos em cotutela ainda temos a formação complementar dos pós-doutorandos que participaram da pesquisa, conta o pesquisador.*

O projeto continua sendo desenvolvido entre as três instituições: o IFSC, o *Institut Néel* (CRNS) e a *Université Joseph Fourier* (Grenoble, França). O próximo passo seria apenas firmar uma parceria comercial para o desenvolvimento do material, o que está previsto para acontecer em breve, visto que uma empresa internacional já manifestou interesse em produzir a nova tecnologia. Em 2010, o IFSC registrou o número de nove patentes nacionais: *Isso é uma satisfação muito grande, pois é recompensado o trabalho de pessoas que se dedicaram durante anos a uma pesquisa, tentando concretizar um projeto e transformá-lo em um produto útil no mercado, finaliza Hernandes.*

Tratamento para micose de unha através de terapia fotodinâmica

18 de Janeiro de 2012

Pesquisadores do IFSC utilizam a técnica de inativação de micro-organismos por terapia fotodinâmica para combater fungos causadores da onicomicose – a temida micose de unha. A expectativa é produzir um aparelho prático e disponibilizar a técnica de maneira acessível a toda população.

A terapia fotodinâmica, técnica baseada na utilização de luz para ativação de compostos medicamentosos, tem uso crescente no tratamento de enfermidades, principalmente na área da dermatologia. De fato, um aparelho para diagnóstico e tratamento de câncer de pele desenvolvido no IFSC está sendo distribuído pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Além de dispensar a intervenção cirúrgica, diminuindo riscos e garantindo melhor resultado estético, a promessa é de que a técnica apresente resultados significativos em até dez dias, destruindo de maneira seletiva células cancerosas e pré-cancerosas.

O tratamento tem aplicações que vão além de tecidos e combate a tumores. Uma equipe do IFSC aplica a técnica para combater fungos e bactérias – a chamada inativação fotodinâmica –, em pacientes com estágios avançados de onicomicose, mais conhecida como micose de unha. Esta é uma infecção recorrente causada por fungos que podem ser adquiridos de várias formas, desde o con-

tato com o solo até a utilização de alicates ou lixas contaminadas. Algumas pessoas acabam por sofrer deste mal por muitos anos, sem sucesso em tratamentos, sentindo dor e sofrendo de outras infecções bacterianas que podem se alojar no local. Isso ocorre porque os tratamentos convencionais são mais paliativos do que uma solução definitiva, com altas taxas de falha e recorrência.

O Grupo de Óptica do IFSC, por iniciativa do Prof. Vanderlei Bagnato, tem trabalhado há alguns anos com a técnica de inativação fotodinâmica de micro-organismos causadores de doenças. Esse trabalho foi estendido para a inativação de fungos e bactérias, com geração de um protótipo. Uma colaboração teve início com Ana Paula da Silva, uma farmacêutica que já trabalhava com a técnica, mais especificamente com medicamentos fotossensibilizadores em shampoos para o tratamento da caspa. Foi firmada uma parceria com a Faculdade Anhembí Mourumbi, em São Paulo, através do professor Armando Bega do Curso de Podologia, o que avançou a pesquisa devido à infraestrutura na faculdade paulistana. A mestrande Ana Paula está atualmente tratando quarenta pacientes em São Paulo.

Para o diagnóstico da onicomicose, a mestrande Ana Paula usa um equipamento

de fluorescência disponível no mercado para diagnóstico de cáries e placas bacterianas. O equipamento permite localização mais exata dos fungos causadores da infecção através da fluorescência característica do próprio micro-organismo. Dois protótipos vêm sendo usados para tratar a unha, com irradiação em dois comprimentos de onda para ativar diferentes substâncias nos medicamentos, que absorvem em comprimentos diferentes: *São compostos fotossensíveis bem diferentes*, comenta Natalia Mayumi Inada, especialista em laboratório do Grupo de Óptica e orientadora do projeto: *O intuito é comparar a eficácia de cada composto e para isso utilizamos uma fonte de luz específica: uma na região do vermelho e outra na região do azul, completa*. Assim, o equipamento, liberando a luz em um comprimento de onda específico, tem a função de ativar o composto fotossensível que, já em contato com a unha danificada, gera espécies reativas de oxigênio que são prejudiciais aos micro-organismos: *Estas espécies reativas de oxigênio são tóxicas para o fungo ou para a bactéria e acabam por eliminá-los*, esclarece Natalia. A medicação fica em contato direto com a lesão durante apenas uma hora, iluminada por vinte minutos. Com a rapidez da ação, Ana Paula conta que consegue tratar de dez a quinze pacientes por dia.

Tanto o protótipo do equipamento quanto a técnica da inativação fotodinâmica já estão patenteados. As medicações usadas são comerciais, já aprovadas para estudos clínicos experimentais – uma de origem russa e outra nacional, sintetizada por uma indústria farmacêutica de Ribeirão Preto. Na

próxima etapa desta pesquisa, após a finalização do tratamento dos pacientes em São Paulo, a equipe pretende montar uma infraestrutura em Ribeirão Preto. Isso porque uma empresa especializada na área médica e odontológica, sediada em Ribeirão Preto, manifestou interesse em transformar o protótipo em equipamento, produzindo-o. Assim, haveria uma colaboração com uma podóloga para o tratamento de um grupo de pacientes, do qual sairiam resultados a serem enviados à Agência Nacional de Vigilância Sanitária para a aprovação do equipamento e desenvolvimento do produto final.

Outra parceira em potencial é uma indústria de cosméticos localizada em São Paulo, que pretende tratar mais um grupo de pacientes na capital e desenvolver o equipamento de maneira comercial: *Para nós, essa parceria com indústrias é importante para tornar a técnica acessível na comunidade, porque sabemos que o projeto de pesquisa vai chegar ao fim, ao contrário do número de pacientes sofrendo desta doença. Estamos trabalhando para que a técnica seja difundida, sobretudo de maneira economicamente acessível*, comenta Natalia.



Protótipo em funcionamento: a luz ativa substâncias específicas da medicação aplicada na unha doente, gerando uma reação química que libera espécies de oxigênio que são prejudiciais aos fungos causadores da onicomicose.

O tratamento da onicomicose por terapia fotodinâmica já existe, mas custa muito caro e poucos conseguem usufruir das vantagens da técnica. Por isso, atualmente o tratamento da onicomicose se dá de duas formas: via oral ou tratamento tópico. Em ambos os casos, a resposta não é tão eficaz, razão pela qual a maioria dos pacientes tratados por Ana Paula sofre desse mal há anos: *Além disso, quem toma medicamento tem efeitos colaterais e a terapia que utilizamos tem aplicação local e se utiliza de medicação tópica, o que também contribui para impedir que os micro-organismos criem resistência*, explica Ana Paula: *Já foi provado que alguns micro-organismos específicos desenvolveram resistência a alguns medicamentos*, completa Natalia. No caso da inativação fotodinâmica, os

pacientes podem ser submetidos a tantas sessões quantas forem necessárias: *Nossa única recomendação é que haja um intervalo de uma semana entre duas aplicações*, observa Natalia.

O tratamento está sendo oferecido gratuitamente, de forma experimental nesta etapa da pesquisa. Segundo as pesquisadoras, a maioria dos pacientes já se mostra muito desacreditada com os tratamentos convencionais e não vê mais solução para seus casos, mas esta terapia tem mudado suas perspectivas de saúde e bem-estar, até porque *basta não faltar às sessões*, conta Natalia.

O interessante deste projeto de pesquisa é que, além da aplicação prática do tratamento, Ana Paula desenvolve uma cultura dos micro-organismos em laboratório – o chamado processo *in vitro*, maneira pela qual se investigam processos biológicos fora de sistemas vivos. Ana Paula cultiva, em placas, uma grande parte da linhagem dos fungos causadores da onicomicose e aplica a terapia fotodinâmica para avaliar sua reação: *É a associação da pesquisa básica - que é a parte laboratorial - com a pesquisa aplicada - que é a parte clínica em si -, envolvendo pacientes. Isto desperta interesse da comunidade, desde pacientes em potencial até outras universidades e empresas que pretendem colaborar e difundir a técnica*, finaliza Natalia.

Odontologia: os LEDs e a saúde bucal

08 de Fevereiro de 2012

Os diodos emissores de luz, conhecidos como LEDs, são hoje amplamente difundidos, mas esta não era a realidade quando a atual docente da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Alessandra Nara de Souza Rastelli, iniciou seu Mestrado em 2000. Ela usou LEDs nas restaurações dentárias, em parceria com o Grupo de Óptica do IFSC: *Quando iniciei minha pós-graduação em Dentística na Unesp (Faculdade de Odontologia de Araraquara), a faculdade já tinha convênio com o IFSC. Naquela época, eu nunca imaginava que desenvolveria alguma coisa relacionada à Física, relembra Alessandra.*

A proposta inicial tinha como tema *fotoativação de materiais restauradores*. Paralelamente, o Grupo de Óptica tinha acabado de desenvolver um sistema para fotoativação de materiais por LED: *Eu cumpria as disciplinas de pós-graduação na Unesp, mas as pesquisas eram desenvolvidas aqui no IFSC. Minha dissertação de Mestrado foi o primeiro trabalho apresentado na Unesp que utilizou o sistema LED para fotoativação e por isso acabou sendo inovador para aquela época, conta: Gostei muito dessa interação entre áreas da saúde e ciências básicas e cada dia que passa mais me convenço da importância dessa interdisciplinaridade.*



Equipamento com LED azul desenvolvido pelo Laboratório de Apoio Tecnológico (LAT) do Grupo de Óptica (IFSC/USP) para aplicação em descontaminação bucal pela Terapia Fotodinâmica.

A fotoativação em materiais restauradores serve para enrijecer o material colocado num dente: *Esse material tem um 'foto iniciador' em sua composição, que é sensível a um determinado tipo de luz. Em contato com a luz, o material restaurador endurece e adquire propriedades mecânicas adequadas, as quais terão uma vida útil de cinco a seis anos na cavidade oral, explica a docente. O referido material é feito à base de polímeros utilizados em odontologia. Hoje, são as populares resinas compostas as mais utilizadas para restaurações e suas propriedades ópticas assemelham-se às propriedades das estruturas dentárias: Essa técnica não tem restrição ou contraindicação. No entanto, esse material não é tão resistente em*

restaurações muito grandes, conta. Além da vantagem estética que esse material oferece, a melhor adesão às estruturas dentais também é um diferencial: *Ele une-se micromecanicamente às estruturas do dente, o que não acontecia com o amálgama dental, uma vez que se tratava de um material metálico.* Dessa forma, é possível preparar uma cavidade em tamanho menor, ou seja, não é preciso deixar um grande *curativo odontológico* em nossos dentes, como antigamente: *Com o amálgama, tínhamos que fazer um preparo com características específicas para que ele ficasse retido no interior da cavidade, mecanicamente,* elucida Alessandra.

Mesmo já utilizado há algum tempo, esse tipo de restauração é até hoje a mais popular entre os cirurgiões-dentistas. Novos tipos de LEDs são estudados para também viabilizar outros tratamentos: *Meu mestrado foi o primeiro trabalho - ou talvez um dos primeiros - a apresentar o uso do LED na fotoativação, mas se fizermos um comparativo daquela época - em 2000 - até hoje, houve uma evolução muito*

grande e os sistemas de LED são aperfeiçoados continuamente, afirma Alessandra. O trabalho da docente visa não só à cura, mas também à prevenção. Atualmente trabalha com terapia fotodinâmica para redução antimicrobiana: *A ideia é que a terapia fotodinâmica tenha outras aplicações na odontologia, quem sabe de uma forma mais preventiva de doenças bucais.*

A parceria entre Alessandra e o IFSC vem sendo ampliada, pois além do *Grupo de Óptica*, hoje ela também colabora com o *Grupo de Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos (CCMC)*, com o docente Antonio Carlos Hernandez. Neste caso, o foco é o desenvolvimento de nanomateriais para odontologia: *A ideia é continuar os estudos, sempre tendo em vista novos horizontes, tanto através da terapia fotodinâmica, com o aperfeiçoamento das técnicas que já temos e aplicação das mesmas em pacientes, como para desenvolvimento de novos materiais, podendo apresentar materiais com propriedades antimicrobianas, por exemplo, conta.*

Tecnologia facilita diagnóstico de distúrbios gastrointestinais

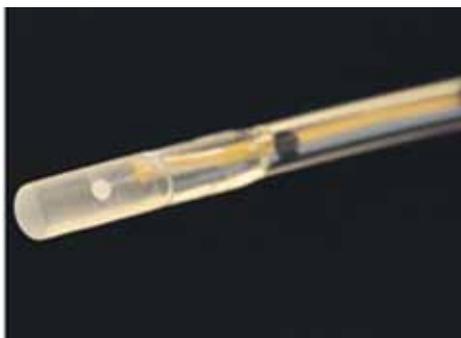
28 de Fevereiro de 2012

Pesquisa desenvolvida por físicos da USP de São Carlos emprega um semi-metal como sensor de acidez no esôfago humano, associando a tecnologia a um dispositivo eletrônico que oferece diagnóstico rápido e fácil para o paciente que sofre de doenças gastrointestinais.

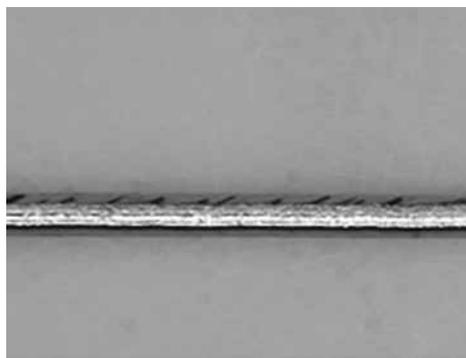
O projeto de pesquisa de docentes do IFSC envolve métodos para preparar monocristais de antimônio – um metaloide representado na tabela periódica pelo símbolo *Sb* – com dimensões apropriadas para aplicações em eletrodos para determinar o pH no esôfago humano. O resultado final é um aparelho portátil com funcionamento à base de pilha alcalina, capaz de armazenar dados estatísticos a partir do monitoramento da acidez no local de aplicação. Quando transmitidos a um computador através de um cabo USB, estes dados fornecem um laudo de fácil leitura para diagnóstico de

pacientes que sofrem de refluxos ácidos por distúrbios gastrointestinais.

Segundo José Pedro Andreeta, pesquisador do *Grupo de Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos* (CCMC) do IFSC e coordenador da pesquisa, o antimônio é um elemento químico cujas propriedades elétricas dependem da acidez do meio em que se insere: *Isso faz com que ele seja o material mais conveniente para ser aplicado como sensor de pH*, comenta ele. Além disso, o antimônio possui baixa impedância e permite miniaturização. Portanto, sensores de antimônio podem substituir os frágeis sensores convencionais fabricados a partir da miniaturização de vidro, conforme explica Andreeta: *A interferência do sensor deve ser desprezível quando queremos determinar o pH de sistemas biológicos, constituídos por soluções de pequeno volume, como é o caso de órgãos do sistema digestivo humano*. O principal desafio do projeto de pesquisa está relacionado à eficiência e à durabilidade dos sensores de antimônio. As técnicas de trabalho convencionais com o antimônio são baseadas em eletrodos policristalinos, que costumam produzir impulsos de baixa resolução e de estabilidade pobre, o que dificulta sua sensibilidade num processo contínuo de medidas: *Esse fato está associado, principalmente, à presença de uma grande quantidade de contornos de grãos (cristais isolados na*



matéria em estado sólido) em contato com a solução, pois a taxa de dissolução e de formação de óxido difere significativamente da que ocorre nas fases monocristalinas, esclarece o pesquisador.



Fibra monocristalina de antimônio com dimensões apropriadas para aplicações em sensores de pH no esôfago humano.

Os monocristais, por sua vez, são desenvolvidos a partir de processos que dispensam cortes e polimentos pós-preparação, o que além de custar caro ocasiona defeitos indesejáveis no material: *Os monocristais foram crescidos em forma de fibras, com dimensões apropriadas para aplicação nos eletrodos, sem prévia manipulação*, conta Andreetta. Este processo está sendo patenteado pela USP, em parceria com a *Alacer Biomédica*, indústria eletrônica que atuou no financiamento da pesquisa e já manipula a técnica, transformando-a em um produto final acessível e disponível no mercado.

Andreetta explica, em detalhes, o porquê da necessidade de desenvolvimento de uma técnica de crescimento dos monocristais de antimônio. Segundo ele, num cris-

tal existe uma organização sequencial de átomos em uma rede cristalina, razão pela qual é comum encontrar na natureza corpos sólidos cerâmicos que são constituídos de uma infinidade de micro-cristais, o que mascara as suas propriedades e inviabiliza muitas vezes suas aplicações tecnológicas. Já um monocristal, como o diamante, apresenta organização atômica quase perfeita: *A preparação de um monocristal em laboratório é normalmente muito mais difícil do que a preparação de um material cerâmico, porque muitos parâmetros devem ser controlados*, comenta Andreetta. É por esta razão que eles raramente são encontrados na Natureza e têm um custo tão elevado. Dominando a técnica de produção destes monocristais em laboratório, foi produzido um sensor para aplicação possível no esôfago, através de um cateter. A partir da monitoração, um dispositivo eletrônico se encarrega de produzir laudos médicos que oferecem um diagnóstico de fácil leitura, com base em métodos pré-estabelecidos de cálculo de pH, como as pontuações de DeMeester e de Boix-Ochoa.

O software consegue fazer outros cálculos com base nos dados medidos pelo sensor, como a Probabilidade de Associação com Sintomas, Índice de Sensibilidade a Sintomas e Índice de Sintomas, o que facilita o diagnóstico no caso do paciente que sofre de refluxos de diversas origens. Além disso, o equipamento eletrônico permite associação com diversos outros softwares, feito inédito na substituição de equipamentos completos de exames e diagnósticos. Isso facilita o trabalho do profissional

da saúde e aumenta as chances de recuperação de pacientes com refluxo gastroesofágico (DRGE), que podem sofrer de azia, ardor, tosse e problemas respiratórios. A partir da análise com o equipamento, associada ao estudo dos antecedentes do

indivíduo, é possível avaliar o quadro e indicar o melhor tratamento que, ao lado de dietas balanceadas ou de intervenções cirúrgicas pontuais, podem devolver saúde e bem estar ao paciente.



À esquerda, cateter com o sensor de antimônio e, à direita, equipamento eletrônico de monitoração e diagnóstico da acidez no esôfago humano.

Bisturi ultrassônico - Tecnologia brasileira na sala de cirurgia

05 de Abril de 2012

O conhecimento e experiência da equipe do Grupo de Óptica do IFSC, aliado à busca da inovação pela empresa *WEM*, deram origem a um novo sistema de bisturis baseado na tecnologia de ultrassom. O sistema permitirá ao médico realizar cortes mais precisos num período de tempo mais curto, além de cauterização. Procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos são grande tendência mundial, pois minimizam os riscos. Para viabilizar este tipo de avanço, são necessários instrumentos e métodos de alta tecnologia que evitam grandes sangramentos ou complicações causadas por infecções.



Esses bisturis são necessários para as mais variadas cirurgias, desde as de alta complexidade, como transplantes de órgãos, até intervenções que se utilizam da laparoscopia, que requerem uma pequena incisão. Considerando que o número de procedimentos laparoscópicos tem dobrado a cada ano, o Grupo de Óptica do IFSC, incentivado pela

empresa especializada em dispositivos médicos *WEM* e financiado pela Finep, tem trabalhado para produzir um bisturi ultrassônico nacional.

A equipe responsável pelo projeto trabalha no Laboratório de Apoio Tecnológico (LAT) do IFSC e é experiente em transdutores e instrumentação na área médica. O bisturi de ultrassom, aprovado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária há menos de cinco anos, já é amplamente utilizado no Brasil, especialmente em cirurgias abdominais, operações mamárias, ginecológicas e em tecidos delicados, como os da face e pálpebras, além de cirurgias complexas, como as de crânio e de coluna. Seu uso não é mais disseminado devido ao alto custo, com preço médio de R\$ 18 mil.

O bisturi ultrassônico é baseado em um sistema transdutor que gera vibrações ultrassônicas até uma ponta que transmite a energia ao tecido. A ativação ultrassônica do instrumento se dá através de um sinal elétrico que, transmitido ao bisturi, excita um conjunto de cerâmicas piezoelétricas. O conjunto de cerâmicas passa a vibrar em uma frequência entre 50.000 e 55.000 Hz, muito superior à frequência detectada pelo ouvido de um ser humano, que consegue distinguir apenas os sons na faixa dos 20 aos 20.000 Hz. Essa energia mecâni-

ca é transmitida às proteínas, degradando-as e causando o rompimento dos tecidos.



A equipe já desenvolveu diversos protótipos de transdutores no decurso do projeto.

Este aparelho, concebido especificamente para o tratamento de tecidos moles em procedimentos laparoscópicos (internos), possui uma ponta que prende o tecido a ser processado, como um pequeno alicate. Uma das bases do alicate deve permanecer imóvel e a outra, impulsionada pelo ultrassom, promove o corte e cauterização do local. Os pesquisadores acreditam que seria possível desenvolver outros tipos de instrumentos que poderiam servir para o corte de ossos, por exemplo, através do ajuste da frequência do sistema e da ponta da haste do bisturi:

Vantagens do bisturi ultrassônico

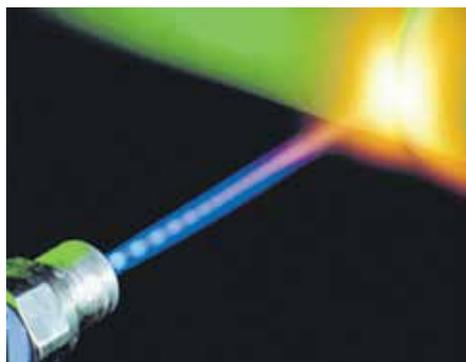
- Maior controle do cirurgião sobre o procedimento
- Diminuição do período de operação
- Redução nos danos aos tecidos
- Recuperação mais rápida do paciente
- Menos cicatrizes
- Redução dos riscos de hemorragias e infecções
- Não produz fumaça ou odores
- Não transmite corrente elétrica através do paciente

Nós já trabalhamos no modelo matemático do transdutor ultrassônico, fizemos simulações e agora estamos fazendo o protótipo, tanto do transdutor quanto da haste, confirma Thiago Balan Moretti, pós-graduando que, sob orientação do Prof. Vanderlei Bagnato, se encarrega do projeto. Além do transdutor e da haste transmissores, os pesquisadores trabalharão no sistema eletrônico e mecânico: Este projeto deverá produzir os primeiros dispositivos desta tecnologia. Mais importante ainda é que deverá gerar conhecimento e experiência no setor empresarial, para que a tecnologia possa avançar e beneficiar a sociedade, reflete Moretti: Vamos desenvolver, testar e ajudar na elaboração de um produto final, pronto para ir para o mercado, finaliza ele.

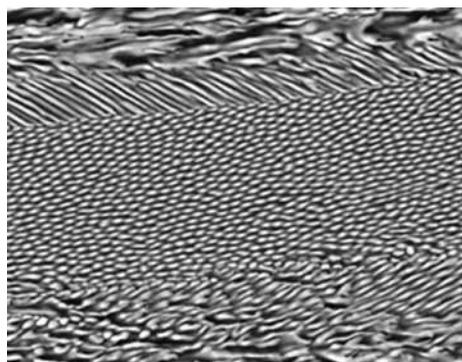
Laser - Pontas de cristal na termoterapia

10 de abril de 2012

A cura de lesões através de aquecimento ou resfriamento de corpos - a termoterapia - não é novidade e há relatos de que a técnica já era usada na Grécia e Roma antigas. Hoje, a termoterapia é muito mais sofisticada, principalmente com o uso de lasers e serve, inclusive, para curar tumores na pele. São usadas também fibras ópticas que transportam a luz até o local de incidência, o que abre perspectivas de novos desenvolvimentos com materiais mais adequados para determinada aplicação. Exemplo de pesquisa nessa área é a desenvolvida pelo aluno de doutorado do Grupo de Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos do IFSC, Sérgio Marcondes. Sob orientação do docente Antonio Carlos Hernandes e co-orientação do pesquisador Marcello Andreetta, o aluno produziu pontas cristalinas micrométricas para serem utilizadas na termoterapia pontual a quente, com irradiação de raio laser.



As pontas de dimensões milimétricas e submilimétricas utilizadas atualmente em termoterapia são feitas de metais ou carbono, que possuem algumas desvantagens. Na pesquisa no IFSC, as pontas são preparadas com dois componentes químicos - a alumina e o óxido de neodímio, cujas propriedades são superiores às pontas convencionais: *Se eu fabrico um material eutético (duas fases cristalinas, obtidas a partir de uma fase líquida) de alumina e zircônia, por exemplo, o primeiro possui propriedades ópticas e o segundo propriedades mecânicas. Assim, essas diferentes propriedades ampliam as aplicações. No caso de nossa pesquisa, as pontas cristalinas produzidas são mais maleáveis e geram calor devido à ação da radiação do laser de maneira mais eficiente, aproveitando-se das propriedades da alumina e do neodímio*, explica Sérgio.



Padrão microestrutural da ponta cristalina

Para produzir as pontas cristalinas, o doutorando prepara uma mistura de alumina e óxido de neodímio na forma de um bastão cerâmico. Este é aquecido com radiação de um laser de CO₂ de alta potência para atingir a temperatura de 2.000° C e obter a fase líquida que será transformada em um material eutético – a ponta cristalina. O formato e a dimensão da ponta são controlados alterando-se os parâmetros de fabricação. O diâmetro da ponta de cristal é de 300 a 600 micra (1 micron equivale a 10⁻⁶m). A ponta acoplada a uma fibra óptica bombeada com um laser de comprimento de onda de 808 nm permitiu atingir temperaturas superiores a 200° C, muito acima do necessário para tratar o tecido humano.

Nos testes emprega-se um elemento inusitado: claras de ovo, usadas para que os pesquisadores determinem a região que pode ser aquecida: *O uso da clara de ovo facilita a visualização do campo de aquecimento produzido por cada ponta e sua relação com a potência do laser usado para acoplar com a fibra. Esse procedimento experimental é rápido, simples e permite definir qualitativamente o efeito de cada ponta cristalina*, afirma Hernandes.

Após a construção do protótipo, o próximo passo é fazer testes de variação de temperatura na ponta cristalina: *Estamos estudando a melhor composição de neodímio, ou seja, qual a quantidade ideal que deve ser adicionada à alumina para compor a ponta de cristal*, conta Sérgio. Os pesquisadores ainda não conseguem identificar todas as possíveis aplicações das pontas, mas enfatizam que podem ser usadas em microcauterizações e para tratamento de

pequenos tumores: *Ainda não sabemos todas as potencialidades de uso da ponta cristalina e estamos entrando em contato com profissionais da área de saúde para avaliar esse potencial*, frisa Hernandes. Os resultados são promissores: *Essas pontas, por possuírem efeito térmico indireto, em tese podem evitar efeitos secundários em pacientes. Por exemplo, em um sistema de aquecimento por rádio-frequência é muito mais difícil controlar a região aquecida, podendo atingir tecidos vizinhos*, explica Andreetta.

Ele cita o sistema de aquecimento por meio de interação laser-tecido, afirmando que este também é de difícil controle, pois os diferentes tecidos possuem diferentes absorções ópticas, ou seja, para certa região do tecido, a potência do laser pode ser adequada, para outra não: *O aquecimento com as pontas que estão sendo desenvolvidas poderia evitar estes problemas, por se tratar de um aquecimento por condução e, portanto, muito mais localizado, evitando danos nos tecidos vizinhos ao tecido a ser tratado*, afirma. Com esse dispositivo, um médico, conhecendo a potência do laser, poderá controlar a temperatura na ponta de cristal em contacto com a pele.



Na figura, equipamento utilizado para produzir ponta cristalina. No destaque, a ponta.

(Imagens: Sérgio Marcondes)

A RMN e o ouro negro

18 de Maio de 2012

Uma estratégia comum entre pesquisadores para obter resultados mais rápidos em seus estudos, sem prejudicar a qualidade do trabalho, é analisar objetos indiretamente. Este é o caso da pesquisa do doutorando do Laboratório de Espectroscopia de Alta Resolução (LEAR) do Grupo de Ressonância Magnética do IFSC, André Alves de Souza, que estuda rochas com características similares às rochas de petróleo.

O petróleo já extraído em grande escala ou do pré-sal fica armazenado em rochas porosas (rochas de petróleo): *Essas rochas têm buracos, como se fossem esponjas bem pequenas*, exemplifica André. As rochas estudadas por André não são retiradas de poços de petróleo, mas sim de pedreiras que ficam na superfície. Porém, as características são muito similares: *Quando se explora um poço de petróleo, é preciso saber três coisas: se tem petróleo - e não só água -; se o petróleo é leve ou pesado; e como é o tipo de rocha em que está armazenado*, elucida o pesquisador: *Uma das rochas que estudamos é do mesmo tipo daquela que deu corpo ao Empire State Building*, conta.

André usa a técnica de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) para identificar a porosidade e o tipo de petróleo que está sendo explorado. Em alguns casos, há petróleo de boa qualidade, porém pre-

so em rocha com poros muito pequenos. O gasto de energia para essa retirada do petróleo será maior, encarecendo o preço do combustível. Portanto, algumas vezes o custo da retirada não compensa: *A técnica para retirada não pode gerar petróleo cujo custo é maior que a cotação do barril no mercado*, explica André.

Ainda durante o doutorado, ele teve oportunidade de realizar um estágio de cinco meses na empresa franco-americana *Schlumberger*, a maior prestadora de serviços para campos de petróleo, em Boston (EUA). Após o estágio, foi efetivado na empresa, mas dessa vez para trabalhar no recém-inaugurado centro de pesquisas brasileiro da empresa - a *Schlumberger Brasil Research and Geoengineering Center* -, sediado no Rio de Janeiro e focado na gestão de conhecimento sobre o pré-sal.

Embora não diretamente relacionada ao novo trabalho de André, sua pesquisa no IFSC o auxilia em grande parte de suas tarefas: *Por RMN, será possível extrair informações sobre as rochas de petróleo e sobre o próprio petróleo, o que poderá ajudar na montagem de um plano para exploração do combustível*, explica.

A RMN e o petróleo

Os estudos de André são mais voltados aos fluidos dentro da rocha do que à rocha propriamente dita. Tais rochas, que têm

principalmente em comum com as rochas de petróleo a porosidade e permeabilidade, são ocas. Por isso, são saturadas com salmoura (água e sal), para deixá-las ainda mais parecidas com as rochas de petróleo: *Também podemos enchê-las com óleo, que imita o petróleo, conta: Mas o que nos importa é o óleo e não a rocha. O tipo de rocha reservatório é que determinará se a extração em uma determinada jazida será economicamente viável. Daí a importância em se estudar rochas porosas.*

A grande questão é como a medida de RMN possibilita que se conheça a rocha,

ou seja, quanto óleo cabe nela, o que informa o quanto de partes vazias existe: *Isso me informa a capacidade da rocha em armazenar o petróleo. No quesito porosidade, quanto mais permeável for a rocha mais fácil será extrair o petróleo armazenado,* explica André.

Tais informações são úteis à indústria, que poderá usá-las para aprimorar técnicas de extração de petróleo ou criar novas: *O resultado de minha tese é uma melhoria do modelo existente de RMN para a caracterização de rochas porosas.*



Na figura, um reservatório típico de petróleo e gás. Bem no centro, rochas porosas, onde o petróleo fica armazenado.

Doenças negligenciadas - Vacina contra esquistossomose teve IFSC como *braço direito*

26 de Junho de 2012

Quando se abre a perspectiva de cura para uma doença parasitária que faz duzentos milhões de vítimas no mundo, a excitação é geral. Isso justifica a grande repercussão do anúncio feito na semana passada sobre a vacina contra a esquistossomose, pela Fundação Osvaldo Cruz (Fiocruz).



A esquistossomose, segunda doença que mais faz vítimas no planeta (depois da malária)*, é causada por parasitas do gê-

nero *Schistosoma*, entre eles o *Schistosoma mansoni*. Mais conhecida como *Barriga d'água*, ela é transmitida por caramujos (que hospeda o parasita temporariamente) e penetra na pele de humanos que entrem em contato com a água habitada pelo caramujo contaminado. Diarreia, febre, cólicas, dores de cabeça, sonolência, emagrecimento, endurecimento ou aumento do volume do fígado e hemorragias que causam vômitos, são os sintomas mais comuns.

O maior número de vítimas está na África, mas a doença é também um grande problema no Brasil, que tem mais de dois milhões de pessoas com esquistossomose. Para se ter uma ideia, o câncer atingiu cerca de quinhentas mil pessoas no ano passado. Apesar de pessoas infectadas pela esquistossomose conseguirem conviver com a doença (em média, somente 1% dos infectados morre), sua qualidade de vida é péssima: *Como são, geralmente, populações de países pobres as maiores vítimas da esquistossomose, a colaboração dessas pessoas para o desenvolvimento do país é mínima. Ou seja, a doença não mata, mas traz consequências muito graves para a sociedade*, declara o docente do IFSC, Richard Charles Garratt.

A pesquisadora da Fiocruz, Miriam Tendler, dedicou trinta anos de seus estudos ao *Schistosoma mansoni* e encontrou no próprio parasita a solução para - ao que

tudo indica - eliminar a doença. A SM14 (como foi batizada por Tendler) é uma das moléculas encontradas no organismo do parasita, responsável pelo transporte de lipídios. No organismo humano, a SM14 gera uma resposta imune, incitando a produção de anticorpos: O hospedeiro [organismo humano] é capaz de reconhecer essa molécula e montar uma resposta imune contra ela. Então, se ele entrar em contato com o parasita, o sistema imune já está pronto para reagir contra ele. Tal descoberta abre inúmeras possibilidades, além da produção de uma vacina contra esquistossomose.

Essa é a primeira vez que o processo de desenvolvimento de uma vacina é feito integralmente no Brasil. Vários colaboradores estiveram envolvidos, entre eles o próprio Richard, que também foi o *braço direito* de Miriam. Ele empregou seus conhecimentos em biologia estrutural para modelar a SM14, identificando as regiões mais importantes da molécula para gerar a resposta imune: *Esse é um exemplo muito claro de como a ciência básica e a aplicada podem - e devem - andar juntas. Todo cientista sabe que é fundamental investir nessas duas frentes, pois a pesquisa básica traz os fundamentos. Mas, investir somente na ciência básica não gerará produtos. O segredo é encontrar o equilíbrio entre elas,* destaca Richard: *Se a Miriam (Tendler) não tivesse a preocupação de entender a molécula que ela tinha em mãos, o projeto teria tido outro percurso.* Conhecer a estrutura da molécula é importante por diversos motivos, entre eles saber se a vacina não criará anticorpos contra o próprio organismo, uma vez que temos moléculas muito parecidas com a

SM14: *Poder identificar as diferenças significativas entre as proteínas de parasitas e seres humanos reforça novamente a importância da pesquisa básica, pois é preciso saber se uma molécula que cria anticorpos no organismo humano não será prejudicial a ele próprio.*

Outra docente do IFSC, Ana Paula Ulian Araújo, também em conjunto com Tendler, está trabalhando na criação de uma ferramenta capaz de avaliar o grau de eficácia da vacina em cada indivíduo: *Cada pessoa reage de uma forma diferente à mesma vacina, pois os genes de cada ser humano são diferentes uns dos outros. Por isso, seria muito interessante ter uma ferramenta que permitisse o acompanhamento da vacina,* explica Richard.

Durante o desenvolvimento da vacina contra a esquistossomose, os pesquisadores tiveram mais uma surpresa: a SM14 gera uma reação cruzada com outro parasita - o *Fasciola hepática* - que afeta principalmente bois e ovelhas. Ou seja, o *Fasciola*, que é um problema sério nos países de economia baseada na criação de ovelhas (como a Holanda), também poderá ser combatido pela vacina. Por exemplo, ovelhas já receberam as vacinas e ficaram protegidas contra o *Fasciola*: *Isso é o que chamamos de vacina bivalente. Novamente, é algo que teve um apoio muito importante do IFSC, com o papel de estudar a estrutura da molécula e explicar esse acontecimento,* conta Garratt.

A fase 1, em que a segurança da vacina é testada, já foi completada, em que vinte homens saudáveis receberam a vacina e não apresentaram reações ou efeitos colaterais: *Essa fase deve ser realizada obrigatoriamente*

no país onde a molécula - que é o princípio ativo da vacina - foi encontrada. Portanto, a fase 1 foi feita no Brasil, conta Richard. Mesmo assim, a manufatura das vacinas foi feita nos Estados Unidos. Na fase 2, prevista para ter início já no próximo semestre, o número de voluntários para receber a vacina aumenta, passando de vinte para mais de duzentos. Os voluntários devem ser moradores em áreas endêmicas, ou seja, áreas com alto risco de serem contaminados pelo parasita. No caso da esquistossomose, certamente voluntários de países africanos participarão da fase 2. Falar sobre a fase 3 já é algo mais indefinido, pois ela depende da segunda. Contando que esta seja bem sucedida e que nenhum dos voluntários apresente reações negativas, mais pessoas (de mais países) participarão da terceira fase. Na fase 4, finalmente a vacina já estará acessível a todos.

Para a vacina contra a esquistossomose, essas fases deverão levar cerca de quatro anos, de acordo com Richard. Esse tempo pode ser afetado por outros fatores:

*Dependemos de financiamento para produção, aprovação da ANVISA**, toda parte burocrática e logística deve estar finalizada. Portanto, pode demorar um pouco mais do que o tempo previsto, mas tudo dependerá do andamento das fases anteriores.*

A FINEP tem arcado com os custos da pesquisa, que agora também tem apoio da empresa *Ouro Fino Agronegócio*. Outras fontes, como a *Gates Foundation*, também já estão sendo consideradas. Mesmo sem poder assegurar a eficácia da vacina para humanos, Richard aposta nas probabilidades favoráveis. Ele afirma que, de todos os projetos de cunho aplicado para doenças tropicais dos quais participou e participa, o da esquistossomose é o que tem melhores perspectivas para finalizar com um produto.

*dado fornecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

** Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Sinais do Século XXI: O biochip que recuperará movimentos perdidos

27 de Agosto de 2012

A complexidade das ações que gerem nosso corpo é conhecida, como a possibilidade de absorver substâncias estranhas a ele e incorporá-las como se delas fizessem parte. Os implantes de titânio revolucionaram os tratamentos dentários, há quinze anos. Os polímeros usados também há algum tempo para encapsular diversos medicamentos que ingerimos já foram aceitos pelo nosso corpo sem rejeição ou efeito colateral.

Esses materiais e procedimentos poderão parecer da idade da pedra, se comparados com o que um time de pesquisadores da USP ambiciona. Em conjunto com colegas de outras universidades, eles pretendem implantar um chip no cérebro, capaz de enviar sinais do córtex motor* para um dispositivo fora do corpo, gerando a possibilidade de devolver os movimentos a membros do corpo humano sem funcionamento. Tal chip será integrado a uma antena e eletrodos, configurando-se um dispositivo nomeado *Interface Neural Implantável*, que metaforicamente é como se fosse um *bluetooth* do cérebro.

O material eleito para criar essa interface é o semicondutor carbeto de silício (SiC), em princípio totalmente compatível com o corpo humano. Uma vez implantado no cérebro, enviará sinais deste para o membro

que deve se mover - braço ou perna. Através dessa tecnologia revolucionária, mesmo aqueles que perderam algum membro terão de volta o movimento perdido. Nesses casos, entrará em cena um exoesqueleto que vem sendo confeccionado na EESC, sob coordenação do docente Adriano Almeida G. Siqueira. Sinais elétricos do cérebro serão enviados ao chip, que por sua vez enviará o comando ao exoesqueleto, permitindo que o movimento seja feito.

Antes de se chegar ao carbeto de silício, o docente da *University of South Florida* (EUA) e professor-visitante do ICMC, Stephen E. Sadow, um dos participantes da pesquisa em questão, testou outros materiais que se mostraram incompatíveis com o corpo humano. Entre os candidatos, o silício só conseguiu permanecer no organismo por alguns meses. A segunda tentativa foi encapsular o silício com cerâmica, mas alguns anos depois a rejeição das células humanas ao material levou ao insucesso da experiência: *Pessoas não podem fazer cirurgias no cérebro a cada cinco anos. Primeiro, porque a cada cirurgia tecidos do cérebro são mortos e danificados. Segundo, porque elas não terão condições de arcar com esse custo*, justifica Stephen sobre o curto prazo de validade dos materiais testados até o momento.

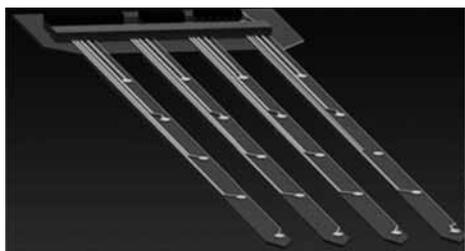


Imagem ilustrativa da Interface Neural Implantável cedida pelo docente, Mário Alexandre Gazziro.

Com o SiC, o cenário é outro. Experiências em seres humanos ainda não foram feitas, mas nos testes *in vitro* - feitos com células de seres humanos, analisadas em placas de Petri-, os resultados com o carbeto são animadores: *Até o momento, não houve reação ao SiC. A experiência com o SiC foi feita há um mês e até o momento não houve nenhuma reação química às células*, comemora Stephen.

O experimento é inovador pelo local onde se pretende fazer o implante, que é um ambiente inóspito, com corrente sanguínea e reações químicas. Em conjunto com Stephen, o docente do IFSC Valtencir Zucolotto oficializará uma colaboração para estudar a toxicidade e biocompatibilidade dos novos materiais que estarão no cérebro humano: *Colocaremos os materiais em contato com células humanas neuronais. Os testes serão in vitro, em princípio, e posteriormente pretende-se avançar para testes in vivo com roedores*, esclarece Zucolotto.

No ICMC, o docente Mário Alexandre Gazziro trabalha com a otimização de consumo de energia na *Interface Neural Implantável* que será criada, além de um

equipamento (já construído) capaz de fazer um mapeamento tridimensional do corpo humano: *O consumo é um fator crítico no desenvolvimento da interface cerebral sem fios, pois quanto mais eletrodos, melhor a precisão dos movimentos realizados; porém mais eletrodos representam maior consumo. Vamos começar com três eletrodos, possibilitando movimentos com poucos graus de liberdade. O ideal seriam cem eletrodos para diversos graus de liberdade. Com mil eletrodos é possível reproduzir os graus de movimento complexos de uma mão com todas as articulações dos dedos. Logo, redução do consumo de energia permite a inclusão de mais eletrodos, sendo que esse será sempre um fator a otimizar na interface proposta*, explica Gazziro.

Neste projeto, o docente do IFSC, Cléber Renato Mendonça, é responsável pela microfabricação a laser. Para completar o time, o docente da Universidade Federal do ABC (UFABC), Carlos Alberto dos Reis Filho, desenvolverá a parte de eletrônica analógica do chip e supervisionará o projeto da antena.

Até o momento, os resultados oferecidos pela pesquisa básica têm trazido entusiasmo aos pesquisadores. Sua aplicação, no entanto, caminha a passos cautelosos: *Para que as Interfaces Neurais Implantáveis estejam no mercado, a previsão mais realista é de dez a vinte anos. A conclusão dos estudos, no entanto, deve ser feita em cinco anos*, conta Stephen: *Minha esperança é que consigamos completar os testes com humanos em seis anos. Se atingirmos essa meta, o chip irá para o mercado mais rapidamente.*



Equipamento utilizado para mapeamento em 3D do corpo humano, confeccionado no ICMC.

O SiC já vem sendo utilizado em interfaces musculares, no sistema nervoso periférico. Nesse novo projeto, inicia-se seu uso no sistema nervoso central, sendo que as respostas imunológicas do organismo, nesse último, são completamente diferentes. Isso explica o longo prazo para validação clínica do sistema (estimado em três anos para testes em ratos e quinze anos para testes com humanos), para que esse produto efetivamente chegue ao mercado.

**região do cérebro responsável pelo controle das atividades motoras.*

Novo material desenvolvido no IFSC promete revolucionar construção civil

31 de Janeiro de 2013

Um novo material 100% reciclável desenvolvido no IFSC promete revolucionar e baratear a construção de edifícios. A nova espécie de bloco – fosfogesso – substitui o tradicional bloco de concreto e cerâmica, economizando tempo de mão-de-obra e custos. Este bloco inovador foi desenvolvido em pesquisa realizada pelo Prof. Milton Ferreira de Souza, através de um subproduto da fabricação de ácido fosfórico utilizado na produção de fertilizantes agrícolas. O denominado fosfogesso tem as mesmas características do gesso tradicional encontrado em sua forma natural, com a vantagem de uma resistência à flexão muito maior.

O novo bloco – modular - apresenta uma superfície completamente lisa e não necessita de argamassa para assentar, nem de cimento para rebocar, já que apenas são utilizados pequenos encaixes

fixados com cola branca comum para unir as peças. O novo bloco não causa desperdícios. Por sua elevada resistência à flexão, dispensa o uso de madeira e a construção de vigas e pilares de concreto para a edificação de paredes, diminuindo substancialmente o custo de qualquer obra.

A Agência USP de Inovação licenciou este novo bloco para três empresas – duas de São Carlos e uma de Minas Gerais -, que se preparam para colocar o produto no mercado a partir do primeiro semestre deste ano. A fabricação destes blocos, em larga escala, será uma solução para o aproveitamento ambientalmente adequado deste material. Mencione-se que existem, segundo estimativas, perto de duzentos milhões de toneladas de fosfogesso depositadas em aterros a céu aberto no nosso país.

Novo biossensor detecta pesticida na água e em alimentos contaminados

21 de Maio de 2013

Os grandes índices do pesticida *metamidofós* nos lençóis freáticos e nas grandes lavouras do Estado de Mato Grosso motivaram um trabalho de pesquisa conjunto entre o IFSC e a Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Deste trabalho resultou a construção e patenteamento de um biossensor que é capaz de, num curto espaço de tempo (minutos), detectar a existência desse pesticida.

Natural de Cáceres (MT), a pós-graduada do IFSC, Izabela Gutierrez de Arruda, orientada pelo Prof. Dr. Romildo Jerônimo Ramos (UFMT) e co-orientada pelo Dr. Nirton Cristi Silva Vieira, decidiu durante o seu mestrado na UFMT realizar o projeto com o Prof. Francisco Eduardo Gontijo Guimarães (ex-orientador de Nirton). A ideia surgiu em encontro realizado sob os auspícios do INEO – Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica. Com os apoios da CAPES e do CNPq, obteve-se um biossensor destinado a análises de pesticidas e com custo bastante baixo. Embora tenha sido construído exclusivamente para detectar o pesticida *metamidofós*, o biossensor pode ser adaptado para outros pesticidas das classes dos *organofosforados* ou *carbamatos*, o que aumenta sua utilidade.

O pesticida *metamidofós* é largamente usado na agricultura do Estado de Mato

Grosso e em todo o país. Por ser extraordinariamente forte, penetra facilmente no solo e nos lençóis freáticos. Devido à sua composição química, este pesticida interage com o sistema nervoso central do ser humano, atacando-o rapidamente e causando danos irreversíveis, podendo levar à morte.

O biossensor é constituído por uma película muito fina – nanométrica - onde é imobilizada a enzima *acetilcolinesterase* (como a que existe no cérebro humano). Quando a enzima entra em contato com as moléculas do pesticida, sua ação é inibida, produzindo menos prótons do que com a enzima sem o pesticida: essa diferença de prótons é lida e mostrada num pequeno aparelho onde é introduzida essa película, acusando, assim, os índices de contaminação.

Para o Prof. Francisco Guimarães, este é um daqueles trabalhos que visam diretamente ao bem-estar social e por isso a ideia foi patenteada – o primeiro registro de patente da UFMT, em quarenta anos da universidade. Atualmente, todas as análises referentes à contaminação por pesticidas no Estado de Mato Grosso são enviadas para São Paulo ou Rio de Janeiro. Com este biossensor, pode não mais haver essa necessidade, pois o equipamento, do tamanho de um medidor de índices de

diabetes, cujo protótipo está sendo desenvolvido no IFSC, propicia a resposta em poucos minutos.

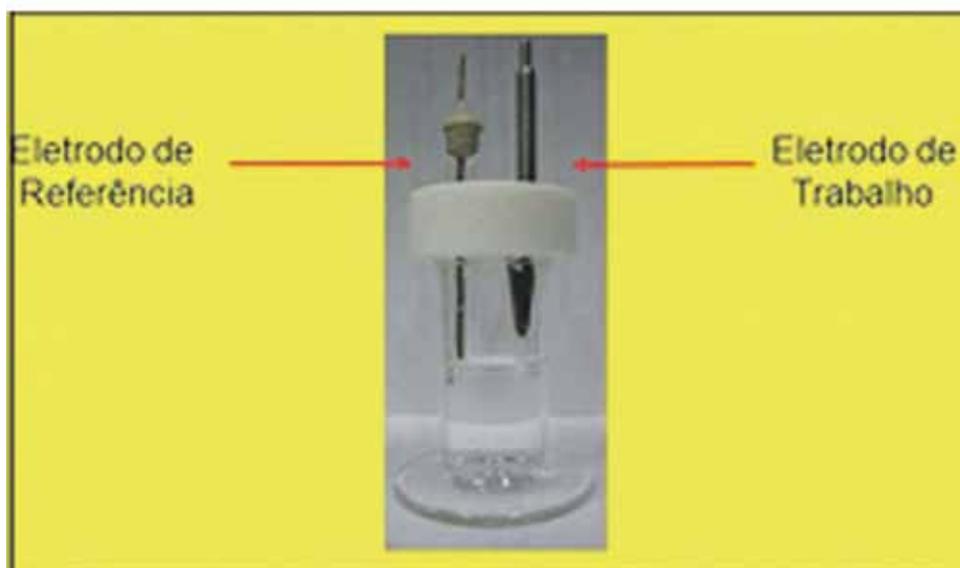
A equipe de pesquisadores procura agora uma indústria nacional de biotecnologia que compre a ideia para comercializar o aparelho, que poderá custar entre R\$ 100,00 e R\$ 200,00 cada unidade.

Izabela Gutierrez de Arruda está entusiasmada pelo âmbito social e impacto ecológico do projeto: *Este pesticida é utilizado em larga escala no Estado de Mato Grosso e em muitas regiões do país: quando penso que a região do Pantanal poderá ser ameaçada por este pesticida, logo penso que, pela sua localização, outros países que fazem fronteira com o Brasil poderão sentir também esse perigoso efeito, até porque a contaminação pode chegar aos reservatórios de água potável e aos grandes rios do Estado*, comenta a cientista.

A preocupação de Izabela foi confirmada por pesquisas do Prof. Dr. Wanderlei Pignati da UFMT, especialista que observou vários pesticidas nos principais rios, poços artesianos e, inclusive, em animais, no Mato Grosso. Outro trabalho de Pignati comprovou índices de pesticidas no leite materno. Sabe-se que a ANVISA está com processo aberto para banir esse pesticida do mercado, tal como já acontece em vários países da União Europeia:

O desenvolvimento desse trabalho incluiu conhecimentos das áreas da física, química, biologia, e ciência e engenharia de materiais, valorizando a interdisciplinaridade, comentam Izabela e Nirton.

Além do registro de patente, um artigo foi aceito e outro enviado para revistas especializadas nas áreas de biossensores e nanotecnologia.



11 Comentários Finais

Temos a expectativa de que o material compilado neste livro forneça um panorama da pesquisa que se tem realizado no IFSC nos últimos anos, confirmando a vocação do Instituto em produzir ciência multidisciplinar com a preocupação de transferir conhecimento e tecnologia para outros agentes do sistema científico-tecnológico do Brasil. Justifica-se, a nosso ver, a escolha do título do livro, na medida em que as pesquisas em física têm sido colocadas a serviço da sociedade. Embora sem muitas menções implícitas, das matérias e reportagens fica clara a preocupação com a formação de alunos com espírito inventivo e base sólida em física e áreas correlatas. Este tipo de formação de recursos humanos é, também, essencial para o IFSC cumprir sua missão. A variedade e qualidade da pesquisa gerada por nossos alunos é demonstração da decisão acertada de expandir os cursos de graduação do IFSC nos últimos anos, pois permite hoje uma ação integrada de nossos pesquisadores usando conhecimentos de física e áreas afins.

Nota-se na cobertura das atividades de pesquisa uma predominância pela ciência mais utilitária, principalmente considerando-se as diversas tecnologias e aplicações advindas da pesquisa no IFSC. Há várias possíveis razões para esse desequilíbrio na cobertura. Talvez a mais importante seja que é mais fácil cativar o público em geral, e mesmo especialistas, com resultados de pesquisa cuja aplicação é claramente identificada. Não deve ser surpreendente, portanto, que se interesse por divulgar as excelentes contribuições do IFSC com novas tecnologias terapêuticas, estudos de doenças importantes e produção

de dispositivos, entre outras. Outra possível razão é a menor disponibilidade de nossos colegas que trabalham em pesquisa de física fundamental, inclusive advinda da dificuldade em usar uma linguagem simplificada para suscitar interesse de um público não especialista. A constatação desse desequilíbrio na cobertura pode ser usada como um desafio para nosso setor de comunicação nos próximos anos. Ressalte-se, de toda forma, que a importância de fazer pesquisa básica, principalmente empregando os fundamentos da física foi enfatizada diversas vezes nas reportagens. Mesmo com o risco de parecer por demais repetitivo, mantivemos esses diversos depoimentos de nossos colegas. Pois parece haver consenso no IFSC de que só se pode fazer ciência aplicada se houver boa ciência para aplicar.

Para o público externo ao IFSC, esperamos que o livro sirva para ilustrar o compromisso do IFSC com o ensino integrado à pesquisa e ao trabalho de extensão. Ênfase especial foi dada à importância de parcerias, nacionais e internacionais, sem as quais dificilmente se pode obter contribuições científicas ou tecnológicas relevantes. Já para o público interno, esperamos que o livro represente uma síntese de nossa capacidade de comunicação com a sociedade, servindo para traçar rumos e metas para o futuro.