



Fonte de luz
em uma das
estações
de trabalho
do LNS



LUZ SÍNCROTRON

Mergulho no universo invisível

Acelerador de partículas faz dez anos, aumenta número de equipamentos e amplia parcerias com empresas

DINORAH ERENO

Duas novas linhas de luz mais potentes, destinadas a experimentos na área ambiental, de avaliação de eficácia de catalisadores, indispensáveis para acelerar determinadas reações químicas nos processos industriais, e de pesquisas sobre estruturas de proteínas são algumas das novidades do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), de Campinas, no interior paulista, ao completar dez anos de atividades neste mês de julho. Esses dois equipamentos se somam a mais 11 já instalados, totalizando 13 estações de trabalho. Além das instituições de pesquisa e universidades, várias empresas também se utilizam dos sofisticados equipamentos do laboratório, por meio de convênios ou de pesquisas sob encomenda. No final de junho, surgiu outro anúncio importante para o LNLS. O Diamond Light Source, do Reino Unido, formalizou uma parceria com o laboratório para desenvolvimento de pesquisas com luz síncrotron. A parceria abre a possibilidade para a realização de programas de pesquisa e desenvolvimento técnicos conjuntos, além de intercâmbio entre os pesquisadores dos dois laboratórios.

Os objetos de estudo da luz síncrotron são os mais variados, desde estruturas orgânicas, como proteínas, até sistemas inorgânicos de dimensões nanométricas (medida que corresponde a 1 milímetro dividido por 1 milhão de vezes), examinadas em detalhes com o auxílio de um acelerador de partículas capaz de produzir luz em um amplo espectro eletromagnético, incluindo a luz visível, os raios X, o ultravioleta e o infravermelho. A luz síncrotron é emitida por elétrons altamente energéticos que circulam em um acelerador circular, ou anel de armazenamento, de onde ela é distribuída para as 13 estações de trabalho onde os pesquisadores fazem os experimentos.

Concebido em 1987 para atuar como uma instituição aberta e multidisciplinar, o laboratório, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, foi construído pelos próprios pesquisadores brasileiros. Para isso, engenheiros e pesquisadores fizeram várias visitas técnicas de curta duração a laboratórios no exterior e também receberam visitas de colegas estrangeiros. Foram necessários

dez anos de trabalho para projetar e construir a fonte de luz síncrotron, o coração do laboratório. O equipamento ficou pronto no final de 1996, e em julho de 1997 o laboratório começou a receber os primeiros usuários. “Em 2006, mais de mil pesquisadores trabalharam no laboratório em 683 projetos de pesquisa”, diz o físico José Antonio Brum, diretor-geral do LNLS. Cinco anos antes, em 2001, eram 267 projetos. Cerca de 15% dos usuários são estrangeiros, principalmente da América Latina, mas também da África do Sul e até mesmo da Europa e dos Estados Unidos. Uma equipe de 16 pesquisadores próprios, responsável pelos equipamentos e pelo apoio aos usuários externos, desenvolve programas de pesquisa.

O crescimento no número de usuários é também reflexo da ampliação nas instalações do síncrotron. Entre 1999 e 2006, por exemplo, o laboratório passou de oito para 11 linhas de luz e neste ano ganhou outras duas. Uma delas é a de absorção de raios X, destinada principalmente a pesquisadores da área de ciências dos materiais. “Nós já temos uma instalação desse tipo, mas a demanda chega a ser três a quatro vezes maior que a nossa capacidade de atendimento”, diz Brum. A nova linha tem um fluxo de raios X mais intenso, que permite fazer outros tipos de experimento na área ambiental, de estudos de materiais magnéticos e de catalisadores químicos.

A outra linha destina-se a estudos da estrutura de proteínas. A diferença em relação à fonte de luz também usada para essa finalidade, uma das primeiras a serem instaladas no laboratório, é que, além de ter um maior fluxo de fótons, possui uma instrumentação mais sofisticada. É a primeira linha do síncrotron alimentada por um dispositivo de inserção, chamado *wiggler*, capaz de emitir muito mais luz. Com maior fluxo foi possível desenvolver uma técnica de difração para a cristalografia de proteínas que permite estudar moléculas cuja estrutura tridimensional é completamente original. “É a primeira vez que será possível fazer esse tipo de experimento na América Latina, o que vai proporcionar um salto qualitativo na pesquisa de biologia e de biotecnologia”, diz Brum.

Além dessas duas, está em fase de finalização uma terceira linha, na faixa do espectro do visível e ultravioleta, que permite olhar para o tempo de vida de alguns processos que envolvem proteínas. “É uma linha diferenciada, que consegue olhar para a dinâmica de alguns sistemas biológicos e químicos”, diz o diretor do LNLS. A grande inovação é o fato de ela ser produzida por um ondulator de polarização elíptica (EPU), equipamento fabricado pelos pesquisadores do LNLS que recebeu em maio o prêmio Inventor do Mês, concedido pela Autodesk, empresa norte-americana de *softwares* de engenharia. O ondulator de 6 toneladas é o primeiro fabricado no Brasil.

Fonte competitiva - Controlando os diversos tipos de luz, os pesquisadores podem “enxergar” objetos em escalas invisíveis. “Particularmente na faixa de raios X duros, uma luz com comprimento de onda mais curto, que penetra mais fundo na matéria, somos uma fonte muito competitiva em relação às fontes convencionais instaladas nos laboratórios de menor porte”, diz o físico Pedro Tavares, diretor associado do LNLS e membro da equipe pioneira que desenvolveu o síncrotron brasileiro. Isso porque o usuário pode sintonizar exatamente o que deseja, mudando o comprimento da onda. Essa é uma característica muito peculiar dos síncrotrons. “O que pode demorar duas semanas para ser analisado em outros lugares aqui fazemos em minutos ou horas”, ressalta Tavares.

Como o fluxo de luz produzido é muito grande no síncrotron, é possível ver em nível atômico tanto materiais orgânicos (proteínas, por exemplo) como inorgânicos (semicondutores, ligas metálicas e outros). “Entendendo como funcionam suas propriedades, podemos fazer a síntese do material por conta de determinada propriedade que se quer explorar”, diz Brum. Um convênio assinado com a Petrobras no final do ano passado, por exemplo, tem como objetivo avaliar materiais, com ênfase em catalisadores, indispensáveis para o refino de petróleo. Isso significa não apenas fazer a caracterização do material pronto, mas principalmente entender o que ocorre durante o processo de síntese. “Estamos



Anel de armazenamento do síncrotron tem 90 metros de circunferência

começando a desenvolver experimentos específicos nas linhas de luz para fazer a caracterização *in situ*. Isso significa que, ao mesmo tempo que o material passa por suas transformações, ele é também analisado com raio X, o que permite correlacionar as modificações ocorridas com a sua eficiência como catalisador”, ressalta o diretor do laboratório.

O LNLS também tem um convênio com a Oxiteno para a caracterização de catalisadores desenvolvidos pela empresa. O primeiro contrato foi assinado em 2005 e renovado em 2006. “Analisamos várias famílias de catalisadores em vários estágios”, diz Daniela Zanchet, pesquisa-

dora do LNLS. Alguns deles ainda estão na fase de laboratório e outros estão bem próximos da etapa final. Um deles já saiu da escala piloto e foi para a indústria. A Oxiteno fabrica catalisadores tanto para uso próprio como para outras empresas. “Dentro dessas famílias em que estamos trabalhando em parceria, a empresa faz a síntese do material e a catálise, enquanto nós fazemos a caracterização”, diz Daniela. A tecnologia síncrotron permite entender com precisão o que ocorre com as partículas durante a reação. A geração de conhecimento resultante dessa parceria é importante para a empresa identificar rapidamente e solucionar

problemas que possam surgir futuramente com o produto. Enquanto na escala inicial de laboratório os testes duram algumas horas e são feitos com reagentes ultralimpes, na indústria o catalisador funciona em condições completamente diferentes e por vários anos.

Nos casos de amostras muito pequenas ou diluídas, o fluxo de luz do síncrotron é essencial para a obtenção de resultados precisos. “Fizemos um estudo de análise de água e sedimentos na represa Billings e constatamos a presença de cromo, níquel e chumbo em concentrações bem elevadas, acima do limite estabelecido pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb)”, diz a professora Silvana Moreira, da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), coordenadora da pesquisa. O trabalho foi feito na linha de fluorescência de raios X, que permite quantificar os metais mesmo em quantidades ínfimas.

Um outro estudo do mesmo grupo avaliou a concentração de metais nos anéis de crescimento das árvores, que incorporam a poluição ambiental ao longo dos anos. “Como as amostras são muito pequenas, com massa de 20 a 30 miligramas, dificilmente o método convencional conseguiria detectar os metais pesados”, diz Silvana. O estudo comparou árvores em uma região com pouco fluxo de veículos e outra com tráfego intenso na região de Campinas. “Nesse caso, notamos, além dos poluentes, que a concentração de chumbo diminuiu a partir de 1990, quando começou a vigorar a lei proibindo o uso dessa substância como aditivo da gasolina”, relata a pesquisadora.

Além da fonte de luz, o LNLS conta com um conjunto adicional de infra-estrutura para pesquisa, como o Centro de

Elétrons percorrem curvas e retas

A luz síncrotron é gerada num anel de armazenamento com 90 metros de circunferência, formado por retas e curvas. Produzidos por um acelerador de partículas, feixes de elétrons se deslocam num tubo de vácuo a velocidades próximas à da luz. Os elétrons são defletidos por ímãs dipolares, emitindo a luz síncrotron. Esse gerador de luz síncrotron emite uma luz branca, com todas as faixas do espectro. Além da luz visível, agrupa de forma condensada outras ondas eletromagnéticas que não são detectadas pelo olho humano, como o raio X e as radiações

infravermelha e ultravioleta. A luz, que sai por diversos pontos distribuídos ao redor do anel, é distribuída para as estações de trabalho. As 13 linhas de luz são os equipamentos que ficam acoplados ao acelerador circular de elétrons e recebem a luz síncrotron da máquina. Além de 12 ímãs dipolares distribuídos em torno do anel de armazenamento, que fazem a luz circular, dois dispositivos de inserção – uma série de ímãs que produzem desvios nas retas do grande tubo – foram instalados para estimular a emissão de luz.

Biologia Molecular Estrutural (Cebime), que faz parte do Centro de Biotecnologia Molecular e Estrutural (CBME), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) da FAPESP. No Cebime as pesquisas estão concentradas em três temas. Um deles trata das proteínas de *Trypanosoma cruzi*, agente causador da doença de Chagas, que atinge cerca de 5 milhões de brasileiros.

O projeto, feito em colaboração com o Instituto de Biologia Molecular do Paraná, ligado à Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), e mais cinco universidades, além do Instituto Pasteur, na França, tem como objetivo analisar a função e a estrutura das proteínas que são produzidas pelo protozoário diferencialmente em cada fase do ciclo de vida do parasita. Com isso, os pesquisadores esperam identificar as proteínas que controlam as mudanças de fase. “Posteriormente, explorando o fato de que algumas proteínas ligam pequenas moléculas, teremos a possibilidade de modificá-las para reprimir a função de uma proteína que pode levar à inibição da propagação do parasita”, diz o pesquisador Nilson Zanchin, do Cebime.

O segundo tema tem como objetivo identificar, inicialmente, os genes que têm papel importante na geração e manutenção de leucemias e, numa segunda fase, caracterizar a função das proteínas codificadas por estes genes, para gerar formas de neutralizá-las. O trabalho é feito em colaboração com o Centro Infantil Boldrini, de Campinas. O terceiro tema diz respeito à interação entre bactérias e parasitas de plantas, como a *Xanthomonas axonopodis citri*, que provoca o cancro cítrico, e a *Xylella fastidiosa*, causadora de doenças nos laranjais. Ao compreender a forma como as bactérias infectam as plantas cítricas, os pesquisadores abrem caminho para tentar bloquear a infecção provocada pelo invasor.

No síncrotron estão as linhas de luz onde são coletados os dados de difração de raios X para resolução da estrutura. Para isso é necessário primeiro obter um cristal dessa proteína. Em geral, o processo completo envolve a clonagem da proteína. Depois ela é purificada e são feitos ensaios de cristalização, necessários para organizar as moléculas das proteínas em três dimensões no cristal. Os cristais, da ordem de 100 micrômetros, ou um décimo de milímetro, são estuda-

dos com um feixe de raios X de alta intensidade. Mas o processo para chegar aos cristais não é fácil. “O estudo de uma proteína pode ser equivalente a uma tese de doutorado”, diz Zanchin. Algumas proteínas demoram dois anos para cristalizar, outras cinco anos e para algumas os pesquisadores não conseguem completar o processo. Quando isso ocorre, é possível usar um método alternativo para o estudo da sua estrutura, baseado em equipamentos de ressonância magnética nuclear que têm centenas de vezes o campo magnético da Terra.

Processos industriais - As pesquisas no síncrotron englobam grande diversidade de temas. Na área de nanotecnologia, por exemplo, a microscopia eletrônica complementa os estudos feitos nas linhas de luz. No laboratório de microscopia são feitos estudos de física e química com nanotubos de carbono, nanopartículas metálicas para catalisadores, semicondutores e células a combustível, além de pesquisas sobre crescimento de pontos quânticos em colaboração com outros laboratórios. Um dos estudos feitos entre 2004 e 2006, por exemplo, foi encomendado e pago por um conglome-

rado de empresas norte-americanas e europeias, grandes fabricantes de produtos usados nos processos industriais de soldagem, por intermédio de um escritório de advocacia dos Estados Unidos. “Fizemos um estudo dos vapores resultantes dos processos industriais que envolvem soldagem de materiais. Eles carregam alguns elementos metálicos que podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores, como o manganês, causador de uma doença chamada manganismo”, diz Antonio José Ramirez, pesquisador do Laboratório de Microscopia Eletrônica.

O estudo consistiu na caracterização dos vapores que, ao serem expelidos nos processos industriais, se condensam e formam nanopartículas sólidas. No caso em estudo, elas eram compostas de um núcleo de magnetita (óxido de ferro) dopada com manganês. “Descobrimos que elas tinham uma camada externa de óxido de silício que funciona como uma cápsula de proteção, minimizando o efeito do manganês, o que pode explicar a falta de vínculo com o aparecimento da doença”, diz Ramirez. Ainda são necessários outros estudos físicos, químicos e biológicos para entender melhor esse fenômeno. ■



Cristais de proteína da *Xylella fastidiosa*, que causa doença nos laranjais