

# SIRIUS: fonte de luz síncrotron de última geração

LILAH FIALHO DE LIMA SIMÕES\*

Universidade de Brasília

## ENTREVISTA COM O PROFESSOR ANTÔNIO JOSÉ ROQUE DA SILVA

**Antonio José Roque da Silva** é Diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), Diretor do Projeto Sirius e Professor Titular do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP). Tem graduação e mestrado em Física pela Unicamp, doutorado e pós-doutorado pela Universidade da Califórnia, em Berkeley, e pós-doutorado na Universidade da Califórnia em Los Angeles. Publicou mais de 130 artigos em periódicos especializados e é co-autor de mais de 200 trabalhos apresentados em eventos nacionais e internacionais. Atua na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada e Física Atômica e Molecular.

O **Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)** integra o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), uma organização social qualificada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Localizado em Campinas (São Paulo), o LNLS é responsável pela operação da única fonte de luz síncrotron da América Latina, aberta ao uso das comunidades acadêmica e industrial. A fonte de luz síncrotron brasileira, chamada UVX, possui hoje 17 estações experimentais – ou linhas de luz –, voltadas ao estudo de materiais orgânicos e inorgânicos por meio de técnicas que empregam radiação eletromagnética desde o infravermelho até os raios X. Atualmente o LNLS é responsável pelo projeto e construção do Sirius, uma fonte de luz síncrotron de última geração, planejada para ser uma das mais avançadas do mundo.

### I. O SENHOR PODERIA NOS DAR, INICIALMENTE, UMA IDEIA GERAL DO QUE É O PROJETO SIRIUS, COMPARANDO-O COM O ESTADO ATUAL DA ARTE NA ÁREA DE GERADORES DE LUZ SÍNCROTRON?

Um acelerador síncrotron funciona como um grande microscópio. Radiação eletromagnética gerada por elétrons relativísticos, quando têm suas trajetórias desviadas por campos magnéticos é chamada de luz síncrotron. Essa radiação eletromagnética tem características singulares, como altíssimo brilho e espectro que se estende por uma ampla faixa, do infravermelho aos raios-x. Essa luz síncrotron é usada

---

\*Bolsista de mestrado da Universidade de Brasília. [lilahfsimoes@gmail.com](mailto:lilahfsimoes@gmail.com)

para investigar a estrutura atômica e eletrônica de diversos tipos de materiais, orgânicos e inorgânicos, e permite identificar quais são os átomos e moléculas que os compõem, como eles se orientam no espaço, como se comportam sob condições extremas de temperatura e pressão, e muitas outras aplicações.

A atual fonte de luz síncrotron brasileira, UVX, é considerada uma fonte de 2ª geração. As melhores máquinas disponíveis no mundo são máquinas da chamada 3ª geração. No momento, apenas 3 países possuem ou estão construindo máquinas consideradas de 4ª geração, sendo um deles o Brasil com o projeto Sirius. Além do Sirius, a Suécia acaba de inaugurar o seu, chamado de MAX IV, e o síncrotron europeu, o ESRF, na França, já está em processo de upgrade. Outros síncrotrons ao redor do mundo estão ainda no processo de planejamento de atualização para essa nova geração, da qual o Brasil será um dos pioneiros.

Há muitas características que definem uma fonte de luz síncrotron e a geração a que ela pertence. A principal delas é a emitância: Para uma dada frequência da radiação, o seu brilho é diretamente proporcional ao fluxo (número de fótons por unidade de tempo) e inversamente proporcional ao produto (Tamanho do feixe x divergência angular do feixe). Esse último produto é a emitância do feixe. Portanto, quanto menor a emitância, maior o brilho.

Um alto brilho influencia as análises de materiais de diferentes formas:

- a. quanto maior o brilho da luz produzida pela fonte de luz síncrotron, maior é o número de amostras que podem ser analisadas num mesmo espaço de tempo; isso permite, inclusive, fazer experimentos com resolução temporal, em que se acompanha a evolução de reações ou processos, por exemplo, em função do tempo;
- b. quanto maior o brilho, melhor é a relação sinal-ruído de diversas técnicas de análise;
- c. a menor emitância, e portanto maior brilho, permite que menores escalas espaciais sejam sondadas pelas técnicas de análise. Isso abre oportunidades para estudos com feixes de poucos nanômetros, importantes para áreas como nanotecnologia, dentre outras;
- d. um maior brilho permite que novas técnicas surjam ou sejam exploradas mais efetivamente. Isso ocorre, por exemplo, com a técnica de Coherent Diffraction Imaging. As técnicas de imagem, tomografia e microscopia irão ser bastante beneficiadas pelo maior brilho.

O Sirius estará entre as fontes de luz síncrotron de menor emitância, e, portanto, maior brilho, do mundo na classe de energia em que trabalhará, de 3 giga-elétron-volts. Isso colocará o Brasil em um patamar de competitividade mundial diferenciado, permitindo um salto qualitativo nas pesquisas que poderão ser executadas com o Sirius.

## II. QUAL SERÁ O INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA A CONCRETIZAÇÃO DO PROJETO?

Durante a elaboração do projeto executivo o orçamento do projeto foi calculado em R\$ 1,3 bilhão (em 2014). Esse orçamento engloba toda a parte civil, todos os aceleradores, 13 linhas de luz, infraestruturas necessárias ao desenvolvimento do projeto, além do custo de RH. A alta do dólar em relação ao valor de 2014 e a variação inflacionária traz o orçamento atual para algo em torno de R\$ 1,75 bilhão.

### III. A IDEIA DESTE NOVO PROJETO DECORREU DO ESGOTAMENTO DA ANTIGA FONTE DE LUZ SÍNCROTRON DO LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS)? OU A ATUAL FONTE DE LUZ AINDA ATENDE EM GRANDE MEDIDA OS USUÁRIOS ATUAIS?

A fonte de luz síncrotron UVX, construída pelo LNLS foi inaugurada em 1997 e, apesar de sua alta confiabilidade e estabilidade, já não atende plenamente às necessidades dos pesquisadores. O número de estações de pesquisa instaladas no espaço físico atual já atingiu seu limite, e os parâmetros técnicos da máquina não permitem a realização de diversos experimentos avançados.

Sirius não será apenas capaz de melhorar quantitativamente os experimentos que já são feitos hoje no UVX, com a redução no tempo de aquisição de dados, o aumento da precisão dos resultados das medidas e o aumento no número de amostras que podem ser analisadas num mesmo espaço de tempo. Sirius possibilitará, principalmente, uma mudança qualitativa para as pesquisas dos usuários. A nova fonte permitirá a realização de experimentos hoje impossíveis no País. É importante salientar também que tudo o que o UVX faz hoje poderá ser feito muito melhor no Sirius.

A primeira diferença entre as duas máquinas é a faixa de energia em que trabalham. Os elétrons no anel de armazenamento do Sirius serão acelerados até a energia de 3 GeV, mais que o dobro da energia do UVX. Isso faz com que raios-X de maior energia sejam produzidos e permite que materiais como aço, concreto e rochas sejam estudados mais profundamente devido à penetração dos raios-X de até alguns centímetros, contra alguns micrômetros do UVX.

O baixo brilho e alta emitância do UVX limitam sobremaneira as técnicas mais modernas de síncrotron disponíveis para a comunidade do País. Nanotomografia, imagem por difração coerente, nanomicroscopia de fluorescência, análise de nanocristais, estudos de materiais em condições extremas (altas pressões, altas temperaturas e altos campos magnéticos), espalhamento inelástico, acompanhamento temporal de diversos processos, acompanhado de resolução espacial nanométrica e resolução química (importante, por exemplo, para processos catalíticos), dentre várias outras técnicas, não são possíveis de serem realizadas no UVX, ou são realizadas com grandes limitações, e todas poderão ser executadas no Sirius em alto padrão. Sirius colocará o país na fronteira da pesquisa com uma das ferramentas mais versáteis do mundo para análise de materiais, que é uma fonte de luz síncrotron. Basicamente todas as áreas do conhecimento poderão se beneficiar, como medicina, agricultura, ciências do solo, meio ambiente, biotecnologia, nanotecnologia, química, física, engenharia, geoquímica, geofísica, catálise, arqueologia, paleontologia, dentre várias outras.

### IV. NA ATUAL SITUAÇÃO ECONÔMICA DO PAÍS, FAZ REALMENTE SENTIDO A CRIAÇÃO DE UM NOVO LNLS, AINDA QUE MUITO MAIS PODEROSO, UMA VEZ QUE O JÁ EXISTENTE ATENDE ÀS ATUAIS DEMANDAS?

Em primeiro lugar, não será um novo LNLS, mas sim um novo acelerador síncrotron para o Brasil, construído e operado pelo LNLS. É um projeto 100% nacional, e que será construído na maior parte também no Brasil, com empresas nacionais. Em segundo lugar, como dito acima, o atual acelerador, UVX,

está longe de atender todas as demandas da comunidade científica. As características do atual acelerador simplesmente impedem que um enorme conjunto de pesquisas seja realizado no Brasil, o que só irá se agravar com o avanço dos novos síncrotrons. Sirius permitirá, como poucos projetos no País, que o Brasil seja liderança mundial na pesquisa, pois ele está sendo construído para ter o maior brilho dentre todos os síncrotrons do mundo na sua faixa de energia. Alguns experimentos só poderão ser executados pela primeira vez no Sirius, o que abre oportunidades excepcionais para a pesquisa do País. Podemos dizer que o Sirius é um projeto estruturante para o Brasil, pois além desse aspecto de fronteira do conhecimento, ele impacta a indústria nacional através da construção dos seus sofisticados componentes – o que já está ocorrendo – ele traz oportunidades para a inovação, ele impacta na formação de recursos humanos – cientistas, engenheiros e técnicos – altamente qualificados, e impacta enormemente na internacionalização e visibilidade do País. Ou seja, é exatamente em um momento como o atual que um projeto como o Sirius traz oportunidades que ajudam o Brasil a sair da crise.

## V. QUANTOS CIENTISTAS PODEM TRABALHAR SIMULTANEAMENTE NO ATUAL LNLS E QUANTOS PODERÃO ATUAR SIMULTANEAMENTE NO SIRIUS?

Cada estação experimental de um síncrotron é como um laboratório completo, o que faz com que diversos experimentos possam ser feitos ao mesmo tempo nas diversas linhas de luz. Hoje, no síncrotron UVX, existem 15 linhas abertas, para 16 estações experimentais, disponíveis aos pesquisadores. No Sirius, espera-se que no início da operação 13 linhas de luz estejam disponíveis a cientistas. No entanto, este número poderá ser ampliado para até 40 linhas de luz no futuro.

## VI. COMO FOI E COMO ESTÁ SENDO O APOIO DO GOVERNO PARA O PROJETO SIRIUS?

O projeto Sirius é considerado um projeto prioritário pelo MCTIC. Ele foi incluído no PPA 2012-2015 e no PPA 2016-2019 como tal, e foi também incluído como um dos três projetos do então MCTI, hoje MCTIC, no PAC em 2016. O cronograma do Sirius prevê sua inauguração em 2018, e até o momento o governo tem conseguido assegurar os recursos suficiente para a manutenção deste cronograma.

## VII. HAVERÁ ESPAÇO PARA CONTRATAÇÃO DE FÍSICOS RECÉM-FORMADOS NO SIRIUS?

Hoje já existem oportunidades para contratação de físicos, além de engenheiros e técnicos, como tem sido feito ao longo da execução do Projeto. Essas oportunidades podem ser acompanhadas pela página do CNPEM.

VIII. O PROJETO SIRIUS CONTA COM APOIO FINANCEIRO TANTO PÚBLICO COMO PRIVADO? SE SIM, O QUE ISSO IMPLICA NA DISPONIBILIDADE DO SIRIUS PARA A COMUNIDADE ACADÊMICA BRASILEIRA, QUE É, EM MAIORIA, CONSTITUÍDA POR UNIVERSIDADES PÚBLICAS? QUAIS EMPRESAS PRIVADAS APOIAM O PROJETO?

Fontes de luz síncrotron são infraestruturas que demandam investimentos significativos e com capacidade para receber um grande número de pesquisadores. Por isso, de maneira geral, são construídos e operados com recursos públicos governamentais de um ou mais países. No caso do Sirius, o projeto é financiado pelo Governo Federal, através do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, MCTIC. Houve contribuição também do Governo do Estado de São Paulo na desapropriação do terreno de 150 mil metros quadrados onde está sendo instalado o Sirius. Além disso, a FAPESP e FINEP têm sido parceiras nos programas de interação com empresas, além de apoio à eventos e na aquisição de alguns instrumentos científicos que serão instalados nas estações experimentais (linhas de luz) do Sirius.

Não há investimento privado aplicado no projeto.

Sirius irá operar, como já opera o UVX e todos os síncrotrons do mundo similares, como um Laboratório Nacional aberto para toda a comunidade de ciência, tecnologia e inovação do País.

IX. HAVERÁ PARCERIAS COM UNIVERSIDADES PARA USO DO SIRIUS COMO INCENTIVO À PESQUISA, COM USOS PARA CURSOS DE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO?

Da mesma maneira que o UVX já opera, o Sirius irá operar como um Laboratório Nacional aberto para toda a comunidade de ciência, tecnologia e inovação do País. Existem chamadas abertas, através do site do LNLS, para submissão de propostas. Essas propostas são julgadas por comitês de especialistas externos ao LNLS. As que têm mérito e atingem prioridade, recebem tempo de feixe para sua execução. As equipes de pesquisadores que vêm executar seus experimentos contêm, em geral, de 3 a 5 pessoas. Nessa equipe é comum a presença de alunos de pós-graduação e pós-doutores. A quase totalidade desses usuários são ligados às universidades e institutos de pesquisa. Além disso, o LNLS organiza regularmente escolas e workshops para treinamento de novos usuários e apresentação de novas técnicas, bem como tem seus pesquisadores participando regularmente de escolas e workshops organizados por universidades.

X. CONSIDERANDO A ATUAL ESTRUTURA POLÍTICA DO PAÍS, ESPECIFICAMENTE QUANTO À JUNÇÃO DO MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO COM O MINISTÉRIO DA COMUNICAÇÃO, HÁ ALGUMA MUDANÇA QUE AFETE O PROJETO DO SIRIUS?

A junção dos Ministérios não afetou, pelo menos até o momento, o apoio e priorização ao projeto. Eventuais dificuldades e preocupações quanto aos recursos do Projeto estão ligadas à atual conjuntura econômica do País, e não a reorganizações administrativas. A questão principal do momento é o montante

de recursos investidos pelo Estado brasileiro em Ciência, Tecnologia e Inovação. Sem investimentos consistentes e regulares nessas áreas, além de educação, o futuro do País estará seriamente comprometido.