

RELATÓRIO SEMESTRAL 2019



CNPq
Centro Nacional de Pesquisa
em Energia e Materiais

Este relatório foi aprovado pelo Conselho de Administração
em Reunião Ordinária realizada em 30/08/2019.

RELATÓRIO SEMESTRAL 2019



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

Marcos Cesar Pontes
Ministro de Estado

Júlio Francisco Semeghini Neto
Secretário Executivo

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Rogério Cezar de Cerqueira Leite (*Presidente*)

Fernando Ferreira Costa

Helena Bonciani Nader

Jailson Bittencourt de Andrade

João Evangelista Steiner

José Fernando Perez

Liu Lin

Luiz Eugênio Araújo de Moraes Mello

Marcelo Knobel

Marcia Cristina Bernardes Barbosa

Marco Antonio Raupp

Maurilio Biagi Filho

Oswaldo Luiz Alves

Reginaldo dos Santos

*Esta é a composição do Conselho de Administração
responsável pela aprovação do Relatório Semestral 2019*

DIRETORES

Antonio José Roque da Silva
Diretor-Geral

Cleonice Ywamoto
Diretora de Administração

Yves Pierre Petroff
Diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS

Kleber Gomes Franchini
Diretor do Laboratório Nacional de Biociências - LNBio

Eduardo do Couto e Silva
Diretor do Laboratório Nacional de Biorrenováveis – LNBR

Adalberto Fazzio
Diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia – LNNano

O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, pessoa jurídica de Direito Privado sem fins lucrativos, é a nova denominação da Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron, qualificada como Organização Social pelo Decreto n. 2.405, de 26 de novembro de 1997. O CNPEM atua no desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação por meio de seus quatro Laboratórios Nacionais: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); Laboratório Nacional de Biociências (LNBio); Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) e Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). Todos os direitos reservados ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Os textos contidos nesta publicação podem ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos desde que citada a fonte. O Relatório Semestral de 2019 é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato de Gestão MCTIC/CNPEM.

SUMÁRIO

- 1**  O CNPEM
p. 10
- 2**  Instalações Abertas a Usuários Externos
p. 30
- 3**  Pesquisa e Desenvolvimento *in-house*
p. 38
- 4**  Apoio à Geração de Inovação
p. 96
- 5**  Treinamento, Educação e Extensão
p. 110
- 6**  Infraestrutura e Operação
p. 118
- 7**  Anexos
p. 126



Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) no primeiro semestre de 2019. Nesse sentido, o documento representa uma prestação de contas ao Conselho de Administração do CNPEM, e ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Em especial, subsidiará os trabalhos da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão, formada por especialistas nas áreas de atuação do CNPEM e em gestão e avaliação de instituições de ciência e tecnologia, na análise sobre o desempenho institucional durante este semestre.

Este relatório foi organizado em seis capítulos: o primeiro apresenta, de forma agregada, os resultados alcançados neste primeiro semestre; do segundo ao quinto capítulo, os destaques de cada Laboratório Nacional, integrados aos quatro eixos de atuação do Centro; e o sexto, a evolução da infraestrutura do CNPEM neste primeiro semestre de 2019. Apresenta-se também um Anexo com a situação atual de cada um dos indicadores de desempenho.

Antonio José Roque da Silva
Diretor Geral





Laboratório
de Apoio LNLS

Refeitório

Alojamento

sirius



CNPq
Centro Nacional de Pesquisa
em Energia e Materiais



UVX - LNLS



Diretoria Geral e
de Administração



Planta Piloto



1

O CNPEM

Este capítulo apresenta uma síntese dos principais resultados do Centro no primeiro semestre de 2019. São divulgados os números mais relevantes associados às atividades-fim da organização, além de informações sobre recursos humanos, comunicação e gestão orçamentária e financeira.

A photograph of a road sign pointing left towards 'Portaria'. The sign is blue with white text and a white arrow. It is mounted on a metal pole. The background shows a road, trees, and a building.



O Centro Nacional de Pesquisa e Energia e Materiais (CNPEM) é uma associação privada, sem fins lucrativos, qualificada como Organização Social pelo Poder Público Federal em 1997 e supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). O CNPEM opera quatro Laboratórios Nacionais: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); Laboratório Nacional de Biociências (LNBio); Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR); e Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano).

Os Laboratórios Nacionais são singulares pela combinação de competências e instalações experimentais e por se caracterizarem como centros de pesquisa de referência abertos, multiusuários e interdisciplinares. O CNPEM, por meio de seus Laboratórios Nacionais, desempenha papel estratégico junto ao MCTIC, como indutor e executor das políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação, em particular nas áreas de aceleradores de partículas, instrumentação para uso de luz síncrotron, biotecnologia e fármacos, nanociência e nanotecnologia e pesquisa básica e aplicada relacionadas à bioenergia. Adicionalmente, o CNPEM busca manter forte interação com empresas dos setores de agricultura, indústria e serviços, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico em áreas prioritárias para o País.

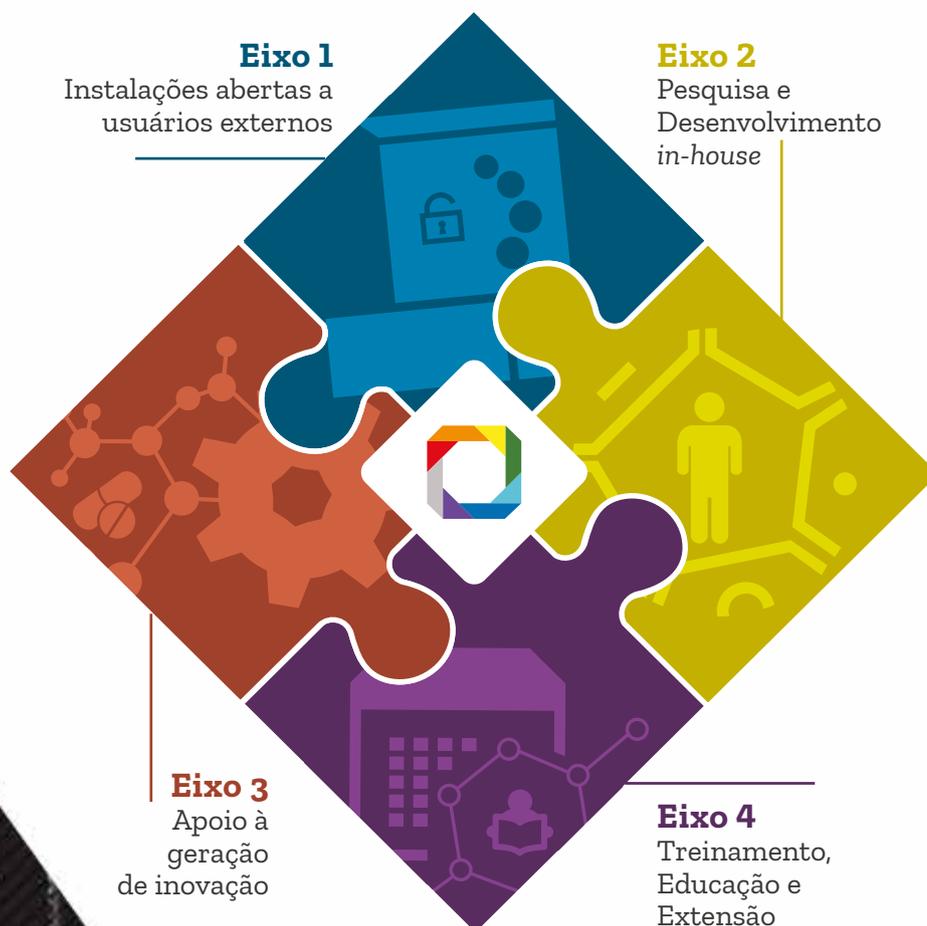
MISSÃO

Integrar competências singulares em Laboratórios Nacionais para o desenvolvimento científico e tecnológico e o apoio à inovação em energia, materiais e biociências.

VISÃO

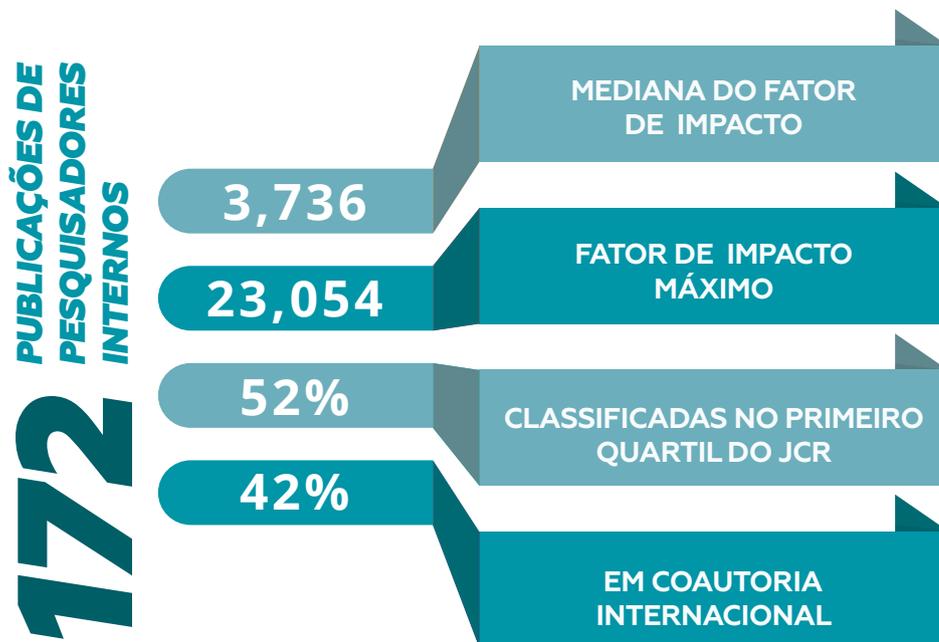
Ser reconhecido como um Centro Nacional de Pesquisas dotado de competências para criar conhecimento no estado da arte e desenvolver soluções criativas nas áreas de energia, materiais e biociências.

EIXOS DE ATUAÇÃO A atuação do CNPEM pode ser desdobrada em quatro eixos:





431 propostas de pesquisa externa realizadas, beneficiando **1054** pesquisadores de **119** instituições





Unidade EMBRAPII Biotecnologia

O CNPEM foi credenciado como uma Unidade EMBRAPII em novembro de 2014 por sua reconhecida competência em projetos inovadores envolvendo biomassas, sendo um dos 10 centros de excelência credenciados no primeiro edital EMBRAPII.

Ao longo dos quatro anos de credenciamento, foram visíveis os benefícios que o modelo EMBRAPII trouxe para expansão das relações dos laboratórios nacionais do CNPEM com empresas de diversos portes, bem como para o favorecimento da integração de suas competências em projetos inovadores.

Neste mesmo período, o Centro consolidou cooperação em pesquisa e desenvolvimento com 15 novas empresas. Em 2014, ano de credenciamento da Unidade Embrapii CNPEM, o Centro contratou R\$4,9 milhões em projetos com empresas, enquanto em 2018 este montante ultrapassou R\$13,3 milhões.

A EMBRAPII oferece para suas unidades oportunidades de participação em feiras e congressos diversos ao longo do ano, para aproximar as unidades das tendências tecnológicas de mercado e dos potenciais parceiros.

Adicionalmente, a EMBRAPII tem firmado convênios com diversas agências de fomento internacionais, ampliando as opções de recursos e parceiros para projetos inovadores e complexos.

Em 2018, o plano de ação inicial, definido para o horizonte de quatro anos foi concluído, e deu-se início ao processo de solicitação de credenciamento.

Considerando que o CNPEM possui reconhecidas competências e técnicas experimentais no estado-da-arte para gerar conhecimento e valor na área de biotecnologia, solicitou-se em 2018 a revisão da área de competência da Unidade EMBRAPII CNPEM. No primeiro semestre de 2019, o resultado das auditorias foi favorável para o credenciamento e o plano de ação foi aprovado pela diretoria da EMBRAPII.

A Unidade EMBRAPII Biotecnologia passará a incorporar, além de projetos de processamento e aproveitamento de biomassas, projetos de desenvolvimento de drogas e anticorpos monoclonais, dispositivos e métodos farmacológicos e biomateriais avançados.

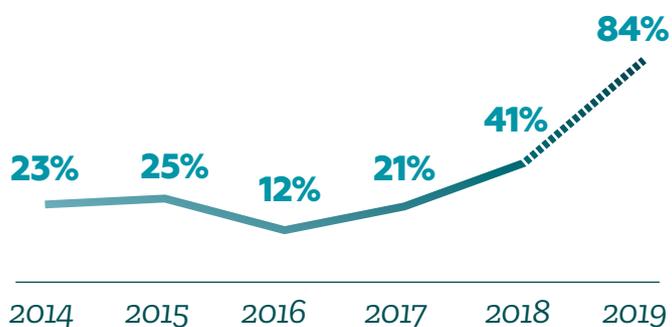
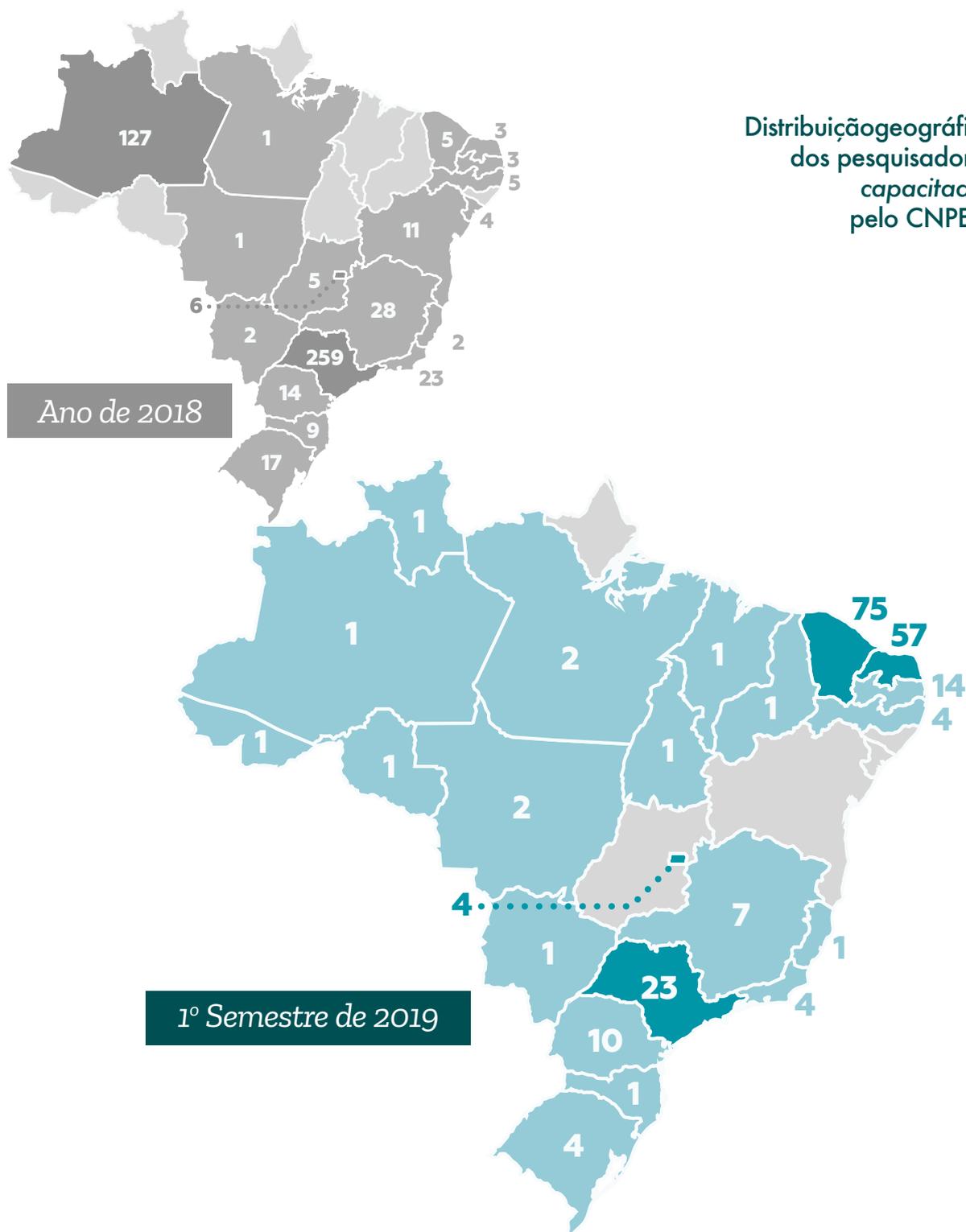
4 EVENTOS CIENTÍFICOS

266 participantes

8 CURSOS DE CAPACITAÇÃO

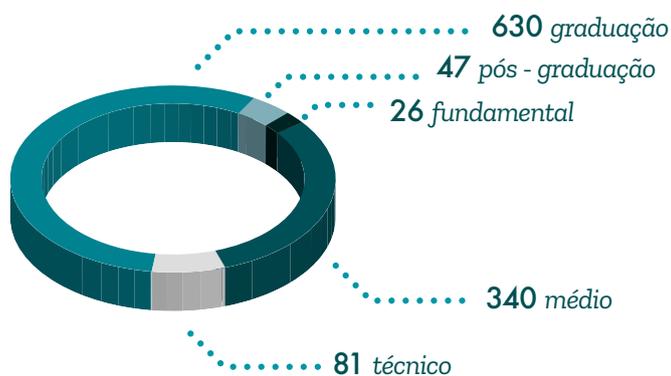
170h de capacitação

216 pesquisadores capacitados



..... Pesquisadores de fora da região Sudeste capacitados pelo CNPEM

1472 visitantes vieram ao CNPEM no primeiro semestre de 2019 }
76,4% estudantes..... }



269 **BOLSISTAS SUPERVISIONADOS E ORIENTADOS**

- 75 Pós-Doutorado
- 100 Doutorado
- 34 Mestrado
- 12 PCI
- 37 IC
- 16 Outras modalidades*

75
ESTAGIÁRIOS CONTRATADOS

- 64 Superior
- 12 Técnico

*Outras modalidades: colaborador, pesquisador visitante, bolsista técnico, bolsista fundep e estagiário Serrapilheira



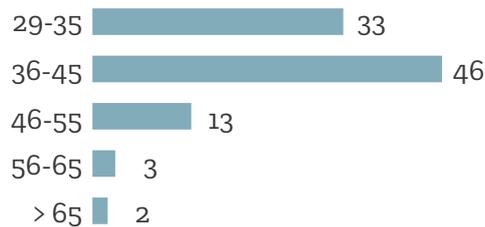
Ao final do primeiro semestre de 2019, a força de trabalho do CNPEM contava com 631 funcionários celetistas, sendo 75% deles dedicados diretamente à execução das atividades finalísticas do Centro. Apresenta-se, a seguir, a distribuição destes funcionários

por carreira e unidade. Ressalta-se que a Diretoria de Administração (DA) apresenta 52% de sua força de trabalho dedicada a Divisão de Operações, responsável pela manutenção e operação das atividades comuns do Campus.

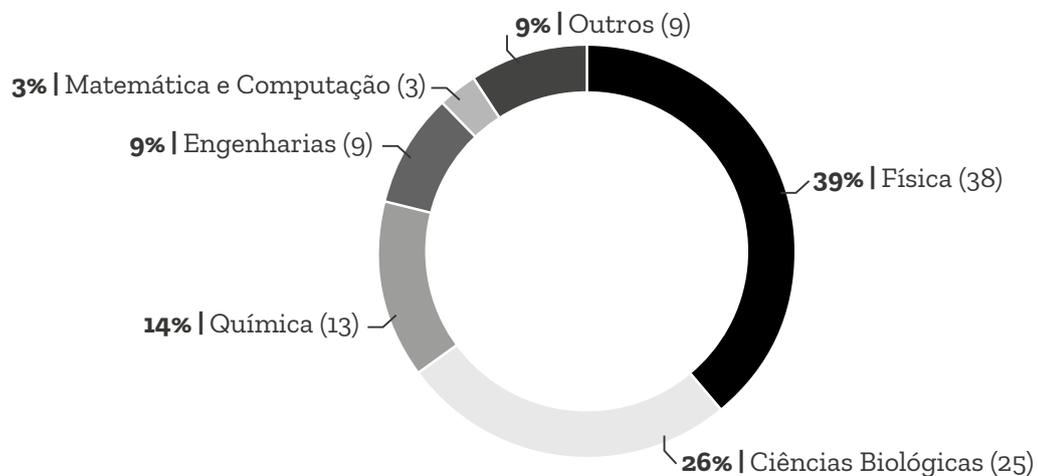
| | LNLS | Sirius | LNBio | LNBR | LNNano | DA | DG | Total |
|----------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Científica | 41 | - | 29 | 15 | 12 | - | - | 97 |
| Especialista | 17 | 34 | 15 | 19 | 12 | 9 | 6 | 112 |
| Profissional | 49 | 35 | 16 | 28 | 18 | 10 | 1 | 157 |
| Gerencial | 2 | 4 | 3 | 6 | 1 | 10 | 6 | 32 |
| Administrativa | 2 | 7 | 3 | 6 | 3 | 41 | 11 | 73 |
| Técnica | 35 | 52 | 9 | 30 | 7 | 27 | - | 160 |
| Total | 146 | 132 | 75 | 104 | 53 | 97 | 24 | 631 |

CARREIRA CIENTÍFICA

Faixa etária



Área de formação





As ações de comunicação institucional concentram esforços associados à exposição do CNPEM na grande imprensa e redes sociais, coordenação do programa permanente de visitas, planejamento e realização

de eventos científicos e de capacitação, além da produção de materiais de divulgação. Em especial, neste semestre, a área esteve envolvida na criação da nova marca do Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR).

Imprensa

No primeiro semestre de 2019, foram publicadas 504 matérias sobre o CNPEM e seus Laboratórios Nacionais na imprensa, número 37% superior ao mesmo período de 2018. Deste total, 47 matérias foram veiculadas em meios de comunicação de alcance nacional.



Pesquisadores do LNNano desenvolvem teste rápido de sangue para diagnosticar câncer de mama em poucos minutos. Método portátil baseado em um novo microdispositivo e smartphone pode tornar mais rápido e barato o diagnóstico de câncer de mama. Desenvolvimento foi capa da revista Analytical Chemistry e de matéria no Jornal da Band.



Projeto SUCRE (Sugarcane Renewable Electricity) é tema de matéria no jornal Valor Econômico. Iniciativa visa aumentar o uso da palha de cana de açúcar na produção de bioeletricidade e é promovida pelo LNBR, financiada pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (em inglês, Global Environment Facility – GEF) e gerido em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).



Estudo do LNBio mostra como o paracetamol é metabolizado em mini órgãos de intestino e fígado sintetizados no Laboratório. Trabalho é parte da Rede Nacional de Métodos Alternativos ao Uso de Animais (RENAMA).



Continuidade do Projeto Sirius e aplicações do equipamento em áreas estratégicas protagonizam reportagem no Jornal da Globo e repercutem na Globo News.



Sirius para a capa dos impressos distribuídos nas seguintes cidades: Brasília, Vitória, São Paulo, Porto Alegre, Maringá, Curitiba e Campinas.



Prospecção de compostos bioativos em espécies da biodiversidade vegetal brasileira é tema de matéria na Revista Veja. Cobertura jornalística sobre o projeto Molecular Power House rendeu ainda um vídeo na TV Veja sobre o Sirius e outras competências disponíveis no CNPEM.

Nasce uma nova marca

O CNPEM anunciou em maio a nova fase de um de seus Laboratórios Nacionais: o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) passou a denominar-se Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR). Ainda mais integrado à estrutura dos demais Laboratórios do CNPEM, o LNBR reafirmou seu compromisso junto à comunidade científica e ao setor produtivo de contribuir para o avanço dos conhecimentos e das tecnologias de produção, uso e conversão de biomassas em energia e materiais. A nova fase marca a expansão de sua área de atuação, que agora inclui também bioquímicos e biomateriais.

Essa mudança compreendeu um trabalho de branding que levou à produção de um novo logotipo e nova narrativa institucional. A estratégia de divulgação dessa evolução compreendeu a produção de um vídeo manifesto, divulgado aos stakeholders do Centro e do LNBR e nos canais digitais do CNPEM. O material já foi visualizado por cerca de 77 mil pessoas, nas plataformas YouTube, Facebook e LinkedIn. A consolidação de todas essas produções aconteceu no novo site do Laboratório, lançado na mesma ocasião. Em menos de dois meses, o site já acumula 16 mil visitas.



Ciência Aberta bate recorde de público e surpreende organizadores e visitantes

Em 29 de junho de 2019, sábado, o CNPEM realizou a quarta edição do evento Ciência Aberta, quando o campus do Centro é aberto ao público. Estudantes, grupos de aposentados, famílias e crianças de todas as idades visitaram os Laboratórios Nacionais do CNPEM, os estandes sobre as pesquisas internas, participaram de oficinas e puderam contar com praças de alimentação, palestras informais de pesquisadores, dentre outras atrações.

O Ciência Aberta 2019 registrou recorde de público, reunindo cerca de 16 mil pessoas no CNPEM, além dos mais de 550 voluntários – todos funcionários, estagiários e bolsistas do Centro. A entrada do evento foi gratuita, com a opção de doação de um quilo de alimento ou produto de

limpeza e higiene pessoal, que resultou em 2,6 toneladas de produtos coletados e encaminhados a instituições de assistência social da região de Campinas.

Neste ano, o Sirius foi aberto para visita pública, com apresentações sobre o funcionamento e as aplicações do equipamento. Dentre as cerca de 70 atrações, houve as “Histórias da Caverna do Nariz”, teatro com fantoches, sobre o sistema imunológico; “Pescando Medicamentos”, uma pescaria diferente, representando a busca por novos fármacos; “Detetives da origem e evolução da vida”, em que os visitantes passearam e manusearam minerais e fósseis; “Oficina de litografia”, onde crianças puderam criar impressões com materiais inusitados como óleo e refrigerante;

| Conta pra gente, o que você mais gostou no Ciência Aberta? | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fui surpreendida pela qualidade de sua estrutura e de todos os equipamentos. | A máquina em miniatura ficou show ! A arte da evolução da vida ficou 10 também ! Parabéns |
| Experimentos com DNA da banana!! | Explorando a escala dos nanômetros |
| Gostei muito de ver muitas crianças visitando e descobrindo o que é Física | Achei incrível a organização e a quantidade e quantidade das atividades. |
| Fiquei impressionada com o tamanho do Sirius e com todos os seus benefícios . | Evento super organizado, acessível e claro, com uma equipe excelente! Maravilhoso! ❤️👩🏫 |
| Dos cristais de proteína no Sirius ❤️ e do LNNano . Quanta tecnologia que temos , genteee 😊 | Seu José ! Torneiro mecânico 🧑🏫 ele foi muito atencioso ao mostrar seu trabalho ! |
| Não dá para escolher só uma coisa, tudo foi incrível, já estou ansiosa pelo próximo ano!! | Foi um evento maravilhoso, com uma infraestrutura de ponta, alunos e profissionais experientes! |
| Das pessoas que organizaram o evento. Entusiamos total. | Conhecer a estrutura da Sirius e os exemplos de conceito da física envolvidos no projeto |
| Aprender sobre o Acelerador de Partículas | Miniórgãos |
| Amei tudo! Pena que é só uma vez por ano. A Ciência precisa ser divulgada para nossas crianças! | Como estudante de engenharia foi sensacional poder conversar com engenheiros envolvidos no Sirius |

O CNPEM nós faz ter orgulho de ser brasileiro!
Curtir Responder Mensagem · 1 d

recomenda Cnpem - Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais.
29 de junho às 15:18
Campus de ponta com competência nota mil promovendo o desenvolvimento da ciência e tecnologia pra o nosso País. #cienciaaberta2019 por mais encontros deste nível, colaboradores muito orientados, com presteza e um ótimo conhecimento pra elevar nosso nível de entendimento, PARABÉNS aos idealizadores.
Inicie uma conversa privada com Juliana Euzébio no Messenger. Mensagem

Adorei conhecer o SIRIUS!
É quero parabenizar a todas as pessoas envolvidas e participantes desse maravilhoso projeto. Estou muito ORGULHOSA por todos os projetos e pesquisas do CNPEM. Vocês me representam!!!!
Curtir Responder Mensagem · 15 h

Parabéns aos envolvidos!
Evento bem organizado e extremamente enriquecedor.
Curtir Responder Mensagem · 2 d

Foi sensacional! Muito bem organizado, com excelente estrutura, adorei tudo! Fizemos pic nic na área atrás do lançamento de foguetes! Conhecer o Sirius e todos os outros laboratórios foi enriquecedor! Ano que vem estarei lá!
Curtir Responder Mensagem · 1 d

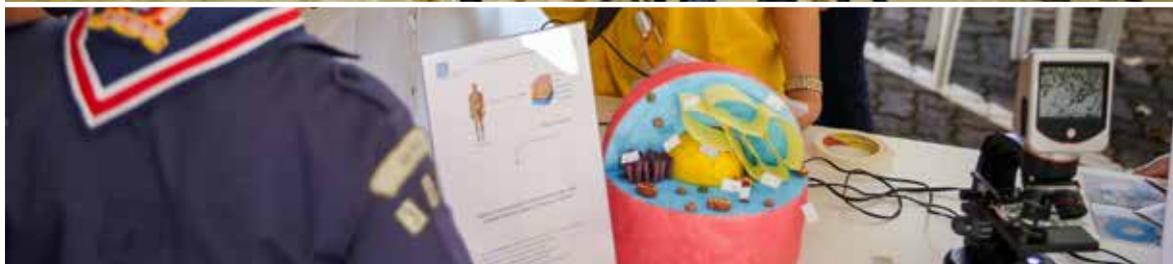
recomenda Cnpem - Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais.
Ontem às 09:21
Sim. Parabéns a todos e a excelente em compartilhar do conhecimento tecnológico e científico. Excelente local de aprendizagem e grandes avanços para pesquisa. Sirius um grande avanço, mostrando q o Brasil é capaz através desse maravilhoso projeto 🙌🙌🙌

Muito bom! Poderia ter mais vezes por ano! As filas demonstram como o brasileiro se interessa por mais conhecimento! Parabéns para a organização!
Curtir Responder Mensagem · 1 d

“Leveduras e Biologia Sintética”, um jogo de videogame de uma biofábrica microbiana produzindo biorrenováveis.

A avaliação do evento endossa os comentários do público sobre o sucesso da iniciativa. Dos quase 600 visitantes que avaliaram o evento, 84% consideram o evento excelente e 15,5% muito bom. Embora a maioria dos presentes tenha demonstrado ser da cidade de Campinas (52,8%), o formulário de avaliação registrou a presença de visitantes de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Paraná, Acre e Bahia.

A iniciativa contou com apoio das empresas Racional Engenharia, Rockwell Automation, Aché, Barbanera Qualidade, Bosch, Cisco e Phytobios.





No primeiro semestre de 2019, foram contratados recursos no valor de R\$ 75 milhões para aplicação no Projeto Sirius por meio do 27º Termo Aditivo ao Contrato de Gestão. Para a operação do CNPEM e para o projeto de expansão da infraestrutura do

LNNano (SISNANO), foram empenhados R\$ 65 milhões e R\$ 9 milhões, respectivamente. Tais recursos compõem o 28º Termo Aditivo do Contrato de Gestão que está em tramitação, com expectativa de assinatura no início do segundo semestre de 2019.

Execução Orçamentária da Ação de Operação do CNPEM

A execução orçamentária no primeiro semestre de 2019 totalizou o valor de R\$44,7 milhões, considerando despesas efetivamente realizadas e compromissos assumidos com fornecedores. A tabela a seguir detalha os valores por natureza de despesa.

CNPEM. Orçamento 2019: valores executados por natureza de despesa, exceto projetos (em R\$)

| Natureza da Despesa | Realizado | Comprometido* | Executado |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Pessoal | 24.041.941 | 0 | 24.041.941 |
| Custeio | 9.706.018 | 9.698.259 | 19.404.277 |
| Destaque: Energia Elétrica | 3.314.416 | 3.355.843 | 6.670.259 |
| Investimento | 665.572 | 647.066 | 1.312.638 |
| Total | 34.413.531 | 10.345.325 | 44.758.856 |

* O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.

A tabela a seguir apresenta a comparação entre o primeiro semestre de 2018 e 2019, onde observa-se a redução da execução orçamentária em cerca de 10% no mesmo período.

CNPEM. Orçamento realizado nos primeiros semestres de 2019 e 2018 (em R\$)

| Natureza da Despesa | 2019 | 2018 | % |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| Pessoal | 24.041.941 | 27.776.355 | -13% |
| Custeio | 9.706.018 | 10.390.140 | -7% |
| Destaque: Energia Elétrica | 3.314.416 | 4.143.188 | -20% |
| Investimento | 665.572 | 104.359 | 538% |
| Total | 34.413.531 | 38.270.854 | -10% |

Em 2019, houve a diminuição nos recursos destinados ao pessoal e custeio, com 13% e 7% de redução observada, respectivamente.

A redução de 12% nos gastos de pessoal decorre do aumento no volume de ressarcimentos efetivados dos projetos em andamento. Já a redução de 7% no custeio é impactada pela redução do consumo de energia elétrica, resultado da instalação da subestação de energia, custeada pelo Projeto Sirius, com economia gerada para todo o Campus.

O montante de recursos associado a investimentos sofreu alteração em decorrência da aquisição de equipamentos de pesquisa para a manutenção e atualização de algumas instalações laboratoriais do CNPEM¹. Ressalta-se que os recursos destinados a investimentos se mantiveram ao longo dos últimos anos abaixo dos patamares razoáveis para as necessidades de um centro de pesquisa de grande porte e que parte das ações de atualização e ampliação do Campus está diretamente associada a captação de recursos de projetos para esta finalidade.

1. Há expectativa de que um montante aproximado de R\$150 mil, destinado para aquisição do equipamento Termo Sônico, seja ressarcido pela FAPESP.

Posição Financeira da Ação de Operação do CNPEM

Em 2019, não houve repasses de novos recursos para a Operação do CNPEM (Ação 212H). Dessa forma, as atividades de manutenção e operação foram viabilizadas pela reprogramação do saldo financeiro apurado ao final de 2018, no valor de R\$87,8 milhões. A tabela abaixo sintetiza o fluxo financeiro do CNPEM no período.

| CNPEM. Saldo financeiro do Contrato de Gestão em 2019, exceto projetos (em R\$) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Saldo inicial | 87.859.901 |
| Entrada de recursos | 2.284.950 |
| <i>Rendimentos financeiros</i> | 1.543.777 |
| <i>Outras entradas</i> | 742.393 |
| Saída de recursos | 39.532.315 |
| Saldo financeiro em 30.06.2019 | 50.613.756 |

O saldo financeiro do Contrato de Gestão é composto pela reserva operacional do centro (53%) e pela reserva técnica do Conselho de Administração (47%). Esta última é destinada a passivos contingentes do Contrato de Gestão, enquanto a reserva operacional visa honrar compromissos assumidos e ainda não pagos, além de garantir a operação do Centro até a liberação dos recursos da Lei Orçamentária do ano, constituindo, dessa forma, um mecanismo de sustentabilidade das atividades do Centro.

| CNPEM. Saldo financeiro do Contrato de Gestão em 2019, exceto projetos (em R\$) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Saldo financeiro em 30.06.2019 | 50.613.756 |
| <i>Reserva Técnica do Conselho de Administração</i> | 23.601.122 |
| <i>Reserva Operacional CNPEM</i> | 27.012.634 |

Projetos Específicos do Contrato de Gestão

Projeto Sirius

Em 2019, foram contratados R\$75 milhões para o Projeto Sirius por meio do 27º Termo Aditivo ao Contrato de Gestão. Neste semestre, a execução orçamentária do Projeto Sirius totalizou R\$216 milhões e foi viabilizada pelo saldo financeiro apurado ao final de 2018.

As tabelas a seguir detalham os valores executados por natureza de despesa e o fluxo financeiro específico do Projeto.

Projeto Sirius. Orçamento 2019: valores executados por natureza de despesa (em R\$)

| Natureza da Despesa | Realizado | Comprometido* | Executado |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Pessoal</i> | 15.503.718 | 2.961 | 15.506.679 |
| <i>Custeio</i> | 20.629.108 | 77.376.293 | 98.005.401 |
| <i>Investimento</i> | 68.974.582 | 33.642.292 | 102.616.874 |
| Total | 105.107.408 | 111.021.546 | 216.128.954 |

* O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.

Projeto Sirius - Saldo financeiro em 2019 (em R\$)

| | |
|--------------------------------------------|--------------------|
| Saldo inicial | 147.244.396 |
| Entrada de recursos | 52.699.758 |
| <i>Receitas do Contrato de Gestão 2019</i> | 50.000.000 |
| <i>Rendimentos Financeiros</i> | 2.172.893 |
| Saída de recursos | 98.721.460 |
| Saldo financeiro em 30.06.2019 | 101.222.694 |

Projeto SisNano

Analogamente à ação de operação do CNPEM, não houve em 2019 contratação de recursos para o Projeto SisNano.

A execução orçamentária do Projeto SisNano totalizou R\$7,2 milhões e foi viabilizada pela reprogramação do saldo financeiro de R\$9,8 milhões apurado ao final de 2018. Deste montante, destacam-se a compra do equipamento do sistema de medida de propriedade física, sistema para análises químicas e a aquisição e instalação de um microscópio de varredura por sonda, BioAFM.

As tabelas a seguir detalham os valores executados por natureza de despesa e o fluxo financeiro específico do Projeto SisNano.

Projeto SisNano – Orçamento 2019: valores executados por natureza de despesa (em R\$)

| Natureza da Despesa | Realizado | Comprometido* | Executado |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| Custeio | 3.479 | - | 3.479 |
| Investimento | 2.057.686 | 5.114.390 | 7.172.076 |
| Total | 2.061.165 | 5.114.390 | 7.175.555 |

* O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas no ano vigente, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.

Projeto SisNano - Saldo financeiro em 2019 (em R\$)

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| Saldo inicial | 9.840.263 |
| Entrada de recursos | 207.931 |
| <i>Rendimentos Financeiros</i> | 205.698 |
| <i>Outras entradas</i> | 2.233 |
| Saída de recursos | 2.074.760 |
| Saldo financeiro em 30.06.2019 | 7.973.434 |

Projeto BIOTEC

O Projeto BIOTEC dispõe de recursos com destinação específica, porém não corresponde a uma ação específica na Lei Orçamentária Anual. Em 2019, a execução orçamentária do Projeto BIOTEC totalizou R\$557 mil no período, com destaque para o pagamento de pessoal envolvido em projetos de inovação de biotecnologia e contratação de serviços de consultoria na área. As tabelas a seguir detalham os valores executados por natureza de despesa e a posição financeira do projeto BIOTEC no período, respectivamente

Projeto BIOTEC. Orçamento 2019: valores executados por natureza de despesa (em R\$)

| Natureza da Despesa | Realizado | Comprometido* | Executado |
|---------------------|----------------|---------------|----------------|
| <i>Pessoal</i> | 502.469 | - | 502.469 |
| <i>Custeio</i> | 825 | 53.984 | 54.810 |
| Total | 503.294 | 53.984 | 557.279 |

* O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas no ano vigente, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.

Projeto BIOTEC - Saldo financeiro em 2019 (em R\$)

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| Saldo inicial | 1.245.019 |
| Entrada de recursos | 22.902 |
| <i>Rendimentos Financeiros</i> | 22.902 |
| Saída de recursos | 503.294 |
| Saldo financeiro em 30.06.2019 | 764.627 |

Projeto CIEnCiA

O projeto "Centro Internacional de Ensino de Ciências e suas Aplicações (CIEnCiA)" conta com recursos provenientes do 25º Termo Aditivo ao Contrato de Gestão, assinado em 2018 e com interveniência formal do Ministério da Educação (MEC). No âmbito da criação de um modelo inovador de formação superior em Ciências e suas aplicações, os recursos viabilizados estão sendo destinados para a reforma e adequação da infraestrutura física destinada ao CIEnCiA, a manutenção da equipe técnica dedicada exclusivamente a esta ação e à realização de workshops e outros eventos para o detalhamento do projeto. As tabelas a seguir apresentam os valores executados por natureza de despesa e a posição financeira do Projeto Ciência, que totalizou um saldo de R\$14,2 milhões ao final do primeiro semestre de 2019.

Projeto CIEnCiA. Orçamento 2019: valores executados por natureza de despesa (em R\$)

| Natureza da Despesa | Realizado | Comprometido* | Executado |
|---------------------|------------------|----------------|------------------|
| <i>Pessoal</i> | 421.396 | - | 421.396 |
| <i>Custeio</i> | 215.240 | 138.611 | 353.851 |
| <i>Investimento</i> | 395.568 | 89.019 | 484.587 |
| Total | 1.032.204 | 227.630 | 1.259.834 |

* O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.

Projeto CIEnCiA - Saldo financeiro em 2019 (em R\$)

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| Saldo inicial | 14.993.234 |
| Entrada de recursos | 344.483 |
| <i>Rendimentos Financeiros</i> | 335.075 |
| <i>Outras entradas</i> | 9.408 |
| Saída de recursos | 1.088.970 |
| Saldo financeiro em 30.06.2019 | 14.248.747 |

5000

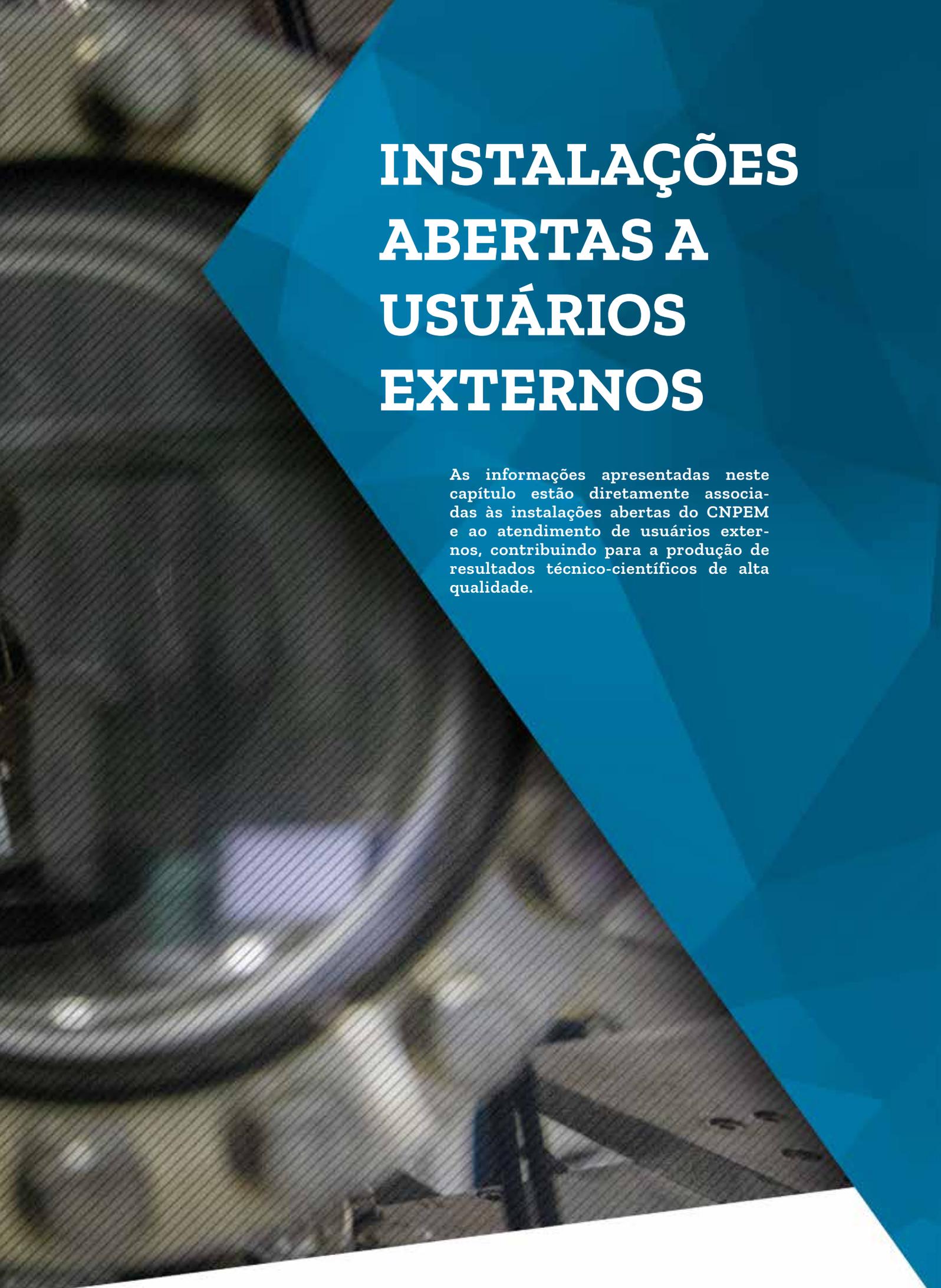
RECEPTACLE PIN ASSIGNMENT

Key Position



- Open-Switch NO
- Common
- Close-Switch NO
- Common
- Solenoid Grd
- Solenoid (-)
- Solenoid (+)

2



INSTALAÇÕES ABERTAS A USUÁRIOS EXTERNOS

As informações apresentadas neste capítulo estão diretamente associadas às instalações abertas do CNPEM e ao atendimento de usuários externos, contribuindo para a produção de resultados técnico-científicos de alta qualidade.

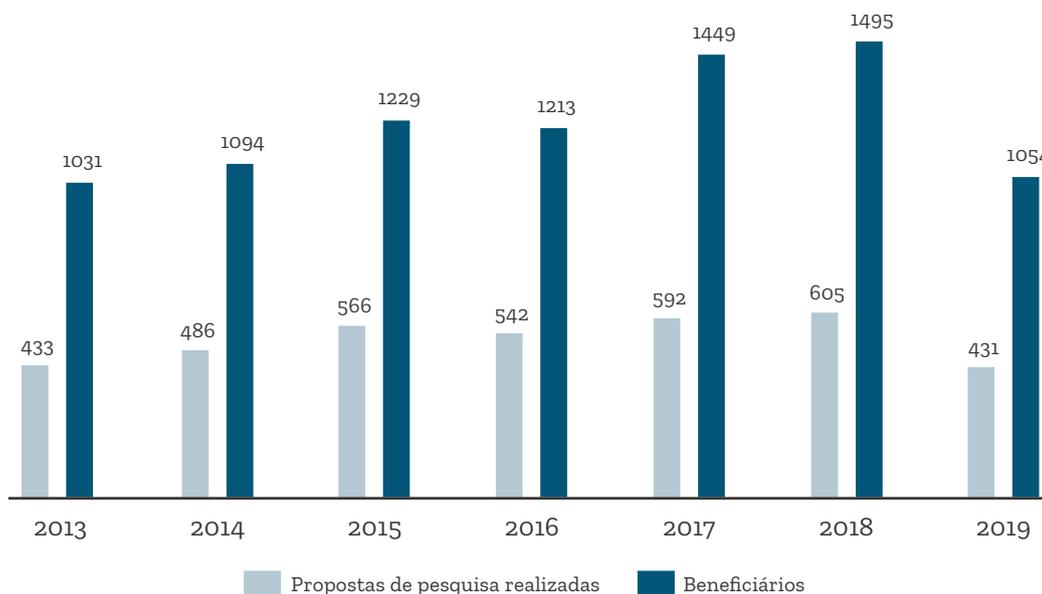


No primeiro semestre de 2019, 431 propostas de pesquisa externas foram realizadas nas instalações abertas do CNPEM, abrangendo um total de 1.054 pesquisadores externos e totalizando aproximadamente 27 mil horas de equipamentos.

Observa-se, em relação ao primeiro semestre de 2018, redução de 29% no número de propostas externas atendidas. Este fato é decorrência direta do modelo de operação que antecede o período de descomissionamento do atual acelerador de elétrons, o UVX-LNLS². A operação do UVX-LNLS, em seu último semestre de operação aberta aos usuários, ocorreu em modo *fast-track*³, destinado apenas a propostas previamente avaliadas

pelos comitês e que utilizaram tempo de feixe nos últimos dois anos (2017 - 2018) no anel de armazenamento UVX. O objetivo desta chamada foi oferecer aos usuários a oportunidade de complementarem resultados e concluir os projetos de pesquisa já em andamento. Desta forma, os proponentes também tiveram que apresentar um relatório consistente sobre os resultados obtidos anteriormente, análises em andamento e/ou artigos submetidos a publicação. O atendimento de propostas externas no UVX-LNLS ocorre até 31 de julho e, a partir desta data, a equipe interna trabalhará em testes e comissionamento de subsistemas que serão transferidos para as estações experimentais do Sirius.

Evolução do número de propostas de pesquisa realizadas e pesquisadores beneficiados entre os anos de 2013 e 2019 (primeiro semestre)



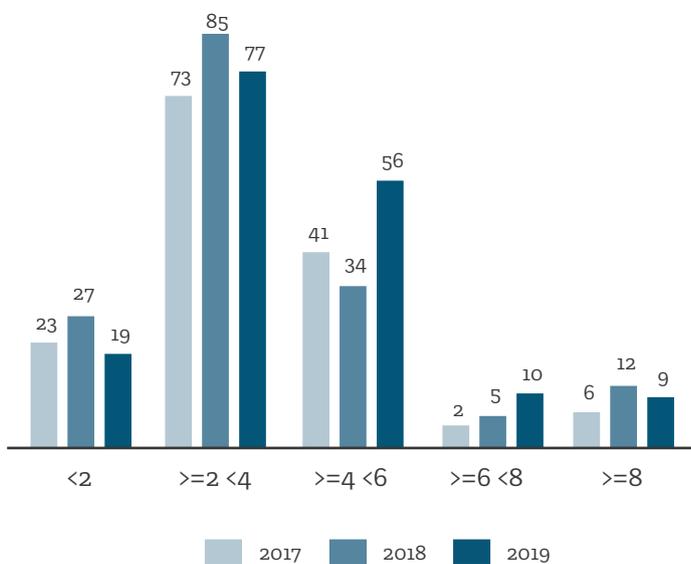
No período, foram identificadas 173 publicações de artigos científicos em periódicos indexados na base da *Web of Science*, resultantes de pesquisas realizadas no CNPEM pelos usuários externos⁴. Apesar de manterem a marca do ano anterior em termos quantitativos (173 artigos externos foram publicados

no primeiro semestre de 2018), estas publicações apresentam melhoria de qualidade. Considerando o primeiro semestre dos últimos três anos há um aumento de 10 pontos percentuais na representatividade dos artigos com Fator de Impacto superior a 4 no montante total de artigos publicados⁵.

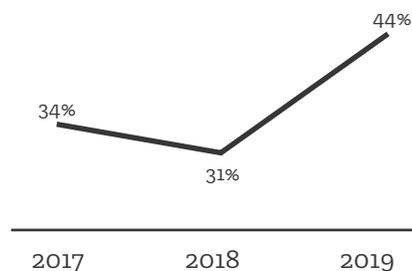
² Em comparação com o primeiro semestre de 2018, o LNLS atendeu em 2019 um total de 113 propostas, montante 57% inferior ao período anterior.

³ A decisão sobre o modo de operação do UVX neste semestre foi discutida em diversos fóruns, incluindo a Reunião Anual de Usuários (RAU) do LNLS, nos últimos 2 anos.

Distribuição de artigos por faixa de Fator de Impacto



Percentual de artigos publicados em periódicos com FI >=4



Análise do conjunto artigos publicados em 2019 mostra a presença de 26 distintas áreas de pesquisa, sendo Química, Ciência dos Materiais e Física as mais presentes.

Por fim, a avaliação das autorias deste conjunto demonstra o envolvimento de mais de 900 autores de 169 diferentes instituições, sendo 57% delas estrangeiras.

Top 10 áreas de pesquisa da Web of Science presentes nas 173 publicações



As demais 16 áreas de pesquisa são: Eletroquímica (6), Ciências Ambientais & Ecologia (6), Ciência de Alimentos & Tecnologia (5), Farmacologia & Farmácia (4), Espectroscopia (3), Mineralogia (2), Cristalografia (2), Biotecnologia & Microbiologia Aplicada (2), Toxicologia (1), Doenças Infecciosas (1), Ciência Nuclear & Tecnologia (1), Genética & Hereditariedade (1), Medicina (1), Zoologia (1), Outras (4).

4. Estas publicações citam o uso das instalações do CNPEM.

5. A análise de Fator de Impacto desconsidera artigos que não tiveram Fator de Impacto atribuído pelo JCR: 5 (2017), 10 (2018) e 2 (2019).

Spectroscopia Dispersiva por Absorção de Raios X (DXAS)

Estação experimental dedicada a técnica de espectroscopia dispersiva de absorção de Raios X (acrônimo para DXAS), em raios X duros, no intervalo de 5 a 14 keV. A peculiaridade dessa linha de luz é a capacidade de coletar espectros de absorção, com uma determinada banda de energia, sem qualquer movimentação mecânica dos seus elementos ópticos. A DXAS é especialmente apropriada para detectar sinais pouco intensos em experimentos de XANES (Espectroscopia de Estrutura Fina de Absorção de Raios X), XMCD (Dicroísmo magnético circular de Raios X) e para rastrear reações químicas dependentes do tempo.

926 horas **4** propostas **24** beneficiários

Microtomografia de Raios X (IMX)

Estação experimental dedicada a técnicas de Tomografia de Raios X. A IMX é capaz de obter imagens em raios x usando uma combinação de modalidades de imageamento por absorção, fase e campo escuro. Esta linha de luz pode operar tanto com feixe rosa, com espectro de energia entre 4 e 20 keV, como com feixe monocromático. Aplicações incluem a análise da estrutura interna de fósseis e rochas, a descrição geométrica e quantificação de porosidade e permeabilidade de materiais, e a estrutura e características de células.

644 horas **2** propostas **16** beneficiários

Nanoespectroscopia de Infravermelho (IR)

Estação experimental dedicada à nano-espectroscopia de infravermelho (nano-FTIR) na faixa de infravermelho médio (mid-IR). Seu principal propósito é a análise de propriedades opto-químicas da matéria condensada na nano-escala. De forma análoga à estabelecida espectroscopia de infravermelho (FTIR), a nano-FTIR é capaz de identificar e caracterizar um composto químico por meio de sua resposta vibracional, no entanto, com uma resolução espacial nanométrica. Além disso, por ser uma técnica baseada em óptica de campo próximo, a nano-FTIR pode ser aplicada em estudos ópticos em regime sub-difracional como plasmônica e fotônica.

897 horas **5** propostas **16** beneficiários

Cristalografia de Macromoléculas (MX2)

Estação experimental dedicada a Cristalografia de Macromoléculas na região dos raios X duros (5 a 15 keV) com fluxo máximo a 8,5 keV. A estação está disponível para a obtenção convencional de dados por comprimento de onda único, assim como para experimentos de difração anômala por comprimento de onda único ou múltiplo.

866 horas **13** propostas **60** beneficiários

Simulação Termomecânica (XTMS)

Estação experimental que possibilita a simulação física acoplada à linha XRD1. Dentre as principais áreas aplicações dos materiais estudados nesta instalação estão oleodutos, gasodutos, equipamentos para exploração de petróleo no pré-sal e aplicações em indústria automotiva e de aviação.

1012 horas **7** propostas **29** beneficiários

Espalhamento de Raios X a Baixos Ângulos (SAXS1)

A linha de luz SAXS1 é dedicada ao espalhamento de raios X a baixo ângulo (SAXS, na sigla em inglês), operando em uma energia fixa de 8 keV. Ela foca em investigações estruturais de materiais e amostras biológicas, na escala de nanômetros a micrômetros, com aplicações em ciência de matérias, química, géis, reologia, biologia estrutural, ciências ambientais e geociências.

1080 horas **17** propostas **81** beneficiários

Espectroscopia de Raios X Moles (PGM)

Estação experimental dedicada a técnicas de Espectroscopia de Raios na região dos raios X moles (100 a 1500 eV), com aplicações no estudo de propriedades elétricas, magnéticas e estruturais de materiais. A linha é bem equipada com instalações de preparo in-situ, tornando-a adequada para ciência de superfície e caracterização de filmes finos. Ainda, a PGM oferece instrumentação para microscopia e fotoemissão em líquidos.

1127 horas **7** propostas **44** beneficiários

Espectroscopia de Raios X Tender (SXS)

Estação experimental dedicada a técnicas de Absorção de Raios X e Espectroscopia de Fotoelétrons na região dos raios X moles (1 a 5 keV). SXS dedica-se ao estudo da estrutura eletrônica, magnética e geométrica de materiais com aplicações em física atômica e molecular, química analítica e ciências ambientais e da terra. Outras técnicas experimentais disponíveis incluem Dicroísmo Magnético de Raios X e Espectroscopia Auger Ressonante.

828 horas **5** propostas **29** beneficiários

Espectroscopia de Ultravioleta (TGM)

Estação experimental que opera na região do ultravioleta e ultravioleta de vácuo, cobrindo a faixa de energia de 3 a 330 eV (400 a 4 nm). Esta linha é uma ferramenta muito importante na investigação da estrutura eletrônica e das propriedades óticas de sólidos (orgânicos e inorgânicos); do comportamento de moléculas e seus subprodutos em estudos de interesse ambiental, atmosférico, astrofísico, astroquímico e astrobiológico; na dosimetria e degradação, em baixa energia, de polímeros, etc.

805 horas **4** propostas **32** beneficiários

Espectroscopia por Absorção e Fluorescência de Raios X (XAFS2)

Estação experimental dedicada a técnicas de Espectroscopia por Absorção de Raios X na região dos raios-x duros (3,5 a 17 keV). Esta linha é utilizada para o estudo de estruturas em nível atômico assim como das propriedades eletrônicas e magnéticas da matéria, com aplicações numa grande variedade de campos científicos como física molecular e atômica, química, biologia, ciências da terra e do meio ambiente, e patrimônio cultural. Outras técnicas experimentais disponíveis nesta linha incluem espectroscopia por fluorescência de raios X, luminescência óptica excitada por raios X, refletividade, e absorção combinada com difração de raios X.

1493,5 horas **15** propostas **78** beneficiários



Difração e Espectroscopia de Raios X (XDS)

A Linha de Luz XDS é uma estação experimental dedicada a técnicas de Difração e Espectroscopia de Raios X na região dos raios X duros (5 a 30 keV). A linha foca na determinação da estrutura atômica, eletrônica e magnética de materiais com aplicações em física da matéria condensada, química, geociências, entre outras. Diversos ambientes de amostra estão disponíveis na linha XDS: células de alta pressão para submeter as amostras até 80 GPa, campos magnéticos de 6T para experimentos de difração, criostato para temperaturas até 1,8K e fornos para temperaturas até 1200K.

1265 horas **8** propostas **33** beneficiários

Difração de Raios X em Policristais (XPD)

Estação experimental dedicada a técnicas de Difração de Raios X em Policristais cobrindo a faixa de energia de 6 a 12 keV. No entanto, a energia é fixada em 8 keV (em que se tem fluxo máximo), sendo alterada apenas para experimentos de espalhamento anômalo ou para se eliminar o efeito de fluorescência em amostras contendo certos elementos, como Fe. A linha de luz é focada em estudos estruturais de materiais cristalinos e nanocristalinos e é capaz de executar tanto experimentos em alta resolução como experimentos in situ mais rápidos sob condições não-ambiente.

1073,5 horas **9** propostas **54** beneficiários

Difração de Raios X em Policristais (XRD1)

Estação experimental dedicada a análises por difração de raios X em policristais na faixa de energia dos raios X duros (de 5,5 a 14 keV). A linha se dedica à determinação de parâmetros estruturais de amostras policristalinas, com aplicações em física, química, ciência e engenharia de materiais, geociências e ciências do ambiente, farmacologia e biologia. A linha também permite estudos em um amplo espectro de temperaturas (100 a 1070 K).

629 horas **4** propostas **11** beneficiários

Difração e Espalhamento de Raios X (XRD2)

Estação experimental multi-propósito dedicada a experimentos de espalhamento e difração na faixa de raios X duros (5 a 15 keV). A estrutura cristalina e mesoscópica de amostras bem diferentes pode ser investigada nessa linha, indo desde mono-cristais a filmes finos e camadas moleculares em superfícies de líquidos. Alguns dos experimentos usuais são difração múltipla em mono-cristais; reflectometria de raios X, mapeamento do espaço recíproco e análise de tensão residual em filmes finos (epitaxiais, policristalinos ou texturados); espalhamento e difração em incidência rasante (GISAXS e GID) em nanopartículas suportadas ou interfaces gás/líquido; e identificação de fases e perfil de profundidade em ligas metalúrgicas.

1012 horas **8** propostas **31** beneficiários

Microscopia por Fluorescência de Raios X (XRF)

Estação experimental dedicada a análises por Microscopia por Fluorescência de Raios X (XRFM), Tomografia por Fluorescência de Raios X (XFCT) e Fluorescência por Reflexão Total de Raios X (TXRF) na faixa dos raios X duros (5 a 20 keV). O foco desta linha de luz está na determinação e mapeamento de elementos químicos traço em amostras com aplicações em química analítica, biomedicina, geoquímica ambiental e ciência dos materiais.

943 horas **5** propostas **32** beneficiários

LN BIO

Espectrometria e Calorimetria (LEC)

Permite a caracterização da qualidade de amostras de proteínas, DNA e nanopartículas, além de medir interações entre moléculas que possam atuar como possíveis fármacos.

441 horas **10** propostas **31** beneficiários

Espectrometria de Massas (MAS)

Esta instalação permite identificar e quantificar proteínas de diversos sistemas biológicos complexos para o entendimento de processos no nível molecular, celular e do organismo. Uma aplicação para esse conjunto de técnicas é a busca por biomarcadores de doenças e alvos terapêuticos.

599 horas **13** propostas **39** beneficiários

Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

A instalação permite o estudo da estrutura e interação de proteínas, ferramenta considerada importante para o entendimento de suas funções e para o desenvolvimento de novas drogas ou fármacos. A ressonância magnética nuclear também é relevante para a caracterização de drogas e compostos orgânicos utilizados para o desenvolvimento de novos e melhores compostos ou drogas.

2206 horas **20** propostas **63** beneficiários

Cristalização de Proteínas (ROBOLAB)

Esta instalação é utilizada para a cristalização de macromoléculas, sejam proteínas ou complexos formados entre DNA, RNA e outras moléculas.

231 horas **20** propostas **15** beneficiários



LN BR

Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar (BVC)

Esta instalação provê uma plataforma de simulação computacional, composta por softwares e outras ferramenta computacionais, que possibilitam avaliar a integração de novas tecnologias à cadeia produtiva de cana-de-açúcar e outras biomassas.

100 horas **4** propostas **13** beneficiários

Caracterização de Macromoléculas (MAC)

Dedica-se à caracterização bioquímica e biofísica de macromoléculas, utilizando técnicas de difração circular, espalhamento de luz dinâmico, potencial zeta e fluorescência.

208 horas **8** propostas **25** beneficiários

Sequenciamento de Alta Performance (NGS)

A instalação atua no sequenciamento de genomas, avaliação da expressão gênica de sistemas biológicos diversos e auxilia no desenvolvimento de coquetéis enzimáticos destinados à hidrólise para aplicação em biocombustíveis.

288 horas **4** propostas **7** beneficiários

Planta Piloto para Desenvolvimento de Processos (PPDP)

Utilizada para verificar e demonstrar, em escala semi-industrial (300 litros), robustez e estabilidade de rotas tecnológicas de produção de etanol e outros compostos derivados de biomassa. Está equipada para validar indicadores tecno-econômicos e de sustentabilidade de processos que obtiveram sucesso na escala de bancada.

117 horas **4** propostas **5** beneficiários





LNNANO

Caracterização e Processamento de Materiais (CPM)

Esta instalação está voltada à pesquisa de novos processos de junção de materiais metálicos e técnicas de processamento para modificação das propriedades mecânicas, químicas e tribológicas de metais.

1601 horas **19** propostas **39** beneficiários

Dispositivos e Sistemas Funcionais (DSF)

Complexo de salas limpas que permite a prototipagem e fabricação de dispositivos eletrônicos por meio das técnicas de fotolitografia, corrosão e deposição metálica, além de uma infraestrutura para a caracterização elétrica.

255 horas **11** propostas **21** beneficiários

Ciência de Superfícies (LCS)

Este laboratório opera microscópios de varredura por sonda e um equipamento de crescimento epitaxial por feixe molecular, equipados com uma variedade de técnicas importantes para pesquisas em semicondutores nanoestruturados.

1305 horas **39** propostas **85** beneficiários

Microscopia Eletrônica (LME)

O conjunto de equipamentos presentes no laboratório permite analisar materiais orgânicos e inorgânicos. Permite ainda estudar o tamanho, a forma, a estrutura e a composição química desses materiais.

3705 horas **109** propostas **239** beneficiários

Microfabricação (LMF)

O laboratório oferece um conjunto de técnicas e equipamentos que permitem fabricar e desenvolver diversos dispositivos ópticos, microeletrônicos, eletroquímicos e colorimétricos, abrangendo diversas áreas de aplicação.

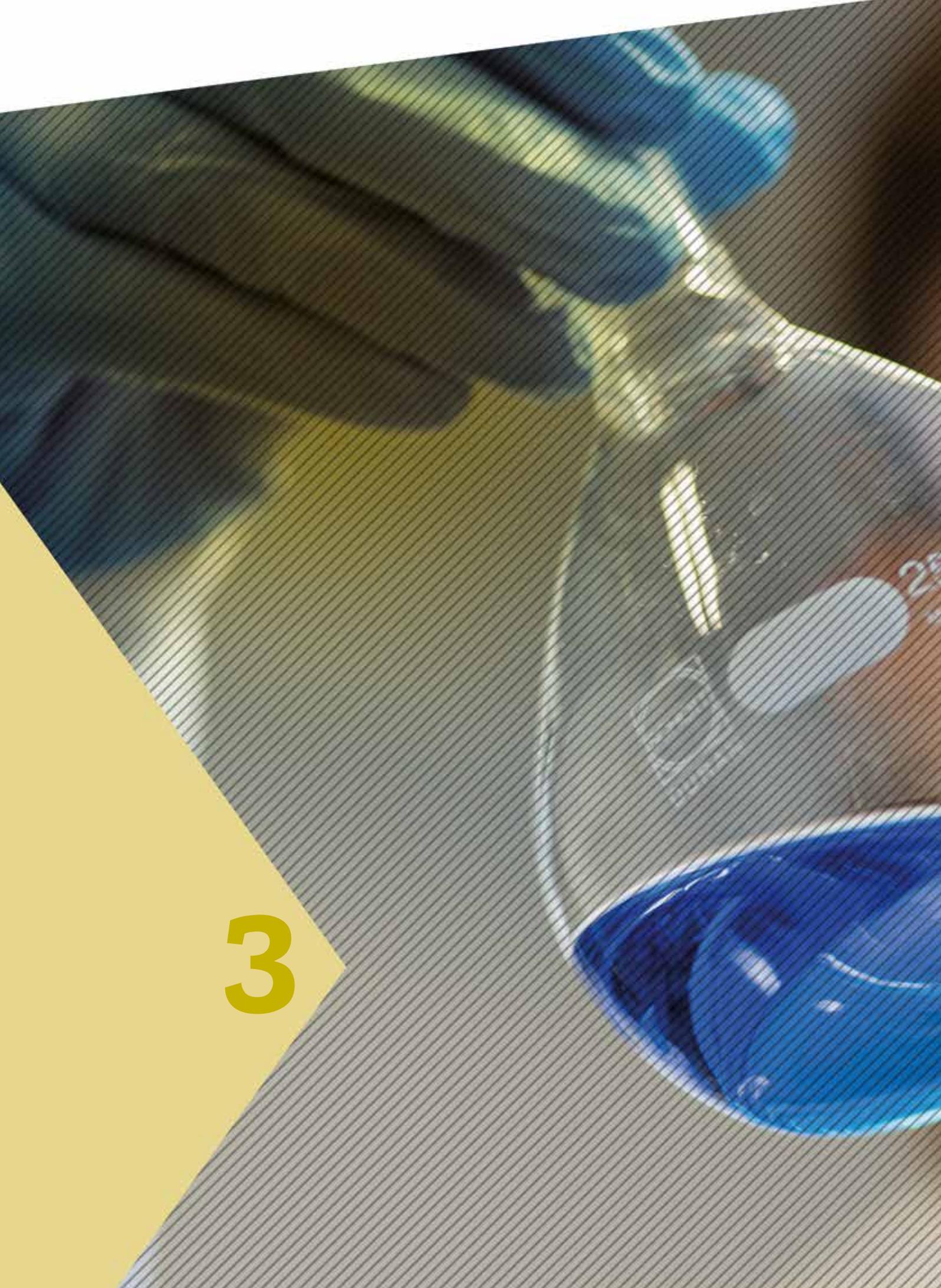
836 horas **20** propostas **37** beneficiários

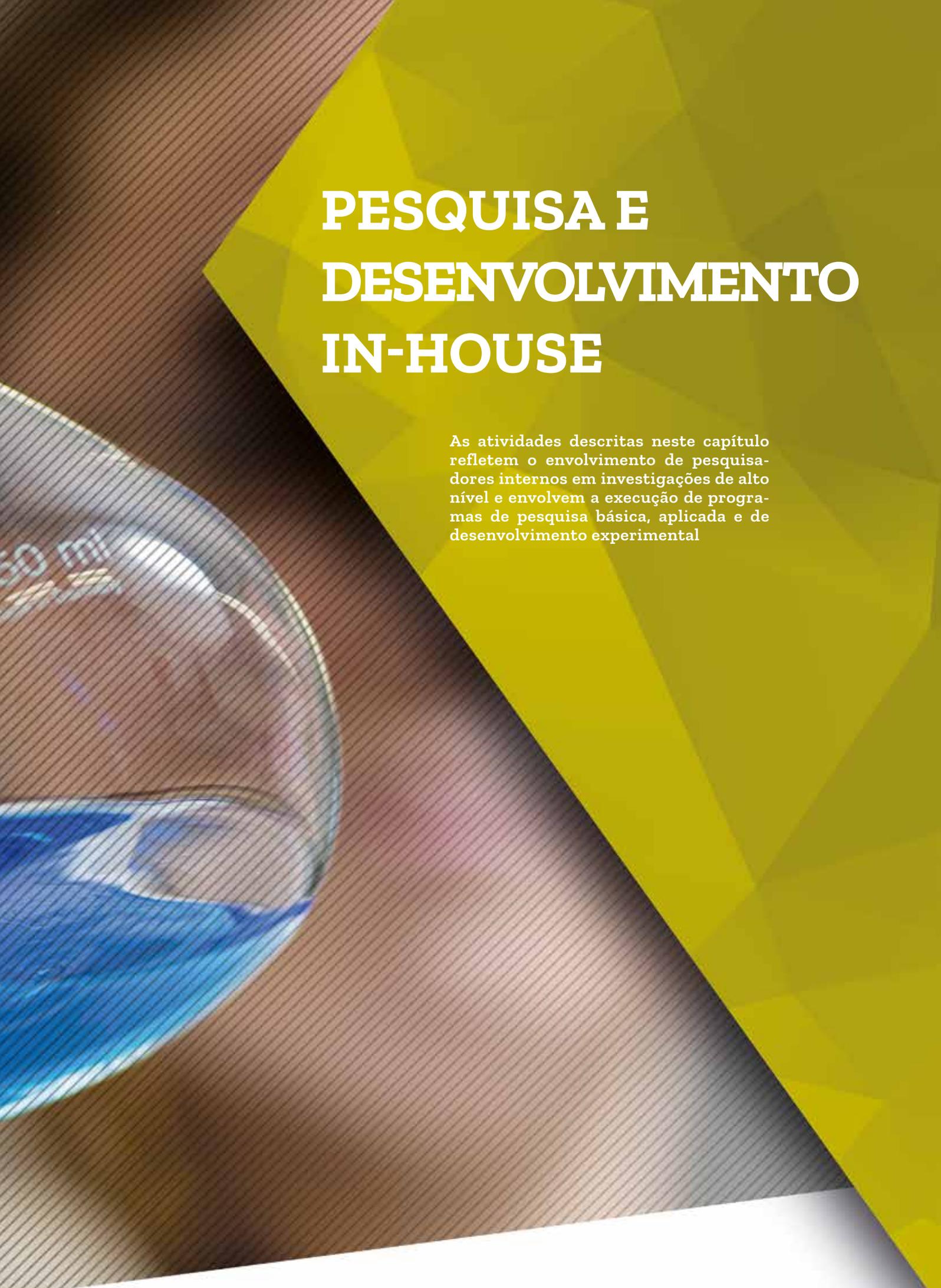
Materiais Nanoestruturados (LMN)

Esta instalação possibilita obter informações sobre a morfologia e composição química da superfície de diversos tipos de materiais. Permite a produção de materiais celulósicos e carbonáceos preparados a partir de fontes renováveis e estudos toxicológicos de nanomateriais.

441 horas **37** propostas **86** beneficiários

3





PESQUISA E DESENVOLVIMENTO IN-HOUSE

As atividades descritas neste capítulo refletem o envolvimento de pesquisadores internos em investigações de alto nível e envolvem a execução de programas de pesquisa básica, aplicada e de desenvolvimento experimental

O LNBio deu continuidade ao projeto **"Proteômica aplicada ao câncer oral"**, que visa elucidar os mecanismos moleculares envolvidos nesse tipo de câncer, bem como identificar assinaturas moleculares de prognóstico e alvos terapêuticos com potencial de aplicação clínica. No primeiro semestre de 2019, destacam-se a realização de estudo inédito que indica a seleção de um painel de 34 marcadores prognósticos associados à metástase em câncer de boca por proteômica baseada em alvos e estudo que demonstra que o domínio citoplasmático da ADAM17, uma metaloproteinase de membrana, promove um ambiente intracelular redutor por favorecer o estado monomérico da tioredoxina-1. Além disso, ressaltam-se dois prêmios recebidos derivados do impacto dos estudos em proteômica aplicada ao câncer oral: Prêmio Fleury de Inovação, Edição 2019, por estudo que combina técnicas de proteômica baseada em descoberta e em alvos para indicar assinaturas de prognóstico de câncer de boca; e o prêmio *Global Scholar-in-Training Awards* – GSITA, AACR Atlanta, 2019 pela contribuição científica na área de vesículas extracelulares originadas de câncer de boca agressivo e sua relação com polarização de macrófagos. Esse projeto conta com a participação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP; do Instituto do Câncer, ICESP; do Instituto do Coração, InCor; da Faculdade de Medicina da USP; e do Instituto de Computação, UNICAMP.

No mesmo período, no âmbito da pesquisa **"Desenvolvimento de inibidores de Glutaminase como terapia de combate ao câncer"** foram encontrados compostos naturais e sintéticos capazes de inibir a atividade da glutaminase humana envolvida no câncer de mama. Derivados destes compostos foram sintetizados e estão sendo avaliados em ensaios *in vitro*. Os melhores compostos serão avaliados em estudos *in vivo* (ensaios pré-clínicos).

Outra frente de estudos nesta linha de pesquisa busca compreender os mecanismos moleculares que levam ao desenvolvimento e progressão do câncer de mama triplo negativo – o subtipo mais agressivo de câncer de mama e para o qual não há tratamento efetivo. Destaca-se um artigo publicado na revista *Journal of Biological Chemistry*⁶ que demonstrou que células de câncer de mama triplo negativo dependem de glutamina e ácidos graxos (componentes da gordura) para

sobreviverem e migrar, um passo importante para a metástase. Nesta mesma linha de investigação o trabalho publicado em 2017 intitulado *"The origin and evolution of human glutaminases and their atypical C-terminal ankyrin repeats"*⁷ foi escolhido para edição especial da *Journal of Biological Chemistry - Focus on South America*.

Outro resultado demonstrou que a enzima Glutaminase 2 (GLS2), diferente do difundido na literatura, é pro-oncogênica em câncer de mama – ou seja, aumenta a proliferação das células de câncer de mama, migração e invasão. Em específico, a GLS2 aumentou o número de metástase pulmonar em modelo de camundongo e pacientes com tumores de mama com maior expressão de GLS2 tem pior prognóstico, com aumento da chance de desenvolver metástase.

No projeto **"Mecanismo de regulação de quinases e fosfatases envolvidas em câncer"**, desenvolvido pelo LNBIO, destaca-se a análise funcional e estrutural de componentes do complexo 'Ragulator', que controla a sinalização por aminoácidos nas células, e que tem função alterada em células tumorais, assim como da proteína HBx do vírus da hepatite B que interage com subunidades do 'Ragulator'. Adicionalmente, também é estudada a relação funcional entre a proteína reguladora TIPRL e a fosfatase PP2A. Esses estudos contam com pesquisadores vinculados à Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Universidade de Viena e Max F. Perutz Laboratories (Viena, Áustria).

Na linha de pesquisa **"Exploração de estratégias para imunomodulação antitumoral"**, do LNBio, foram realizados experimentos em modelos animais para recapitular efeitos observados com nanopartículas imunomodulatórias. Está sendo preparado um ensaio para utilização do laboratório de Sequenciamento de DNA (NGS – LNBR) para determinar composições populacionais de clones respondedores a imunoterapia. Ainda no âmbito da imunomodulação antitumoral, experimentos com animais NOD/SCID e enxertos xenográficos humanos estão sendo padronizados. Esse modelo será de grande importância para transpor estratégias já realizadas com animais imunocompetentes para um modelo mais próximo do humano.

6. Dual inhibition of glutaminase and carnitine palmitoyltransferase decreases growth and migration of glutaminase inhibition-resistant triple-negative breast cancer cells. *Journal of Biological Chemistry*, v. 294, p. 9342-9357, 2019. doi: 10.1074/jbc.RA119.008180

O projeto **"Neurobiologia molecular – desvendando os mecanismos moleculares de transtornos de neurodesenvolvimento"**, desenvolvido pelo LNBio em parceria com pesquisadores da USP, visa elucidar a estrutura e a função de proteínas associadas a transtornos de neurodesenvolvimento e caracterizar mutações identificadas em pacientes com Deficiência Intelectual (DI). Em 2019, os esforços estiveram concentrados em 3 proteínas-alvo: UBE2A, DDX3X e MAOA. O trabalho descrevendo as alterações funcionais e estruturais provocadas por uma mutação em UBE2A (identificada em dois irmãos com DI) foi publicado na revista *Nature Chemical Biology*⁸. Uma das vertentes do projeto explora o impacto de mutações no neurodesenvolvimento de camundongos geneticamente modificados, utilizando a tecnologia CRISPR/CAS9. Um estudo em andamento demonstrou que camundongos *Knock-In* (UBE2A XXX) apresentam comprometimento da função mitocondrial, o que pode explicar as alterações comportamentais e cognitivas dos pacientes portadores da mutação. Também estão em curso estudos para a caracterização dos impactos de mutações patogênicas das proteínas DDX3X e MAOA, detectadas em pacientes com deficiência intelectual.

O projeto **"Estudos funcionais e estruturais do receptor de galanina GALR2 e vias de sinalização derivadas"** busca estudar mutações clínicas no eixo de sinalização do neurotransmissor galanina, seus receptores

e vias de sinalização. No primeiro semestre de 2019, os estudos realizados em colaboração entre pesquisadores do CNPEM, do Hospital ACCamargo e da Universidade de Nottingham (Programa COMPARE) concentraram-se na caracterização estrutural e funcional do receptor de galanina 2 (GALR2). Como resultado, foi publicado um artigo científico descrevendo as alterações celulares de GALR2 carregando uma mutação que leva à localização intracelular do receptor encontrada em uma paciente brasileira diagnosticada com Esclerose Múltipla⁹. A caracterização estrutural deste receptor por microscopia eletrônica está sendo realizada em colaboração com pesquisadores do LNNano. Nesse mesmo projeto, em colaboração internacional com pesquisadores do *The Centre of Membrane Proteins and Receptors* (COMPARE), ações em andamento visam explorar vias e efeitos celulares diretos e indiretos de alterações no receptor GALR2.

O projeto **"Conectando o intestino e o cérebro: envolvimento do microbioma intestinal no surgimento e progressão da doença de Parkinson Esporádica"** explora uma potencial conexão entre alterações da proteostase induzida pelo microbioma intestinal e doença de Parkinson esporádica. Os estudos, ainda em andamento, concentram-se no estabelecimento de modelos de interação da bactéria *Akkermansia muciniphila* com neurônios e células intestinais cultivadas em sistemas microfluídicos (Figura 1).

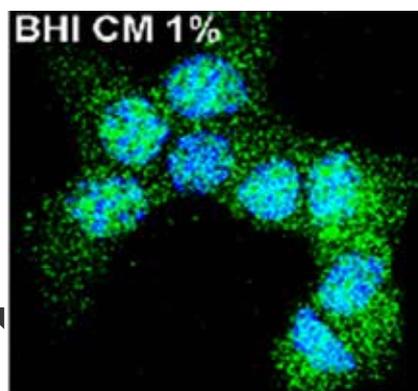


Figura 1. Células intestinais expressando a proteína α -sinucleína, envolvida com a doença de Parkinson. BHI CM 1% = BHI conditioned médium 1%.

7. The origin and evolution of human glutaminases and their atypical C-terminal ankyrin repeats. *Journal of Biological Chemistry*, v. 292, n. 27, p. 11572-11585, 2017. doi: 10.1074/jbc.M117.787291

8. Mechanistic insights revealed by a UBE2A mutation linked to intellectual disability. *Nature Chemical Biology*, 15:62-70. doi: 10.1038/s41589-018-0177-2

9. Pharmacogenomics J 2019 doi: 10.1038/s41397-018-0032-6

O coração adulto apresenta limitada capacidade de regeneração após uma lesão, como por exemplo, após o infarto agudo do miocárdio. Como consequência, as doenças cardiovasculares são a principal causa de morte e internações no Brasil e no mundo. Entretanto, sabe-se que durante os primeiros dias pós-natal, o coração de neonatos apresenta grande capacidade de regeneração após infarto, mediado pela proliferação de miócitos cardíacos pré-existentes, ao em vez de células progenitoras cardíacas ou células troncos circulantes. Recentemente, ações do LNBio buscam entender os mecanismos celulares e moleculares que levam a regeneração cardíaca durante o período neonatal e assim desenvolver novas terapias para o tratamento das doenças cardiovasculares.

O projeto **"Estudos estruturais e funcionais de receptores nucleares"** visa entender o mecanismo de ação de receptores nucleares no controle de doenças como diabetes, obesidade, cardiopatias e câncer¹¹. Entre os avanços realizados em 2019, destaca-se o estudo de interações patológicas entre formas mutantes do receptor de hormônios tireoidianos (TR) e correpressores e

sua modulação por análogos de hormônios tireoidianos com potencial terapêutico.

Em 2019, foi finalizado o estudo que propõe o mecanismo estrutural de como ocorre a fosforilação do receptor 'PPAR' e sua interferência no recrutamento de reguladores, causando resistência à insulina. Também foi proposto um possível modelo de inibição deste evento com foco na busca de novas moléculas que possam atuar como sensibilizadores à insulina. Por fim, um ligante promissor para este receptor foi encontrado. Esse ligante é capaz de não estimular a adipogênese e diminuir a resistência à insulina.

Com relação à nova linha de pesquisa em obesidade do LNBio, foi possível montar um sistema de culturas 3D que visa entender processos de adipogênese e 'browning' por meio de experimentos com organoides que reproduzem o tecido adiposo. Embora em fase inicial, o projeto já desenvolveu e caracterizou 6 tipos diferentes de organoides em mono- ou co-cultura de células adiposas, endoteliais e macrófagos, além de padronizar ensaios de adipogênese e 'browning' para todos os organóides.

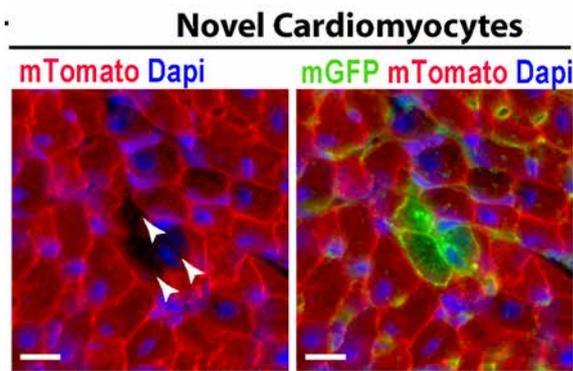


Figura 2. Microscopia confocal demonstrando que após um dano no coração de camundongos neonatos, a regeneração cardíaca se dá pela proliferação de miócitos cardíacos pré-existentes, havendo mínima contribuição de células tronco ou células progenitoras. Portanto o desenvolvimento de terapias que estimulam a proliferação de miócitos cardíacos podem ser utilizadas para o tratamento de doenças cardiovasculares¹⁰.

¹⁰. Elhelaly, M., Waleed*, Cardoso, C., Alisson*, Pereira, M., Ana Helena; Elnawasany, A., Abdallah; Ebrahimi, A., Shayda; Nakada, A., Yuji; Sadek, A., Hesham. Circulation, 2019, Vol.139(4), pp.559-561

¹¹. Esse projeto é desenvolvido em colaboração com várias instituições de pesquisa do Brasil e exterior, incluindo UNICAMP, UNEB, INCOR, UFC, UNESP-SJRP, CBS/ CNRS-Montpellier, Universidade de Lozano e Instituto de Medicina Regenerativa da Califórnia.

Reúne pesquisas centradas na compreensão dos mecanismos moleculares envolvidos em infecções humanas causadas por vírus, bactérias e parasitas, e identificação de alvos para o desenvolvimento de antimicrobianos e estratégias terapêuticas.

No contexto das doenças infecciosas foram realizados diversos avanços nas pesquisas com bactérias, tanto para a compreensão das proteínas formadoras da parede bacteriana, como na busca de novos agentes antimicrobianos e mecanismos de resistência do patógeno e do hospedeiro.

No período, foram continuados os estudos da parede bacteriana, com foco na formação e fatores de virulência. Um dos complexos mais importantes para a formação da parede, tanto em bactérias Gram-positivas quanto Gram-negativas é formado pelas enzimas Mur, capazes de catalisar as primeiras reações essenciais do processo. Foram caracterizados dois subcomplexos dos patógenos *Streptococcus pneumoniae* e *Bordetella pertussis* utilizando técnicas de bioquímica e biofísica, incluindo SAXS, microscopia eletrônica e microscopia de calorimetria de transferência de calor. Os resultados foram obtidos em parceria com o *Institut de Biologie Structurale* na França e compõem duas publicações¹².

Além disso, foram realizados progressos na caracterização de um produto natural inibidor do crescimento do patógeno *Enterococcus faecium* resistente à gentamicina. O inibidor, identificado por screening das bibliotecas de produtos naturais do LNBio, age diretamente na membrana bacteriana e tem um efeito adjuvante ao da gentamicina, reduzindo a concentração necessária para o controle do crescimento bacteriano. Um manuscrito descrevendo os resultados deste trabalho encontra-se em revisão.

No projeto **"Interação planta-patógeno"**, do LNBio, destacam-se como avanços do último semestre a identificação de um fator bacteriano envolvido na resposta de defesa em citros que poderá ser explorado no desenvolvimento de resistência contra o fitopatógeno *Xanthomonas citri*, agente causal do Cancro Cítrico¹³. Também foi desenvolvido um ensaio enzimático para triagens de compostos em larga escala a fim de se identificar inibidores para as enzimas tRNA sintetase desse fitopatógeno.

No âmbito das pesquisas em **"Doenças arbovirais negligenciadas"**, do LNBio, que visam promover o entendimento de doenças causadas por vírus transmitidos por mosquitos – por exemplo, Mayaro, Zika, Ilhéus, Usutu, Encefalite de St. Louis e Oropouche – destacam-se como principais avanços a proposição de estratégias terapêuticas e o desenvolvimento de ensaios fenotípicos para seleção de fármacos contra os vírus Mayaro, Zika e Oropouche. Foram selecionados e confirmados

cerca de doze diferentes compostos com propriedades protetoras frente a infecção por Mayaro. Estes compostos revelam um novo mecanismo envolvido na replicação deste vírus. Testes em modelo animal estão previstos para o próximo semestre.

Ainda no âmbito dos estudos relacionados ao vírus Mayaro, foram iniciados estudos que pretendem investigar a biologia estrutural desse vírus. O trabalho está sendo realizado em colaboração com o LNNano e prevê o estabelecimento de protocolos para produção, purificação e concentração de vírus para geração de amostras apropriadas para técnicas de criomicroscopia eletrônica. Um conjunto inicial de dados já foi coletado e encontra-se em fase de processamento. A obtenção destas estruturas virais é parte importante para o planejamento racional de fármacos e anticorpos contra o vírus estudado, além de facilitar a caracterização da interação de agentes antivirais encontrados por ensaios fenotípicos.

Outro grupo de doenças infecciosas estudadas no LNBio, no projeto **"Aperfeiçoamento de inibidores enzimáticos para desenvolvimento de fármacos contra Chagas"**, são as doenças causadas por parasitas do gênero *Trypanosoma*. Essa linha de pesquisa tem como objetivo identificar moléculas capazes de inibir enzimas-chave do metabolismo do parasita e que, conseqüentemente, resultem na morte do parasita quando o mesmo estiver dentro da célula do seu hospedeiro humano. Atualmente, duas classes químicas, quinazolinonas e sulfonamidas, estão sendo estudadas para desenvolver potentes inibidores das enzimas glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PDH) e enzima málica citosólica (MEC), respectivamente. Os estudos incluem o desenvolvimento da rota de síntese química, a expansão de ambas as séries e os testes das novas moléculas em ensaios de inibição enzimática e em cultura de parasitas. No âmbito desse projeto, o LNBio formalizou uma colaboração com o Instituto de Pesquisas Biomédicas da Novartis, em Boston, com a finalidade de identificar novos inibidores para estas enzimas. Neste semestre, pesquisadores do LNBio testaram ambas as enzimas contra uma coleção de 50 mil moléculas da empresa no centro de triagem da Novartis. Os experimentos resultaram na identificação de 62 e 314 novos inibidores das enzimas G6PDH e MEC, respectivamente. Os próximos passos desta colaboração incluem testes dessas moléculas em ensaios celulares contra a forma intracelular do *T. cruzi*.

12 Miyachiro MM, Granato D, Trindade DM, Ebel C, Paes Leme AF, Dessan A (2019) Complex formation between Mur enzymes from *Streptococcus pneumoniae*. *Biochemistry*, in press.
Laddomada F, Miyachiro MM, Jessop M, Patin D, Job V, Mengin-Lecreux D, Le Roy A, Ebel C, Breyton C, Gutsche J, Dessan A (2019) The MurG glycosyltransferase provides an oligomeric scaffold for the cytoplasmic steps of peptidoglycan biosynthesis in *Bordetella pertussis*. *Sci Rep*. 9:4636.
13 Shimo HM, Terassi C, Lima Silva CC, de Lima Zanella J, Mercaldi GF, Rocco SA, Benedetti CE (2019) Role of the Citrus sinensis RNA deadenyase CsCAF1 in citrus canker resistance. *Mol Plant Pathol*. [Epub ahead of print]. doi: 10.1111/mpp.12815.

FÁRMACOS

Concentra esforços em novos métodos aplicados à descoberta de fármacos. Dá suporte ao desenvolvimento da plataforma de descoberta de fármacos do CNPEM, potencializando os projetos de inovação com a indústria e auxiliando os projetos científicos focados na descoberta e validação de alvos terapêuticos para doenças.

O projeto **"NP³"** visa o desenvolvimento de uma interface computacional capaz de integrar dados de screening de bibliotecas de produtos naturais, espectrometria de massas e cristalografia de proteínas para viabilizar a descoberta de fármacos a partir de produtos naturais da biodiversidade brasileira. Esse projeto teve o apoio do Instituto Serrapilheira renovado, com novo aporte de 1 milhão de reais para os próximos 3 anos. No primeiro semestre de 2019, foram consolidados algoritmos para o tratamento de dados de espectrometria de massas, com aplicação direta na desreplicação e identificação de produtos naturais bioativos. Os novos recursos serão investidos na ampliação das ferramentas computacionais para a deconvolução de bancos de dados de compostos da biodiversidade brasileira, integração de dados de metabolômica, iteração com dados cristalográficos e interpretação ab initio de densidade eletrônica de produtos naturais ligantes de proteínas alvo para o desenvolvimento de fármacos, utilizando ferramentas de machine learning. Além disto, o projeto também prevê aplicações em estudos de metabolômica para a investigação de mecanismos moleculares de doenças.

Com foco no desenvolvimento de novas ferramentas experimentais, o LNBio vem implementando uma plataforma multiômica para avaliar os efeitos moleculares de deleções, mutações e superexpressão de alvos terapêuticos, assim como o efeito de candidatos a fármacos em sistemas celulares controlados. Além disso, há esforços para a preparação de sondas químicas customizadas direcionadas a estudos focados na compreensão da organização estrutural e espacial da vida, bem como para a triagem e caracterização de moléculas candidatas a fármacos. Essas sondas serão aplicadas em futuros experimentos nas linhas de luz do Sirius dedicadas à imagens biológicas, microscopia confocal e de super resolução, assim

como em ensaios celulares e enzimáticos.

O projeto do LNBio **"Engenharia e Desenvolvimento de Vetores para Transferência Gênica"** apresentou avanços relacionados ao vírus ZIKA. Nesse contexto, estão sendo desenvolvidos novos vetores contendo microRNAs dirigidos a diferentes regiões estruturais e não estruturais do ZIKAV. Estes vetores estão em fase de teste (cultura de células e em combinações) com o objetivo de verificar redução na infectividade pelo vírus. Também foram desenvolvidos bioensaios em células recombinantes, mostrando que o ensaio repórter de GFP pode ser utilizado para avaliação de infecções por ZIKAV in vivo, em que órgãos e embriões removidos de animais infectados são processados e submetidos ao ensaio in vitro, fornecendo resultados interessantes para determinação de infecção viral sistêmica.

O projeto **"Desenvolvimento de anticorpos monoclonais para imunomodulação"** teve seus estudos biofísicos iniciados com vistas à caracterização de anticorpos gerados in-house e também de um anticorpo de referência comercial. Neste semestre, foram desenvolvidas e padronizadas ferramentas de purificação e de controle de qualidade usando técnicas biofísicas como CD, DLS e termoforese.

O LNBio também tem dedicado esforços para a preparação de proteínas de membrana para estudos estruturais. Proteínas de membrana, como os receptores acoplados à proteína G (GPCRs), são alvos para boa parte dos medicamentos e promissoras para o desenvolvimento de novos fármacos. No entanto, a obtenção dessas proteínas para estudos estruturais é bastante desafiadora. Utilizando novas abordagens para a extração e solubilização de GPCRs, foi possível purificar o receptor GALR2 em seu estado nativo e realizar estudos iniciais por microscopia eletrônica de contraste negativo, em colaboração próxima com a equipe de microscopia do LNNano.

IMAGENS BIOLÓGICAS

Visa o desenvolvimento e integração de técnicas de captura e processamento de imagens de alta resolução de amostras biológicas utilizando a estrutura do CNPEM e disponibilizando-as à comunidade científica.

Em parceria com o LNLS, o LNBio tem desenvolvido **“Novos métodos experimentais utilizando raios X dedicados a imagens biológicas”**. Em 2019, pesquisadores de ambos Laboratórios estiveram dedicados ao estudo da morfologia de cardiomiócitos com dilatação cardíaca, destaca-se a comparação entre camundongos selvagens e mutantes. Foram desenvolvidas técnicas de imagem que permitem a marcação das células cardíacas por meio de perfusão retrógrada no animal,

seguida por aumento de contraste ex-vivo. Os experimentos utilizaram a linha IMX, com resolução espacial da ordem de 2 μm (FSC, $\frac{1}{2}$ bit threshold), o que permitiu resolução espacial próxima da separação celular.

Na sequência, o Grupo de Computação Científica do LNLS (GCC) desenvolveu algoritmos específicos que permitem a segmentação das células do ventrículo esquerdo, fornecendo importantes parâmetros como contagem, volumetria e orientação (Figura 3).

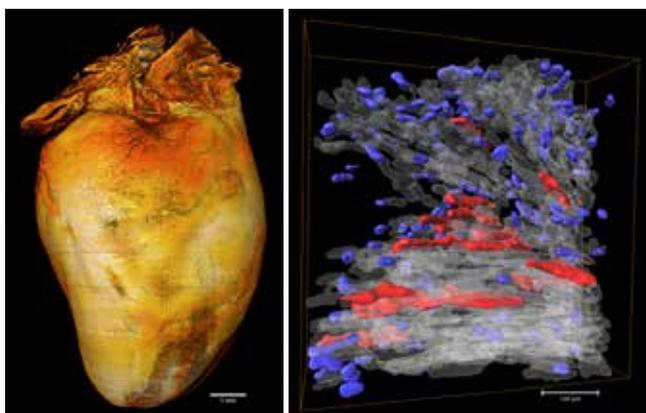
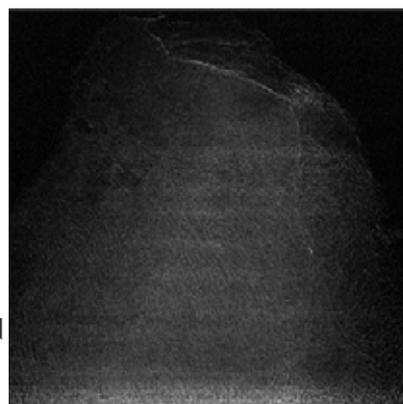


Figura 3. Renderização 3D da imagem crua do coração de camundongo selvagem em “baixa” resolução de modo a revelar a anatomia total (esquerda). Em detalhe (direita), pequena região do ventrículo esquerdo na qual diferentes tamanhos celulares são representados in situ. Azul, células pequenas entre 10 a 40 μm de tamanho, majoritariamente fibroblastos. Vermelho, cardiomiócitos entre 130 a 160 μm .

No âmbito desse projeto, também ocorre o desenvolvimento de marcadores moleculares específicos que permitirá obter imagens tridimensionais de alta resolução em amostras relativamente espessas, de modo não destrutivo e com sensibilidade ao alvo a ser estudado. Um exemplo, é o desenvolvimento de sondas baseadas no beta-bloqueador carazolol, com alta afinidade para o receptor $\beta_1\text{AR}$ e contendo um elemento pesado, o bromo (Br). Para os ensaios experimentais foram preparadas amostras com

tecido do músculo cardíaco de camundongos selvagens. Os resultados de fluorescência de raios X obtidos na linha XRF (LNLS) confirmaram a presença de Br. A tomografia de absorção feita na linha IMX (LNLS) também teve um resultado positivo, utilizando imagem diferencial de imagens adquiridas com energias acima e abaixo da borda de absorção K do elemento Br (Figura 4). Os próximos passos envolvem a validação das amostras controle e experimentos que comprovem a especificidade da sonda.

Figura 4. Imagem diferencial da tomografia de raios-X feita com a subtração de imagens adquiridas com energias acima e abaixo da borda K de absorção do Br. Linha IMX (LNLS)



Abordagem similar está sendo conduzida para o desenvolvimento de marcadores de proliferação celular (Figura 5) com aplicações para a regeneração cardíaca e neural, com possível aplicação no desenvolvimento de estratégias terapêuticas para insuficiência cardíaca e regeneração de lesão

medular, por exemplo. Esse é o primeiro passo para o uso de técnicas de raios X, a partir aceleradores de 4ª geração, em análises de estruturas na escala de núcleos celulares. Após validado, o método permitirá avaliar a proliferação celular em amostras 3D, como órgãos e organismos.

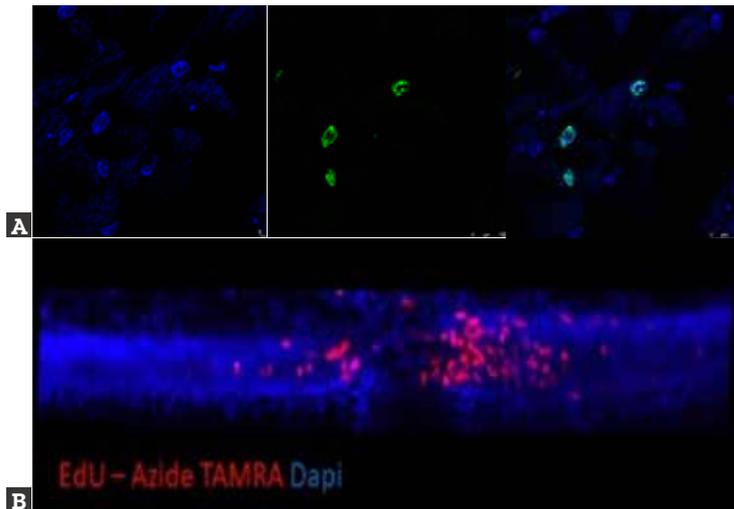


Figura 5. Imagem de microscopia confocal de tecido cardíaco de camundongos (A) e neurônios recém-nascidos em larvas do peixe-zebra após lesão medular (LM) (B). Revelação da incorporação de marcadores de proliferação celular A: respectivamente DAPI, azida-488, merge; B: DAPI (azul), TAMRA (vermelho).

Estudos do desenvolvimento do tubo neural também são parte dos esforços do LNBio associado ao projeto de imagens biológicas utilizando técnicas de raios X. As ações visam estudar o tubo neural ao longo do desenvolvimento em modelo animal (camundongo) utilizando tomografia de raios X. Ao longo de 2019, a técnica de marcação das células do embrião foi

padronizada e imagens com resolução quase celular foram obtidas. Em colaboração com o grupo GCC (LNLS) e UNICAMP foi desenvolvido um método que identifica regiões do tubo ainda abertas (técnica de *alpha shapes*) e suas respectivas bordas (técnica de *livewire*) separando-o do restante do embrião para posterior quantificação (Figura 6). Os próximos passos incluem análises em 3D.

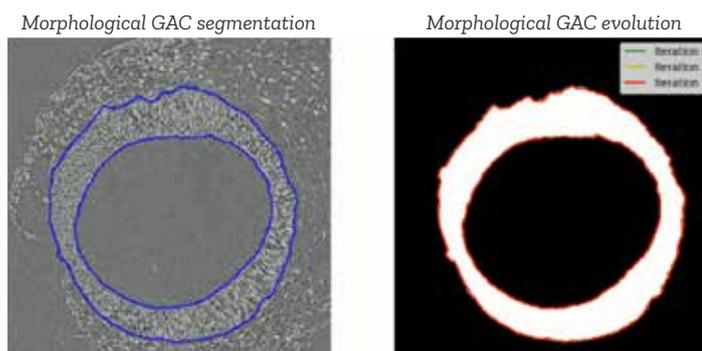


Figura 6. Exemplo de separação do tubo neural. À esquerda, delimitação da estrutura em uma fatia 2D da tomografia (imagem crua) do embrião de camundongo. À direita, resultado da imagem binária

Finalmente, destaca-se o uso de técnicas de microtomografia de raios X aplicada ao estudo da arquitetura das células neurais. A avaliação do número de células, organização espacial e conectividade neuronal são fatores fundamentais para a compreensão da função cerebral. No entanto, a avaliação da citoarquitetura cerebral tridimensional com resolução celular persiste como grande

desafio no campo da neurociência. Nesse contexto, a microtomografia de raios X tem se mostrado uma ferramenta não destrutiva valiosa para decifrar a citoarquitetura e conectividade do cérebro.

Em 2018, foram desenvolvidas metodologias para a geração de imagens de neurônios inteiros. Essa abordagem não requer manipulação do tecido e permite a investigação

de várias células em uma determinada região do cérebro. Em 2019, o enfoque é realizar a marcação de neurônios específicos dentro de todo tecido cerebral, com o objetivo de visualizar grandes redes neuronais e estabelecer o tipo de sinapse formada. Esse protocolo será de grande valia para futuros projetos na área de neurobiologia celular e deverá ser aplicado no uso da nova fonte de luz síncrotron, Sirius, que fornecerá imagens com resolução em escala manométrica.

Iniciou-se, em 2019, projeto específico do LNBio em colaboração com o LNLS para o **“Desenvolvimento de instrumentação de micro e nanotomografia por raios X para medidas de camundongos in vivo na nova linha de luz Mogno do Sirius”**. Com a

finalidade de viabilizar experimentos *in vivo* com animais de experimentação (camundongos), nos quais imagens 3D em tempo real sejam obtidas e processadas, o projeto prevê o desenvolvimento de infraestrutura de manutenção dos animais, sedação, captura de eletrocardiograma (ECG) e frequência respiratória. Importantes avanços foram realizados em colaboração com o Grupo de Apoio em Eletrônica (LNLS). Foi desenvolvido um sistema de detecção de ECG para ser utilizado em camundongos (Figura 7A) e integrado ao sistema principal de controle da linha de luz (CompactRIO), com interface gráfica e processamento do sinal em tempo real. Espera-se obter imagens de alta qualidade com baixa dose de radiação no animal (Figura 7B).



Figura 7. ECG de camundongo sedado com administração IP de Xilazina/Cetamina. Identificação em tempo real da onda R (A). Exemplo do teste de ECG em humanos (amarelo) com detecção dos pontos R, a geração de sinal de sincronismo preditivo (verde) que irá atuar para disparar a aquisição da imagem (B).

O sistema para a aquisição da frequência respiratória de forma simultânea ao ECG também está avançado. Recentemente, testes iniciais foram realizados na linha IMX (LNLS), com a obtenção de uma tomografia com alta resolução para amostras em movimento.

No campo da **“Microscopia confocal de células vivas”** foram padronizadas diversas técnicas usando o microscópio confocal Leica SP8. O desenvolvimento de experimentos com células vivas, não-fixadas, é de vital importância para responder perguntas biológicas cuja dinâmica intracelular é o foco. Mobilidade de organelas

citoplasmáticas e sinalização de cálcio, por exemplo, são eventos centrais no estudo de doenças neurodegenerativas e do neurodesenvolvimento. Sendo assim, foram padronizados ensaios celulares de FRAP (*Fluorescence Recovery After Photobleaching*) para estudar a mobilidade de grânulos de estresse, encontrados em diversos casos de doenças do neurodesenvolvimento (Figura 7). Também foi padronizado um tipo singular de análise intracelular de sinalização de cálcio em alta velocidade, focada em verificar a fonte intracelular de início da resposta mediante um estímulo (Figura 8).

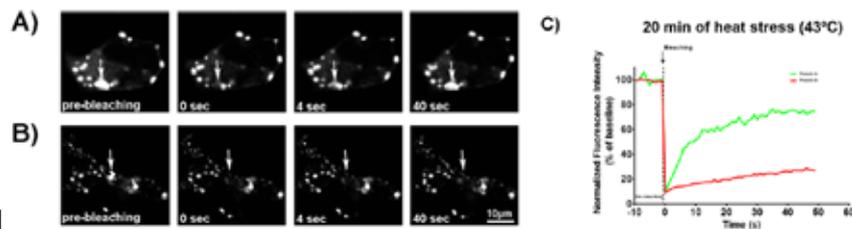


Figura 8. FRAP de grânulos de estresse formados após estímulo térmico. Células de neuroblastoma transfectadas com proteína A (A) ou B (B) e estressadas a 43°C por 20 min. Pontos brilhantes mostram os grânulos de estresse formados após o estímulo térmico. Setas demonstram um grânulo destes grânulos submetido ao photobleaching e a recuperação da fluorescência acompanhada ao longo do tempo. Gráfico em C mostra que a recuperação da fluorescência da proteína A é muito mais eficiente do que a da proteína B.

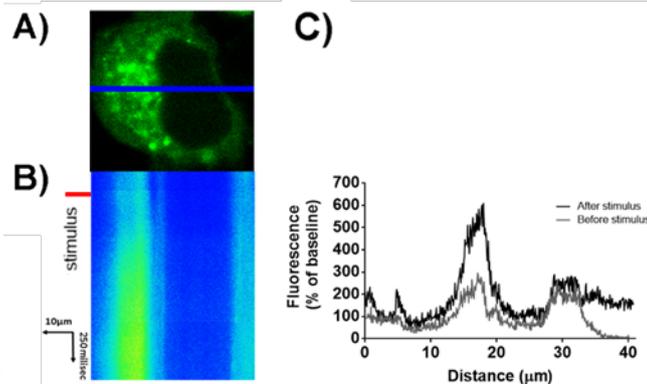


Figura 9. Análise de sinalização intracelular de cálcio do tipo line scanning. (A) Célula intestinal marcada com a sonda para cálcio intracelular Fluo4/AM. Linha azul representa a área de imagem realizada ao longo do tempo antes e após estimulação. Em B está representado o aumento da fluorescência em cada ponto da linha azul ao longo do tempo. Quantificação da intensidade da fluorescência antes e após o estímulo está representada no gráfico em C, mostrando que o sinal de cálcio ocorre apenas em uma região preferencial da célula

Estudos com **“Técnicas de microscopia de super-resolução (STED) aplicadas a células tumorais”**, desenvolvidos pelo LNBio, permitiram otimizar o preparo de amostras para obtenção de imagens com resolução superior àquela obtidas por microscopia confocal convencional. As células estudadas consomem muito açúcar e alguns aminoácidos específicos e, portanto, uma estratégia terapêutica é bloquear a ação das enzimas que fornecem tais aminoácidos. O estudo

tem mostrado que aminoácidos em baixas quantidades (comum em várias regiões dos tumores que crescem distantes dos vasos sanguíneos) provoca mudança na forma da enzima que se associa a polímeros longos (Figura 10), mais capazes de consumir o substrato. Dessa maneira, a enzima contribui para a sobrevivência das células tumorais. Inibir a formação destes polímeros se torna, então, uma estratégia importante para eliminação dessas células.

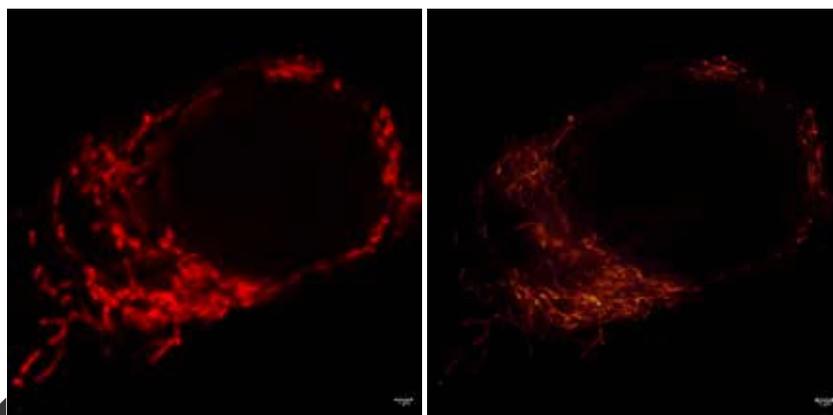


Figura 10. Células de adenocarcinoma de próstata super-expressando enzima mitocondrial. Imagem de microscopia confocal convencional (esquerda) e em super-resolução STED (direita).

Outro exemplo similar é a **“Aplicação de microscopia de super-resolução na caracterização da infecção por vírus causadores de doenças negligenciadas”**. Nesse contexto, o LNBio tem analisado o vírus Usutu (USUV) e o vírus da encefalite de Saint Louis (SLEV). Os resultados obtidos por imunomarcação com anticorpos pan-flavivírus (4G2) mostram a localização intracelular dos vírus, bem como

sua localização na superfície da célula, no caso do SLEV (Figura 11). Os próximos passos envolvem a otimização da infecção em modelo animal com sua respectiva localização, almejando experimentos futuros com o uso de raios X ao invés de luz visível. Esse é um espectro de alta energia e de alta penetração que possibilita imagens 3D em grandes regiões sem necessidade de seccionamento.

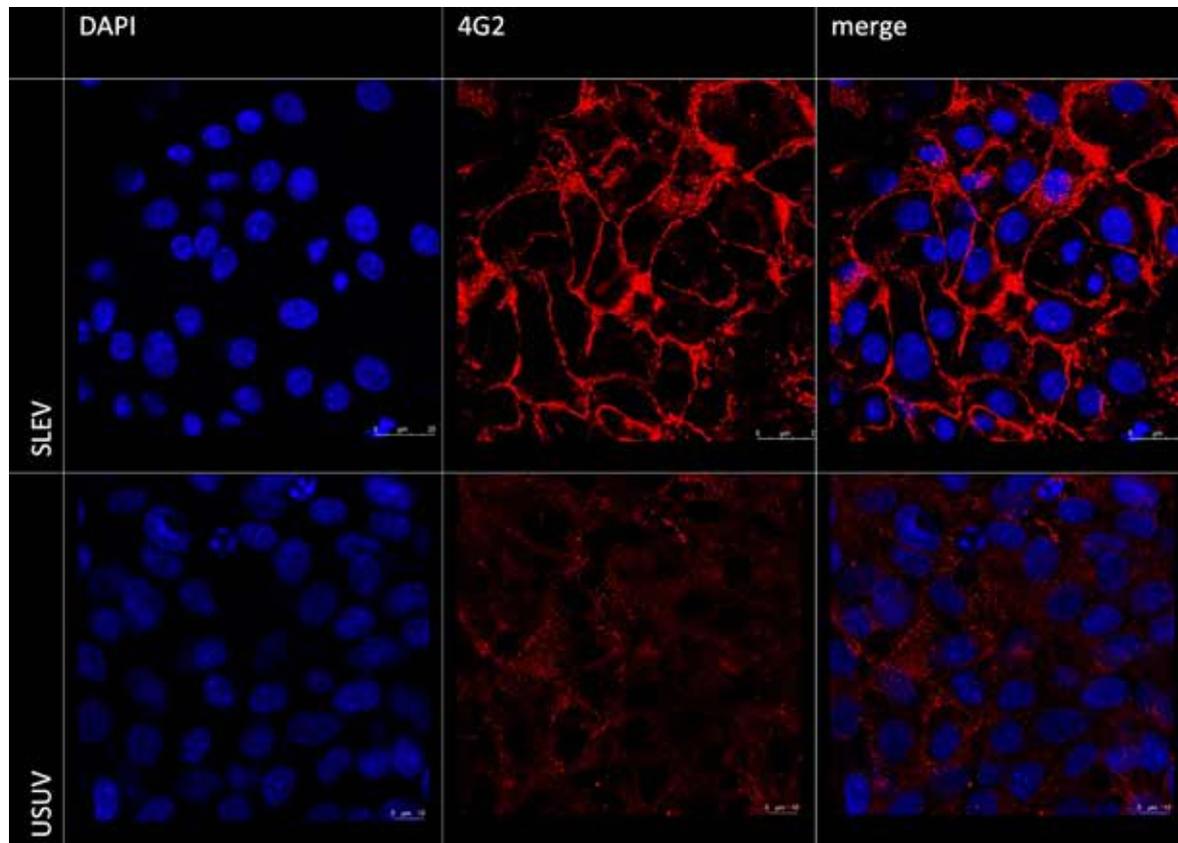


Figura 11. Cultura de células Vero infectadas com flavivírus (SLEV e USUV).

O projeto **"Predição e análise estrutural de biomacromoléculas"** tem como principal objetivo a construção de modelos estruturais de alta qualidade de proteínas e seus complexos com outras macromoléculas e também com pequenas moléculas. Nesse sentido, são utilizados métodos que envolvem modelagem por homologia e dinâmica molecular. Destaca-se a participação no trabalho de caracterização da enzima UBE2A Q93E publicado na *Nature Chemical Biology*¹⁴, onde foi construído o modelo do complexo UBE2A-ubiquitina que auxiliou no entendimento do efeito da mutação Q93E sobre mecanismo enzimático de UBE2A. Outro trabalho que merece destaque foi a colaboração com a UFSCAR/Sorocaba no entendimento de luciferases sensíveis a pH, que mudam seu espectro de emissão de luz, podendo ser usadas como biosensores. Este trabalho foi publicado na revista *Scientific Reports*¹⁵.

O objetivo do projeto **"Desenvolvimento de algoritmos computacionais em biologia molecular"**, do LNBio, é o desenvolvimento de algoritmos computacionais para a análise de sistemas biológicos em nível atomístico, incluindo métodos de predição de estrutura. Destaca-se, em 2019, o desenvolvimento de

um método computacional para a predição da formação hierárquica das estruturas secundárias proteicas. O método tem como objetivo fornecer informações sobre as etapas iniciais do enovelamento proteico. Os padrões de formação hierárquica da estrutura secundária poderão auxiliar nos métodos de novo de predição da estrutura atômica e no estudo do impacto de mutações pontuais. Esse projeto envolve técnicas avançadas de aprendizado de máquina utilizando redes neurais profundas, cujo domínio também é importante para o desenvolvimento de novos produtos biotecnológicos.

Neste semestre, também foi iniciada uma parceria com a Universidade do Texas (Rio Grande Valley) para análise genética de populações afetadas por diabetes e síndrome metabólica. O objetivo desse estudo é a **"Utilização de métodos de aprendizado profundo para a detecção de novos alvos terapêuticos e biomarcadores"**. O diferencial do estudo está no uso de uma população de mais de 3.000 pacientes genotipados por sequenciamento de exoma. Utilizando abordagem de redes neurais profundas foi possível identificar indivíduos diabéticos do tipo 2 com 82% de acurácia.

BIOCOMBUSTÍVEIS

Área dedicada à pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias de aproveitamento de matérias-primas e resíduos provenientes de fontes renováveis para a geração de bioenergia e biocombustíveis líquidos.

A linha de pesquisa Tecnologia de Etanol, conduzida pelo LNBR, visa desenvolver tecnologias de produção de bioetanol de primeira (1G) e segunda geração (2G), e de bioeletricidade associada a esse processo. No âmbito desta linha de pesquisa, são realizados estudos das etapas de pré-tratamento de biomassa, sacarificação, fermentação e cogeração de bioeletricidade, com foco no desenvolvimento de coquetéis enzimáticos e de rotas de produção de etanol 2G.

O pré-tratamento da biomassa – etapa fundamental para obtenção de etanol 2G – busca alterar as propriedades físicas e químicas da biomassa para aumentar a acessibilidade dos agentes químicos e biológicos a ela, impactando diretamente o processo de sacarificação (liberação de açúcares para a fermentação posterior). Inserido nessa temática, neste semestre o LNBR concluiu o estudo **"Impacto da desacetilação alcalina na estrutura molecular do**

bagaço e palha de cana-de-açúcar". O resultado do projeto revelou que a estratégia de desacetilação gerou um aumento de 16% na digestibilidade dos glucanos do bagaço de cana-de-açúcar após pré-tratamento em ácido diluído, e ganho de 12 vezes na produção de etanol a partir de hidrolisado hemicelulósico, podendo alcançar até 117 L de etanol/1000 kg.

O estudo **"Levantamento de propriedades físicas e mecânicas do bagaço de cana-de-açúcar"**, do LNBR, busca determinar as características físicas, morfológicas e o módulo de elasticidade do bagaço de cana-de-açúcar para aplicação em processos na indústria de etanol 2G. Neste semestre, foi desenvolvido um dispositivo para medidas de deformação que permite obter dados de viscoelasticidade do bagaço em função do teor de umidade, densidade e granulometria.

Outra iniciativa do LNBR nessa temática é o projeto **"Estudo e caracterização de materiais**

14. Mechanistic insights revealed by a UBE2A mutation linked to intellectual disability. *Nature Chemical Biology*, v. 15, n. 1, p. 62-70, 2019.

15. Phrixotrix luciferase and 6'-aminoluciferins reveal a larger luciferin phenolate binding site and provide novel far-red combinations for bioimaging purposes. *Scientific Reports*, vol. 9, n. 8998, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44534-3>.

utilizados no processamento de biomassa”, que tem como objetivo o estudo e caracterização de materiais metálicos para entender a relação da microestrutura com a resistência mecânica e ao desgaste do equipamento aplicado no processamento de biomassa. O projeto contou com a colaboração do LNNano para a preparação e caracterização dos materiais selecionados para a fabricação de parte do equipamento de processamento de biomassa e para a análise de composição química, microestrutural, superficial e de dureza. Neste semestre, foram realizados ensaios de desgaste por abrasão em um dispositivo projetado e fabricado na PPDP/LNBR. Esses testes demonstraram que o aço CA40, mesmo sem tratamento térmico, apresenta melhores resultados do que a liga SEW 410/1.4138, indicando que o material é uma excelente alternativa para equipamentos de pré-tratamento.

A eficiência da sacarificação enzimática depende de múltiplos fatores relacionados à natureza e composição da biomassa, ao tipo de pré-tratamento e as propriedades funcionais das enzimas. Assim, a obtenção de uma sacarificação eficiente requer o desenvolvimento de coquetéis enzimáticos customizados com enzimas específicas para cada biomassa e tipo de pré-tratamento. As tecnologias de produção de coquetéis enzimáticos, embora inexistentes no País, são estratégicas para viabilizar a produção de etanol de segunda geração. Para tanto, o LNBR tem dedicado esforços extensivos ao desenvolvimento de coquetéis enzimáticos.

Nessa temática, o LNBR deu continuidade ao projeto **“Desenvolvimento de novas plataformas enzimáticas visando a produção de biocombustíveis”**, que combina conhecimentos que vão desde a biologia molecular até avaliação técnico-econômica. Neste semestre, a plataforma fúngica em desenvolvimento para a produção enzimática foi submetida a várias etapas de engenharia genética. As modificações foram realizadas através de uma ferramenta desenvolvida in-house e que tem como base a tecnologia CRISPR/Cas9. Os resultados obtidos em bioprocessos otimizados (reator 3L) demonstraram um ganho de rendimento na produção de enzimas e hidrólise enzimática de 80% e 60%, respectivamente, para a plataforma modificada comparativamente à cepa não-modificada. Conseqüentemente, o custo do coquetel enzimático produzido no LNBR caiu cerca de 90% quando comparado ao início da pesquisa.

O LNBR também desenvolve estudos em processos fermentativos, focados na fermentação para produção de etanol 2G. Esse processo depende do desenvolvimento de leveduras que metabolizem os açúcares (hexoses e pentoses) gerados durante o processo de sacarificação enzimática da biomassa lignocelulósica. A otimização

de novos fluxos metabólicos é uma etapa fundamental e utiliza técnicas avançadas de biologia sintética que visam racionalmente redesenhar rotas bioquímicas nesses microrganismos. Neste âmbito, foi concluído o estudo “Engenharia metabólica e evolutiva de *Saccharomyces cerevisiae* para produção de etanol 2G”, apoiado pelo Instituto Serrapilheira¹⁶. Destaca-se como principal resultado do projeto, a construção de uma linhagem geneticamente modificada da levedura capaz de converter xilose em etanol 2G com alto rendimento (~92% do teórico máximo).

Também relacionado à fermentação, o LNBR desenvolve o projeto “Construção de um atlas genômico para engenharia racional de *Saccharomyces cerevisiae* visando a produção de etanol 2G”, apoiado pela FAPESP¹⁷. O projeto visa elucidar as bases moleculares envolvidas no metabolismo e regulação do consumo de xilose e as informações obtidas poderão ser utilizadas para a construção de cepas com maior capacidade de assimilação de xilose. Neste semestre, destacam-se como principais resultados: (i) a identificação de novos marcadores genéticos capazes de acelerar a produção do etanol 2G como mutações específicas em transportadores vacuolares para otimizar a fermentação de xilose; (ii) a identificação de um novo transportador de membrana capaz de carrear xilose em altas concentrações, sendo um alvo potencial para procedimentos de engenharia metabólica visando desenvolver uma levedura para uso industrial; (iii) a padronização de um processo de extração dos componentes fenólicos/aromáticos provenientes da biomassa vegetal visando desenvolver leveduras mais tolerantes a inibidores presentes no hidrolisado industrial 2G. O material está sendo usado para elucidar mecanismos moleculares de toxicidade da levedura e de resposta ao estresse na presença desses componentes.

Por fim, no âmbito do estudo **“Uso de Xilose Isomerase para Produção de Etanol de Segunda Geração por *Saccharomyces cerevisiae* Industriais: Modelagem Matemática e Cinética do Processo Fermentativo”**, o LNBR realizou uma análise técnico-econômica preliminar comparando duas rotas tecnológicas para produção de etanol 2G. A primeira, usando *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificada, e a segunda, um arranjo que inclui a isomerização da xilose a xilulose e subsequente fermentação utilizando *Saccharomyces cerevisiae* convencional. Os resultados revelaram que ambas as rotas são economicamente viáveis e possuem resultados econômicos similares, com taxa interna de retorno maior do que a taxa mínima de atratividade. Os resultados desse trabalho foram apresentados no *Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals*, realizado em este ano em *Seattle, EUA*.

16. Serrapilheira: R-1708-16208. Design and development of biological platforms for biofuels and biochemicals production from renewable energy sources.

17. FAPESP: 17/08519-6. Construção de um atlas genômico para engenharia racional de *Saccharomyces cerevisiae* visando a produção de etanol 2G.

BIOMASSA

Área de atuação focada no entendimento dos fatores químicos, físicos e biológicos do solo e da estrutura da biomassa e seus impactos na cultura e processamento da cana-de-açúcar e culturas complementares. A área visa desenvolver estratégias para alavancar a produção de biomassa, melhorar a qualidade da matéria-prima, reduzir as emissões de gases do efeito estufa e melhorar a qualidade do solo e o uso de recursos naturais.

As reações químicas para transformação da biomassa dependem de fenômenos de transporte que ocorrem no interior de suas partículas. O interior do bagaço de cana-de-açúcar é uma intrincada estrutura porosa, cuja conectividade depende dos espaços intracelulares e das rupturas dos tecidos causadas pelos processos mecânicos de moagem da cana. Nesse contexto, o LNBR colabora com o projeto temático FAPESP¹⁸. No âmbito desse projeto, foi desenvolvido o estudo da **"Arquitetura multiescala da**

biomassa e do solo". No âmbito desse estudo, foi desenvolvido um ferramental para extrair redes de poros (Figura 12) a partir de imagens tridimensionais da biomassa obtidas por microtomografia de raios X, em parceria com o LNLS. Neste semestre, foi realizada investigação pioneira do espaço poroso da biomassa, que revelou os elementos estruturais críticos para a conectividade no interior de partículas de bagaço de cana-de-açúcar. Os resultados desse trabalho foram publicados em periódico especializado¹⁹.

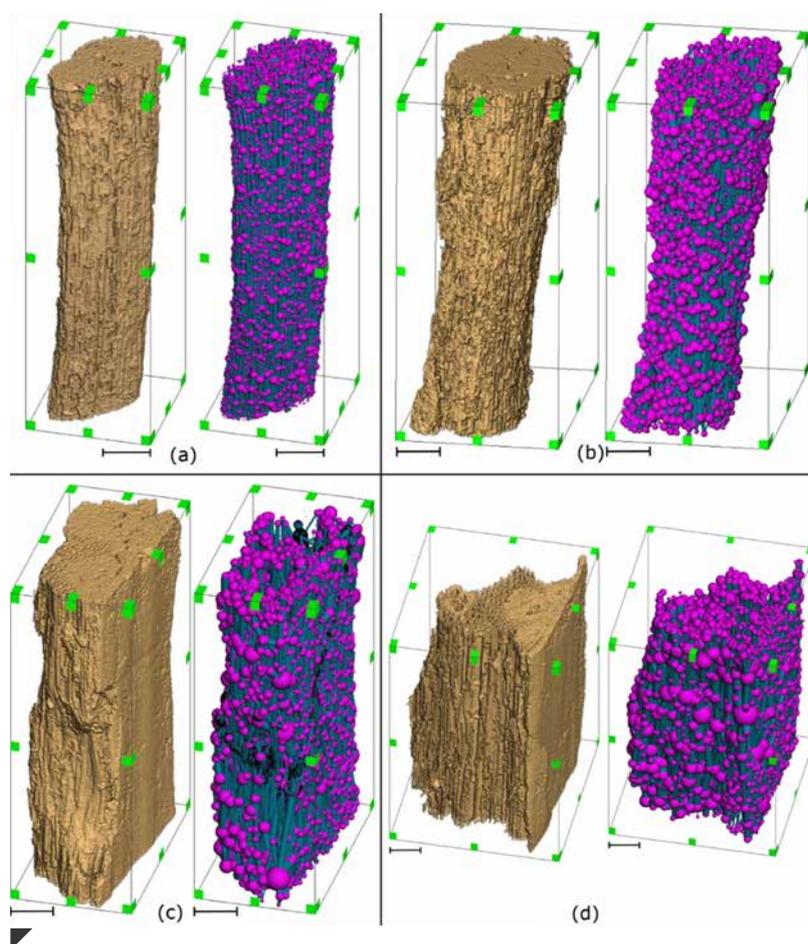


Figura 12. Visualização 3D de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e as respectivas redes de poros construídas para representar seu espaço poroso. Barras de escala: 200 μm .

¹⁸. FAPESP: 15/01587-o. Armazenagem, modelagem e análise de sistemas dinâmicos para aplicações em e-Science.

¹⁹. Yancy-Caballero et al. Intraparticle connectivity in sugarcane bagasse unveiled by pore network modelling. *Bioenergy Research* (2019).

No âmbito do **INCT Bioetanol**²⁰, o LNBR colabora com o projeto buscando aprofundar o conhecimento sobre a arquitetura multiescala da biomassa de cana-de-açúcar, desde a estrutura das moléculas até a morfologia dos tecidos. Neste semestre, foram empregadas técnicas de microtomografia e microfluorescência de raios X, ambas no LNLS, para determinar a localização e a composição elementar de partículas minerais presentes no bagaço e na palha da cana-de-açúcar. Essas partículas minerais são danosas para as tecnologias de valorização de biomassa e espera-se que o conhecimento dos mecanismos de incorporação e remoção dos minerais permitirá melhorias dos processos de conversão de biomassa em biocombustíveis avançados, bioquímicos e biomateriais.

Outra iniciativa do LNBR nessa temática é o estudo **"Estrutura de solo em áreas de cana com manejo contrastante de palha"**, que utiliza diversas técnicas analíticas para compor um panorama abrangente das alterações estruturais multiescala ocorridas no solo devido ao recolhimento da palha de cana-de-açúcar para a produção de bioenergia. Neste semestre, foi efetuada a segmentação e tratamento das imagens dos micro-agregados de solo por microtomografia de raios X usando a linha IMX do LNLS. A

metodologia desenvolvida foi eficaz para estimar o complexo sistema poroso dos micro-agregados do solo e servirá de base para o prosseguimento dos estudos da estrutura de solos agrícolas utilizando luz síncrotron.

A qualidade e sustentabilidade do solo são elementos essenciais para a produção da biomassa. Nesse sentido, o LNBR busca aprofundar a compreensão das propriedades biológicas, químicas e físicas do solo, incluindo os efeitos nas emissões de gases do efeito estufa do solo.

No projeto do LNBR **"Identificação e uso de voláteis bacterianos contra patógenos da cana-de-açúcar"**, financiado pela FAPESP²¹, foram selecionadas cepas de bactérias que atuam como eficientes antagonistas de diversos fitopatógenos de cana-de-açúcar, causadores das doenças estria vermelha, gomose, podridão do abacaxi e mancha ocular (Figura 13). Os resultados indicam que o efeito inibidor dos COVs (compostos orgânicos voláteis) bacterianos no crescimento dos patógenos depende da cepa bacteriana, mas em alguns casos pode ultrapassar 90%. As informações obtidas podem ser utilizadas para o desenvolvimento de bioprodutos aplicados à cana-de-açúcar e outras culturas, auxiliando assim na redução do uso de agroquímicos. Tais resultados reforçam a importância do uso da biotecnologia aplicada à agricultura.

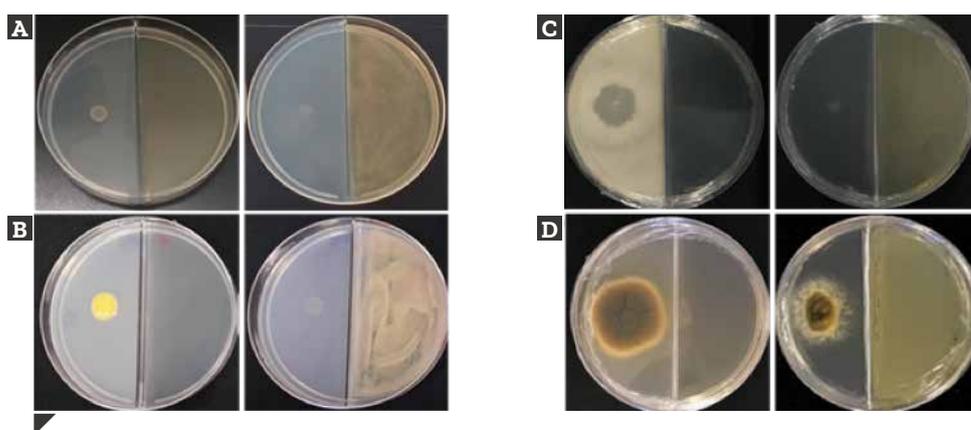


Figura 13. Inibição de quatro patógenos de cana-de-açúcar por voláteis bacterianos. As placas bipartidas contêm do lado esquerdo o fitopatógeno, e do lado direito a bactéria selecionada pelo LNBR. As placas sem bactéria são as placas controles, onde tem-se o crescimento apenas do fitopatógeno. Nas placas "com bactéria" pode-se notar a inibição do crescimento do patógeno, que chega a ser de até 90%. (A) Bactéria causadora da estria vermelha (*Acidovorax avenae subsp. avenae*); (B) Bactéria causadora da gomose (*Xanthomonas axonopodis pv. vascularum*); (C) Fungo causador da podridão do abacaxi (*Ceratocystis paradoxa*); (D) Fungo causador da mancha ocular (*Bipolaris sacchari*).

20. O INCT é co-financiado por CNPq, CAPES e FAPESP.

21. FAPESP: 2017/24395-5. Identificação e uso de voláteis bacterianos contra patógenos da cana-de-açúcar.

Outra iniciativa do LNBR, apoiada pelo projeto SUCRE²², visa a **"Avaliação dos impactos agrônômicos e ambientais da remoção de palha na região Centro-Sul"**. Os principais resultados desse estudo evidenciam que os impactos da remoção de palha são claramente observados em indicadores de qualidade do solo, enquanto os efeitos na produção de biomassa estão associados às condições climáticas locais e outras variáveis, como época de colheita, idade das plantas e tipo de solo. Os resultados indicam que a remoção intensiva da palha promoveu o empobrecimento químico do solo e aumento da necessidade de aplicação de fertilizantes sintéticos, degradação da estrutura física e maior susceptibilidade à compactação. No tocante à biologia do solo, os estudos demonstram que a remoção indiscriminada de palha pode acarretar redução da biodiversidade do solo. Em geral, foi observado que a remoção total da palha limitou a atividade biológica do solo, levando a menor abundância e diversidade de macrorganismos e menor atividade enzimática. Os resultados desse projeto estão em

fase de publicação em uma edição temática do periódico *BioEnergy Research*.

Ainda relacionado à sustentabilidade do solo e interação solo-planta, o LNBR desenvolve o projeto **"Caracterização, produção e avaliação de biofertilizante organomineral a base de biochar de palha de cana-de-açúcar pirolisada"**. Utilizando técnicas de microscopia eletrônica de varredura do LNNano, o estudo tem evidenciado que os sais fertilizantes são fundidos a matriz carbonácea de maneira uniforme, cobrindo totalmente a superfícies do biochar (Figura 14). Além disso, resultados obtidos em conjunto com a Universidade de Edimburgo, empregando técnicas de isótopos estáveis, demonstraram que o biofertilizante à base de biochar tem o benefício adicional de aumentar as taxas de sequestro de carbono pelo solo e, conseqüentemente, reduzir as emissões de CO₂ na atmosfera. Os resultados parciais obtidos indicam que o uso do biochar na agricultura além de gerar benefícios agrônômicos e ambientais, promove a reciclagem do resíduo industrial.



Figura 14. Fluxograma da produção de biofertilizante organomineral à palha de cana-de-açúcar, por meio da pirólise e enriquecimento com fonte fosfatada. Na figura é possível verificar a fusão do sal na matriz carbonácea do biofertilizante e os benefícios agrônômicos e ambientais da aplicação no solo.

Por fim, destaca-se o estudo do LNBR **"Dinâmica do carbono do solo e balanço de gases de efeito estufa: implicações da remoção da palha de cana-de-açúcar para produção de bioenergia"**, financiado FAPESP²³. Os resultados indicam que no médio prazo (4 anos), a remoção indiscriminada da palha acarreta reduções significativas dos estoques de carbono do solo, tanto em solos arenosos quanto em argilosos. O

estudo também demonstrou, por meio de modelagem ambiental (modelo *DayCent*), que a remoção total da palha pode resultar em taxas de perda de carbono do solo de até 0,45 t ha⁻¹ ano⁻¹, levando a uma redução de 30% nos estoques de carbono do solo no longo prazo. Adicionalmente, os resultados apontam que para cada tonelada de palha mantida no campo serão sequestrados 45 kg C ha⁻¹, tornando o solo um dreno de CO₂ atmosférico.

²². SUCRE: Sugarcane Renewable Electricity. Financiado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

²³. FAPESP: 2017/23978-7. Dinâmica do carbono do solo e balanço de gases de efeito estufa: implicações da remoção da palha de cana-de-açúcar para produção de bioenergia

Área que envolve o desenvolvimento de rotas tecnológicas para geração de uma gama de insumos biológicos, químicos renováveis e biomateriais de interesse das indústrias de transformação, tais como química, alimentícia, nutrição animal, cosmética, entre outras.

Os componentes da parede celular da biomassa, além de úteis para a geração de biocombustíveis avançados, também podem ser transformados em biomateriais e intermediários químicos de alto valor agregado. Nesse sentido, o LNBR desenvolve esforços para a valorização de componentes vegetais (materiais lignocelulósicos e hidrocarbonetos) e para o desenvolvimento de microrganismos e enzimas essenciais nesse processo de transformação.

Um dos grandes desafios para utilização dos componentes da parede celular vegetal é a sua despolimerização, processo ainda não totalmente consolidado e economicamente viável para diversas aplicações industriais. O projeto **“Novas estratégias para a despolimerização**

de polissacarídeos da parede celular vegetal”, apoiado pela FAPESP²⁴, busca descobrir novas enzimas ativas sobre carboidratos (CAZymes) com potencial de aplicação em processos industriais de relevância nacional, nas áreas de bioenergia, produção de alimentos e setores correlatos. Destaca-se como resultado a descoberta de uma enzima bacteriana, chamada de *lytic polysaccharide monoxygenase* (LPMO), que além de ser ativa contra celulose também reconhece e cliva xilanos, algo inédito na família de enzimas AA10²⁵. Essa enzima apresentou um efeito sinérgico com o coquetel Celluclast® na hidrólise do bagaço de cana-de-açúcar, indicando seu potencial biotecnológico para estratégias de desconstrução da biomassa vegetal (Figura 15).

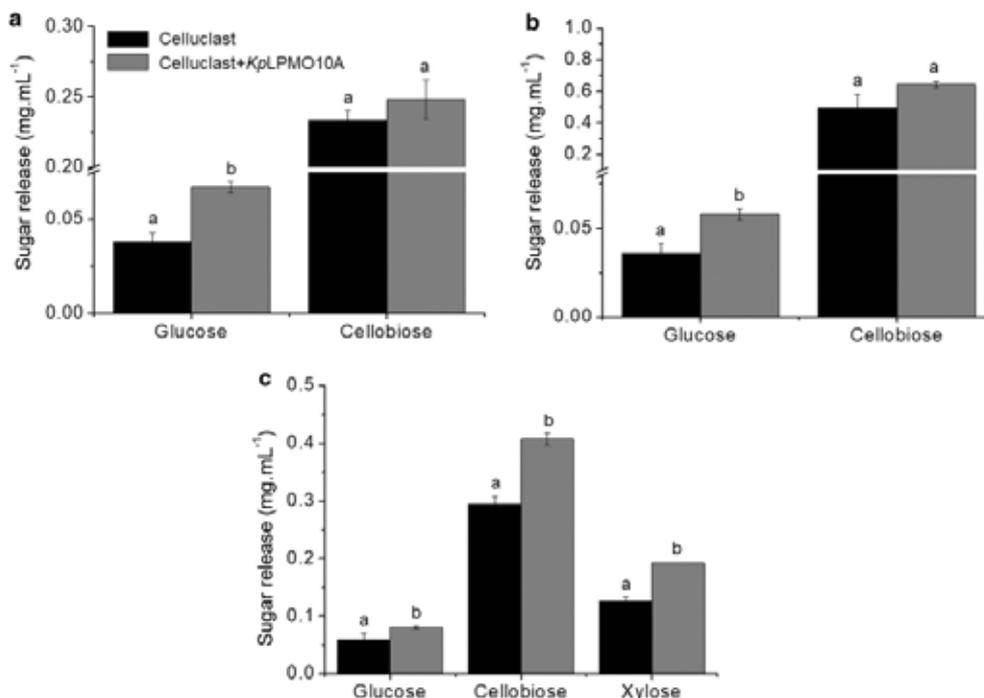


Figura 15. Sinergia de KpLPMO10A e Celluclast®. Liberação de açúcares de Avicel® (a), papel de filtro (b) e bagaço de cana pré-tratado (c). Grupos de barras com a mesma letra significam sem diferença estatística a 0,05 de significância pelo teste de Tukey.

24. Temático FAPESP:2015/26982-0. Explorando novas estratégias para a despolimerização de polissacarídeos da parede celular vegetal: da estrutura, função e desenho racional de hidrolases glicosídicas às implicações biológicas e potenciais aplicações biotecnológicas.

25. Corrêa, Thamy Livia Ribeiro, et al. Structural basis for glucose tolerance in GH1 beta-glucosidases. Acta Crystallogr D Biol Crystallogr 70 (Pt 6):1631-9. (2019).

Outra iniciativa do LNBR, em colaboração com pesquisadores da Universidade de Cambridge e da UNICAMP, descreve o desenho racional de uma β -glicosidase que apresentou maior tolerância à glicose e foi capaz de aumentar a liberação de açúcares de materiais lignocelulósicos em comparação com a proteína nativa. Nesse trabalho, foram realizadas análises estruturais combinadas com mutagenese dirigida que melhoraram as propriedades funcionais de uma β -glicosidase altamente expressa por *Trichoderma harzianum* (*ThBgl*) em condições de degradação de biomassa. A enzima redesenhada apresentou altos níveis de tolerância à glicose, revelando que essa

tolerância pode ser alcançada pela substituição de dois aminoácidos que atuam como *gatekeepers*, alterando a acessibilidade do sítio ativo e impedindo a inibição pelo produto (Figura 16). Também foram realizados ensaios de sacarificação e de sacarificação e fermentação simultâneas usando uma ampla gama de biomassas vegetais, que confirmaram a maior eficiência da enzima redesenhada em relação à quantidade de glicose liberada e à produção de etanol. Os resultados obtidos, além de validarem experimentalmente a base estrutural da tolerância à glicose, têm potencial de contribuir no melhoramento das tecnologias enzimáticas para produção de etanol de segunda geração.

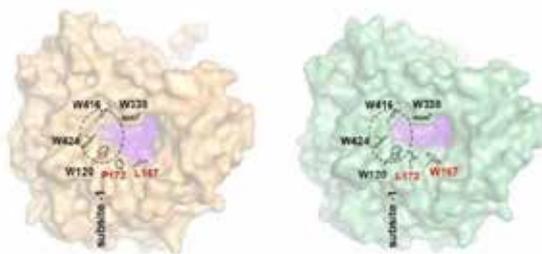


Figura 16. Comparação estrutural entre a enzima selvagem (laranja) e engenheira (verde), ilustrando a alteração na entrada do sítio ativo da enzima. Os resíduos mutados (P172L e L167W) estão marcados em vermelho.

Também na linha de enzimas com aplicações biotecnológicas, o LNBR realizou o estudo **“Structure-guided design combined with evolutionary diversity led to the discovery of the xylose-releasing exo-xylanase activity in the glycoside hydrolase family”**. O projeto identificou uma enzima que estava caminhando para um processo de evolução e empregou técnicas de luz síncrotron para obter informações atômicas sobre o que estava acontecendo dentro da proteína, abrindo caminho para que uma nova atividade enzimática fosse criada. Além disso, foram aplicadas técnicas de biologia sintética para promover mutações e adicionar novas propriedades à enzima. Através desse conjunto de técnicas, foi possível acelerar processos evolutivos que levariam de centenas a milhares de anos para serem alcançados pelo curso natural da evolução. A nova enzima atua na extremidade da cadeia de xilanos (presente do bagaço da cana-de-açúcar) liberando um açúcar chamado xilose. Atualmente, esse processo pode ser feito em duas etapas utilizando duas enzimas diferentes (endo-xilanase e beta-xilosidase). Com a nova enzima, uma exo-xilanase, a liberação de xilose pode ser feita em uma única reação. A nova enzima pode contribuir para a produção de biocombustíveis bem como outros bioprodutos, por exemplo, o xilitol utilizado em produtos dietéticos.

O LNBR também dedica esforços para o desenvolvimento de microrganismos para aplicações biotecnológicas. Nesse sentido, destaca-se o projeto **“Análise da co-regulação transcricional e identificação de genes de interesse biotecnológico em *Trichoderma reesei*”**, que foca no desenvolvimento de microrganismos para produção de enzimas hidrolíticas e degradação de bagaço de cana-de-açúcar para obtenção do etanol 2G. Neste semestre, foi realizada a caracterização fenotípica de mutantes de *T. reesei* em colaboração com pesquisadores de TU Wien, em Viena (Áustria). Os resultados obtidos permitiram a identificação de um gene com potencial biotecnológico. Esse gene codifica um fator de transcrição até então não caracterizado, e sua deleção causou um efeito negativo no sistema celulolítico de *T. reesei*, diminuindo as atividades de CMCase, pNPGase e pNPCase em bagaço de cana. Estes substratos são alvos de endoglucanases, β -glicosidases e celobiohidrolases, respectivamente, e demonstram que o gene deletado exerce influência positiva sobre a expressão e produção de celulasas. Ademais, foi realizada a análise do perfil metabólico de *T. reesei* e *Aspergillus niger* em diferentes fontes de carbono por espectrometria de ressonância magnética nuclear (RMN). Ressalta-se que ambos os fungos possuem enorme importância biotecnológica e espera-se que a compreensão holística do seu metabolismo celular possibilite a criação de novas estratégias para aumentar a produção de enzimas voltadas à desconstrução de biomassa.

A experiência adquirida com o desenvolvimento de enzimas industriais para etanol 2G também possibilita a descoberta de novas enzimas (lipases e descarboxilases) envolvidas na síntese de hidrocarbonetos renováveis, precursores para a produção de plásticos, lubrificantes e outros biocombustíveis

– como biodiesel e bioquerosene de aviação. Relacionado a essa temática, o LNBR tem dedicado esforços para o desenvolvimento de enzimas para síntese e modificação de hidrocarbonetos. O estudo **“Obtenção e investigação de enzimas para a produção de hidrocarbonetos”** resultou em uma enzima lipolítica ácida capaz de hidrolisar eficientemente o óleo de macaúba – uma biomassa nativa, atrativa para a produção de biocombustíveis avançados. Nesse semestre, foram realizados ensaios funcionais que demonstraram a capacidade de conversão de ácido graxo livre a partir do tratamento enzimático do óleo de macaúba superior a 90%. Além disso, em colaboração com *SLAC National Accelerator Laboratory* (EUA), estão em andamento estudos estruturais para entendimento das bases moleculares dessa atividade em condições industrialmente desejáveis.

SUSTENTABILIDADE

Área de atuação que envolve a avaliação tecnológica integrada de processos produtivos (Biomassa, Biocombustíveis, Bioprodutos e Química Verde) incluindo o estudo e otimização das cadeias produtivas e desenvolvimento de metodologias de avaliação econômica, ambiental e social. Para estes estudos se faz necessário também o desenvolvimento de ferramentas de modelagem e simulação de processos agroindustriais. A área atua ainda na avaliação de ecossistemas que enfatiza os impactos das mudanças de uso da terra e seus recursos naturais, como a água, em áreas de expansão da produção de cana-de-açúcar e outras biomassas complementares.

Avaliações tecnológicas e de impactos de sustentabilidade permitem determinar quantitativamente a viabilidade (técnica, econômica, social e ambiental) de várias alternativas de bioprodutos, considerando toda a cadeia de produção e a possibilidade de integração com outras cadeias produtivas. Essas análises podem servir, por exemplo, como base para cálculos de créditos de descarbonização visando apoiar estratégias do governo brasileiro, a promoção do atingimento das metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, a avaliação dos efeitos da expansão da produção de biomassa para fins energéticos e seus impactos no esgotamento de recursos naturais e a garantia do desempenho da bioenergia como promotor da sustentabilidade na matriz energética brasileira. No LNBR, a plataforma de avaliação tecnológica biorrefinaria virtual de cana-de-açúcar (BVC) conta com diversos modelos e metodologias para determinar quantitativamente os impactos de rotas de produção de biorrenováveis. Nesse semestre, no projeto dedicado à **“Modelagem e Simulação de Biorrefinarias”**, no âmbito do projeto SUCRE, foi desenvolvido um modelo simplificado em planilha eletrônica para simulação de usinas de cana-de-açúcar com foco na recepção e processamento industrial da palha para a geração de eletricidade.

No âmbito de avaliações de cadeias produtivas, o LNBR concluiu sua participação no estudo **“Cost Reduction Potential for Advanced Biofuels”**, associado ao Task 43 (*“Biomass Feedstocks for Energy Markets”*) do Programa

de Cooperação Tecnológica do IEA Bioenergy. O LNBR colaborou com a coleta e a análise de dados de plantas industriais brasileiras para um abrangente relatório que visa determinar o escopo para futura redução no custo de produção de uma vasta gama de biocombustíveis avançados.

Ainda no tema de metodologias de avaliação econômica, ambiental e social, o LNBR participa do Task 39 - **“Commercializing Conventional and Advanced Transport Biofuels from Biomass and Other Renewable Feedstocks”**, relacionado ao IEA Bioenergy. Nesse projeto, foi desenvolvido um estudo de comparação e harmonização de ferramentas de avaliação ambiental para estimativa de emissões de gases do efeito estufa na produção de biocombustíveis (*“Comparison of Biofuel Life Cycle GHG Emissions Assessment Tools”*). Neste semestre, foi concluída a segunda etapa do estudo, que analisou quatro modelos de avaliação de ciclo de vida – GHGenius, do Canadá; GREET, dos Estados Unidos; New EC, da Comissão Europeia; e a BVC, do LNBR – para a compreensão das particularidades dos sistemas de produção de etanol de segunda geração a partir de resíduos lignocelulósicos – como a palha e bagaço de cana-de-açúcar, a palha de trigo, a palha de milho e resíduos florestais.

Neste semestre, o LNBR deu continuidade ao estudo **“Avaliação da Integração Cana-pecuária: Modelagem e Otimização”**, financiado pela FAPESP²⁶, realizado em colaboração com 16 instituições parceiras, integrando universidades nacionais e estrangeiras, instituições de

26. Temático FAPESP: 2017/11523-5. Avaliação da Integração Cana-pecuária: Modelagem e Otimização.

ciência e tecnologia e empresas. O projeto visa explorar, ao longo de cinco anos, as sinergias entre as cadeias produtivas sucroenergética e agropecuária, avaliando seus aspectos logísticos e de sustentabilidade. Associado a esse projeto, o estudo **"Sustainable Optimization of Bioenergy Production from Sugarcane"** revelou que usinas integradas 1G-2G são mais favoráveis economicamente à produção de etanol, enquanto, destilarias autônomas 1G são mais favoráveis à eletricidade. Os resultados também forneceram os valores ótimos das variáveis de decisão – por exemplo, capacidade de moagem, recolhimento de palha e relação cana convencional/cana-energia – para cada situação de mercado considerada. Esse projeto e seus resultados foram apresentados no Optimize 2019, realizado em Houston, EUA.

O estudo **"Expansão sustentável da produção de etanol"**, do LNBR, foca na avaliação da disponibilidade de áreas para expansão da cultura, levando em consideração o refinamento do Zoneamento Agroclimático da Cana-de-açúcar (ZAE) e a exclusão de áreas de alta importância biológica. Os resultados indicaram que, mesmo em um cenário extremamente conservador, ainda há cerca de 20 milhões de hectares disponíveis para expansão da cana, sem necessidade de desmatamento ou ocupação de áreas de alta importância biológica (Figura 17). Atualmente, desse total, metade é ocupada por áreas de pastagem e a outra metade por outras culturas agrícolas. Os resultados deste projeto foram submetidos a publicação na revista *Global Environmental Change*.

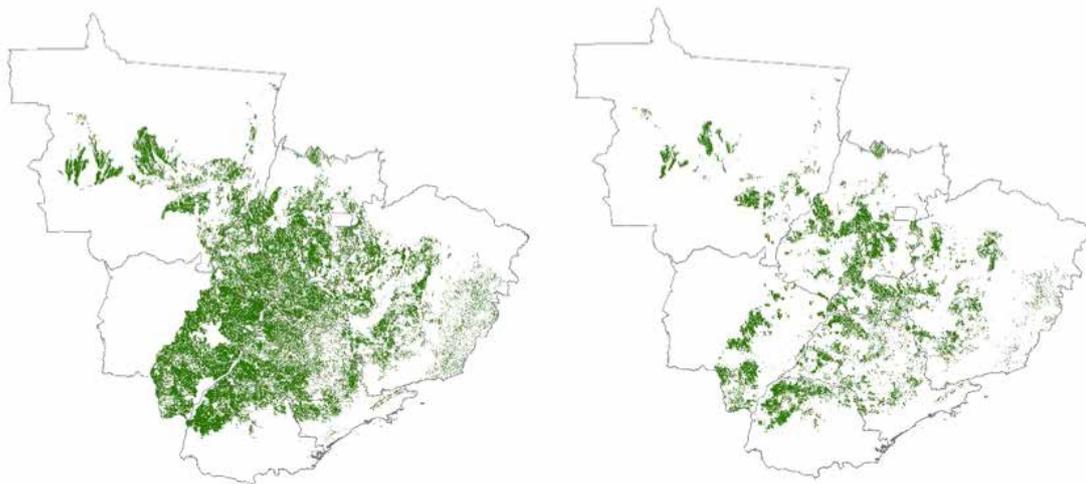


Figura 17. Zoneamento Agroclimático da cana-de-açúcar versus áreas disponíveis após o refinamento e exclusão das áreas de alta importância biológica.

Por fim, destaca-se a conclusão do estudo de **"Estimativa da disponibilidade de palha para fins energéticos"**, levando em consideração critérios de manutenção da produtividade dos canaviais e de conservação do solo. Os resultados revelaram que, em média cerca de 60% da palha produzida na safra 2016/2017 poderia ser recolhida para produção de bioenergia, com os outros 40% deixados no solo para manutenção dos benefícios agroambientais. Tais resultados foram apresentados na *European Biomass Conference*. O LNBR também concluiu o estudo de **"Avaliação e quantificação do desmatamento e estoques de carbono devido a expansão das áreas de cana"**. O trabalho revelou que iniciativas como o ZAE e o Código Florestal são bastante efetivas como inibidores do

desmatamento, sendo que em uma das regiões avaliadas houve, inclusive, um reflorestamento em áreas de mata ciliar. A recuperação de áreas de floresta possivelmente se deve ao fato de que os produtores que passaram a cultivar cana-de-açúcar adequaram suas propriedades ao Código Florestal, com vistas garantir o acesso ao crédito rural. Neste semestre, também foi finalizado o estudo de **"Implementação de um modelo de estimativa da evapotranspiração e produtividade da cana-de-açúcar"**, cujos resultados poderão ser utilizados para avaliações de impactos nos recursos hídricos – por exemplo, através da pegada hídrica –, e na necessidade de expansão da cultura, podendo ser direcionada para áreas com menor uso dos recursos citados.

INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Esta área de atuação compreende o aprimoramento de técnicas instrumentais de alta complexidade em diversas instalações, além de desenvolvimento e intervenções técnicas para elevar o desempenho do atual acelerador de elétrons, incluindo projetos de melhorias nas áreas de aceleradores e engenharia e melhorias na capacidade de operação e nas características das linhas de luz e suas estações experimentais.

O projeto **“Desenvolvimento de metodologias para processamento de dados de criomicroscopia eletrônica de partículas isoladas”**, do LNNano, tem como objetivo o desenvolvimento de novos métodos de avaliação da qualidade do ajuste (*fitting*) de modelos atômicos em mapas de criomicroscopia eletrônica (crio-ME). Encontrar a conformação do modelo atômico mais adequada para cada mapa de crio-ME é um desafio, dada a necessidade do balanço entre as características geométricas e estereoquímicas fundamentais e sua correlação com o mapa obtido.

Metodologias e programas baseados em

Fourier Shell Correlation (FSC) local estão sendo desenvolvidos e os resultados, após testados e validados, poderão ser utilizados, não só no apoio à pesquisa *in-house* do CNPEM, mas também disponibilizados aos usuários das instalações abertas de criomicroscopia eletrônica. Um dos exemplos é o estudo para obtenção da estrutura de um arbovírus, realizado em colaboração com o LNBio. A amostra foi produzida e purificada no LNBio e os dados foram coletados e processados no LNNano (microscópio Talos Arctica G2). Trata-se da primeira estrutura de crio-ME integralmente produzida no CNPEM, Figura 18.

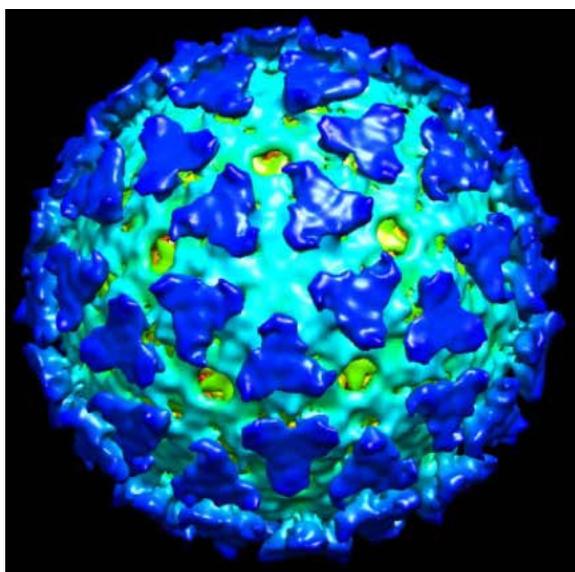


Figura 18. Estrutura de um arbovírus obtida por crio-ME a 20Å de resolução.

Os próximos passos incluem a melhoria da resolução da estrutura obtida, por meio de processamento de dados, e também novos ensaios experimentais utilizando o microscópio Titan Krios G3i.

Ainda no âmbito dos experimentos realizados na colaboração LNNano e LNBio, os dados experimentais obtidos de um arbovírus foram utilizados no projeto de “Desenvolvimento de metodologias orientadas para otimização e integração de instrumentação”. Esse projeto visa propor novas metodologias nas áreas de

normalização de dados de câmeras, correção da função de transferência de contraste (CTF), integração de teorias de análise espectral de imagens (P-spectrum e S-spectrum) em microscopia e alinhamento de filmes de dados obtidos por detectores diretos.

Em 2019, o LNNano deu início ao desenvolvimento de uma nova metodologia para análise da CTF. A Figura 19 mostra ajustes da CTF estimada e experimental para conjuntos de dados de um arbovírus coletados por Crio-ME nesse Laboratório.

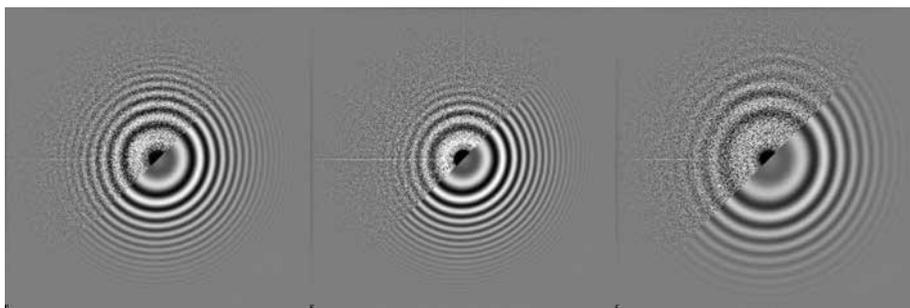


Figura 19. Correção de CTF utilizando o novo algoritmo de ajuste. É mostrado o resultado de três imagens distintas. A metade superior esquerda das imagens mostra o espectro experimental e a metade inferior direita mostra o ajuste feito pelo algoritmo. Os anéis claros e escuros se alternam com perfeito ajuste entre o valor experimental e estimado pelo modelo proposto.

O projeto **“Estudos estruturais de alta resolução por criomicroscopia eletrônica de partículas isoladas”** visa a obtenção de informação estrutural de alta resolução de complexos macromoleculares por criomicroscopia de partículas isoladas, além de aplicações de criomicroscopia a nanomateriais, tal como o acompanhamento e entendimento do processo de nucleação de nanopartículas.

Após finalizar a análise estrutural do complexo formado entre a RNA polimerase e um DNA promotor, novos estudos relacionados à elucidação estrutural de hemocianinas de miriápodes estão sendo desenvolvidos. Em 2019, os experimentos estiveram voltados para a avaliação da estrutura quaternária da hemocianina de miriápodes por microscopia eletrônica de transmissão de duas espécies de lacraias, *Scolopendra subspinipes subspinipes* (*Scolopendromorpha, Chilopode*), uma espécie asiática introduzida na área costeira do Brasil e *Scolopendra viridicornis*

(*Scolopendromorpha, Chilopode*), uma espécie nativa da região seca do Brasil. Esses estudos podem ajudar a entender a posição filogenética desses animais, que ainda não está bem definida dentro de Artrópodes, a evolução do sistema respiratório e ajudar na compreensão de mecanismos alostéricos de proteínas.

Os resultados demonstraram que *S. subspinipes subspinipes* apresenta a conformação 3x6-mer, enquanto *S. viridicornis* apresentou a conformação 6x6-mer de baixa resolução de *S. subspinipes subspinipes*. Tal diferença pode estar relacionada com a evolução do sistema respiratório traqueal, que reduz a quantidade de oxigênio armazenado e influencia na oligomerização e, assim, no tamanho do complexo. A Figura 20 mostra a estrutura da hemocianina de *S. subspinipes subspinipes*, a 17Å de resolução, obtida por análise de partículas isoladas em um conjunto de dados coletado no LNNano.

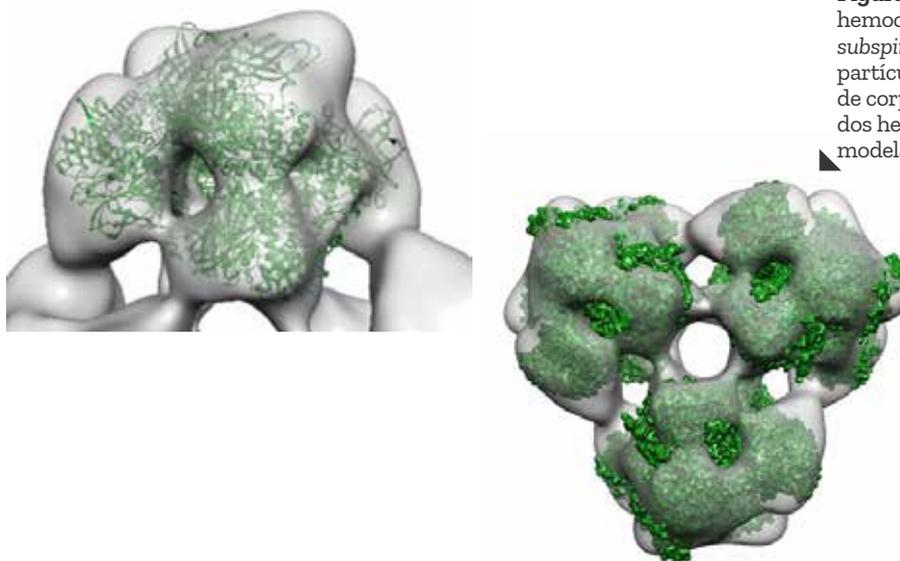


Figura 20. Estrutura da hemocianina de *S. subspinipes subspinipes* obtida por análise de partículas isoladas, com ajuste de corpo rígido da estrutura dos hexâmetros, obtidas por modelagem por homologia.

MATERIAIS

Área de atuação que abrange estudos relacionados à síntese, caracterização e aplicações de materiais avançados nos setores industriais de energia, petróleo e gás, aeroespacial, automotivo e metalúrgico. Inclui o estudo de métodos de transformação de materiais convencionais a fim de proporcionar propriedades sob medida e que levem a um aumento significativo na aplicação de processos por atrito pela indústria brasileira.

No âmbito do projeto **"Comportamento coloidal de suspensões complexas de nanocelulose"**, do LNNano, destacam-se os resultados referentes a produção de nanocelulose de bagaço de cana-de-açúcar com diferentes graus de oxidação e ao comportamento coloidal de celulose nanofibrilada de bagaço. Ambos os resultados foram publicados neste semestre²⁷.

Os primeiros resultados mostraram que aumentar o grau de oxidação da polpa do bagaço de cana permite isolar a celulose nanofibrilada (CNF) sem a etapa dispendiosa de

tratamento mecânico, o que não é possível com polpa de eucalipto e pinus. Outra vantagem desse método é que a sonicação das polpas leva à formação de nanocelulose com morfologia de nanocristais (CNC), sem a necessidade de utilizar ácido sulfúrico concentrado.

O segundo trabalho utilizou a técnica de Cryo-TEM para determinar a microestrutura do sistema, formada por uma rede percolada de nanofibras alinhadas, resultando em sistemas com elevada viscosidade e estabilidade coloidal na presença de carboximetilcelulose (CMC), Figura 21.

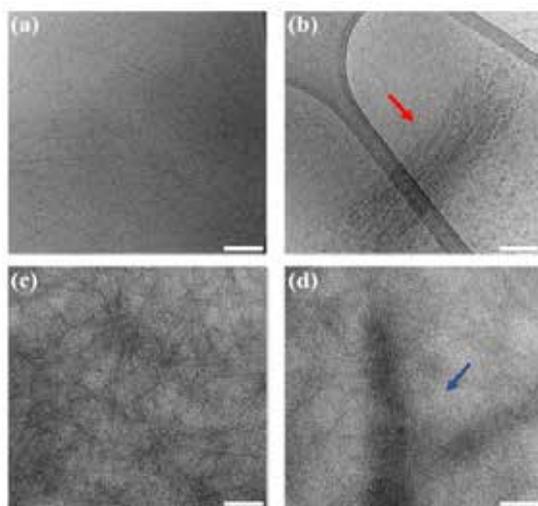


Figura 21. Imagens de Cryo-TEM de dispersões de nanofibras de celulose. As flechas apontam as regiões contendo as nanopartículas agregadas e alinhadas.

Iniciou-se no primeiro semestre de 2019 o estudo do uso de CNFs como estabilizante de emulsões do tipo óleo em água. Essas nanopartículas quando possuem grupos catiônicos na superfície adsorvem na interface líquido-líquido e formam sistemas com elevada estabilidade coloidal, sem a necessidade do uso de surfactantes. Imagens de Cryo-TEM sugerem que além de adsorver na interface, as nanofibras também se espalham pela fase aquosa, aumentando a viscosidade da fase contínua, o que também favorece a estabilidade dos sistemas.

O projeto **"Plataformas multifuncionais baseadas em materiais nanoestruturados de carbono de biomassa para aplicação em energia, materiais compósitos e meio**

ambiente", realizado pelo LNNano, visa a obtenção de materiais de carbono nanoestruturados de valor agregado a partir de recursos renováveis.

Neste semestre, os esforços estiveram voltados para a obtenção de materiais com propriedades anisotrópicas. Destaca-se o desenvolvimento de um compósito polimérico de polietileno e fibras celulose orientadas utilizando madeira como fonte das fibras²⁸. A organização hierárquica em multi-escala das fibras de celulose da madeira (Figura 22) foi determinante para a obtenção dos compósitos com propriedades mecânicas anisotrópicas. Em ensaios mecânicos de tração verificou-se alterações significativas no módulo elástico e tensão máxima dos compósitos com relação

27. Low-energy preparation of cellulose nanofibers from sugarcane bagasse by modulating the surface charge density, 2019, 218, 145-153.

Effect of depletion forces on the morphological structure of carboxymethyl cellulose and micro/nano cellulose fiber suspensions, Journal of Colloid and Interface Science, 2019, 538, 228-236.

28. Projeto desenvolvido no âmbito do 28º Programa Bolsas de Verão CNPEM.

ao ângulo das fibras de celulose nos corpos de prova. Fenômeno semelhante as propriedades mecânicas distintas das árvores em que o ângulo das microfibrilas de celulose determina a flexibilidade dos galhos e resistência a compressão por peso dos troncos. Os próximos passos nessa linha consistem na conversão deste arranjo hierárquico da celulose em um material de carbono com estrutura fibrilar bem organizada e propriedades semelhantes a fibras de carbono para uso em compósitos poliméricos de alta performance mecânica.

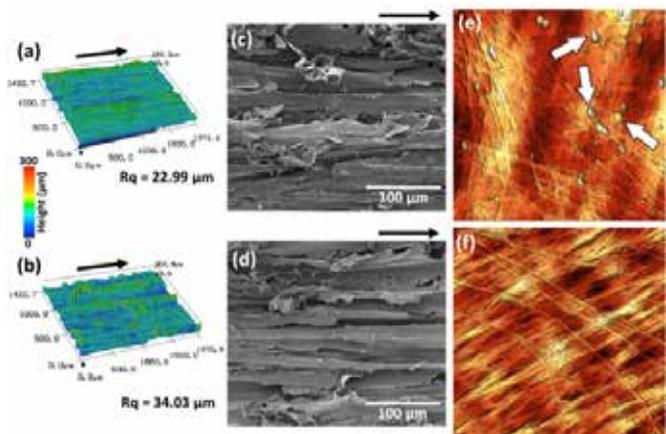


Figura 22. Estrutura em multi-escala das fibras de celulose na madeira e na madeira deslignificada.

O arranjo hierárquico da celulose presente na madeira foi convertido em um material de carbono por intermédio de pirólise. Notou-se que a condutividade elétrica dos materiais aumenta com o aumento da temperatura de pirólise, bem como há anisotropia na condutividade nestes materiais (Figura 23). Atualmente, esse projeto tenta relacionar

essas propriedades com a estrutura, morfologia e composição do material de carbono formado usando a integração de técnicas de caracterização avançadas. O desenvolvimento desse tipo de material de carbono com propriedades elétricas anisotrópicas abre possibilidades para seu uso em dispositivos elétricos e eletroquímicos.

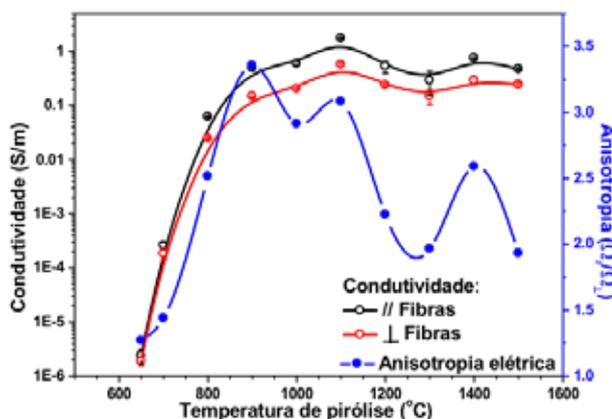


Figura 23. Condutividade e anisotropia elétrica de materiais de carbono produzidos por pirólise a partir de celulose da madeira.

No âmbito do projeto **“Nanocompósitos poliméricos e exploração de suas interfaces híbridas para aplicações avançadas”** e em cooperação com o *Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research (IAP)*, foram finalizados estudos sobre a incorporação de fibras ricas em celulose de bagaço de cana-de-açúcar em polietileno²⁹. Neste trabalho, a microtomografia de raios-X foi utilizada como uma nova ferramenta para a investigação da dispersão

de celulose no interior da matriz polimérica. A organização microestrutural foi estudada usando imagens 2D e 3D, combinadas com análises morfométricas, onde foi possível analisar aproximadamente 1.125 imagens 2D para uma mesma amostra, como mostra a Figura 24. Os resultados demonstraram maior área superficial e melhor desempenho mecânico para o compósito com 20% de fibras de celulose modificadas.

²⁹. LDPE-based composites reinforced with surface modified cellulose fibres: 3D morphological and morphometrical analyses to understand the improved mechanical performance, *European Polymer Journal*, v. 117, p. 105-113, 2019.

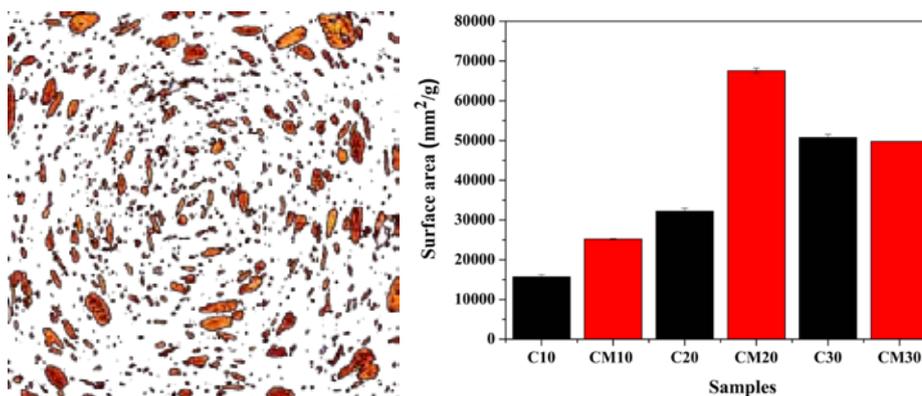


Figura 24. Imagem 2D: seleção das fibras de celulose para uma imagem bidimensional (esquerda). Área superficial total calculada para fibras de celulose no interior do compósito (total de 1125 imagens 2D). C: celulose e CM: celulose modificada (direita).

Outro experimento, nessa linha de pesquisa, propõe a adição de um composto natural para produção de nanocompósitos porosos a partir de nanocelulose, em substituição aos tratamentos que utilizam solventes ou compostos tóxicos. Nesse contexto, o objetivo é a obtenção de espumas híbridas de nanofibrilas de celulose, com caráter hidrofóbico, permitindo sua aplicação como membranas absorventes de óleo para separação em emulsões óleo/água ou água/óleo.

Os nanocompósitos porosos produzidos foram caracterizados quanto à viscosidade e os resultados indicaram um decréscimo

dessa propriedade quando o componente foi adicionado, indicando um possível recobrimento das fibras por esse material hidrofóbico, como mostra a Figura 25. A propriedade hidrofóbica foi avaliada segundo sua capacidade de absorção de compostos apolares e lipofílicos, apresentando uma capacidade absorptiva de até 50g/g desses compostos apolares.

As espumas resultantes também foram caracterizadas quanto à sua morfologia e estrutura por microtomografia de raios-X e microscopia eletrônica de varredura (Figura 25b e d).

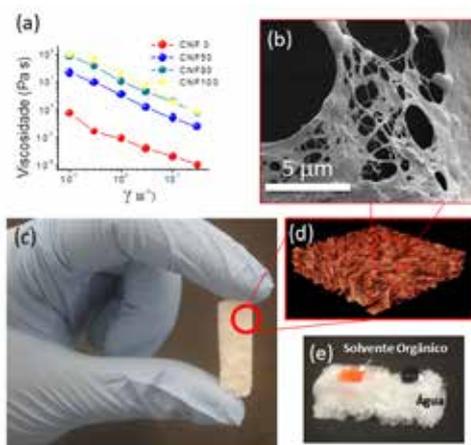


Figura 25. a) Ensaio de viscosidade das dispersões de nanofibrilas de celulose e componente natural. b) Microscopia eletrônica de varredura do nanocompósito. c) Fotografia digital do nanocompósito; d) microtomografia de raios-X para a espuma. e) Ensaio de hidrofobicidade com solvente orgânico (laranja) e água (azul). CNF: nanofibrilas de celulose.

Com o objetivo de produzir catalisadores nanoestruturados para processos de fotocatalise, o projeto **"Síntese de suspensões coloidais de nanopartículas híbridas compostas intermetálicos/óxidos metálicos"**, do LNNano, esteve concentrado em: (i) síntetização de maguemita ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) e posterior conversão térmica em hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) para aplicação em experimentos de fotodecomposição da água; (ii) síntetização de nanobastões de $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ sobre folhas de grafeno também para fotodecomposição da água e (iii) preparação de perovskitas de

titanatos para dopagem e aplicação na degradação de poluentes orgânicos fotocatalíticos.

Neste trabalho, folhas de grafeno reduzido foram decoradas com nanobastões de $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. A Figura 26 mostra a superfície de um filme desse compósito contendo nanopartículas de hematita empacotadas por pequenas folhas de grafeno parcialmente cobertas por folhas maiores decoradas com nanobastões de hematita. O nanocompósito exibiu atividade fotocatalítica maior quando comparada aos filmes com *quantum dots* de hematita.

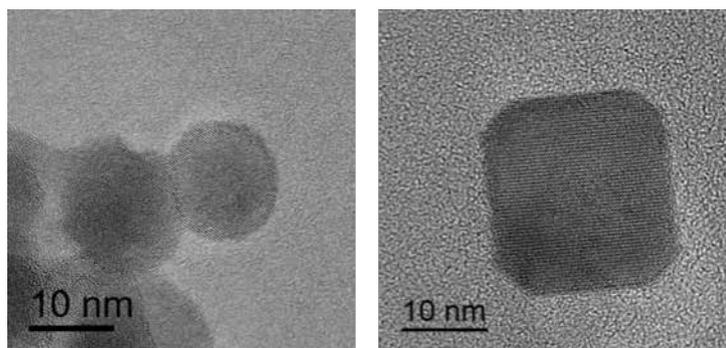


Figura 27. Imagens de TEM das perovskitas nanoestruturadas sintetizadas por método solvotérmico. a) SrTiO₃ e b) BaTiO₃.

Ainda neste trabalho, processos de síntese solvotérmica foram adotados para a produção de perovskitas de titanatos utilizadas como base para dopagem. De acordo com as imagens da Figura 27, os materiais apresentaram morfologias esférica ou cúbica com tamanhos de partícula de 10 e 15 nm para STO e BTO, respectivamente. As análises de FFT e imagens de HRTEM revelaram que as amostras apresentam caráter monocristalino e a difração de raios X mostrou que ambas apresentam uma fase cristalina ortorrômbica. Experimentos de UV-Vis mostraram que STO e BTO apresentam band gap de 3,2 e 3,3 eV. Estudos preliminares de desempenho fotocatalíticos mostraram maior atividade para STO como esperado. O método de síntese mostrou-se eficiente para controlar a morfologia e cristalinidade abrindo novas perspectivas para dopagem.

NANOMEDICINA E NANOTOXICOLOGIA

Área que concentra estudos para a produção e caracterização de nanopartículas funcionalizadas para fármacos e agroquímicos, de nanobioconjugados e de nanomateriais. Também contempla estudos da interação de materiais nanoestruturados sobre sistemas biológicos com o ambiente, visando o desenvolvimento responsável e sustentável de novos materiais e processos.

No âmbito do projeto **“Na busca pela medicina personalizada”**, do LNNano, que visa endereçar nanopartículas de forma seletiva e específica até a região ou órgão carente de tratamento médico e produzir partículas que sejam degradadas no organismo após sua atuação como veículo/carreador

de fármacos, foram desenvolvidas nanopartículas de organosílica ocas, obtidas a partir do bis trietoxissililpropil-dissulfureto e bis (trimetoxissililpropil) metilamina silanos (Figura 28A). As nanopartículas obtidas apresentaram baixa polidispersidade e um diâmetro médio de 90 nm.

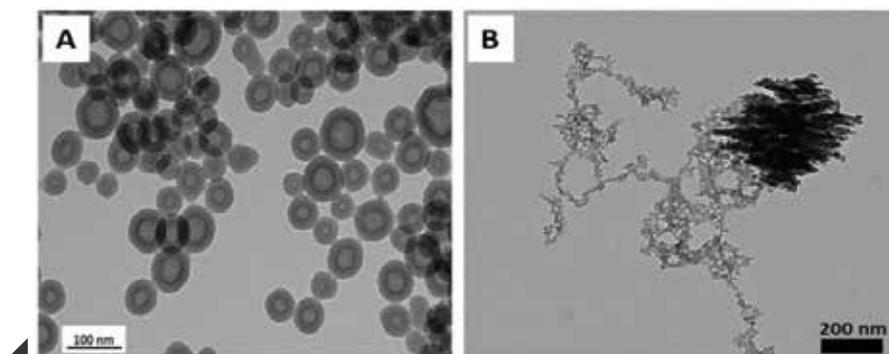


Figura 28. Imagens de microscopia eletrônica de transmissão das nanopartículas de organosílica ocas que foram obtidas a partir do bis trietoxissililpropil-dissulfureto e bis (trimetoxissililpropil) metilamina silanos (A) antes e (B) após degradação com agentes que simulam o ambiente fisiológico.

Além disso, o antibiótico amoxicilina foi carregado às nanopartículas com capacidade de carregamento de aproximadamente 30% em massa. Também, íons Ag^+ foram adsorvidos às nanopartículas, e as estruturas multifuncionais foram eficientes em inibir o crescimento bacteriano através da sinergia entre a liberação do antibiótico e dos íons Ag^+ . Testes de degradabilidade das partículas foram realizados demonstrando a desintegração das mesmas (Figura 28B). Esses resultados foram publicados na revista ACS Omega.

Na área de nanotoxicologia, destaca-se o projeto **"NanoEcoSafety – Construção de uma plataforma integrada de pesquisa para nanociência ambiental, nanotoxicologia e nanosseguurança"**, realizado pelo LNNano. A avaliação da toxicidade de nanomateriais híbridos é um desafio na fronteira do conhecimento em nanotoxicologia. Nanopartículas de óxido de ferro são plataformas para geração de sistemas multifuncionais visando aplicações em remediação ambiental, sensores e nanomedicina. Contudo, a funcionalização destas nanopartículas com elementos terras-raras (i.e., Tb, Ce) e biomacromoléculas (i.e.,

quitosana) possibilita novas aplicações no campo marcadores biológicos *in situ* (nanobioprobes), devido as propriedades de fluorescência destes elementos, somadas com as propriedades magnéticas das nanopartículas de óxido de ferro. O Zebrafish é um promissor modelo biológico para estudos *in vivo* de nanotoxicidade, neste caso, estuda-se a toxicidade dos nanobioprobes desenvolvidos no LNNano sobre embriões de Zebrafish; verificou-se ausência de toxicidade até a concentração de 100 mg/L, indicando assim, biocompatibilidade. Contudo, através do uso da técnica de microfluorescência de raios X (luz síncrotron), foi observado que os nanobioprobes são absorvidos principalmente pela via oral após exposição aos embriões, e se acumulam do trato intestinal destes organismos em função do tempo (Figura 29). Este trabalho foi publicado na revista ACS Applied Nano Materials e selecionado para ilustrar a capa da revista. Os resultados obtidos é fruto de uma colaboração entre o LNNano e o LNILS, e suportam interessantes perspectivas visando o emprego de nanossistemas multifuncionais para inovações biotecnológicas e ambientais.

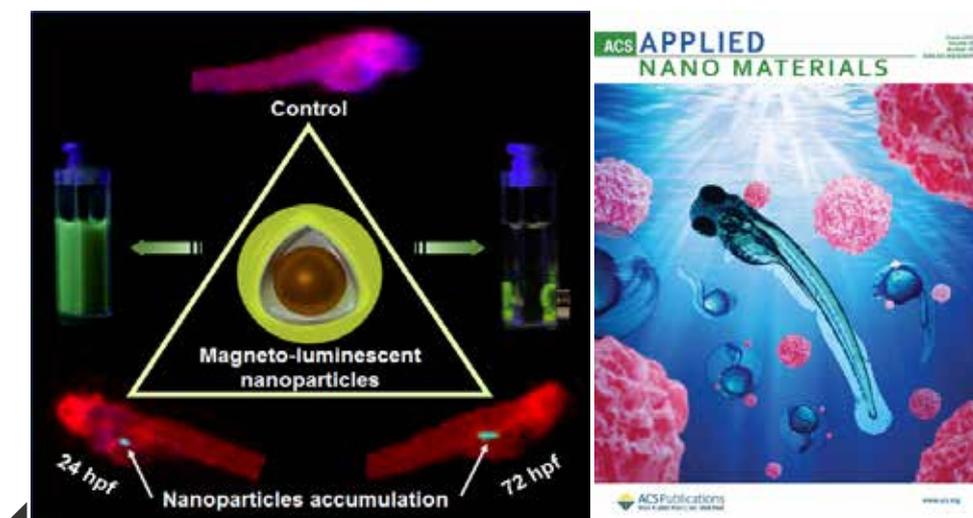


Figura 29. Ilustração das nanopartículas de óxido de ferro funcionalizadas com quitosana e terras-raras (Tb, Ce) sintetizadas no LNNano (nanobioprobes) e bioacumulação no trato intestinal de embriões de Zebrafish. Fonte: L.U. Khan et al., (2018). $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ Nanoparticles Concurrently Coated with Chitosan and $\text{GdOF}:\text{Ce}^{+3}, \text{Tb}^{+3}$ Luminophore for Bioimaging: Toxicity Evaluation in the Zebrafish Model. ACS Applied Nano Materials (DOI: 10.1021/acsanm.9b00339).

SENSORES E DISPOSITIVOS

Área de atuação que abrange estudos e desenvolvimentos relacionados a diferentes tipos de dispositivos funcionais, sensores e biosensores com aplicações em várias áreas do conhecimento. Inclui o desenvolvimento de plataformas microfluídicas baseadas em polímeros flexíveis, vidro e outros materiais de interesse, criando inovadoras tecnologias de microfabricação, com forte potencial comercial para aplicação em energia, meio ambiente e saúde.

O projeto **“Sensores microfluídicos eletroquímicos para o diagnóstico de câncer”**, do LNNano, visa o desenvolvimento de sensores multidimensionais aplicados no monitoramento de amostras de soro de pacientes para o diagnóstico de câncer (próstata, do endométrio e do colo do útero) e Alzheimer. Além disso, prevê-se que esses sensores serão capazes de gerar diagnósticos precoces de enfermidades complexas de forma rápida a um baixo custo.

De maneira inédita, foi desenvolvido um sensor multidimensional microfluídico baseado em sondas sensíveis ‘prontas para uso’ – as quais consistiram de minas de lápis de grafite como associações de capacitores de dupla-camada elétrica em paralelo. Produzidos em larga-escala e amplamente disponíveis a um baixo custo, as minas de lápis foram utilizadas conforme adquiridas, sem nenhuma funcionalização de superfície. Os microdispositivos foram obtidos em PDMS por meio de prototipagem rápida, barata (livre de salas limpas), verde e escalável. Como prova de conceito, a plataforma foi aplicada na análise de amostras reais de água, quais sejam, amostras de lago e água mineral, com implicações em meio ambiente e para a saúde humana. Os resultados foram publicados no periódico *Chemical Communications*.

Em 2019, o projeto **“Transporte eletrônico em nanoestruturas orgânicas e híbridas”**, em desenvolvimento no LNNano, foi desdobrado em três investigações: transistores de efeito de campo orgânicos em arquitetura vertical fabricados utilizando nanomembranas, crescimento de estruturas metal-orgânicas de superfície (SURMOFs) para aplicação em dispositivos e incorporação de estruturas metal-orgânicas de superfície (SURMOFs) em estruturas auto-enroladas para aplicações em

dispositivos eletrônicos ultracompactos.

Um desdobramento da investigação em junções verticais baseadas em nanomembranas (NMs) é o transistor vertical. Tal dispositivo tem sua relevância pelo fato de a indústria de eletrônica orgânica exigir dispositivos mais estáveis e de alto desempenho para aplicações inovadoras. Entre tais aplicações destacamos as telas flexíveis e os transistores orgânicos de potência.

No projeto **“Transistores de efeito de campo orgânicos em arquitetura vertical fabricados utilizando nanomembranas”**, o LNNano aborda o desenvolvimento de transistores de efeito de campo orgânicos em arquitetura vertical (VOFETs, acrônimo do inglês) que utilizam a ftalocianina de cobre (CuPc; e alguns outros materiais novos) como camada de semicondutor orgânico (OSC), óxido de alumínio (Al_2O_3) como isolante e NMs metálicas enroladas como eletrodo de dreno. A fabricação de VOFETs é baseada em processos convencionais de fotolitografia e em métodos de deposição de filmes finos. A permeabilidade ao campo elétrico do eletrodo de fonte é obtida por meio de um eletrodo estruturado com perfurações idênticas em formato circular.

A Figura 30 mostra as ilustrações dos VOFETs e estrutura química do CuPc. Neste projeto, as NMs metálicas atuam como o eletrodo de dreno dos VOFETs em uma forma tubular. Quando enrolada o nanomembrana forma um contato suave com a camada OSC. Esta configuração de VOFET é uma única e abre a possibilidade de incorporar camadas ultra-finas ($\sim 5\text{--}10\text{ nm}$) da OSC, já que esta técnica minimiza ativamente os danos às moléculas da camada subjacente da OSC. Ao mesmo tempo, como discutido acima, a utilização da nanomembrana evita a os curtos-circuitos através das falhas de cobertura dos filmes finos.

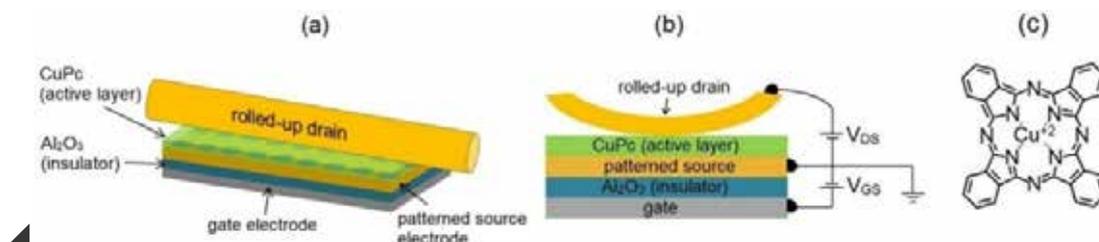


Figura 30. Ilustrações de VOFETs a serem utilizadas neste projeto; (a) vista 3D do VOFET com eletrodo fonte circular perfurada; (b) vista lateral do VOFET mostrando as conexões elétricas e; (c) estrutura química do CuPc.

Dentro do contexto dos VOFETs, esse desenvolvimento pode ser considerado uma melhoria considerável em comparação com os dispositivos reportados, que normalmente utilizam camadas ativas com mais de 50 nm de espessura. A Figura 31a mostra a imagem de microscopia ótica do dispositivo VOFET fabricado utilizando a técnica de NMs enroladas. Esses dispositivos foram preparados utilizando o cromo (Cr: 10 nm) como eletrodo

de porta, o Al₂O₃ (10 nm) como isolante, a CuPc (60 nm) como o OSC e nanomembrana de ouro (Au: 5 nm) como eletrodo de dreno. O eletrodo de fonte (Au: 10 nm) foi formado através da fotolitografia com perfurações circulares de 3 μm. A padronização da fonte permite que o campo elétrico induzido pela porta alcance a camada de OSC. A Figura 31b mostra as características de saída (ID × VDS) de um dos dispositivos fabricados.

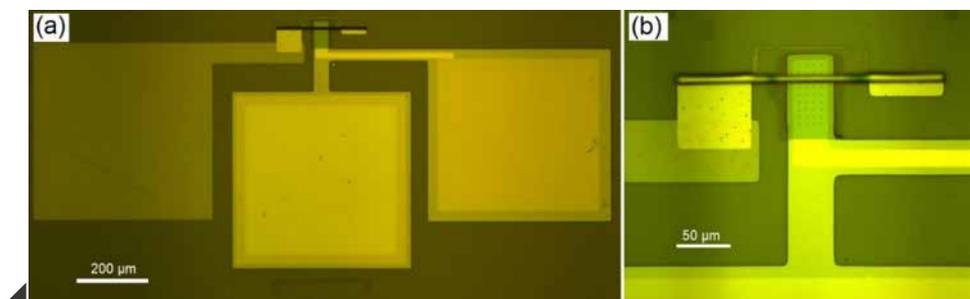


Figura 31. (a) Imagem de microscopia ótica do dispositivo VOFET com nanomembrana enrolada como o eletrodo de dreno, e; (b) imagem de microscopia ótica com zoom da região ativa do VOFET onde a nanomembrana enrolada está formando um contato suave com a camada OSC.

Os experimentos iniciais evidenciaram que certos parâmetros de fabricação exigem ajustes. Por exemplo, como ilustrado na Figura 32, os dispositivos mostraram alta corrente no estado desligado (I_{off} : ID em $V_{GS} = 0V$) e baixa razão de corrente de estado ligado/desligado (I_{on}/I_{off}), o que implica em propriedades de modulação fracas. Para otimizar o desempenho do dispositivo na fase inicial do projeto, foi decidido que a fabricação envolvendo um eletrodo de dreno planar ao invés do eletrodo

enrolado. Uma das razões para isso foi obter um maior valor de "fill-factor", que é a razão entre a área de perfurações circulares e a área total do dispositivo. No caso de dispositivos fabricados com eletrodo de dreno enrolado, a nanomembrana enrolada cobria apenas uma linha de perfurações circulares (Figura 31b), o que implica baixo valor para o "fill-factor" e pequena área de dispositivo ativo. Ambos os parâmetros resultam diretamente na redução de I_{on} e I_{on}/I_{off} como visto na Figura 32.

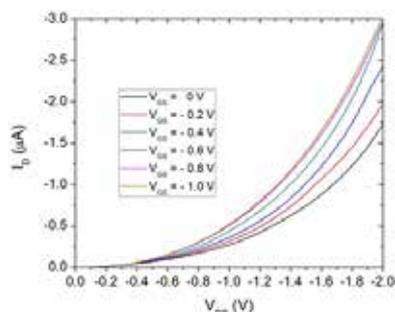


Figura 32. Características de ID × VDS do dispositivo VOFET fabricado usando a técnica de NMs enroladas.

Da mesma forma, o uso do eletrodo de dreno planar também ajudaria no ajuste de outros parâmetros, como o diâmetro ideal das perfurações circulares de fonte e o material de eletrodo ideal para a formação de eletrodos de fonte e dreno. Espera-se que o aumento no diâmetro das perfurações circulares I_{on} melhore, e que o aumento na altura da barreira de energia entre fonte e OSC diminua I_{off} . Assim, a seleção de condições otimizadas pode efetivamente melhorar a razão I_{on}/I_{off} dos dispositivos. Uma vez que o desempenho

otimizado do dispositivo é obtido usando o eletrodo de dreno planar, parâmetros de fabricação semelhantes podem ser aplicados para a fabricação de dispositivos usando NMs enroladas.

Tendo em vista os pontos descritos acima, foram realizados experimentos comparativos em dispositivos com eletrodo de dreno planar integrando uma área maior (250 × 100 μm²). Além disso, o eletrodo de fonte foi padronizado com perfurações circulares de 5 μm de diâmetro (Figura 33).

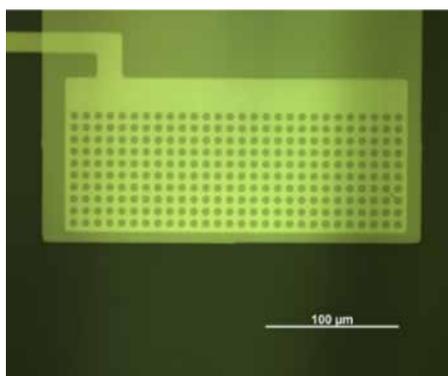


Figura 33. Imagem de microscopia ótica do eletrodo de fonte padronizado com perfurações circulares de 5 μm de diâmetro usando fotolitografia. A área total do eletrodo fonte (250 × 100 μm²) determina a área ativa do dispositivo.

A Figura 34 mostra as características elétricas referentes ao dispositivo, que foi preparado utilizando Cr (15 nm) como eletrodo de porta, Al₂O₃ (10 nm) como isolante, prata (Ag: 15 nm) como eletrodo de fonte, Ag (50 nm) como eletrodo de dreno e CuPc (50 nm) como OSC. Observa-se que a otimização dos parâmetros de fabricação levou à melhora tanto da I_{on} como da razão I_{on}/I_{off} . As características de saída mostram uma clara distinção entre os estados I_{on} e I_{off} , o que implica em melhores propriedades de modulação dos dispositivos.

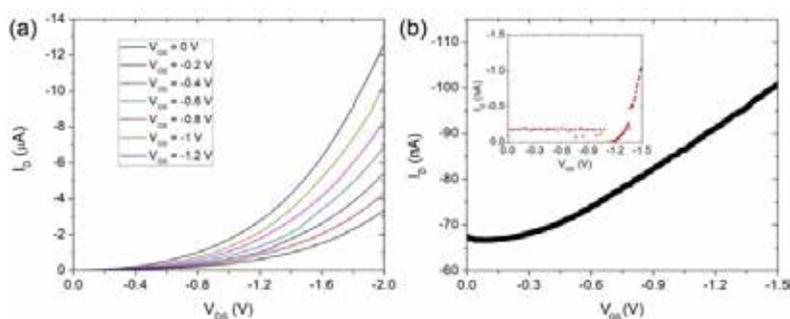


Figura 34. (a) Características $I_D \times V_{DS}$, e; (b) características $I_D \times V_{GS}$ do dispositivo VOFET fabricado usando o eletrodo de dreno planar. A inserção de (b) mostra a corrente de fuga (I_G).

Ainda nessa temática, o LNNano desenvolve o projeto **“Crescimento de estruturas metal-orgânicas de superfície (SURMOFs) para aplicação em dispositivos”**. Estruturas Metal-Orgânicas de Superfície (SURMOFs) são uma nova classe de materiais nanoestruturados baseada nas redes tridimensionais de clusters metálicos e ligantes orgânicos. Essas estruturas possuem características importantes como orientação cristalina, alta porosidade e área superficial variando de 1.000 a 10.000 m²/g. Os SURMOFs podem ser imobilizados diretamente em uma superfície funcionalizada com monocamadas automontadas (SAMs), permitindo o crescimento de camadas nanométricas de maneira controlada, formando filmes homogêneos e uniformes, ideais para aplicação dessas estruturas em dispositivos.

A possibilidade de incorporar SURMOFs em dispositivos e plataformas de sensores necessita de um estudo prévio sobre a morfologia do filme, cristalinidade e qualidade da interface. Estudos anteriores investigaram a nucleação, crescimento e orientação de filmes de HKUST-1, revelando um mecanismo de crescimento de nucleação de ilhas do tipo Volmer-Weber. Além disso, a orientação cristalográfica preferencial do SURMOF

pode ser alcançada variando parâmetros de crescimento, tais como a temperatura, o tempo de imersão em solução, e o grupo funcional final das cadeias de SAMs. No entanto, até onde sabemos, nenhum estudo focado na dependência do comprimento da cadeia de SAMs nas propriedades de crescimento foi realizado. Neste sentido, avaliamos a influência do comprimento da cadeia de SAMs na orientação cristalina preferencial do SURMOF HKUST-1, visto que tanto os comprimentos de cadeia de SAMs quanto a orientação dos filmes nanoestruturados de SURMOFs podem influenciar o transporte de carga e, conseqüentemente, no funcionamento de dispositivos.

Primeiramente, SAMs de tiol e ácidos fosfônicos com três, seis, onze e dezesseis carbonos foram depositados nas superfícies de Au. Em seguida, o HKUST-1 foi depositado no topo das monocamadas, obtido pela técnica de deposição camada por camada (do inglês, *layer-by-layer* – LbL) (Figura 35). Tal técnica consiste na imersão alternada em soluções contendo os íons metálicos e os ligantes orgânicos, formando assim uma estrutura uniforme e homogênea por toda a superfície do substrato.

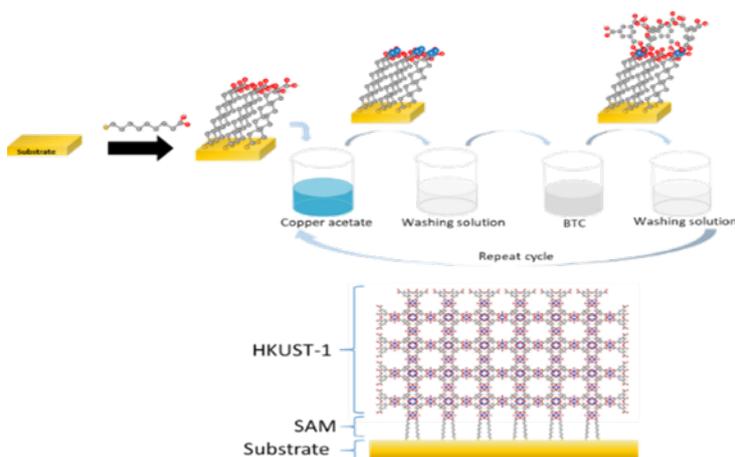


Figura 35. Ilustração dos passos de crescimento do filme de HKUST-1. O número de ciclos depositados controla a espessura do filme a ser obtido.

A cristalinidade e orientação dos filmes de HKUST-1 foram caracterizados por difratometria de raios X (XRD), e a morfologia por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), exibidos na Figura 36. Os resultados de XRD e MEV mostram que a estrutura cristalina e topografia de superfície estão consistentes com os resultados relatados na literatura. Os difratogramas mostrados na Figura 36a indicam uma tendência do filme a orientar-se na direção 100 quando crescidos sobre cadeias de SAMs mais longas (C11 e C16). Em vista disso, a razão entre as áreas dos picos 400 e 222 foram avaliadas considerando os filmes crescidos com diferentes números de ciclos, como mostrado na Figura 36b. Os resultados mostram um crescimento preferencial na direção [100] quando o número de ciclos aumenta. Esta tendência é mais acentuada quando

utilizadas SAMs mais longas. Uma possível razão para essa tendência é o fato das SAMs com longas cadeias alquílicas se organizarem em uma configuração densamente compactada, onde a interação de Van der Waals mantém as cadeias alinhadas. As cadeias curtas, por outro lado, são escassamente compactadas devido ao menor número de grupos $-CH_2$. Um recobrimento mais eficaz de superfície permite a nucleação de cristais preferencialmente na direção [100]. Mesmo nos primeiros ciclos de deposição, a diferenciação entre os filmes depositados com SAMs de tamanhos distintos é clara. Esses resultados são cruciais quando os SURMOFs são aplicados a dispositivos elétricos, associando as características dos filmes com suas propriedades elétricas, e considerando tanto a interface sólido/sólido quanto a interface sólido/líquido.

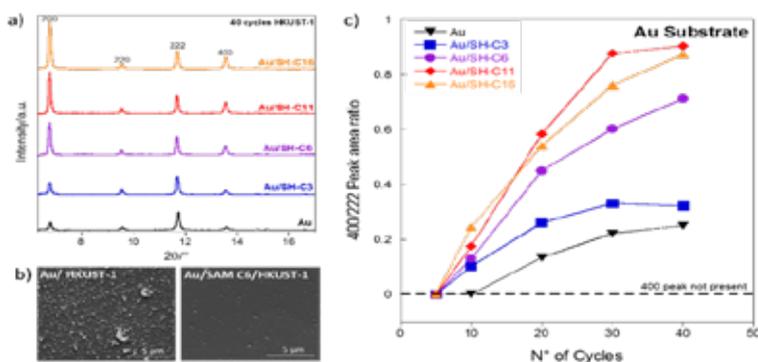


Figura 36. Difratogramas de raio-X para filmes de 40 ciclos de HKUST-1 crescidos sobre Au e Au funcionalizado com SAMs de 3, 6, 11 e 16 carbonos. Todos os difratogramas foram normalizados com relação ao pico 222; b) imagens de MEV do filme de HKUST-1 crescido sobre Au e Au funcionalizado com SAM SH-C6; c) razão entre as áreas dos picos 222 e 400 como função do número de ciclos depositados.

Como mencionado acima, os SURMOFs correspondem a uma classe de material com um grande potencial para aplicações tecnológicas. Esses materiais consistem basicamente em estruturas tridimensionais de íons metálicos conectados por materiais orgânicos (ligantes), e seu crescimento em superfícies funcionalizadas (SURMOFs) permite projetar novas perspectivas nas áreas de energia, óptica e eletrônica. Associado a essa temática, o LNNano desenvolve o projeto **"Incorporação de estruturas metal-orgânicas de superfície (SURMOFs) em estruturas auto-enroladas para aplicações em dispositivos eletrônicos ultracompactos"**, que aplicou SURMOF HKUST-1, que é composto por íons de cobre (Cu^{2+}) conectados por ácido benzeno-1,3,5-tricarboxílico (H_3BTC). O HKUST-1 foi depositado utilizando a epitaxia em fase líquida

em superfícies de Au funcionalizadas com ácido mercaptohexanóico.

A Figura 37 apresenta a caracterização morfológica obtida por AFM para uma amostra com 20 ciclos de HKUST-1. Cada ciclo corresponde a uma imersão do substrato funcionalizado na solução de Cu^{2+} e BTC respectivamente. Entre cada solução são utilizadas duas etapas de lavagens para remoção de material remanescente. A Figura 37a apresenta

uma topografia de superfície do SURMOF depositado. Para uma área de $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ foi obtido um valor de rugosidade quadrática média (RMS) de aproximadamente 4 nm. A Figura 37b mostra a interface entre o substrato e o SURMOF, onde através do perfil linear na interface é possível obter a espessura do filme. Como mostra a Figura 25c, a espessura obtida foi de aproximadamente 30 nm, que corresponde a cerca de 1,5 nm por ciclo.

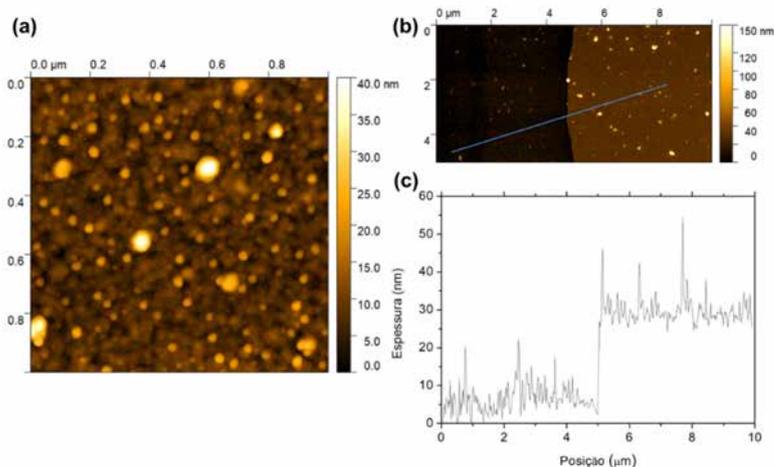


Figura 37. Caracterização morfológica do HKUST-1: (a) topografia de superfície obtida por AFM para uma área de $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$; (b) interface do SURMOF depositado com o substrato para uma área de $10\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$; (c) perfil de espessura obtido através da linha traçada em (b).

A Figura 38 apresenta a arquitetura utilizada para a caracterização elétrica do SURMOF depositado. Essa arquitetura se baseia no auto-enrolamento de uma nanomembrana metálica sobre o material de interesse, como discutido acima. Da mesma forma que tem sido para camadas ultrafinas de semicondutores

orgânicos, a vantagem desta plataforma aplicada aos SURMOFs está na possibilidade de poder conectar eletricamente materiais porosos e com baixas espessuras. A principal diferença entre os dois processos de fabricação (utilizando para conectar as camadas orgânicas) está na etapa de incorporação da camada funcional.

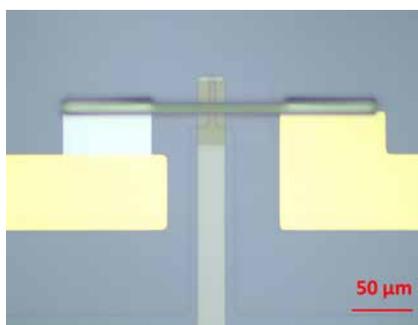


Figura 38. Nanomembrana metálica em contato com SURMOF.

Uma vez que o dispositivo é formado através do autoenrolamento, a caracterização elétrica foi realizada através de curvas $I \times V$. Durante as medidas o eletrodo no qual o SURMOF foi crescido foi aterrado. A Figura 39 apresenta a curva obtida para o SURMOF após a deposição e o contato da nanomembrana metálica. Para tensões de até 1 V é possível observar valores de corrente entre 10^{-12} - 10^{-13} A, evidenciando a característica isolante do HKUST-1. No entanto, quando tensões maiores são aplicadas, uma mudança abrupta na corrente é observada entre 2 - 3 V, como mostra a Figura 39b. Essa

mudança de comportamento já foi observada em trabalhos anteriores, e é atribuído à possível migração de íons Cu^{2+} induzida pelo alto campo elétrico, e conseqüentemente à pirólise dos ligantes orgânicos. Este processo possibilita a formação de filamentos condutores entre os eletrodos. Como reportado na literatura, esse comportamento foi obtido em torno de 15 V, o que corresponde a um campo elétrico de $\sim 1,15$ MV/cm. No caso da Figura 39b, o mesmo valor de campo elétrico corresponde a uma tensão de 3 V, região na qual os maiores valores de corrente foram obtidos.

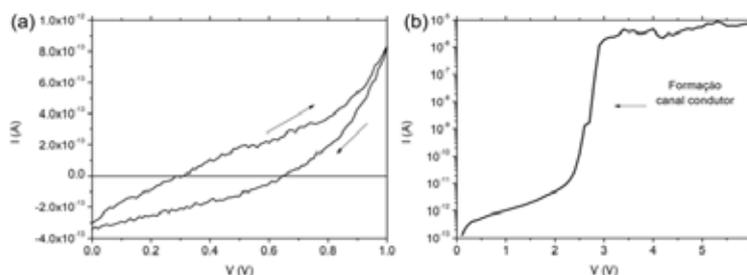


Figura 39. Curvas IxV para Au/HKUST-1/Au: (a) curva inicial; (b) formação do canal condutor através do aumento do campo elétrico.

Após a formação dos filamentos condutores, foi observado um comportamento “memristor” com regimes, de alta e baixa resistência (HRS e LRS), bem definidos em torno de 3 V (Figura 40). A razão on/off calculada em $V_{\text{READ}} = 0,1 \text{ V}$ foi de 10^2 , superior ao reportado na literatura. No entanto, uma menor tensão de operação e maior estabilidade em função do número de ciclos estão sendo consideradas através da redução da espessura do SURMOF e do aumento do diâmetro do tubo da nanomembrana metálica.

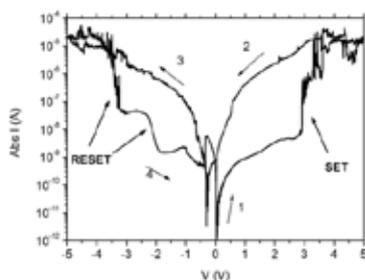


Figura 40. Curva IxV característica para Au/HKUST-1/Au após a formação do canal condutor.

OLNNano deu continuidade ao projeto **“Esfoliação e caracterização eletroquímica de materiais 2D”** que visa obter monocamadas de dissulfeto de molibdênio (MoS_2) pelo método de esfoliação mecânica “Scotch tape”. Este material é amplamente aplicado em diversas áreas, como eletrônica, óptica e evolução de H_2 para geração de energia.

Até o momento, foi possível obter monocamadas de MoS_2 utilizando cristal de MoS_2 como material de partida. Destaca-se, no resultado obtido, três regiões distintas, sendo que a região 1 é uma monocamada (verde), a 2 uma bicamada (amarelo) e a 3 uma tricamada (laranja), Figura 41.

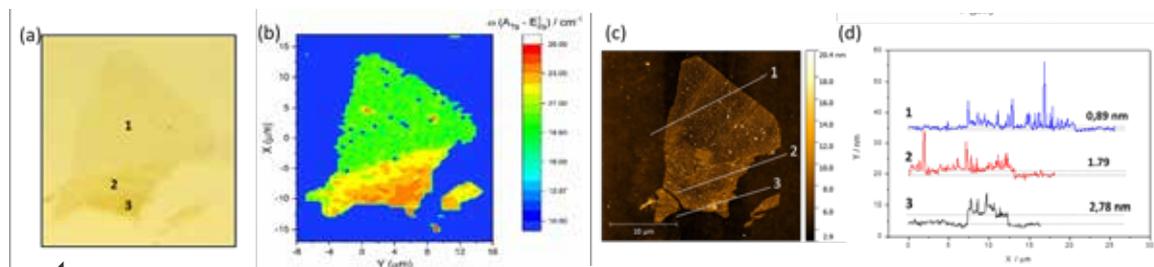


Figura 41. Dissulfeto de molibdênio obtido pelo processo de esfoliação mecânica. (a) Imagem obtida pelo Microscópio Óptico; (b) Mapa espacial Raman da diferença entre os deslocamentos das bandas A_{1g} e E_{12g} ; (c) Imagem de microscopia de força atômica; (d) Perfil de altura das regiões 1, 2 e 3 traçadas na letra (c).

Por fim, o LNNano dedicou esforços ao projeto **“Nanodispositivos eletroquímicos esticáveis”**. Um dos desafios da aplicação de dispositivos fabricados com elastômeros e materiais de carbono é a hidrofobicidade da região de trabalho, pois torna-se difícil o confinamento de soluções aquosas. Assim, após as caracterizações do dispositivo e avaliação de desempenho eletroquímico do mesmo, a região de trabalho foi funcionalizada com um nanofilme de polidopamina (PDA). Esse biopolímero é utilizado por moluscos

no processo de adesão em superfícies e têm propriedades de alterar a molhabilidade de superfícies, ancorar mediadores redox, e a vantagem de manter essas propriedades mesmo após deformação mecânica.

O processo de funcionalização é apresentado na Figura 42a(i-v). O eletrodo, após o processo de oxidação eletroquímica, tem a região de trabalho isolada e é adicionada uma solução que contém dopamina e Azul de Meldola (AM). Posteriormente a solução é retirada, a amostra é lavada e o dispositivo

pode ser utilizado em testes mecânicos e como dispositivo eletroquímico. A dopamina em solução tampão de pH 8,5 autopolimeriza e forma o nanofilme de PDA, processo indicado na Figura 42b. Essa etapa permite a inserção do corante no nanofilme, que age como mediador redox para processos eletroquímicos. Na avaliação da molhabilidade pode-se observar uma diminuição do ângulo de contato com a codeposição do nanofilme PDA/AM, que tem contribuição principal da PDA, como mostrado na Figura 42d. Esse processo permite o confinamento de soluções aquosas em uma área delimitada capaz de cobrir os três eletrodos na região de trabalho, Figura 42c. Além disso, através de análises de topografia por microscopia de força atômica, pode-se observar o crescimento do bionanofilme em forma de ilhas, o que é importante para processos eletroquímicos uma vez que não ocorre a passivação total da superfície. O crescimento do filme foi avaliado em função do tempo de polimerização, e pode-se observar que quanto maior o tempo de codeposição, maior a espessura do nanofilme, Figura 42e.

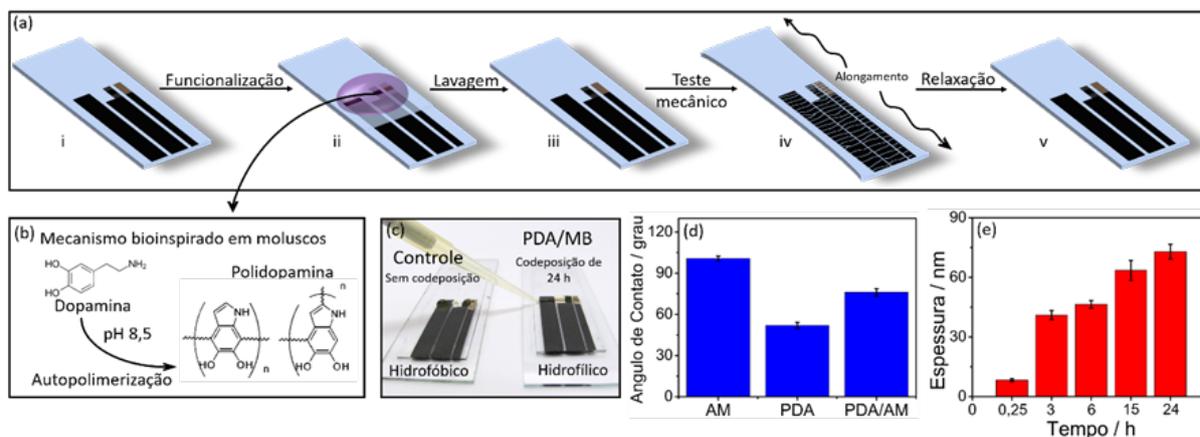


Figura 42. (a)(i-v) Etapas de funcionalização do dispositivo. (b) Esquema representativo da reação de formação de PDA. (c) Comparação do confinamento de soluções aquosas na região de trabalho antes e depois da codeposição de 24 h de PDA/AM. (d) Ângulo de contato após 24 h de codeposição de AM, PDA e PDA/AM. (e) Espessura do filme de PDA/AM em função do tempo de polimerização.

Os resultados obtidos após o processo de funcionalização sugerem que o processo de fabricação aliado à funcionalização com polidopamina tem enorme potencial para aplicação nas áreas de energia e sensores. Além disso, devido à natureza flexível dos dispositivos, é possível anexá-lo em diferentes tipos de superfícies possibilitando inclusive aplicações na área de dispositivos vestíveis. Por exemplo, o dispositivo tem potencial de ser anexado à pele ou tecidos e funcionar como sistemas de geração de energia vestíveis ou para monitoramento de espécies de interesse biológico ou ambiental. Outras potenciais aplicações podem ser consideradas no tratamento de água e na geração de energia envolvendo processos de co-deposição.

O estudo **"Anisotropic Flow Control and Gate Modulation of Hybrid Phonon-Polaritons"**³⁰,

do LNLS, investiga as propriedades de confinamento e interação da luz com interfaces e fronteiras internas em regiões muito menores que um milésimo de milímetro de um dispositivo a base de grafeno em contato com um cristal hexagonal de nitreto de boro (hBN), também com espessura de poucas moléculas (Figura 43). Os resultados do trabalho confirmam a possibilidade de se configurar a direção de propagação da luz, e demonstram um controle inédito da atividade eletromagnética destes dispositivos através de estímulo elétrico externo. Este estudo estabelece sólidas bases para futuros desenvolvimentos de dispositivos nanofotônicos. Tais dispositivos encontram grande potencial de aplicação na área de telecomunicações, podendo integrar uma ampla gama de equipamentos.

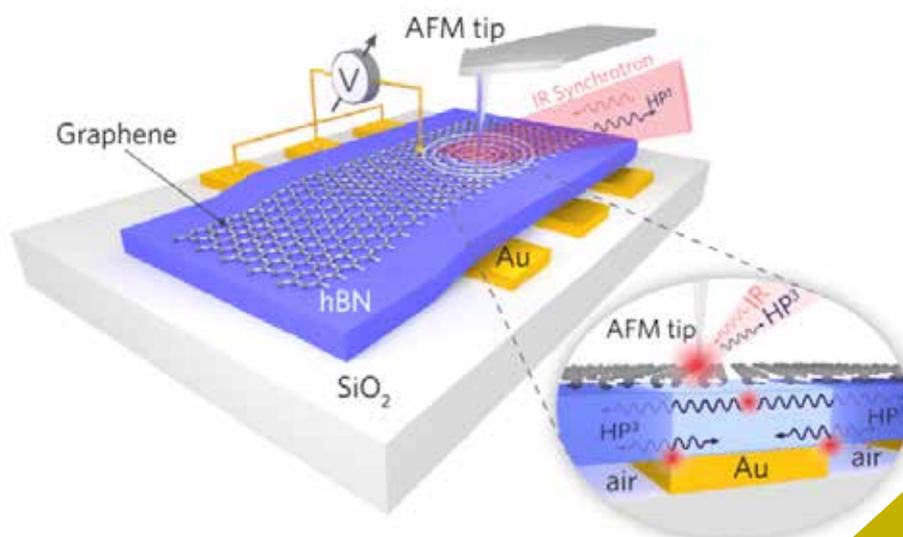


Figura 43. Esquema da estrutura de Grafeno-hBN e da análise experimental por nanoespectroscopia de infravermelho. Reprodução com permissão de Nano Lett. 2019, 19, 2, 708-715. Copyright 2019 American Chemical Society.

PROJETO SIRIUS



No primeiro semestre de 2019, destaca-se a instalação dos componentes dos aceleradores no túnel, a finalização do projeto e construção de componentes, e a realização dos testes de integração dos subsistemas e dos testes com feixe de elétrons no injetor. Além disso, o sistema de controle de alto-nível – que controla e monitora tanto os parâmetros do hardware destes subsistemas, quanto implementa os algoritmos relacionados à física de aceleradores – continuou a ser desenvolvido, testado e depurado em condições reais de operação, a partir da sala de controle do Sirius.

Concomitantemente com os testes de integração, foi realizado o transporte do feixe do Linac através da Linha de Transporte

Linac-Booster (LTB) e otimizada a sua injeção no Booster. Destaca-se que o feixe chegou a dar mais de 15 mil voltas sem o sistema de radiofrequência (RF), que está em fase inicial de ajustes. O sistema de RF é fundamental para manter o feixe de elétrons no Booster estável e aumentar sua energia de 150 MeV até 3,0 GeV. Os testes com feixe foram realizados de maneira esporádica de forma a conciliar o regime de operação – em que o túnel dos aceleradores é interditado – com as atividades de instalação.

Durante o semestre, alguns incidentes demandaram intervenção corretiva, como a troca da câmara de vácuo do septum de injeção e a deterioração do amplificador multipulso do Linac.

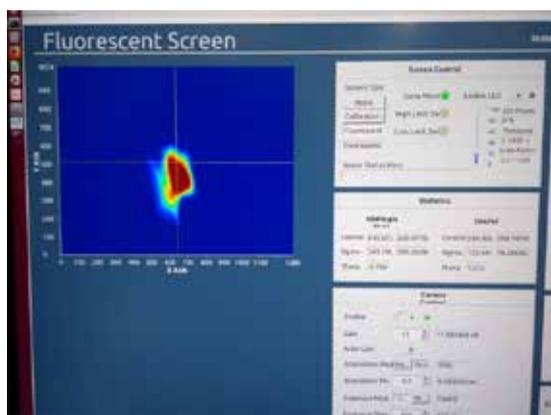


Figura 44. Feixe visto na primeira tela do Booster, logo após o septum de injeção

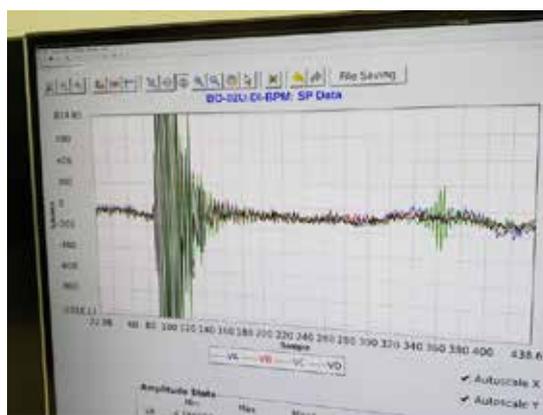


Figura 45. Sinal da primeira volta do feixe no Booster no BPM do trecho 2 no dia 8 de março. O sinal mais forte indica a primeira passagem do feixe pelo BPM e o sinal mais fraco, a segunda passagem. A distância entre as passagens corresponde ao período de revolução do feixe no Booster, que é de 1.66µs



Figura 46. Sinal do feixe detectado no monitor stripline do Booster no dia 6 de junho. O feixe deu mais de 15 mil voltas nesse dia sem radiofrequência

ALINHAMENTO

No primeiro semestre de 2019, as atividades tiveram foco na instalação dos berços do Anel de Armazenamento e na primeira rodada de alinhamento. Ressalta-se que a primeira rodada de posicionamento foi considerada como pré-alinhamento, uma vez que durante a maior parte do semestre as temperaturas dentro da blindagem não estavam sendo controladas. Recentemente, foi dado início ao comissionamento do sistema de ar-condicionado da blindagem. O objetivo do procedimento foi levar todos os 220 berços do Anel próximos de sua posição e orientação nominais, de forma a permitir montagens de vácuo

e facilitar a etapa de alinhamento fino dos componentes (Figura 47).

O pré-alinhamento do Anel seguiu a estratégia de alinhamento por construção mecânica, abordagem inovadora que não faz uso de pontos fiduciais fixos nos magnetos. Essa estratégia utiliza soquetes especiais removíveis, que reproduzem as quinas dos magnetos (Figura 48). Com base nessa abordagem inovadora, foram desenvolvidos procedimentos de medição que permitem uma estimativa robusta das linhas de centro dos magnetos a partir de suas características geométricas externas.



Figura 47. Etapa de pré-alinhamento do Anel de armazenamento do Sirius



Figura 48. Soquetes especiais removíveis em substituição aos fiduciais convencionais

Os resultados da campanha de pré-alinhamento do Anel são apresentados na Figura 49 e Figura 50. Os dados foram obtidos utilizando as quinas mais externas dos ímãs montados sobre determinado berço referem-se aos centroides dos berços. Apesar dessa estratégia maximizar a resolução angular das medidas, para o alinhamento fino de cada berço será utilizada uma referência de interesse para a máquina. No caso de berços multipolares, por exemplo, o alinhamento será feito a partir dos quadrupolos mais externos, devido a sua maior influência para a dinâmica do feixe. Embora alguns berços se encontrem fora de posição por uma alta margem – se comparados com os desvios máximos de $\pm 0,080\text{mm}$ entre berços, especificados pelo grupo de Física de Aceleradores – a grande maioria deles (cerca de 89% na horizontal e 97% na vertical) já se encontra dentro da tolerância. Além disso, boa parcela dos berços (aproximadamente 71 % na horizontal e 88 % na vertical) possuem desvios abaixo de $\pm 0,040\text{mm}$ de suas coordenadas nominais. Tais resultados indicam a possibilidade de atingir um nível de alinhamento duas vezes superior ao previsto no projeto.

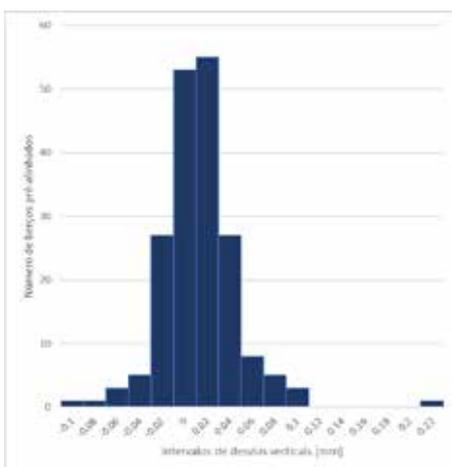
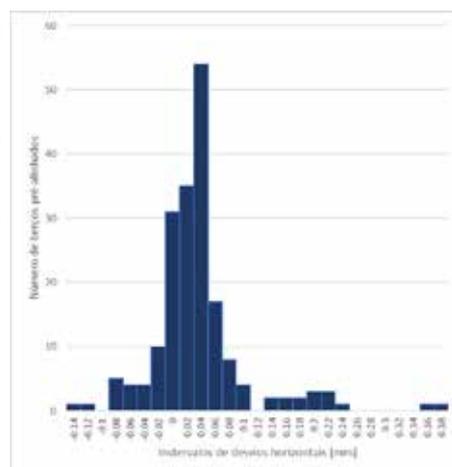


Figura 49. Distribuição de berços do Anel na direção horizontal após etapa de pré-alinhamento

Figura 50. Distribuição de berços do Anel na direção vertical após etapa de pré-alinhamento



SISTEMA DE VÁCUO

Com as câmaras de vácuo prontas – exceto as 5 câmaras especiais do trecho de injeção do anel (scrapers vertical e horizontal, câmaras cerâmicas e câmara com tela de fluorescência) –, foi iniciado o processo de instalação de vácuo do anel. O processo requer cuidado especial com a limpeza ambiente dos trechos a serem montados, exigindo uma mobilização e cerco especial em seu entorno e a interrupção de atividades que possam gerar particulados e inviabilizar as montagens de vácuo. Cabe lembrar que os sistemas de vácuo do sistema de injeção (LINAC, linha de transporte LINAC-Booster e Booster) estão prontos e em pleno funcionamento.

A instalação do sistema de vácuo do Anel de Armazenamento teve como pré-requisitos: a instalação, alinhamento e abertura dos eletroímãs; a montagem e alinhamento dos suportes das câmaras; e a limpeza e isolamento dos trechos para a execução da montagem. Destaca-se que a montagem do sistema de vácuo do anel exige nível de limpeza e cuidados com particulados bastante superior ao exigidos para a montagem do sistema de injeção da máquina. No anel, os níveis de vácuo requeridos são bem inferiores e particulados ou sujeiras podem prejudicar a adequada

operação da máquina, uma vez que o feixe de elétrons permanece estocado com correntes bem superiores. A Figura 51 mostra os preparativos para a montagem das câmaras de vácuo de um dos trechos do Anel.

Além dos maiores cuidados com a limpeza para a montagem das câmaras, a montagem do sistema de vácuo do anel exige como processo adicional o aquecimento das câmaras para a ativação dos filmes NEG. Nesse processo, as câmaras de vácuo são aquecidas a temperatura de 200 °C por 24 horas e tem duração de aproximadamente 2,5 dias para cada trecho. A duração do processo se justifica pela necessidade de realizar um processo de aquecimento diferenciado para a remoção de moléculas de água dos componentes que não têm filme NEG (por exemplo, BPMs, bellows, máscaras e válvulas de setor), antes da ativação dos filmes NEG. Para o processo de aquecimento de cada trecho são necessárias 104 fitas finas especiais, 21 jaquetas feitas sob medida para os componentes e 68 fontes de potência especialmente desenvolvidas para o aquecimento das câmaras. A Figura 52 mostra um trecho montado e os carrinhos com as fontes de potência para alimentação das fitas de aquecimento.



Figura 51. Trecho isolado e com as cabines limpas de montagem posicionadas



Figura 52. Trecho montado e com o sistema de aquecimento em posição para o início do processo de ativação dos filmes NEG

A Figura 53 ilustra o ciclo de aquecimento de um trecho e o comportamento da pressão de vácuo durante as diferentes etapas de aquecimento. A pressão atingida 24 horas após o final do ciclo de aquecimento foi 6×10^{-11} mbar, indicando que o processo de ativação dos filmes NEG foi bem-sucedido.

Neste semestre, foram montados 14 trechos (70% do sistema de vácuo da máquina), dos quais 10 já passaram pelo processo de ativação dos filmes NEG e estão prontos para o início da operação da máquina. A pressão final atingida em todos os trechos montados e que passaram pelo processo de ativação dos filmes NEG foi inferior a 1×10^{-10} mbar, atingindo-se os valores especificados para a operação da máquina.

No caso do Booster, o sistema de vácuo está completo e plenamente operacional, sendo que em todos os trechos a pressão de vácuo atingiu valores inferiores a 5×10^{-9} mbar (como mostra a Figura 54, com descrição inicial "BO").

Na Linha de Transporte Linac-Booster (LTB), a pressão média de vácuo está em 2.7×10^{-9} mbar na ausência de feixe de elétrons, e inferior a 1×10^{-8} mbar quando o Linac está em operação, com feixe passando pela linha de transporte. Ressalta-se que em ambos os casos (com e sem feixe) as medidas de pressão estão melhores que o projetado.

Após a conclusão da instalação das câmaras de vácuo do Anel de Armazenamento,

terá início a montagem as câmaras da Linha de Transporte Booster-Anel (BTS), previsto para agosto.

As câmaras de vácuo responsáveis por extrair e conduzir a luz síncrotron para as linhas de luz nos primeiros metros a partir do anel (50 unidades) estão prontas e passaram pelos processos de deposição de NEG e pré-montagens das bombas, sensores de vácuo e máscaras refrigeradas (Figura 55). O processo de pré-montagem visa facilitar e agilizar a montagem final dos componentes na máquina. Essas câmaras estão sendo montadas no anel juntamente com as câmaras que formam o caminho dos elétrons (Figura 56).

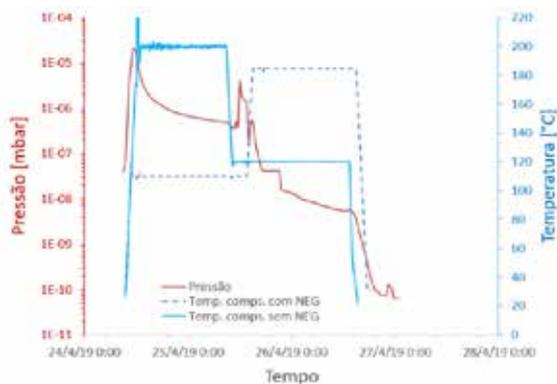


Figura 53. Evolução da pressão de vácuo durante um ciclo típico de aquecimento para ativação dos filmes NEG.



Figura 54. Pressões de vácuo dos trechos do Booster



Figura 55. Câmaras de vácuo para as saídas de luz: a esquerda, as câmaras com obturador de fótons para saídas sem linha de luz; a direita, as câmaras para saídas de luz pré-montadas com as máscaras refrigeradas e as fitas finas de aquecimento

Figura 56. Câmaras e máscaras dos trechos de extração de luz para as linhas, já montadas no anel



SOLDAS ESPECIAIS

No primeiro semestre de 2019, foram finalizadas as soldas dos sensores dos Beam Position Monitors (BPMs) do anel de armazenamento e todas as peças passaram por testes de vedação e inspeção visual para busca de trincas nos isoladores cerâmicos. Destaca-se que todos os sensores passaram por testes mecânicos de tração – para garantir o requisito mínimo de resistência mecânica – e testes elétricos de capacitância antes de serem soldados.

Também foram finalizados todos os 170 corpos de BPM do anel solicitados, sendo 162 titulares para instalação na máquina e 8 reservas, já aprovados. Desse total, 96 corpos de BPM foram instalados, como mostra a Figura 57.

Os BPMs do Booster (produzidos e aprovados em 2018) foram instalados e estão em operação.

Nesse semestre, foram fabricadas e aprovadas 6 câmaras de vácuo para o Kicker do Booster. Desse total, duas já estão instaladas e operando (Figura 58), e as 4 reservas estão aptas para eventual instalação. Todas as câmaras foram brasadas com flanges de nióbio e titânio, e depositadas com filme de titânio.

Os Kickers On-axis foram produzidos (4 unidades) e estão prontos para utilização. Uma peça será instalada na máquina e três ficarão de reserva. Estão armazenados em uma estufa a vácuo, em temperatura ambiente. Todos brasados com flanges de nióbio e titânio, e depositados com camada de titânio em seu interior.

Durante o primeiro semestre de 2019, o projeto do kicker NLK foi alterado, exigindo adaptação das câmaras pré-existentes ao novo desenho. Dois tubos cerâmicos encontram-se no LNLS com as dimensões internas aprovadas e estão aguardando a finalização dos testes de corte dos sulcos para os fios de cobre na máquina Meyer-Burger. Em paralelo, duas peças cerâmicas com as novas dimensões de projeto foram adquiridas da empresa Engecer. Após o corte, os tubos serão brasados com flanges de nióbio e titânio, e será realizada a deposição de uma camada interna de titânio. Todavia, está em curso uma revisão dos parâmetros do processo de deposição, visando otimizar a compactação do filme. A análise do filme depositado sobre a alumina técnica de empresa a técnica de microscopia eletrônica de varredura, entre outras (Figura 59).

Devido à complexidade desse componente, um novo projeto de kicker NLK bipartido está sendo desenvolvido com objetivo de se obter melhores tolerâncias de fabricação do perfil interno. Foram iniciados os testes de selagem vítrea das partes cerâmicas e seu desenho está



Figura 57. BPM sob vácuo instalado no anel



Figura 58. Kicker do Booster instalado sob vácuo

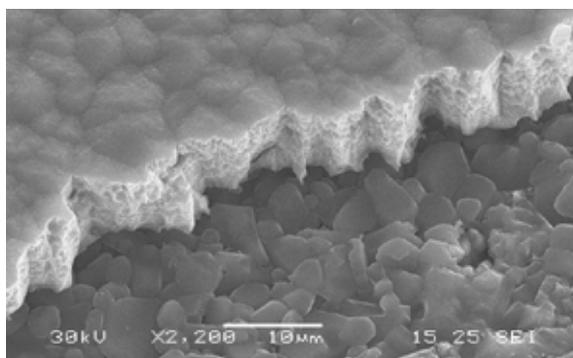


Figura 59. Imagem de microscopia eletrônica de filme de Ti depositado sobre a alumina da câmara do kicker NLK para avaliação de morfologia



Figura 60. Câmaras dos kickers on-axis e pinger armazenadas em estufa a vácuo



Figura 61. Câmara de interrupção elétrica instalado no Booster

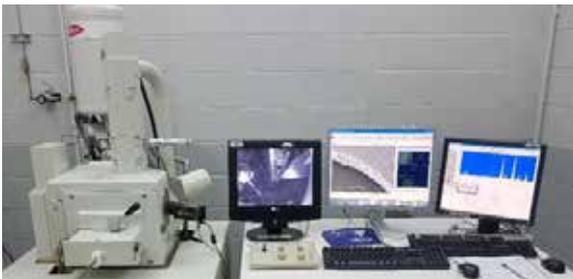


Figura 62. Microscópio eletrônico JEOL 5900 em funcionamento



Figura 63. Da esquerda para a direita: flange brasada por RF, metalografia da solda e processo de brasagem em curso



Figura 64. Corpos de prova produzidos por soldagem por difusão (esq) e ensaios de flexão em 4 pontos (dir)



Figura 65. Protótipo produzido por impressão 3D de um manifold para monocromador

sendo discutido com diferentes fornecedores.

Nesse semestre, foi fabricada outra câmara de vácuo especial, a do Pinger. Foram brasadas 4 unidades com flanges de nióbio e titânio que estão aguardando a finalização dos novos testes de deposição para receberem a camada interna de titânio. Uma peça será utilizada na máquina, e três ficarão armazenadas como reserva.

Também foram fabricadas as 4 unidades das câmaras de interrupção elétrica do Booster - componente cerâmico importante para a operação da máquina - das quais uma foi instalada (Figura 61) e três são reservas. As câmaras são compostas por um tubo cerâmico brasado em flanges de nióbio e titânio.

Nesse semestre, também foi realizada a reforma e instalação de um microscópio eletrônico JEOL 5900 (Figura 62). A instalação foi possível graças a união de dois equipamentos que estavam com problemas, sendo um proveniente do LNNano e outro do hospital Sarah Kubitschek, em Brasília. O microscópio faz análises de varredura por elétricos secundários e retroespalhados, bem como apresenta um detector de espectroscopia de energia dispersiva (EDS) por microanálise de raios-X, que pode ser utilizado para análises qualitativas de materiais cuja faixa de energia de detecção esteja acima de 2keV. O equipamento se destina ao uso da comunidade do LNLS e é fundamental para as análises dos filmes de titânio depositados nas câmaras de cerâmica.

Além disso, foi iniciada a brasagem por indução a vácuo das câmaras dos onduladores tipo Delta, com flange de aço inox AISI 316L e a câmara em cobre prata ASTM C107 utilizando Incusil e Cusil como metal de adição. Foram realizados os primeiros testes em corpos de provas para realização de ensaios de metalografia, microdureza (HV) e teste de estanqueidade a vácuo. A Figura 63 ilustra esse processo.

Também foi realizado um ensaio de soldagem por difusão em amostras de titânio recobertas com alumina (Ti/Alumina), com o objetivo de aumentar a aderência da deposição. Foram realizados também ensaios de flexão em quatro pontos nos corpos de prova. O projeto foi desenvolvido para a PUC-PR (Figura 64).

Durante o semestre, foi concluída a fabricação do sistema de refrigeração do monocromador de raio-x, desenvolvido pelo LNLS. Esse desenvolvimento envolveu a fabricação de um manifold (distribuidor de nitrogênio líquido) com canais complexos, realizado via manufatura aditiva metálica pela Unicamp. O componente foi caracterizado e aprovado para uso em ultra alto vácuo. Um outro fornecedor nacional também foi desenvolvido, a Omnitek. A Figura 65 apresenta um protótipo desse componente.

MAGNETOS

Booster: todos os magnetos foram comissionados e encontram-se em regime de operação para testes com feixe (Figura 66) – são 211 no total, sendo 50 dipolos, 50 quadrupolos focalizadores, 25 Quadrupolos Defocalizadores, 1 Quadrupolo Skew, 25 Sextupolos Focalizadores, 10 Sextupolos Defocalizadores, 25 Corretoras Verticais e 25 Corretoras Horizontais. Curvas de ciclagem estão sendo utilizadas, conforme parâmetros definidos nas medições magnéticas, e não foram identificados problemas ou divergências em relação as especificações até o momento.

Anel de Armazenamento: no primeiro semestre de 2019, todos os dipolos B120 e B80 foram caracterizados sobre os berços e instalados no acelerador em posições otimizadas em função das medições magnéticas. Os dipolos encontram-se alinhados e prontos para receber as câmaras de vácuo. Além disso, deu-se início ao processo de conexão

de mangueiras e cabos de alimentação para testes de potência.

O projeto do dipolo central de 3.28 T foi finalizado com pequenas alterações e sua produção concluída. Os 21 dipolos (sendo 1 reserva) foram montados, caracterizados, ajustados e instalados no acelerador. Esses componentes estão passando por testes exaustivos de efeitos de temperatura. Esses testes visam preparar e entender possíveis efeitos durante a ativação de NEG das câmaras de vácuo (185°C), e eventuais efeitos de desmagnetização provocados pela radiação.

Sistemas de medição: as medições de todos os dipolos do Sirius foram finalizadas e o berço de medidas magnéticas da Kugler está sendo adaptado para medições de dispositivos de inserção e blocos magnéticos para os Onduladores Delta. Além disso, estão em fase de desenvolvimento novos sensores hall, sistemas de alinhamento, monitoramentos e ferramentas de análises.

Figura 66. Booster completo e instalado na parede interna já em testes de subsistemas



Figura 67. Dipolo B80 e B120 armazenados no Sirius antes da instalação no acelerador





Figura 68. Dipolo B120 instalado na base no anel de armazenamento. Todos os dipolos B80 e B120 já se encontram instalados e alinhados, aguardando o recebimento das câmaras de vácuo

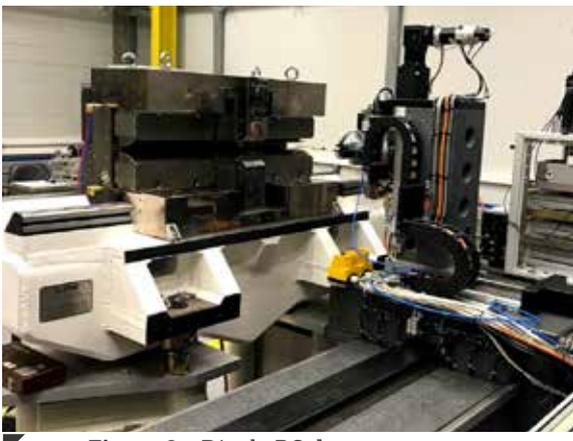


Figura 69. Dipolo BC durante processo de medição magnética

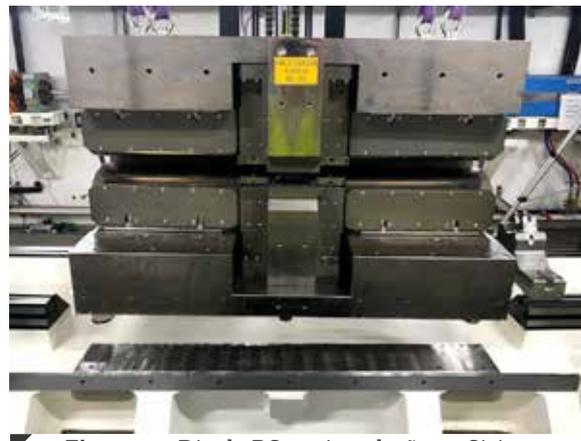


Figura 70. Dipolo BC em instalação no Sirius

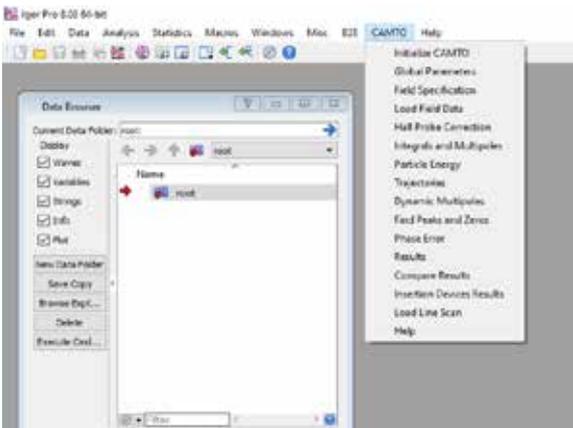


Figura 71. Ferramentas de cálculo e análise em atualização para atender demandas dos dispositivos de inserção do Sirius

MAGNETOS PULSADOS

No primeiro semestre de 2019, foi iniciado o condicionamento do Booster em baixa energia – 150 MeV. Durante as tentativas de acumular o feixe no booster, um arco voltaico entre a câmara de vácuo e o núcleo do **Septum de Injeção** ocasionou um furo na câmara vácuo de aço inox, que tem apenas 0,3 mm de espessura. Foi realizada uma análise no local, que identificou como causa do incidente uma corrente gerada

por “eddy-current” (próxima de 2 kA) que circulava pelas câmaras de vácuo devido ao “loop” formado na construção das câmaras (Figura 72). Após o diagnóstico, uma nova câmara foi construída e instalada no local. O novo design da câmara contempla, além da quebra do “loop”, um curto-circuito entre a chapa de cobre do septum e a câmara de 0,3 mm do ímã, que permite eliminar o problema (Figura 73).

Figura 72. Projeto da câmara de vácuo com o loop formado pela junção das câmaras

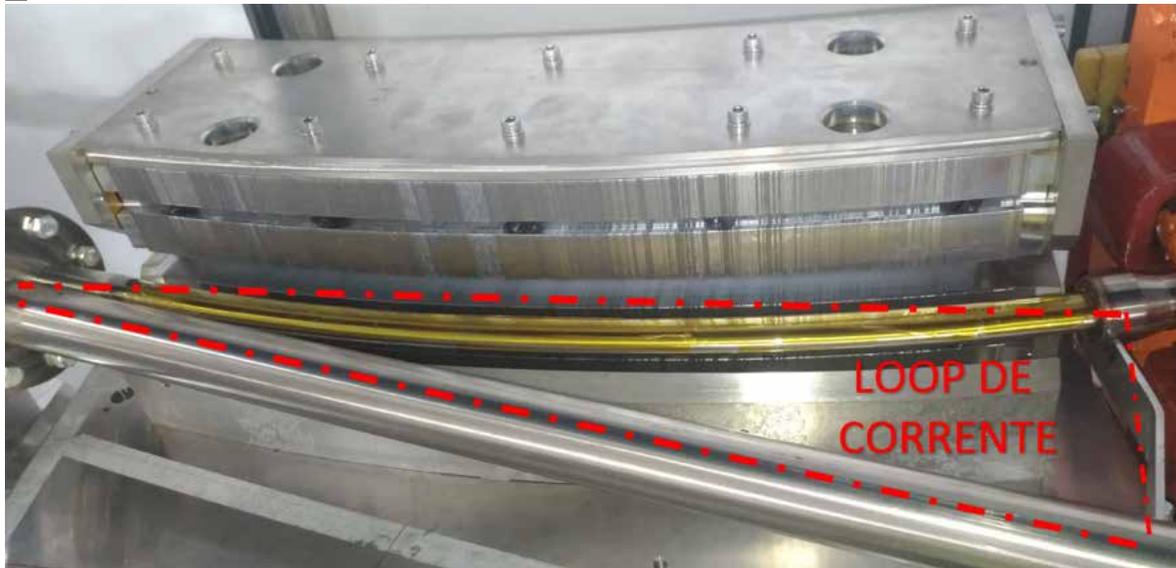
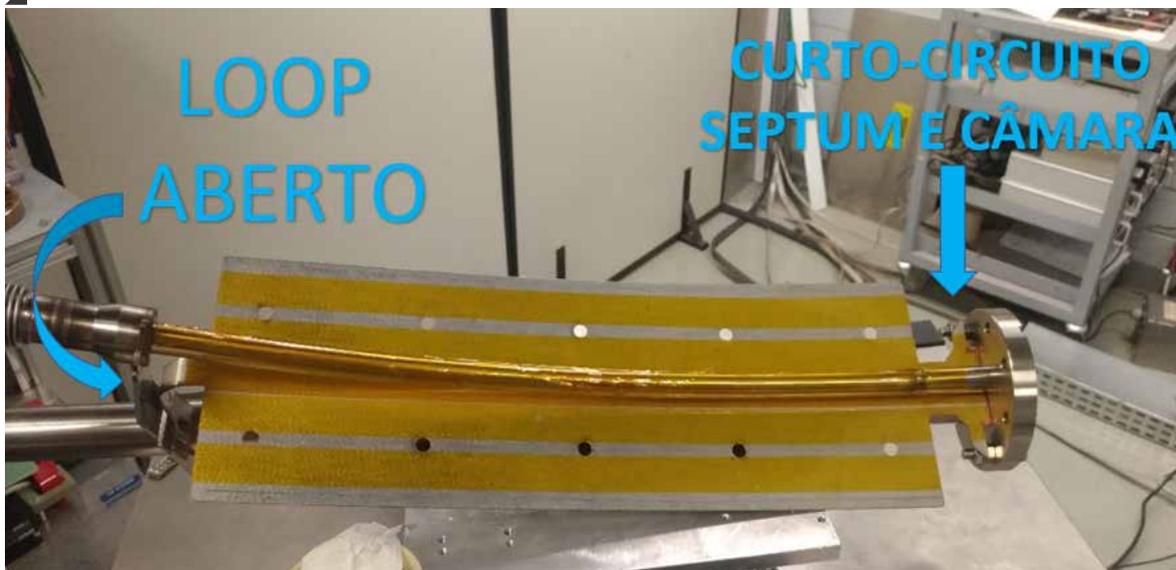


Figura 73. Novo design da câmara de vácuo e folha de cobre do septum de injeção no Booster



PROTEÇÃO DE MÁQUINA E PROTEÇÃO PESSOAL (INTERTRAVAMENTO)

O sistema de intertravamento está em operação. A conexão dos cabos nos subsistemas está sendo realizada à medida que avançam as instalações de vácuos e ativação do NEG – o que impossibilita a conexão de cabos devido à alta temperatura.

SISTEMA DE CONTROLE

No primeiro semestre de 2019, destacam-se a instalação e o comissionamento do sistema de controle do Sirius. Os conversores serial/Ethernet e sistemas de leitura de sensores de temperatura e de monitores de perda de elétrons – hardwares desenvolvidos pelo LNLs nos últimos anos – foram implantados na Linha de Transporte Linac-Booster (LTB) e no Booster e estão operando de modo satisfatório. Além disso, foi iniciada a instalação desses dispositivos no anel de armazenamento.

A infraestrutura de cabos do sistema de controle da máquina, que engloba cabos para comunicação serial e Ethernet (UTP e fibra óptica) está em fase de conclusão. Ainda falta a instalação de alguns cabos para a supervisão e controle dos equipamentos do anel.

Foram instalados em seus locais definitivos os servidores adquiridos para a execução de aplicações de suporte ao sistema de controle – como o arquivamento do histórico das variáveis de processo da máquina. Adicionalmente, foram realizadas várias melhorias nas aplicações de suporte, ao longo do semestre.

No período, foi dada continuidade a implantação da rede do sistema de controle, que já está disponível em todos os locais previstos no projeto. O projeto prevê que conforme as instalações forem avançando, novos switches entrarão em operação para atender à demanda por mais pontos de rede.

Com relação ao software utilizado na sala de controle para a operação do Sirius, foram realizados refinamentos nos componentes relacionados às fontes de corrente, ímãs pulsados, proteção radiológica, radiofrequência e vácuo.

Por fim, destacam-se: a implementação do software de operação dos sistemas de radiofrequência, desenvolvido em colaboração com o Grupo de Radiofrequência; e, o início da operação do sistema de baking das câmaras de vácuo do anel. À medida em que os setores do anel são montados, é efetuado o procedimento de ativação do NEG das câmaras de vácuo, que consiste em aquecê-las. O controlador de temperatura para este sistema de aquecimento foi desenvolvido pelo Grupo de Controle do LNLs, sendo que 10, dos 20 trechos do anel, já foram ativados.



Figura 74. Telas de supervisor do sistema de radiofrequência do Booster (esq.) e sistema de controle de aquecimento das fitas das câmaras de vácuo do setor 12 do anel de armazenamento

SISTEMA DE RÁDIO FREQUÊNCIA

Nos primeiros meses de 2019, foram finalizados os testes com o segundo amplificador de 50 kW do sistema de RF do anel de armazenamento. O amplificador foi testado sendo controlado pelo sistema de RF de baixa potência do *Booster* e pela central de intertravamento definitiva. Com a finalização dos testes, todo o sistema de alta potência ficou pronto para ser instalado. Assim, no início de maio, os amplificadores foram transferidos da área de testes, onde estavam sendo armazenados, para a sala de RF no *Sirius*. A instalação foi iniciada no final de maio, após a entrega parcial da sala de RF. A liberação ocorreu após a instalação das tubulações aéreas do sistema hidráulico responsável pela refrigeração dos componentes de RF, e a instalação da infraestrutura básica de calhas e leitos de cabos previstos para a sala.

No início de junho, foi concluído o cabeamento de alimentação elétrica e de sinais. Foram instalados os cabos de RF de baixa perda, que ligam a sala de RF ao hall de klystrons no *Linac* e às cavidades do *Booster* e do anel. Também foi concluída a instalação do sistema de linhas coaxiais (padrão EIA 6-1/8), que conecta a torre amplificadora do *Booster*

à cavidade de RF. Essa linha de transmissão de alta potência inclui um conjunto circulador/carga para 80 kW, que foi testado e já está em operação.

Os armários dos sistemas de baixa potência do *Booster* e do anel foram posicionados. A montagem e caracterização do sistema de controle de baixa potência (LLRF) do *Booster* foi concluída, bem como o novo sistema de intertravamento da RF do *Booster*. Com isso, foram iniciados os testes do sistema do *Booster* e o condicionamento da cavidade de RF com potência.

O armário de distribuição de sinais de RF com o gerador mestre – que disponibiliza o sinal de 500 MHz para todos os sistemas da fonte de luz – foi instalado na sala de RF, juntamente com o gerador de eventos do sistema de sincronismo da máquina. Dessa forma, o *Linac* já está operando com base nesse sinal. Com relação ao sistema de RF do anel, foi realizada a transferência da cavidade para o anel de armazenamento, o posicionamento dos amplificadores e armários de controle na sala de RF e parte do cabeamento. Também foi iniciada a instalação dos guias de onda e do conjunto circulador/carga de alta potência.



Figura 75. Sistema de RF do Anel de Armazenamento em fase de montagem dentro da sala de RF do *Sirius*

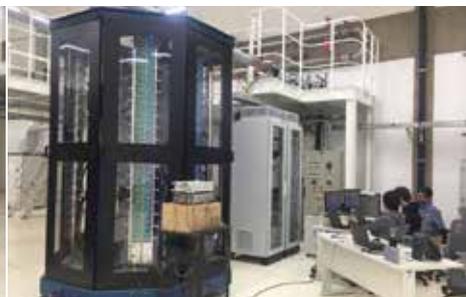


Figura 76. Sistema de RF do *Booster* em comissionamento. À esquerda o amplificador de 45 kW, no centro os racks de intertravamento e LLRF e o conversor AC/DC do amplificador, e, sobre o mezanino, a linha coaxial e o circulador de alta potência



Figura 77. Cavidade de RF do *Booster* instalada e pronta para operação

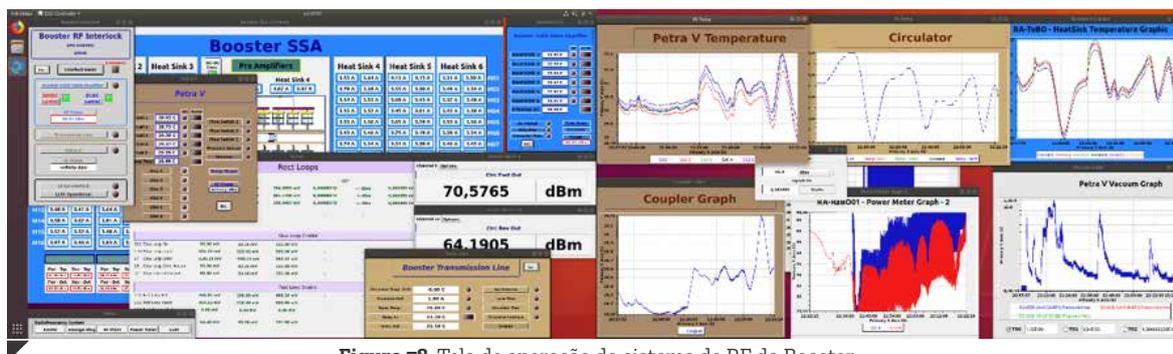


Figura 78. Tela de operação do sistema de RF do *Booster*

DIAGNÓSTICO DE FEIXE

No âmbito do sistema de diagnóstico de feixe, responsável por medir e registrar diversos parâmetros do feixe, destaca-se a finalização da passagem e conectorização de cabos longos (centenas de cabos coaxiais e fibras ópticas), a montagem e testes de componentes em vácuo e aprimoramento de funcionalidades em hardware, software e firmware.

Antes operante somente no Linac, o sistema de sincronismo passou a atuar também em dispositivos do processo de injeção da linha de transporte de baixa energia e do Booster, bem como a sincronização de dezenas de monitores de posição de elétrons. Para tanto, uma infraestrutura de centenas de fibras ópticas foi instalada em conjunto com os novos módulos e placas eletrônicas do sistema de sincronismo ao longo de todo o acelerador. Os módulos instalados para o comissionamento do Linac e suas respectivas infraestruturas foram reinstalados, seguindo a configuração final para comissionamento do Booster, dos sistemas de RF e do anel de armazenamento. Em seguida, os respectivos softwares para controle dos novos dispositivos foram instalados e adicionados ao sistema de operação do Sirius.

Em relação aos BPMs (monitoramento de posição de feixe), destaca-se o comissionamento do sistema para a Linha de Transporte

Linac-Booster (LTB) e Booster, e a implementação de novas funcionalidades que permitem determinar os melhores parâmetros para a operação – por exemplo, fatores de calibração estáticos da medida de posição, atenuação da parte analógica, sincronização dos triggers de aquisição, número de amostras ideal para os diferentes modos de aquisição, dentre outros. Essas novas funcionalidades são necessárias para aumentar a robustez do sistema e facilitar a visualização de diagnósticos – como, por exemplo: implementação do modo "true" Turn-by-Turn, de forma a sincronizar o cálculo de posição com o feixe em si, sincronização do subsistema de chaveamento da eletrônica com as frequências de aceleração do feixe, implementação de correção polinomial para as medidas de posição, dentre outros.

Dos componentes de diagnóstico em vácuo, destaca-se a realização da montagem e testes para o kicker longitudinal e para a validação da automação de movimento do Scraper Vertical. Processo que inclui a efetividade da transmissão de movimento entre atuadores lineares e pistões de atuação angular (ver Figura 79), teste de motores, encoders, chaves de fim de curso, controlador e integração dos mesmos com o software de supervisão.



Figura 79. Vista dos pistões do scraper vertical e relógio para rápida medição mecânica. b) Medição mecânica do posicionamento dos pistões de maneira precisa – porém lenta – utilizando-se da tridimensional

FONTES DE CORRENTE

Fontes de Baixa Potência (FBP): as fontes FBP usadas no Booster tiveram sua instalação e testes concluídos em fevereiro, e estão sendo utilizadas regularmente no comissionamento de subsistemas do Booster. A partir de então iniciaram-se os testes, que foram concluídos em junho, e a instalação das unidades necessárias para o funcionamento inicial do anel de armazenamento do Sirius. A previsão é que todas estejam operacionais até o final de julho.

Fonte de Alta Potência (FAP): foram finalizados os testes da FAP dos dipolos da linha de transporte Booster-Anel, e sua instalação concluída. Após a instalação dos magnetos, deverão ser realizados testes da FAP com a carga real.

Os demais módulos de potência FAP foram testados, e estão sendo integrados com os demais componentes para formar as fontes de potência do anel de armazenamento. As fontes dos dipolos

já foram integradas, testadas em laboratório e instaladas no Sirius, e aguardam a disponibilização dos magnetos para iniciar os testes com carga real. As fontes de quadrupolos foram integradas e testadas em laboratório, e têm o início de sua instalação no Sirius previsto para julho. Por fim, as fontes de sextupolos estão em processo de integração e têm a instalação no Sirius prevista para o final de julho.

Fontes Ciclantes (FAC): no primeiro semestre de 2019, foi realizada a instalação e testes com a carga real das fontes FAC do Booster. Tais fontes têm sido usadas regularmente no comissionamento dos subsistemas do Booster. Também foram feitas caracterizações e implementadas melhorias pontuais que buscam aumentar a confiabilidade e precisão dessas fontes.

A integração e testes das fontes de quadrupolos e sextupolos do Booster têm conclusão prevista para o final de julho.



Figura 80. Uma das fontes de dipolos do Booster já instaladas

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA DO SIRIUS

No primeiro semestre de 2019, destacam-se como principais avanços: a complementação do parque de equipamentos, definições de blindagens radiológicas para os aceleradores e linhas de luz e elaboração de procedimentos, monitorações e dosimetrias nas rotinas de operação.

O sistema de proteção radiológica do Sirius conta, atualmente, com mais de 200 dosímetros passivos do tipo TLD – que são lidos mensalmente por empresa

credenciada na Comissão Nacional de Energia Nuclear –, e mais de 100 dosímetros passivos do tipo OSL posicionados na blindagem dos aceleradores – que são lidos semanalmente na própria instalação. Adicionalmente, neste semestre foi implementada uma rede de monitores ativos de radiação com 18 medidores de fótons e nêutrons integrados no sistema supervisorio, e que possuem diversas funções de alarmes via e-mail e na tela para os operadores.

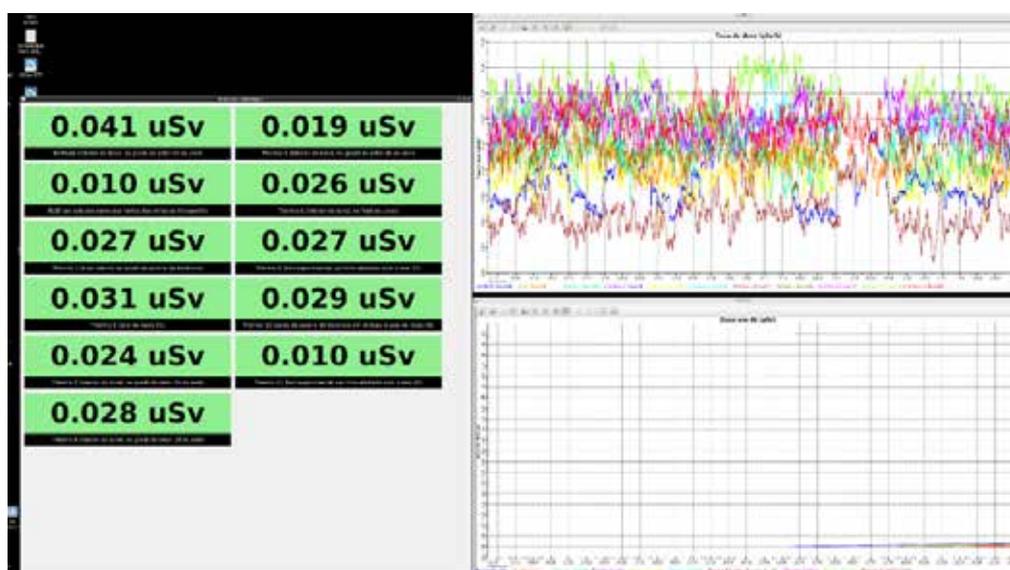


Figura 81. Tela do supervisorio na sala de controle



Figura 82. Parte dos 18 medidores de fótons e nêutrons integrados no sistema supervisorio

LINHAS DE LUZ

O primeiro semestre de 2019, foi marcado pelo início da instalação das 6 primeiras linhas de luz do Sirius – MANACÁ, CATERETÊ, CARNAÚBA, MOGNO, IPÊ e EMA. No decorrer de 2018, com as incertezas orçamentárias do projeto, demos prioridade para conclusão das linhas MANACÁ e CATERETÊ em 2019. Mesmo assim, limitamos parcialmente o escopo dos investimentos nestas linhas, de tal forma que as outras

quatro linhas mantivessem continuidade de fabricação, mesmo que em um ritmo mais limitado pelo fluxo de caixa do projeto. Um exemplo disso foi a aquisição do novo detector π -MEGA 540D da linha MANACÁ, que foi adiada para o segundo semestre de 2019.

Na metade do primeiro semestre de 2019, retomamos o ritmo acelerado de fabricação de todas as 6 linhas. Os principais destaques foram:

Manacá

- Aquisição de todos os componentes, com exceção da estação de nano-foco e o novo detector de área da estação de microfoco. A linha começará operando com o Detector Pilatus 2M da MX2. A aquisição do novo detector está prevista para o segundo semestre de 2019, dependendo do fluxo financeiro do projeto;

- Instalação do front-end, aguardando integração com o anel de armazenamento de um lado e com o restante da linha de luz do outro;
- Cabanas ótica, experimental (microfoco) e

de operação prontas e instaladas. Estação de nano foco adiada para próxima fase;

- Instalação de todas as utilidades mecânicas, elétricas, HVAC, sistemas de proteção (equipamento e pessoal) e infraestrutura de comunicação;

- Sistema de software de controle e supervisórios sendo programados e instalados e serão replicados para as demais linhas de luz.

- Instalação dos elementos óticos e estação experimental em curso, com previsão de conclusão em outubro de 2019.



Figura 83. Front-end da linha MANACÁ em três vistas pela câmera PZT instalada no túnel do anel, para monitoramento de componentes do front-end.



Figura 84. Vista panorâmica das cabanas e utilidades da linha MANACÁ instaladas

Cateretê

- Aquisição de praticamente todos os componentes;
- *Front-end* instalado, aguardando integração com o anel de armazenamento de um lado e com o restante da linha de luz do outro;
- Finalização e instalação das cabanas ótica experimental (microfoco) e operação;
- Início da instalação das utilidades mecânicas, elétricas, HVAC, sistemas de proteção (equipamento e pessoal) e infraestrutura de

comunicação e instalação, com conclusão prevista para outubro de 2019;

- Instalação dos elementos óticos e estação experimental em curso, com previsão de conclusão em novembro de 2019.

• Estação experimental para nano-tomografia por CDI de raios-X com ondas planas praticamente pronta, aguardando finalização das utilidades da linha para ser transferida para a cabana experimental;

- Salas de operação e montagem instaladas.



Figura 85. Vista panorâmica das cabanas A e B da linha CATERETÊ instaladas



Figura 86. Vista panorâmica da cabana C e túnel de vácuo de espalhamento de raios-X (30 m) da linha CATERETÊ instalados. O Detector de área π -MEGA 540 em fabricação será instalado dentro deste túnel, que já tem os trilhos e mesas de movimentação instalados internamente.



Figura 87. Porta amostras e sistema de translação longitudinal para nano-tomografia de raios-X (esq.) e sistema de detecção em alto ângulo (dir.) instalados na área de metrologia, em testes finais pré-instalação

Mogno

- *Front-end* instalado e aguardando integração com o anel de armazenamento de um lado e com o restante da linha de luz do outro;
 - Fabricação das cabanas ótica e experimental em andamento, com instalação prevista para outubro de 2019;
 - Utilidades mecânicas, elétricas, HVAC, sistemas de proteção (equipamento e pessoal) e infraestrutura de comunicação e instalação em processo de aquisição;
 - Espelhos recebidos e em fase de metrologia.
- A deposição de multicamadas está prevista

para setembro, e a instalação na linha de luz prevista para dezembro deste ano;

- Em processo de aquisição da mecânica dos elementos óticos e dos componentes da estação experimental;
- Estação experimental principal, de zoom-tomography, em execução, com previsão de conclusão para o primeiro semestre de 2020. Prevê-se que a linha iniciará sua operação em novembro de 2019, utilizando componentes da linha IMX (do UVX) e feixe paralelo, ao invés de cônico, para obter 3D com o feixe do Sirius.

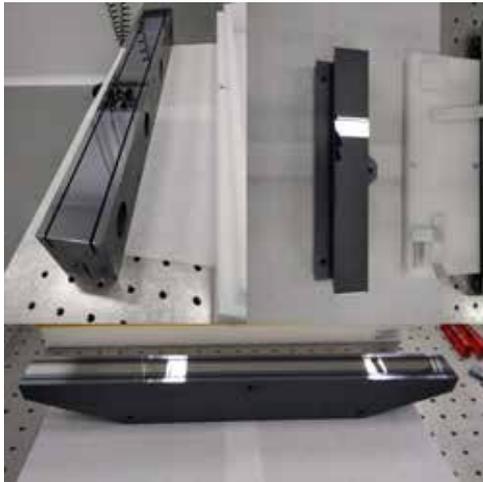


Figura 88. Espelhos da linha MOGNO recebidos e em metrologia.

Ema

- *Front-end* parcialmente instalado, aguardando finalização da conclusão da montagem do anel de armazenamento para continuar a instalação;
- Fabricação das cabanas ótica e experimental em andamento, com instalação prevista para setembro;
- Contratação em andamento das utilidades mecânicas, elétricas, HVAC, sistemas de proteção (equipamento e pessoal) e infraestrutura de comunicação;

- Monocromador (segundo HD-DCM) em processo de fabricação. Câmara de vácuo e suporte de granito prontos e mais da metade das partes mecânicas usinadas e em processo de montagem;
- Óticas de focalização e estação experimental prontas, e instaladas na linha XDS, aguardando transferência para o Sirius;
- Laboratório de altas pressões em processo de transferência para o laboratório de altas pressões no Sirius.



Figura 89. Eletro-ímã de 2.5T e sistema de microfocalização da estação experimental da linha EMA (esq. e centro). Monocromador HD-DCM da linha EMA em montagem na metrologia.

Ipê

- *Front-end* parcialmente instalado, aguardando finalização da conclusão da montagem do anel de armazenamento para continuar a instalação;
- Projeto executivo das cabanas ótica e experimental prontos e construção em contratação. Tivemos um atraso acumulado de 2 meses, por mudança de fornecedor de estrutura cabanas. Esse contratempo deverá ser compensado pela antecipação da instalação da cabana de fendas e estação experimental. A antecipação permitirá iniciar o comissionamento das óticas de focalização elipsoidal junto com o sistema de fendas do monocromador, durante a instalação da cabana ótica;
- Utilidades mecânicas, elétricas, HVAC, sistemas de proteção (equipamento e pessoal) e infraestrutura de comunicação em contratação;
- Monocromador (PGM), mecânica de colimação e fendas de seleção de energia recebidos e em comissionamento;
- Espelhos de focalização com refrigeração interna a água em polimento. Houve um atraso no fornecedor do sistema de refrigeração, por motivo técnico. O pré-polimento não teve resultado esperado e teve que ser refeito;
- Grades em processo de rulling. Houve um atraso por parte do fornecedor por dificuldades técnicas não antecipadas;
- Estação de ARPES aguardando novo componente do espectrômetro, que permitirá medidas mais estáveis (especialmente para amostras micrométricas) e mais rápidas. Prevê-se a instalação e comissionamento no UVX no segundo semestre de 2019, antes que o espectrômetro seja transferido para o Sirius;
- Todas as partes (mecânica, vácuo, detector) do espectrômetro de RIXS foram recebidas e estão em processo de montagem. Instalação mecânica do espectrômetro prevista para o segundo semestre de 2019, e a integração com o sistema de focalização no início de 2020.

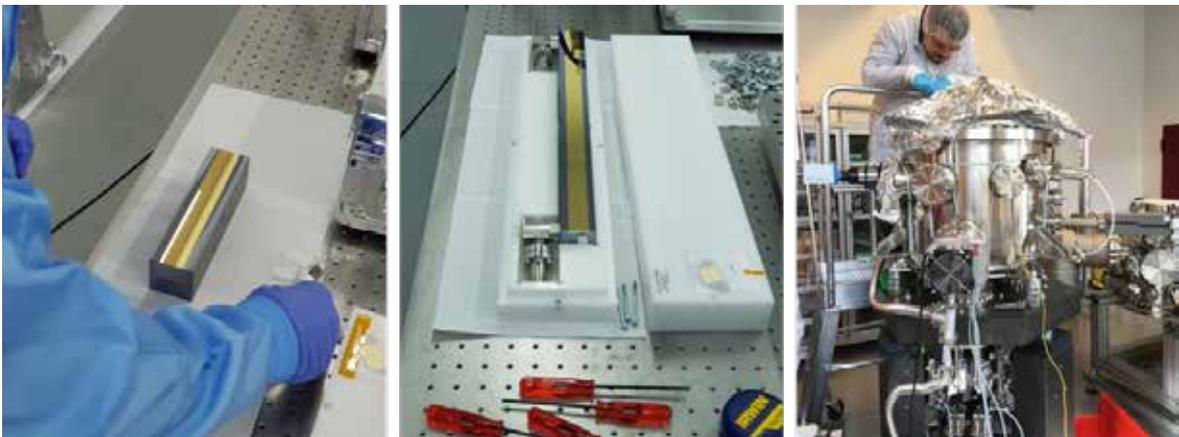


Figura 90. Espelhos da linha IPÊ (esq. e centro) e mecânica do espelho de colimação (dir.)



Figura 91. Câmara de vácuo e mecânica interna do monocromador PGM (esq. e dir.) e fenda manocromática (centro)

Carnaúba

- Front-end parcialmente instalado, aguardando finalização da conclusão da montagem do anel de armazenamento para continuar a instalação;

- Cabanas óticas A e B montadas. Projeto executivo das cabanas experimentais prontos e construção em contratação. Tivemos também um atraso acumulado de 2 meses, por mudança de fornecedor de estrutura das cabanas C, D e E. Todavia, prevê-se que o atraso não impactará o cronograma final da linha, pois estamos utilizando mais tempo para os projetos das estações experimentais, visando atingir na estação de nano-probe de raios-X imagens com resolução sem precedentes mundiais, visando a

marca abaixo de 1 nm;

- Utilidades mecânicas, elétricas, HVAC, sistemas de proteção (equipamento e pessoal) e infraestrutura de comunicação em contratação;

- Monocromador (4CM) em instalação no UVX para comissionamento com raios X;

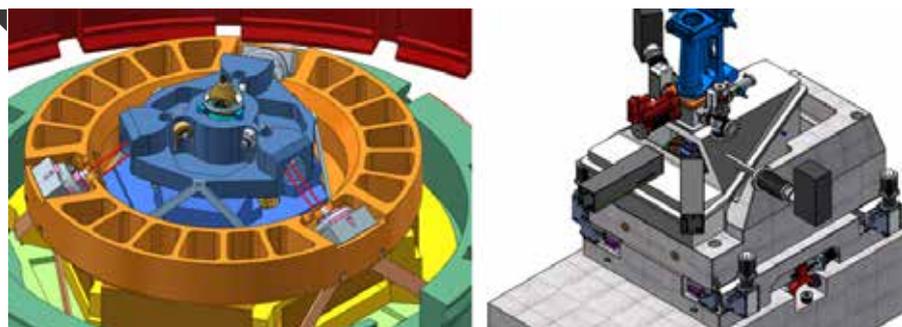
- Elementos óticos da estação experimental recebidos e em metrologia com estrutura de montagem e criogenia. Câmara de vácuo e suporte de granito dos espelhos recebidos;

- Evolução do projeto detalhado das estações experimentais de micro-probe (TARUMÃ) e nano-probe (SAPOTI), com montagem prevista para o início de 2020.



Figura 92. Cabana A da linha CARNAÚBA instalada (esq.) e cabana B (dir.) em montagem

Figura 93. Detalhes do sistema de metrologia (esq.) e da estação experimental completa da SAPOTI (dir.) que está sendo projetada para permitir imagens químicas com resoluções da ordem de 1 nm



Além disso, foram concluídas as medidas de validação da mecânica de fixação de espelhos (Figura 94) e feitas as primeiras medidas de deformação com os espelhos refrigerados criogenicamente em vácuo. As medidas de deformação confirmaram os modelos teóricos. As medidas com o sistema em vácuo (através de um viewport de qualidade ótica, Figura 95) foram comparadas com as medidas sem o viewport, demonstrando total reprodutibilidade e abrindo a

possibilidade de medidas de deformação e com criogenia, ou seja, com o sistema completo como será usado na linha de luz. As medidas com refrigeração criogênica tiveram de ser modificadas e estão em curso, devido a problemas de isolamento térmico da base. Quando concluídas, essas serão as primeiras medidas de deformação feitas com sistemas de espelhos completos, incluindo efeitos de polimento, fixação e refrigeração criogênica no mundo.

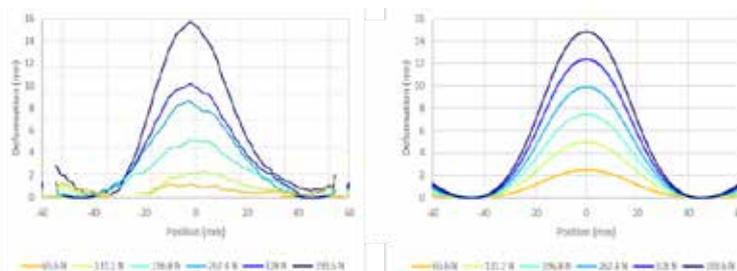
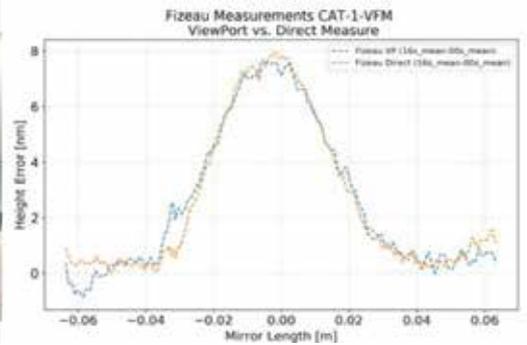


Figura 94. Deformações medidas no espelho M1 da CARNAÚBA em função da força de fixação dos espelhos. As medidas confirmaram os modelos teóricos e permitiram a sequência de fabricação das mecânicas.

Figura 95. Setup de medida de deformações dos espelhos em vácuo com o sistema Fizeau (esq.) e resultados demonstrando com e sem o efeito do viewport da câmara de vácuo (dir.)



Um outro destaque importante foi na área de detectores, com a conclusão da construção de 3 modelos dos detectores π -M3GA, o 135D, 45D e 15 D (Mobipix) (Figura 96).

Com o detector π -M3GA 45D foi obtido o primeiro difratograma de uma amostra padrão na linha MX2, demonstrando o funcionamento do sistema (Figura 97).

Neste semestre, também foi concluído e iniciado o comissionamento do modelo 135 D, de 36 chips. As primeiras imagens (Figura 98), embora com falhas em alguns chips, que estão sendo substituídos, demonstram o funcionamento do maior array de Medipix já construído.

As primeiras imagens demonstraram homogeneidade e sensibilidades melhores do que as esperadas, já que a atividade da

fonte era bem baixa. Na Figura 98, pode-se notar que a diferença entre as regiões de maior contagem e de menor contagem é de menos de 10 fótons por pixel.

Em geral, o yield dos sensores HEXA, – contando desde o yield dos ASICS do Medipix, dos sensores de Si, *bump bonding*, colagem nos dissipadores, *wirebond* com as PCBs flexíveis e conectores de alta densidade – utilizados nos detectores, foi menor do que o esperado no início da construção deste protótipo, impedindo a substituição imediata das regiões defeituosas. Essas regiões estão sendo substituídas com dos sensores HEXA montados para o modelo 540 D, que está sendo construído para a linha CATERETÊ. Com este aprendizado do protótipo as estratégias de construção estão sendo repensadas.

Figura 96. Modelos de detectores π -M3GA 15D (Mobipix) e 45D montados e em comissionamento

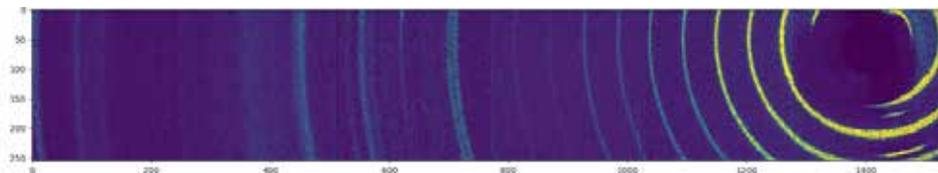


Figura 97. Difratograma de um padrão de Behenato de prata, obtido na linha MX2 com o um módulo de 6 chips do detector modelo π -M3GA 135D

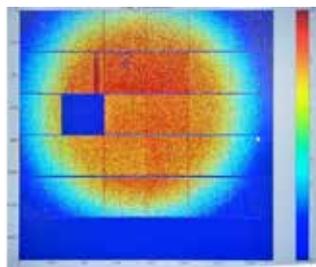
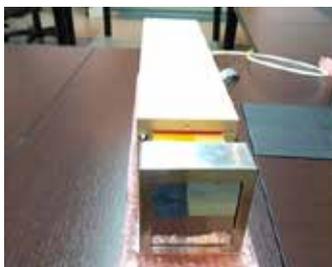


Figura 98. Detector π -M3GA 135D entregue e em comissionamento (esq.) e primeiras imagens feitas com o detector 135D com uma fonte radioativa de Fe, de baixa atividade, demonstrando a alta sensibilidade do sistema. Os chips que apresentaram defeitos estão sendo substituídos

OBRAS CIVIS

Durante o primeiro semestre de 2019, foram realizadas as seguintes etapas relacionadas à edificações, instalações e ocupação do Sirius:

- Entrega provisória dos ambientes restantes (correspondente à 80% dos ambientes);
- Efetuadas as correções apontadas em 343 check-lists e 292 notas técnicas e posterior aceitação definitiva dos ambientes correspondentes;
- Obtenção do Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros e Habite-se da edificação;
- Término da instalação do sistema de automação predial;
- Comissionamento dos diversos sistemas prediais (Ar condicionado do Hall Experimental e Blindagem, Nove

circuitos de água de processo, Ar comprimido, Geradores de emergência, iluminação);

- Execução de Instalações adicionais e modificações em atendimento às alterações solicitadas para linhas de luz, aceleradores e seus subsistemas. Dentre as principais:
 - Modificação e ampliação das tubulações de utilidades nas linhas longas;
 - Execução de infraestrutura elétrica e de resfriamento para fontes de potência das dos magnetos;
 - Execução de infraestrutura elétrica e de resfriamento para amplificadores e cavidades do sistema de RF;
 - Aquisição e instalação de mobiliário para escritórios, salas de seminários e áreas comuns.



Figura 99. Infraestrutura para cabeamento das fontes de potência



Figura 100. Instalações Elétricas e Hidráulica Sistema de RF

Figura 101. Fachada da Edificação



4

The background of the page features a close-up, low-angle shot of a microscope. The lighting is dramatic, with a strong blue glow emanating from the left side, highlighting the intricate details of the microscope's body and lenses. The right side of the image is partially obscured by a large, semi-transparent orange geometric shape that serves as a backdrop for the text.

APOIO À GERAÇÃO DE INOVAÇÃO

Este capítulo descreve as principais ações relacionadas à promoção da inovação por meio de parcerias em PD&I com empresas dos setores produtivos, transferências de tecnologias e materiais e prestação de serviço tecnológico de alta complexidade

A plataforma **"MPH – Molecular PowerHouse"** é uma parceria entre o LNBio e a empresa Phytobios. Seu objetivo é gerar inovações em fármacos, medicamentos fitoterápicos, cosméticos e alimentos funcionais a partir da biodiversidade brasileira. Até o momento, foram coletadas mais de 500 amostras vegetais dos 4 principais biomas brasileiros (Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga). Estas amostras foram processadas e organizadas em uma biblioteca química para avaliação de atividade biológica. A prospecção da biodiversidade brasileira utilizando cristalografia de proteínas em high throughput com luz síncrotron é um salto qualitativo no uso de produtos naturais para o desenvolvimento de novos fármacos. Essa plataforma foi apresentada na *Bio Convention 2019*, durante a abertura do *Brazilian Summit*, sendo capa da revista brasileira da Conferência, além de ser destaque na revista *Veja* (edição 28/06/19).

Os projetos de **"Desenvolvimento de insumo farmacêutico ativo (IFA) com ação terapêutica anticâncer e dermocosmética, a partir da biomassa vegetal"**, em parceria com o Aché Laboratórios e apoio da EMBRAPPII, iniciaram nesse semestre a fase de modelagem matemática dos ligantes.

O projeto **"Human-on-a-chip"** visa desenvolver um sistema microfluídico capaz de avaliar a farmacocinética de candidatos a fármacos em organóides humanos conectados *in vitro*. Esta tecnologia poderá acelerar e baratear o desenvolvimento de fármacos, viabilizar o desenvolvimento de medicamentos personalizados e reduzir o uso de animais em experimentação biomédica. Espera-se que os testes em organóides humanos atinjam poder preditivo superior ao dos atuais testes em animais.

Em 2019, destaca-se um estudo da avaliação do perfil farmacocinético do paracetamol em organóides de fígado e intestino. Os resultados deste trabalho foram publicados na revista *Chemico-biological Interactions*³¹. Tecidos renais (glomerular e tubular) e esferóides de cardiomiócitos também foram cultivados com sucesso.



31. Marin, T. M., De Carvalho Indolfo, N., Rocco, S. A., Basei, F. L., De Carvalho, M., Gonçalves, K. A., Pagani, E. Acetaminophen absorption and metabolism in an intestine/liver microphysiological system. *Chemico-biological interactions* 299, (2019): 59-76. doi: 10.1016/j.cbi.2018.11.010.

Bioeletricidade | Etanol ÚNICA | Grupo Zilor | Usina Santa Isabel | Usina Alta Mogiana | Pedra Agroindustrial | Usina Granelli | Cerradinho Bioenergia Grupo São Martinho | Usina Ester | Agrícola BPZ | Usina São Luiz de Ourinhos | Grupo Santa Therezinha | Granbio | Grupo Raizen | Usina Ferrari | Usina São José da Estiva | Global Environment Facility (GEF) | Mahle Metal Leve | Petrobras | Suzano | Klabin | EMBRAER

No primeiro semestre, o LNBR deu início ao projeto **“Valorização da cadeia produtiva descentralizada de biomassa visando a produção de biocombustíveis avançados: desenvolvimento e avaliação de rotas termoquímicas integradas à produção de biomassas e a rotas bioquímicas”**, financiado pelo Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (PITE) da FAPESP, em convênio com programa *Horizon 2020*, da União Europeia. O projeto está inserido em um consórcio composto por 20 instituições nacionais, integrando universidades e instituições de ciência e tecnologia, fundações de amparo e de apoio à pesquisa e empresas. O foco central do projeto é explorar as sinergias entre a produção de biomassas, diversificação e aspectos logísticos das cadeias de valor definidas para a produção de biocombustíveis avançados (com foco em biocombustíveis de aviação), através de rotas de conversão termoquímicas e bioquímicas integradas. As atividades do LNBR serão direcionadas para a avaliação integrada da sustentabilidade técnica, econômica, ambiental e social das cadeias de valor para produção de biocombustíveis avançados.

O projeto **“Sugarcane Renewable Electricity (SUCRE)”**³², conduzido pelo LNBR, com financiamento do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), visa catalisar o estabelecimento de um mercado de energia elétrica, baseado na coleta e no processamento da palha de cana-de-açúcar nas usinas, de forma a substituir fontes fósseis e aumentar

a oferta e participação de energia de baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE) na matriz energética brasileira.

No primeiro semestre de 2019, destaca-se como principal resultado a finalização da primeira versão do Guia de Boas Práticas para Remoção de Palha no Centro-Sul. O guia foi elaborado a partir da análise de dados de mais de 30 experimentos conduzidos ao longo de 5 anos pela equipe do LNBR, em conjunto com a avaliação de dados climáticos de uma série histórica de cerca de 35 anos. Composto por resultados indicativos e evidências observadas em campo, o guia também considera a declividade e a época de colheita para que as decisões de remoção de palha possam ser tomadas com mais segurança, garantindo os benefícios agroambientais da palha mantida no solo. O primeiro bloco relaciona-se aos indícios do efeito da palha nos estoques de carbono do solo, nas emissões de óxido nitroso, pragas e daninhas. O segundo bloco consiste em uma chave de decisão baseada no zoneamento agroclimático para remoção da palha (Figura 102), finalizado no ano passado, e nos resultados dos experimentos no que se refere ao efeito da camada de palha na produtividade e na diminuição da erosão do solo. A chave de decisão vem sendo aplicada nas áreas de duas usinas parceiras visando estimar quanto de palha pode ser removida por talhão das propriedades. Além disso, uma apostila com todos os passos para o uso do Guia e da ferramenta de estimativa da palha será distribuída para todos os interessados.

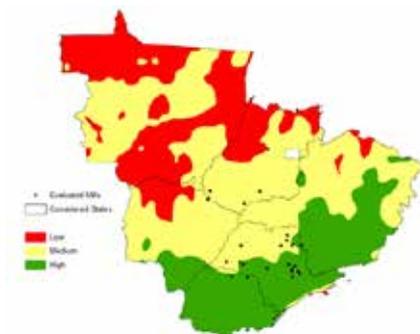


Figura 102. Mapa de aptidão climática à remoção de palha

32. Grandes parcerias permitem a realização dos trabalhos, a citar: União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), UNICAMP, Grupo Zilor, Usina Santa Isabel, Usina Alta Mogiana, Pedra Agroindustrial, Usina Granelli, Cerradinho Bioenergia, Grupo São Martinho, Usina Ester, Agrícola BPZ, Usina São Luiz de Ourinhos, Grupo Santa Therezinha, Granbio/Caeté, Grupo Raizen, Usina Ferrari e Usina São José da Estiva, Global Environment Facility (GEF).

Também foi estimada a quantidade de palha disponível para ser recolhida e utilizada para fins energéticos (Tabela 1), empregando critérios de produtividade e conservação do solo, em conjunto com as áreas de cana-de-açúcar para a safra de 2016/2017 (CANASAT). Os resultados mostram que a quantidade de palha a ser removida está intimamente ligada à radiação solar e à temperatura mínima das regiões avaliadas. Em áreas com alta radiação, a palha deixada no solo favorece o aumento na produtividade dos canaviais, já que a radiação solar é o principal fator no potencial produtivo da cana-de-açúcar, visto que o volume

de precipitação em todo Centro-Sul é elevado o suficiente para o bom desenvolvimento da cultura. Já em áreas com temperaturas mínimas abaixo de 10 a 12°C, a manutenção da palha no solo acaba por prejudicar o desenvolvimento e produtividade dos canaviais, o que faz com que estas áreas sejam classificadas como zonas de alta aptidão à remoção da palha. A maior parte da palha se encontra em áreas de média aptidão e, os resultados mostram que mesmo deixando 15 toneladas de palha por hectare (base seca), ainda há uma quantidade considerável de palha para ser coletada nessas áreas.

Tabela 1. Palha disponível para remoção na safra 2016/2017

| Classes de aptidão | Cana-de-açúcar (Mt, base úmida) | Palha (Mt, base seca) | Palha | |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------|
| | | | (Mt, base seca) | % |
| Baixa | 11.1 | 1.3 | 0.2 | 15 |
| Média | 601.7 | 72.2 | 41.4 | 57 |
| Alta | 257.6 | 30.9 | 24.0 | 78 |
| Total | 870.4 | 104.4 | 65.6 | 63 |

Estimativas anteriores feitas pela equipe do projeto SUCRE indicam que a produção total de eletricidade pode chegar a mais de 100 TWh, considerando 50% da palha produzida mais o excedente de bagaço, o que poderia suprir quase 80% da demanda doméstica de eletricidade Brasil. Destaca-se que a eletricidade produzida tem o potencial de mitigar 11% das emissões brasileiras de gases de efeito estufa (GEE) do setor energético em comparação com a geração de energia a gás natural – o que representa uma absorção de carbono de mais de 300 milhões de árvores ou 188,5 mil hectares de Mata Atlântica. A nova estimativa revela que o potencial de mitigação das emissões de GEE da eletricidade baseada na biomassa da cana-de-açúcar é ainda maior, uma vez que a quantidade estimada de palha foi superior a da estimativa anterior de 50%. Em resumo, conclui-se que as melhores práticas e o manejo regionalizado da palha são essenciais para a utilização total da cultura, tanto por reduzir os danos ambientais quanto por mitigar as emissões de GEE, gerando benefícios significativos para o país.

O projeto do LNBR **“Novas tecnologias para o processo fermentativo de primeira geração de etanol”**, em parceria com a Mahle Metal Leve, busca analisar os efeitos

da tecnologia de fermentação alcoólica especificada pela empresa, visando aumentar o rendimento fermentativo. Dentre principais atividades do projeto destacam-se a comprovação da funcionalidade em escala piloto, por meio de ensaios de fermentação alcoólica em diferentes condições. Nesse semestre, foram concluídos os experimentos tanto em escala de laboratório quanto em planta piloto e avaliados os potenciais ganhos obtidos com a aplicação da tecnologia em substratos de milho. As condições de operação e os parâmetros de escalonamento foram varridos de modo a identificar os efeitos da tecnologia em processo fermentativo representativo de milho.

O projeto **“Etanol 2G - Desenvolvimento das etapas críticas do processo de produção de etanol de segunda geração”**, realizado pelo LNBR em cooperação com uma empresa do setor de energia, com co-financiamento Embrapii, visa o desenvolvimento das etapas críticas do processo de produção de etanol 2G, empregando estudos em escala laboratorial e planta piloto. No primeiro semestre de 2019, destacam-se como principais resultados o condicionamento e pré-tratamento em escala piloto e hidrólise enzimática da biomassa, e a realização de ensaios de fermentação alcoólica em escala laboratorial.

BIOPRODUTOS E QUÍMICA VERDE

Nutrição Animal | Bebidas e Alimentos Eli Lilly | TecBeer | Agrivalle

No projeto **“Desenvolvimento de plataforma tecnológica multifuncional visando a obtenção de energia e nutrientes de biomassa para etanol e nutrição de animais”** em parceria com Eli Lilly e LNBR, com financiamento da FINEP, foram empregadas técnicas de sequenciamento em larga escala e abordagem computacional intensiva para a identificação de enzimas e/ou micro-organismos capazes de proporcionar aumento na disponibilidade de energia e de nutrientes extraídos de biomassa fibrosa. Neste semestre, foram obtidos os resultados da avaliação das enzimas identificadas no projeto em experimentos de média escala (*in vitro*). A partir desses resultados, iniciou-se a produção de um lote de enzimas para a realização de novos experimentos em maior escala, em modelo *in vivo*, para validação dos resultados anteriores.

Outra iniciativa do LNBR nessa temática, é o projeto **“Enzimas para tratamento de biomassa vegetal em aplicações do setor alimentício”**,

desenvolvido em parceria com a empresa Tecbeer desenvolvimento tecnológico. O projeto visa a otimização e aumento da escala de produção de enzimas mediante a utilização de microrganismos seguros para o consumo humano (GRAS) em meios de cultura de baixo custo. No primeiro semestre de 2019, foram determinadas as condições ótimas para o cultivo e expressão das enzimas em biorreator de bancada de 3 litros utilizando meio de cultura de baixo custo e posterior validação em escala piloto (biorreatores de 300 L). Também foram realizados testes de aplicação das enzimas para produção de um lote de cerveja e a análise de viabilidade técnico-econômica do processo desenvolvido para obtenção das enzimas.

Por fim, destaca-se a assinatura de um acordo de cooperação entre LNBR e a empresa Agrivalle, co-financiado Embrapii, para a realização de pesquisas de aprimoramento de processo produtivo de biodefensivos visando o aumento de biomassa no campo.

BIOMASSA

Qualidade do Solo | Zilor | Promoção de Crescimento Vegetal | Agilent

O projeto **“Avaliação integrada da qualidade do solo”**, desenvolvido em colaboração com o Grupo Zilor, visa avaliar os indicadores químicos, físicos e biológicos de qualidade do solo em áreas de cana-de-açúcar com produtividades reais discrepantes do potencial produtivo baseado nos ambientes de produção. Nesse semestre, o projeto realizou diversas atividades de coletas de amostras e análises (químicas, físicas e biológicas) de solos provenientes de áreas de produção de cana-de-açúcar do Grupo Zilor (Figura 103). Os resultados do projeto indicam que as análises químicas de solo não se correlacionam com as variações de produtividades observadas. O projeto evidencia que o conceito de avaliação da qualidade do solo, por meio da análise integrada de indicadores químicos, físicos (estruturais) e biológicos é uma estratégia viável para explicar grande parte das variações de produtividades observadas no campo. O uso dessa metodologia integrada permite ainda avaliar o crescimento radicular das plantas e o melhor aproveitamento dos recursos naturais. Por fim, a equipe do LNBR tem avaliado estratégias que visam melhorar a qualidade do solo, aumentar a produtividade e a sustentabilidade da produção de biomassa de cana-de-açúcar.



Figura 103. Avaliação da qualidade estrutural do solo, do crescimento radicular e da atividade biológica em áreas de produção de cana-de-açúcar

O LNBR, em parceria com a Agilent, também desenvolve o projeto **"Plataforma HS-GC/MS para a análise de voláteis promotores de crescimento vegetal"**, financiado pela FAPESP³³, que investiga compostos orgânicos voláteis (COVs) bacterianos como promotores de crescimento vegetal. Resultados anteriores desse projeto mostraram que as bactérias selecionadas foram capazes de promover o crescimento das plantas modelo *S. viridis* e *A. thaliana*. Nesse semestre, os resultados revelaram que a promoção do crescimento acontece mesmo quando a bactéria está em meios de cultura pobres em nutrientes. A implementação dos métodos para identificação dos COVs, que permitirão compreender quais moléculas são responsáveis pela promoção de crescimento das plantas, encontra-se em fase final. Cabe ressaltar que poucos grupos no mundo possuem uma boa plataforma para análises de volatômica microbiana, e o LNBR poderá oferecer essa expertise à comunidade de pesquisa brasileira através de sua instalação de espectrometria de massas.

COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

SP Pesquisa e Tecnologia | Embrapii

Em fevereiro de 2019 foi encerrado o projeto **"Cargas Poliméricas Verdes"**, desenvolvido pelo LNNano em parceria com a empresa SP Pesquisa e Tecnologia Ltda. com apoio e co-financiamento da Unidade Embrapii CNPEM, que teve como objetivo o desenvolvimento de aditivos sustentáveis para compósitos poliméricos a partir da torrefação e pirólise controladas de resíduos do beneficiamento de grãos alimentícios. O projeto resultou em cargas de elevado desempenho, baixo custo e baixo impacto ambiental comparativamente às cargas disponíveis no mercado para aditivar materiais compósitos. As cargas poliméricas "verdes" são diferenciadas quanto à sua estrutura e propriedades superficiais e possuem ótimo desempenho em compósitos

cujas matrizes são poliolefinas, uma das classes de polímeros de maior uso comercial. As cargas melhoram as propriedades mecânicas e térmicas dos compósitos resultantes e permitem ampliar o limite de aditivação para até 50% em massa. Atualmente, os representantes da empresa buscam parceiros comerciais para conversão dos compósitos poliméricos aditivados em produtos manufaturados.

O projeto **"Produção e caracterização de nanocristais de celulose de bagaço de cana de açúcar, e obtenção e caracterização de materiais nanocompósitos preparados a partir de nanocristais comerciais, modificados e não modificados"** iniciou seu segundo ano de execução e visa desenvolver métodos para incorporação de nanofibras de celulose em compósito polimérico, com a finalidade de reduzir peso e custo de produção. Ao longo do primeiro semestre de 2019, nanofibras de melhor desempenho foram produzidas através do processamento de uma dispersão com baixo teor de sólidos (1% m/m) por um desfibrilador Masuko. Diferentes métodos foram testados para a secagem das fibras, tendo sido identificados dois processos de melhor desempenho. Para o refinamento das fibras secas, foi apontado que a melhor opção é o misturador Draiss, que separa as fibras com mais eficiência para posterior mistura com os pellets. Em paralelo, foram iniciados os ensaios preliminares de flexão cujos primeiros resultados indicaram ganhos no módulo de flexão dos compósitos em relação ao do polímero puro.

33. "Plataforma HS-GC/MS para a análise de voláteis promotores de crescimento vegetal". FAPESP 2017/20521-6: Plataforma HS-GC/MS para a análise de voláteis promotores de crescimento vegetal (PITE).

MATERIAIS AVANÇADOS

Tintas condutivas | Processos de soldagem Ticon | Petrobras

O projeto **“Tintas condutivas para impressão a jato de tinta”** desenvolvido pelo LNNano em parceria com a empresa TICON Tintas Condutivas Ltda. é suportado por recursos da rede de Nanomateriais do SibratecNano e propõe o desenvolvimento de uma formulação adequada de tinta condutiva à base de nanopartículas de prata para impressão a jato de tinta. Esta tecnologia permitirá o uso em substratos rígidos ou flexíveis e a empresa deverá se inserir em novos mercados além da impressão em papel, como circuitos impressos, etiquetas RFID (identificação por radiofrequência), transistores de filmes finos, LEDs, células solares, eletrodos transparentes, telas de toque e displays flexíveis. Esse tipo de tecnologia também oferece potencial de redução de custos na produção e produção em larga escala. Em 2019 foram realizados os protocolos de incorporação das nanopartículas à formulação, os testes de impressão em corpos de prova (substratos poliméricos), a caracterização da morfologia das trilhas e medidas de propriedades elétricas. As futuras atividades serão a prototipação final para posterior transferência da tecnologia à empresa.

O projeto **“FSW4 - Soldagem por atrito com pino não consumível, consolidação do processo visando sua aplicação em campo”** do LNNano em parceria com a Petrobras pretende determinar os parâmetros ótimos para processos de soldagem por atrito com pino não consumível (FSW) para componentes e partes de equipamentos e tubulações destinadas para extração e processamento de óleo e gás, visando unir materiais tradicionalmente não soldáveis e realizar diferentes tipos de uniões dissimilares

com ganhos de produtividade, qualidade, confiabilidade e custo. O projeto finalizará em Julho de 2019 e obteve como resultados não só os parâmetros citados, mas também estudos de descontinuidades, métodos para eliminar defeitos de soldagem, otimização das ferramentas de soldagem, elaboração de normas, propostas de limites de certificação, disponibilização de materiais com baixa susceptibilidade ao hidrogênio, e desenvolvimento de um protótipo para construção de um equipamento de soldagem orbital. Neste semestre, foram finalizados os ensaios de tenacidade à fratura em meio de solução salina, para avaliar a influência do hidrogênio difusível e residual e a análise do desgaste das ferramentas de FSW aplicadas para as soldagens do estudo.

O LNNano encerrou neste semestre sua participação no Consórcio C2PA - P&D em processamento por atrito que é uma associação entre empresas, institutos de pesquisa e universidades para o desenvolvimento de tecnologias pré-competitivas para o processamento de materiais por soldagem por atrito destinados a componentes estruturais de aeronaves, especialmente à base de alumínio, de forma a aumentar sua resistência ao desgaste, à corrosão, e à nucleação de trinca por fadiga. Foram finalizados com sucesso os últimos trabalhos sob responsabilidade do LNNano dentro do projeto **“Friction Surfacing”**: a determinação dos parâmetros necessários para processamento da liga AA2024 sobre o substrato do mesmo material e a caracterização microestrutural e os ensaios mecânicos (tensão, tração e compressão sobre stress) na região soldada.

SENSORES E DISPOSITIVOS

Sensores eletroquímicos | Dispositivos microfluídicos | Sensores de vibração e deformação Sibratec | CompLine | IMBP | Fiocruz | Petrobras

O projeto **“Dispositivo nanoestruturado para avaliação e controle da qualidade de água e detecção de Microcistina-LR”** é uma parceria entre o LNNano, o Instituto de Biologia Molecular do Paraná (IBMP) e a Fiocruz, e é suportado por recursos da rede de Nanodispositivos e Nanossensores do SibratecNano. Prevê o desenvolvimento de sensores confeccionados em eletrodos de papel usando como moléculas de captura aptâmeros de DNA específicos para microcistinas, potentes toxinas que podem ocasionar a morte de animais vertebrados por severos danos hepáticos. O projeto visa um sistema miniaturizado de leitura para realização de análises in loco com rapidez e alta sensibilidade, baixo custo e sem necessidade de mão de obra qualificada, em especial para uso em regiões distantes e de baixos recursos financeiros. O projeto foi renovado no início de 2019 e neste semestre os esforços se concentraram na prototipagem da plataforma portátil de medição (cartucho e equipamento) e na definição das regras de design para produção em larga escala do suporte nano-estruturado.

O projeto **"Sensor de atividade de água baseado em ondas acústicas superficiais com elemento sensível feito com nanofilme de óxido de grafeno"** realizado em parceria entre o LNNano e a empresa CompLine Informática Ltda. e é suportado por recursos da rede de Nanodispositivos e Nanossensores do SibratecNano. Tem como objetivo o desenvolvimento e fabricação de um protótipo de medidor de atividade de água portátil baseado em ondas acústicas superficiais (SAW) para aplicações na indústria de alimentos e no agronegócio, estendendo-se à agricultura de precisão. O medidor, com um dispositivo-sensor, poderá se conectar a redes sem fio, e os resultados das medidas (e seu processamento) poderão ser acessados e operados em nuvem na internet, possibilitando a implementação de um futuro "expert system" para apoio de usuários. O projeto foi renovado no início de 2019 e neste semestre os esforços se concentraram nos processos de calibração com análise de repetibilidade e sensibilidade, e na realização de testes do sensor em condições de campo.

O projeto **"SAP II - Desenvolvimento de sistemas microfluídicos para a extração de espécies presentes no petróleo e separação de fases presentes em emulsões, e análises subsequentes"** do LNNano em parceria com a Petrobras visa separar a água presente em baixa concentração na fase oleosa de

amostras de petróleo para sua posterior caracterização através de técnicas microfluídicas de alta sensibilidade. A necessidade de determinar a salinidade e a quantidade de água pelas empresas petrolíferas é crucial para que possam estabelecer o preço da corrente de petróleo em função da qualidade, e para avaliar fatores que influenciarão diretamente o transporte da corrente e a logística de atuação da empresa na sua exploração e prospecção. Atualmente a fração aquosa é analisada por técnicas clássicas de laboratório que consomem recursos humanos e tempo. Neste semestre, as técnicas de eletroforese, cromatografia e potenciometria com eletrodos de membrana seletiva foram aplicadas com sucesso para detectar e caracterizar espécies iônicas e ácidas da fase aquosa, e unidades funcionais de detecção foram integradas ao sistema de centrifugação permitindo a realização de ensaios analíticos no próprio microdispositivo. A Figura 104 mostra um dos resultados do semestre: um sistema microfluídico de extração líquido-líquido em regime de turbulência que extraiu a fração água contida no petróleo e a submeteu posteriormente à análise de sais dissolvidos por ICP-OES e cromatografia de íons, possibilitando substituir análises de bancada e oferecer baixo consumo de amostra, rapidez de análise (tempo de residência menor que 2 s) e alta eficiência de mistura.

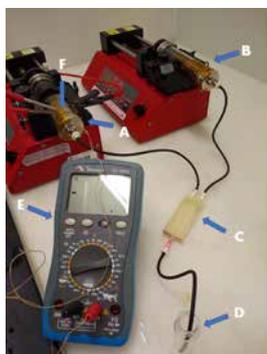


Figura 104. Plataforma microfluídica para extração líquido-líquido. (A) Seringa de vidro com a amostra de petróleo (aquecida nesse caso), (B) seringa de vidro contendo a fase aquosa, (C) dispositivo para extração assistida por turbulência, (D) coletor da mistura após extração, (E) multímetro digital com termopar para acompanhamento da temperatura de aquecimento do petróleo e (F) resistência confeccionada em fitas de Kanthal e fixadas com filme de Kapton para realização desse aquecimento.

O projeto **"OH - Desenvolvimento de metodologia para identificação e quantificação de oxigenados em derivados por abordagem microfluídica"** do LNNano em parceria com a Petrobras desenvolve plataformas microfluídicas para preparar amostras de materiais oxigenados obtidas via processos de destilação, extração líquido-líquido e separação assistida por difusão em fase gasosa, que são operações de rotina no processamento do petróleo. Os dispositivos fabricados permitirão reduzir custos

(especialmente no consumo de reagentes), e simplificar e acelerar os resultados de análises. No primeiro semestre de 2019, foram realizados estudos de preparo e de detecção de amostras de gás condensado natural (GNC) para determinação eletroquímica do mono-etileno glicol (MEG), um importante anti-incrustante que evita a formação de hidratos nos dutos de plataforma de petróleo, que devem ser eliminados do GNC para garantir alta pureza. A partir destes estudos, foi apresentado um método

microfluídico de extração líquido-líquido em regime de turbulência para isolar o MEG das amostras de GNC e sua posterior determinação eletroquímica através de eletrodos microfluídicos de níquel.

O projeto **"Desenvolvimento de microdestiladores de petróleo"**, conduzido pelo LNNano em parceria com a Petrobras, pretende desenvolver um destilador microfluídico para identificar e separar componentes frequentes no petróleo, como gasolina, nafta, querosene e gasóleo, eliminando a necessidade de fracionar as amostras por uma destilação convencional. O sistema operará automaticamente com volumes reduzidos (2 a 3 ml) e poderá ser integrado a sofisticados equipamentos de caracterização, como espectrômetros de massas e cromatógrafos gasosos e líquidos, reduzindo o consumo de reagentes e minimizando erros na caracterização e preparação de amostras. No primeiro semestre de 2019 foram avaliados dois possíveis modelos acoplados a uma coluna de fracionamento ao sistema, visando otimizar a separação. O primeiro compôs-se por uma destilação simples em balão volumétrico de 2 ml com aquecimento por indução eletromagnética, permitindo alcançar altas temperaturas e destilar pequenas quantidades de amostra de petróleo, porém com fracionamento ineficiente. Partiu-se para um segundo sistema de destilação fracionada compreendido por um reservatório de amostra, uma coluna de fracionamento, um condensador e a saída do destilado, com aquecimento controlado. Foram testadas três diferentes configurações de recheios micro e nano-estruturados para a coluna de fracionamento: mola, malha e corda de aço inox, sendo que este último apresentou maior eficiência de separação na destilação, tendo sido obtida uma curva PEV para os teores de nafta e de querosene do óleo bastante similar à obtida por análise convencional.

O projeto **"E-TONGUE - Dispositivo eletroquímico microfluídico para determinação de insumos químicos empregados na indústria de petróleo"**, do LNNano em parceria com a Petrobras, visa o desenvolvimento de métodos instrumentais eletroanalíticos em dispositivos microfluídicos para triagens quantitativas e semiquantitativas de diversos insumos químicos usados no processamento do petróleo, tais como inibidores de corrosão e incrustação, sequestrantes de H₂S e O₂ e biocidas. A construção destas plataformas se baseia no conceito de

línguas eletrônicas microfluídicas elétricas ou eletroquímicas que poderão se converter em sensores portáteis para substituir análises convencionais de laboratório. No primeiro semestre de 2019, o trabalho foi dividido em três fases principais: escolha dos eletrodos (Fase 1), testes semiquantitativos (Fase 2) e misturas dos insumos (Fase 3) e foi conseguido finalizar os estudos nas três fases. Os dispositivos desenvolvidos foram capazes de classificar os insumos, confirmando a viabilidade do controle da qualidade dos insumos comerciais, porém apresentaram baixo desempenho em teste com insumos em água extremamente salina, nas concentrações da água do mar e do pré-sal (35000 e 80000 ppm, respectivamente), não tendo sido possível classificar/identificar os insumos testados. Essa limitação levou à busca por novas alternativas que deverão ser avaliadas ao longo do 2º semestre de 2019: a dessalinização da água mediante de-ionização capacitiva microfluídica e o uso da detecção condutométrica sem contato acoplada capacitivamente (C4D).

O projeto temático **"Desenvolvimento de métodos de preparo de amostra e de sensores para aplicações em petróleo e gás considerando a concepção e uso de plataformas microfluídicas"** teve início em abril de 2019 e contempla o desenvolvimento de sensores e de métodos de preparo de amostras de petróleo e gás por meio de plataformas microfluídicas. Engloba cinco principais linhas de trabalho: (i) controle de qualidade de insumos químicos utilizados na indústria de petróleo, (ii) análise de resíduos desses insumos e de seus derivados presentes em águas de processamento, (iii) análise de resíduos desses insumos e de seus derivados presentes no petróleo, (iv) desenvolvimento de sensores eletroquímicos seletivos e métodos ópticos para aplicação em chips microfluídicos e (v) quantificação do teor de óleos e graxas (TOG) presentes em água de produção. Os estudos estão em estágio inicial e ainda não apresentam resultados.

O projeto temático **"Desenvolvimento de métodos de preparo de amostra e de sensores para aplicações em petróleo e gás considerando a concepção e uso de plataformas microfluídicas (Infra-estrutura)"** se iniciou em maio de 2019 e visa desenvolver competências e infraestrutura para o desenvolvimento do projeto de pesquisa acima citado. Os trabalhos estão em estágio inicial e ainda não apresentam resultados.

Parcerias tecnológicas Sirius

O projeto Sirius continua impulsionando o desenvolvimento de tecnologias in-house e em parceria com empresas. A complexidade e os desafios tecnológicos inéditos associados ao projeto exigiram o desenvolvimento de peças e componentes e promoveu o desenvolvimento de fornecedores de matérias-primas, equipamentos e serviços. Para tanto, foram promovidas duas chamadas públicas de propostas,

fomentadas com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e da FAPESP, visando apoiar à geração de inovações e priorizando o envolvimento de empresas brasileiras. A 1ª chamada envolveu 7 empresas e 11 projetos e foi finalizada em 2016. Em 2019, as empresas selecionadas na 2ª chamada estão finalizando seus projetos. A seguir, destacam-se os principais avanços no semestre.

Empresa Setup Automação

Desenvolvimento de sensores hidrostáticos de alta precisão com três graus de liberdade para medição de posição vertical (nível) e inclinação em relação à vertical gravitacional (inclinômetro bidimensional).

No primeiro semestre de 2019, foram revistas as técnicas propostas inicialmente para o desenvolvimento do sensor e realizado o aperfeiçoamento do protótipo, via Interferômetro de Michelson e princípios de medição por LVDT (Linear Variable Differential Transformer).

Para a melhoria do protótipo, foi adotado um conceito muito mais simples, com menor custo e precisão nominal compatível com as metas do projeto. Foram realizados estudos de redução

dos custos mecânicos, aplicando-se um conceito modularizado de sondas com novos recursos, bem como estratégias para simplificar a instalação, operação e manutenção das unidades do sensor de nível hidrostático. A nova versão do protótipo, que considera uma unidade com três sondas LVDT, passou pela usinagem da versão final e sua montagem preliminar está ilustrada na Figura 105. O projeto encontra-se em estado avançado de desenvolvimento e sua conclusão está prevista para o 2º semestre.



Figura 105. Montagens da versão preliminar do protótipo: esquerda, unidade apresentando as sondas; direita, unidade apresentando as conexões eletrônicas

Empresa Promac

Desenvolvimento de processos de soldagem e de fabricação de câmaras metálicas para ultra alto vácuo para os elementos ópticos das linhas de luz do Sirius, além do fornecimento especializado dos materiais necessários para sua construção.

Nesse semestre, a empresa finalizou o protótipo e deu início ao seu comissionamento. Para o segundo semestre estão previstas a entrega do relatório final do comissionamento e do segundo protótipo.

**Empresa ACT
Ion**

Desenvolvimento de um sistema modular para controlar as altas temperaturas necessárias para o comissionamento de câmaras de vácuo, processo usualmente conhecido como baking.

No início de 2019, foram realizados testes de confiabilidade e outras aplicações *in loco*, como o pré-comissionamento de motores elétricos de grande porte. A realização do mapeamento

térmico com a câmara de infravermelho e de testes em utilização real de sistemas construídos no CNPEM estão previstas para o segundo semestre de 2019.

**Empresa
FCA Brasil**

Desenvolvimento de processos de soldagem e de fabricação de câmaras de ultra alto vácuo em alumínio para elementos ópticos das linhas de luz do SIRIUS, e fornecimento especializado dos materiais necessários para sua construção.

Esse projeto foi iniciado no 2º semestre de 2018, quando foram realizadas as primeiras compras de equipamentos, levantamento bibliográfico e o desenvolvimento da concepção do forno de soldagem por difusão. No final de 2018, foi obtido o setup ótimo para o processamento e soldagem do alumínio, necessário para possibilitar a fabricação das câmaras.

Nesse semestre, teve início a fabricação do

forno para soldagem por difusão e da prototipagem de câmaras em alumínio, visando estudar o processo de soldagem e solucionar o problema de porosidade nos cordões de solda. O início da prototipagem de flanges bimetálicos, cujo desafio é compatibilizar o alumínio com outros materiais usados nos flanges (por exemplo, inox ou cobre) está previsto para o segundo semestre de 2019.

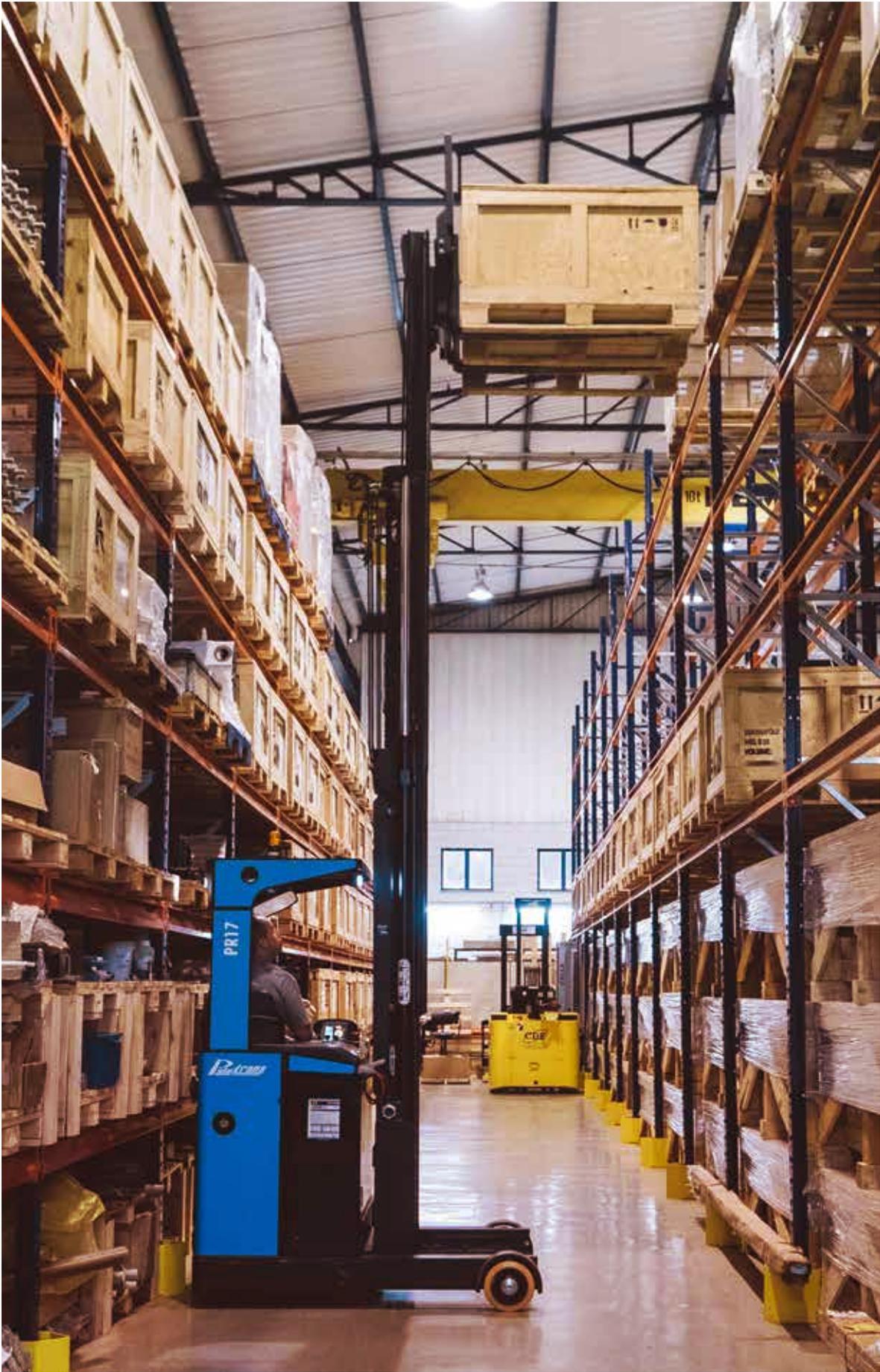


Figura 106. Amostra dos protótipos desenvolvidos no 1º semestre de 2019

**Empresa
Tecno-How
Engenharia
Industrial**

Aplicação de tecnologias de Manufatura Aditiva baseadas em laser e em feixe de elétrons aplicadas a materiais metálicos e cerâmicos para o desenvolvimento de peças com alta complexidade (geométrica, acabamento superficial e qualidade dimensional) capazes de atender a demandas de operação nas linhas de ultra alto vácuo.

No primeiro semestre de 2019, destaca-se a realização de testes para a otimização dos processos desenvolvidos e da estrutura metalúrgica das ligas obtidas no semestre anterior.



Desenvolvimento industrial e comercial de um veículo não tripulado, capaz de se locomover sobre trilhos, ser controlado remotamente e executar missões pré-programadas de forma autônoma no túnel do anel do Sirius.

No final de 2018, o projeto do Trem de Monitoramento de Túnel (TMT) estava em fase final e já era possível por meio da Estação de Controle e Monitoramento Remoto (ECMR) enviar telecomandos para configurar e controlar o veículo, receber e processar as telemetrias transmitidas por ele, visualizar a imagem da sua câmera de bordo e criar missões de monitoramento e inspeção. Além disso, a maioria dos sensores previstos no projeto já estava integrada e operacional.

No primeiro semestre de 2019, foram

integrados os sensores de vibração e radiação, e finalizados os módulos IHM e Editor de Missões. Além disso, uma câmera térmica foi reincluída ao projeto do Trem de Monitoramento de Túnel (TMT). Com a função inicial de identificar "hot spots", pretendia-se utilizar a câmera para melhorar o algoritmo de comparação de imagens, mas não houve muito sucesso nessa ideia. A finalização da integração da câmera térmica e a melhoria do sistema de gerenciamento de energia estão previstas para o final do projeto, cujo prazo de vigência foi estendido para 31/07/2019.

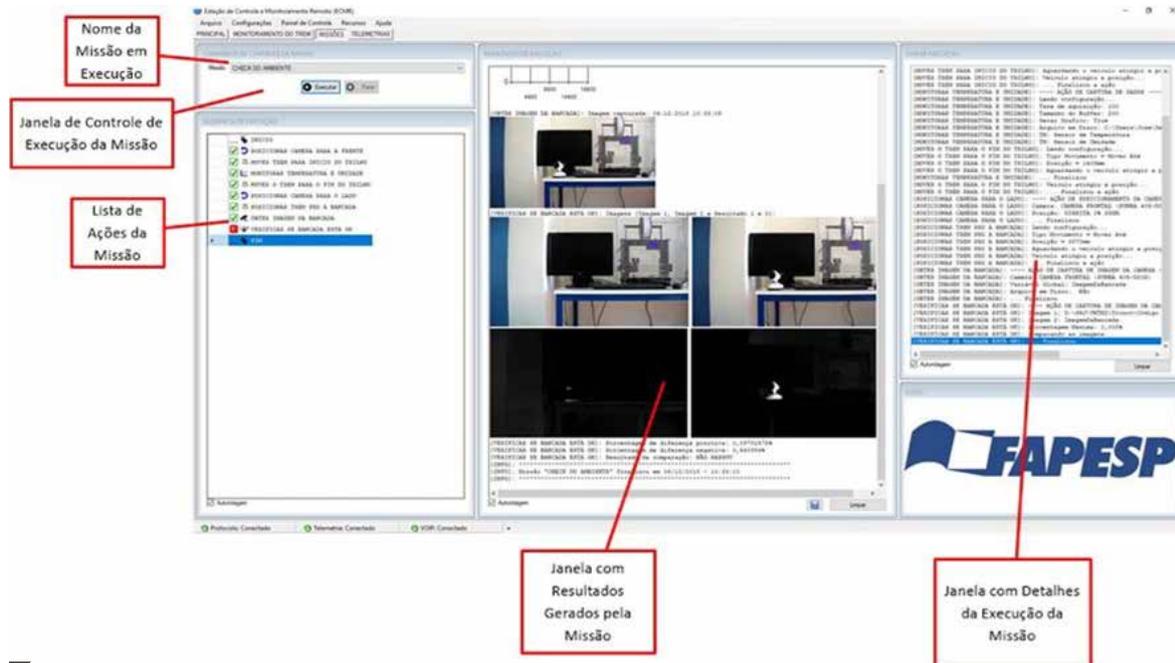


Figura 107. Módulo IHM da Estação de Controle e Monitoramento Remoto (ECMR)



Figura 108. Imagens do Trem de Monitoramento de Túnel (TMT)



5



TREINAMENTO, EDUCAÇÃO E EXTENSÃO

Neste capítulo são apresentados com detalhe a agenda de eventos científicos e de capacitação promovidos pelo Centro e os números associados aos jovens bolsistas que desenvolvem suas pesquisas no Campus por meio estágio e bolsas de iniciação científica e pós-graduação

As ações do CNPEM neste eixo de atuação são direcionadas para a capacitação em áreas científicas e tecnológicas de fronteira diretamente associadas às competências temáticas da Instituição, para a divulgação científica de seus desafios e resultados e para ações de apoio à contínua formação de jovens.



EVENTOS CIENTÍFICOS E DE CAPACITAÇÃO

1ª Escola de Síncrotron para Professores de Ensino Médio (ESPEM)

14 A 18 DE JANEIRO



20 participantes externos

Capacitação

A 1ª ESPEM, organizada pelo LNLs em conjunto com a Sociedade Brasileira de Física (SBF), trouxe 20 professores de ensino médio da rede pública de 16 Estados e do DF ao campus do CNPEM. Por uma semana, os docentes tiveram uma experiência de imersão nas atividades de pesquisa e desenvolvimento do Centro, com o objetivo de levar ideias da física moderna às salas de aula em que atuam.

Para uma das professoras, Dulce de Oliveira, de Boa Vista (RR), o evento "é um grande incentivador para que os professores continuem na luta pela educação". Já para Franchesco de Alencar, de Chapada dos Guimarães (MT), mostrar o que é feito no CNPEM para seus alunos, que muitas vezes nunca saíram de sua pequena cidade, "servirá para explicar que há um mundo a ser explorado".

3rd International User Workshop on Coherent X-Ray Imaging and Small Angle Scattering (Cateretê Workshop)

23 A 24 DE JANEIRO

Este evento abordou novas perspectivas científicas associadas a nova estação experimental chamada Cateretê que disponibilizará técnicas de espalhamento de raios X coerentes e será instalada na nova fonte de luz, Sirius. Cateretê fornecerá ferramentas de pesquisa hoje inexistentes no país, como imageamento 3D com resolução nanométrica. Este evento contou com a participação de três especialistas internacionais associados a importantes centros de pesquisa: Swiss Light Source (Suíça), European Synchrotron Radiation Facility (França) e Argonne Photon Science (EUA).

62 participantes externos

Científico



Curso de Caracterização Química de Bagaço e Palha de Cana-de-Açúcar

12 A 14 DE FEVEREIRO



7 participantes externos

Capacitação

O Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) promoveu mais uma edição do Curso de Caracterização Química de Bagaço e Palha de Cana-de-Açúcar. No evento foram apresentados conceitos básicos sobre biomassas vegetais envolvendo metodologia analítica, bem como cálculos utilizados para balanço de massas nos processos. As atividades do evento foram divididas entre parte prática e teórica.

Curso de Capacitação em Espectroscopia de Absorção de Raio-X – XAS Ceará

18 A 25 DE MARÇO

74 participantes externos

Capacitação

Por meio de iniciativa conjunta entre o LNLS e o departamento de física da Universidade Federal do Ceará (UFC), o curso "XAS no Ceará" apresentou as características fundamentais das técnicas de espectroscopia de absorção de raio X, citando diversos exemplos de como essas técnicas podem ajudar na caracterização de materiais. Ao final, foram descritas algumas das mais avançadas técnicas experimentais relacionadas a espectroscopia. Um dos objetivos do curso é a capacitação de novos usuários para a nova fonte de luz síncrotron brasileira, Sirius.

Curso para Operação de Biorreatores de Bancada

03 A 05 DE ABRIL

10 participantes externos

Capacitação

O treinamento oferecido duas vezes ao ano pelo LNBR selecionou nesta edição 10 participantes do Pará, Roraima, Minas Gerais, Paraná, São Paulo e do Distrito Federal para o treinamento em Biorreatores de Bancada. A programação do evento incluiu um módulo teórico de introdução aos biorreatores e dois módulos práticos de operação do biorreator Eppendorf Bioflo 115.

Curso Qualidade da Palha e do Bagaço para Queima em Caldeiras

22 DE MAIO

2 participantes externos

Capacitação

O LNBR, no âmbito do Projeto SUCRE, promoveu o curso Qualidade da Palha e do Bagaço para Queima em Caldeiras. O objetivo desse treinamento é apresentar as metodologias e técnicas analíticas importantes para o controle de qualidade da biomassa a ser empregada como combustível em caldeiras. Foram abordadas diferentes metodologias analíticas desenvolvidas e aplicadas pela equipe do SUCRE, durante as avaliações realizadas na parte industrial do Projeto.

Participaram deste curso colaboradores das usinas parceiras do Projeto SUCRE, envolvidos com o processo de controle de qualidade dos combustíveis utilizados nas caldeiras, mais especificamente com o processamento e a qualidade da palha utilizada para gerar bioeletricidade. Além das usinas parceiras, também puderam participar outras empresas do setor sucroenergético que apresentaram interesse pelo assunto.

Curso Premasul – “Métodos de avaliação de segurança ocular que utilizam modelos in vitro de córnea – Teste in vitro de curta duração para danos oculares” e “Epitélio humano reconstruído”

27 A 31 DE MAIO



20 participantes externos

Capacitação

O Curso Premasul, realizado pelo LNBio, teve como objetivo capacitar os participantes na realização dos “Teste in vitro de curta duração para danos oculares” e no teste “Epitélio córnea no humano reconstruído” descritos nos guias OECD TG 491 e OECD TG 492 respectivamente. Espera-se que o participante adquira visão ampla e crítica sobre a avaliação de segurança ocular, e que seja capaz de implementar cada um dos testes (491 e 492) em seu laboratório de origem e aplicá-los de forma isolada ou em uma estratégia de abordagem integrada (IATA – OECD 263).

Workshop on Sustainable Chemicals and Fuels Through Synthetic Biology

28 A 30 DE MAIO

63 participantes externos

Científico

O LNBR sediou o Workshop on Sustainable Chemicals and Fuels Through Synthetic Biology, evento sobre produtos químicos sustentáveis e biocombustíveis a partir de biologia sintética. Organizado em parceria com o BBSRC e com a Universidade de Nottingham, o workshop trouxe nomes importantes da Inglaterra, dos Estados Unidos e da América Latina que atuam na fronteira do conhecimento da biotecnologia e biologia sintética. No evento foram explorados temas como: plataformas microbianas para processos biotecnológicos; intermediários químicos e combustíveis renováveis avançados; novos processos e aplicações da lignocelulose; estratégias de conversão de CO₂; e colaborações e financiamentos de projetos entre Brasil e Inglaterra.

Curso Introdutório a Técnicas de Luz Síncrotron - Sinc-Natal

10 A 14 DE JUNHO

73 participantes externos

Capacitação

Com o objetivo de ampliar e capacitar a comunidade de usuários de técnicas de luz síncrotron, o LNLS promoveu, em parceria com o Programa de Pós-graduação do Centro de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, o Curso Introdutório a Técnicas de Luz Síncrotron – Sinc-em Natal. O evento abordou fundamentos de diversas técnicas de espectroscopia e espalhamento de raios X, abrangendo desde conceitos básicos da interação radiação matéria até exemplos avançados de caracterização de materiais.

3rd Nanocellulose Workshop

13 A 14 DE JUNHO

91 participantes externos

Científico

A terceira edição “Nanocellulose Workshop”, realizado pelo LNNano reuniu pesquisadores de instituições internacionais (Grenoble Institute of Technology, Warterloo Institute for Nanotechnology e Print Media and Biomaterials) para debater os aspectos mais relevantes na produção e aplicação da nanocelulose em diversas áreas. Extraída da biomassa, a nanocelulose é uma importante base para o desenvolvimento de materiais avançados com propriedades únicas, utilizando técnicas de nanotecnologia. Essas nanopartículas são renováveis, recicláveis, não-tóxicas e potencializam o desempenho de diferentes tipos de materiais como: hidrogéis, compósitos, espumas e adesivos.

Groundwater Remediation using Nano/biotechnology with focus on the Contaminated Resources in Brazil (GRUN)

24 A 26 DE JUNHO



50 participantes externos

Científico

17 participantes externos

Capacitação

O evento "Groundwater Remediation using Nano/biotechnology with focus on the Contaminated Resources in Brazil" (GRUN) foi organizado pelo LNLS em parceria com a Universidade de Teesside (Reino Unido). Este workshop foi o primeiro evento no Brasil com foco no uso de nanopartículas para a degradação in-situ de contaminantes de águas subterrâneas. As palestras reuniram os principais estudiosos de todo o mundo para discutir o estado-da-arte em tecnologias de remediação de águas subterrâneas. No dia 26 de junho foi oferecido um curso de capacitação exclusivo para 17 participantes, selecionados pelo Comitê Organizador.



8 de janeiro a 1 de março

O CNPEM recebeu 26 estudantes de graduação para desenvolverem projetos de P&D nos quatro laboratórios nacionais. Os jovens vieram de 14 Estados Brasileiros: BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, PR, RJ, RS, RO, RN, SC, SP, além de representantes do Equador, Peru e Argentina.

O Programa Bolsas de Verão é uma excelente oportunidade para aprender novas técnicas, desenvolver habilidades tanto técnico-científicas, como análise de dados específicos, quanto habilidades de escrita e oratória, descobrir várias novas áreas de pesquisa e conhecer pessoas trabalhando em projetos extremamente diversificados.





O CNPEM promove regularmente o Programa Unificado de Estágio do CNPEM (PUE) que visa atrair jovens talentos para o desenvolvimento de atividades em áreas técnico-científicas. O processo de seleção inclui provas técnicas direcionadas para cada área foco, dinâmicas de grupo e entrevistas. Em 2019 foram 1179 jovens inscritos para 62 vagas disponíveis distribuídas em nove áreas de atuação.

Ao final do primeiro semestre de 2019, o CNPEM contava com um total de 76 estagiários, 64 deles de nível superior e 12 de nível técnico.



Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica



O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), financiado pelo CNPq, tem como principais objetivos desenvolver o pensamento crítico e despertar a vocação científica entre os estudantes de graduação nas diferentes áreas do conhecimento. O programa visa ainda contribuir para a formação de recursos humanos voltados à pesquisa e reduzir o tempo médio de permanência dos alunos na pós-graduação.

No biênio 2018-2019, foram concedidas 28 bolsas PIBIC para que alunos, de diversas universidades de Campinas e região, desenvolvessem seus projetos de pesquisa nas instalações, e sob a orientação dos pesquisadores do CNPEM. Destaca-se que neste semestre, um de nossos bolsistas recebeu do CNPq o prêmio "Destaque na Iniciação Científica e Tecnológica" de 2018, na área de Ciências da Vida. Essa foi a terceira vez que um estudante PIBIC do CNPEM recebe tal premiação.

Da Iniciação Científica ao Pós-doutorado

Ao longo do primeiro semestre de 2019, o CNPEM contribuiu para a capacitação de 269 pesquisadores em diversos estágios de formação por meio do apoio à realização de projetos nas modalidades de Pós-Doutorado, Doutorado, Mestrado, Iniciação Científica, Programa de Capacitação Institucional (PCI), Pesquisador Visitante e outros. Tais pesquisadores possuem vínculos diversos com Instituições de Ensino e Pesquisa, com maior representatividade entre estudantes de pós-graduação e graduação, e pesquisadores de pós-doutorado.

A maioria das bolsas (94%) foram concedidas pelas agências de fomento CAPES (34%), FAPESP (31%) e CNPq (28%), tanto por meio de Editais e Programas Institucionais em parceria com o CNPEM quanto por meio de cotas de Programa de Pós-Graduação ou solicitação realizada diretamente à agência de fomento pelo pesquisador orientador do projeto. Dentre as novas modalidades de bolsas usufruídas por pesquisadores junto a projetos desenvolvidos no CNPEM, destacam-se aquelas apoiadas pelo Instituto Serrapilheira.





6



INFRAESTRUTURA E OPERAÇÃO

Espectrometria de Massas – MAS

Em 2019 foi instalado um novo espectrômetro de massas triplo-quadrupolo, modelo 'Xevo TQ-XS', Figura 109. Trata-se de substituição do equipamento, da mesma empresa Waters, que operou em regime de comodato desde 2017.

Um novo programa de análise de dados de proteômica, 'PEAKS Studio', produzido pela empresa Bioinformatics Solutions Inc, também foi instalado na sala de processamento de dados do laboratório e está disponível aos usuários da espectrometria de massas.

Entre as novas técnicas experimentais implementadas na instalação no período, destaca-se a otimização de métodos de preparo de amostras e análise de proteínas extraídas de organoides e material de bioimpressão. Também foram otimizados métodos de gradiente de cromatografia líquida para misturas complexas, permitindo análise mais eficiente de dados de experimentos de 'cross-linking' de peptídeos, assim como o monitoramento seletivo de reações para análise no novo equipamento triplo-quadrupolo.



Figura 109. Espectrômetro de Massas 'Xevo TQ-XS', da marca Waters, um dos equipamentos mais sensíveis do mercado que permite a detecção de íons de uma grande variedade de moléculas

Robolab

As melhorias realizadas na instalação Robolab em 2019 incluem a instalação de um novo dispositivo 'HD' de 2TB de memória junto ao servidor que armazena as imagens de cristais de proteínas captadas pelos robôs 'Rock Imagers Formulatrix'. Esse upgrade aumentou de forma significativa a capacidade instalada de armazenamento de dados do Robolab.

Como novas implementações metodológicas ligadas à instalação, ressalta-se a aquisição e realização de triagens piloto de cristalização de proteínas de membrana com o kit 'MembFac HT', específico para ensaios de cristalização dessa classe de proteína. Esta técnica estará disponível aos usuários no segundo semestre.

Laboratório de Bioensaios – LBE

No primeiro semestre de 2019, o LBE recebeu uma nova cabine de fluxo laminar de nível de biossegurança II para a manipulação de microrganismos patogênicos. Além disso, a equipe do LBE padronizou vários ensaios de HTS para a linhagem celular HCT116 e otimizou um ensaio bioquímico que será aplicado na triagem de pequenas moléculas que possam agir como inibidores da enzima proil-tRNA sintetase de bactérias. O LBE também padronizou um ensaio tempo-resposta para avaliar a eficácia de compostos com atividade biológica contra o parasita *Trypanosoma cruzi*.

Laboratório de Anticorpos Monoclonais – LAM

O LAM foi ampliado com uma nova sala de 24 m² de área útil para abrigar o equipamento 'Clonepix2' que será instalado no segundo semestre desse ano. Esse equipamento possibilitará a automatização de processos para o estabelecimento de linhagens celulares expressando anticorpos monoclonais recombinantes.

Laboratório de Biologia Molecular e Cultura de Células - LBMCC

Entre os investimentos feitos no LBMCC, destacam-se a aquisição e instalação de um disruptor de célula ultrassônico, um incubador de células refrigerado, três centrifugas refrigeradas e um foto-documentador.

Laboratório de Organismos Modelo - LOM

Durante o primeiro semestre de 2019, foram instalados no LOM uma nova lavadora para caixas e bebedouros de camundongos e tanques de peixe como também um sistema automatizado de monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar (Full Gauge) nos Biotérios de Produção e Experimentação animal. O sistema possui um software de gerenciamento à distância que armazena todos os dados coletados nos biotérios (Figura 110).

O laboratório também adquiriu um novo equipamento para realizar anestesia inalatória de animais submetidos a procedimentos cirúrgicos.

Ressalta-se que, no período, foram desenvolvidos vários aparatos para ensaios de comportamento animal denominados 'Barnes Maze', 'Radial Maze' e 'Elevated Plus Maze'. Tais aparatos serão utilizados para avaliar o aprendizado espacial, a memória operacional e a memória de referência dos animais, além de investigar comportamentos associados à ansiedade. Os aparatos foram integrados ao painel de ensaios de comportamento animal sendo utilizados para investigar mutações genéticas identificadas em pacientes com deficiência intelectual, como também para avaliar o efeito de fármacos quando o modelo animal de autismo é utilizado.

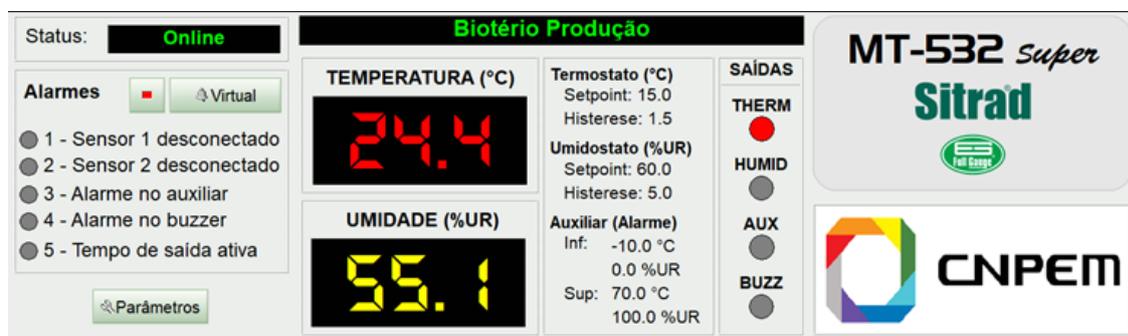


Figura 110. Painel de monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar feita pelo software 'Sitrad' que permite acessar à distância tais parâmetros dos Biotérios de Produção e Experimentação animal



Em março de 2019, foi dado início à reforma e adequação do novo Laboratório de Nanotoxicologia e Microfluídica (Lab 31), Prédio Cesar Lattes, do LNNano. Este novo laboratório foi projetado para atender demandas específicas desta temática, e possui as seguintes salas/compartimentos dedicados: i) Cultura de Células, ii) Preparo de Amostras e Dispersões; iii) Unidade de Bioensaios (Zebrafish), iv) Microscopia Óptica e Hiperspectral (CytoViva); v) Lavagem de Vidrarias e Esterilização; e vi) Microfluídica e Biossensores. Deve ser destacado que este laboratório será uma nova instalação aberta no LNNano para atender demandas de usuários externos em Nanotoxicologia. A união de ferramentas de nanotoxicologia e microfluídica em um mesmo ambiente de pesquisa será um diferencial estratégico deste laboratório (singular no cenário brasileiro).

Na Figura 111 selecionamos algumas fotos para ilustrar as atividades em desenvolvimento no Laboratório de Nanotoxicologia e Microfluídica. Até o momento, foram realizadas a pintura do piso do laboratório, adaptação do quadro de força e limpeza dos dutos e ar condicionado. Está prevista a instalação do mobiliário do laboratório em julho/2019. É importante mencionar que alguns equipamentos de pequeno porte foram adquiridos com recursos oriundos do Centro Brasil-China de Nanotecnologia e Petrobras (Projeto LMF/LNNano), por exemplo: bombas peristálticas multicanais, conjunto de micropipetadores automáticos, centrífuga refrigerada, termoblocos, estufas para crescimento de células, microscópio óptico invertido, cabine de fluxo laminar, purificadores de água, estufas tipo B.O.D entre outros.

No 2º semestre de 2018, o LNNano adquiriu, com recursos do SisNANO, um espectrômetro Raman confocal (XploRA Plus – Horiba) e um difratômetro de raios X (D8 Advance Eco – Bruker) que complementam a infraestrutura de caracterização avançada disponível no laboratório. No 1º semestre de 2019 estes equipamentos foram completamente instalados e foram realizados os treinamentos das equipes internas para operação dos equipamentos e de tratamento de dados. Neste ano será realizado o comissionamento dos mesmos com atendimento de usuários internos, com previsão de abertura aos usuários externos nos anos seguintes.

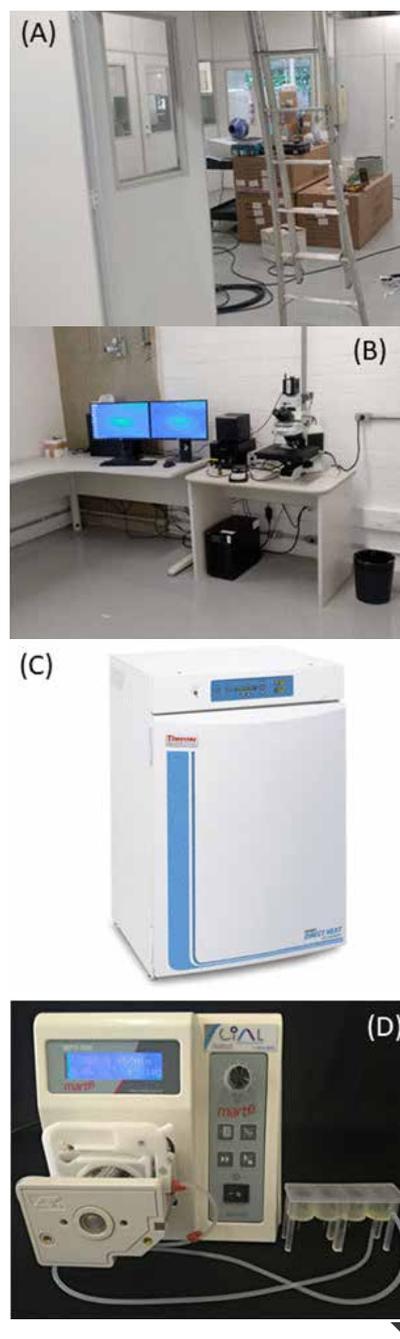


Figura 111. Reforma e adequação do espaço físico do Lab 31 (antigo Lab de Microscopia de Força Atômica) para operação do novo Laboratório de Nanotoxicologia e Microfluídica no LNNano. (A) Adaptação da parte elétrica e instalação da cortina de ar na entrada do laboratório; (B) Microscopia Hiperspectral -CytoViva; (C) Estufa de CO₂ para crescimento de células e (D) Bomba peristáltica acoplada com o microchip em desenvolvimento (Projeto: Nanomateriais Avançados/ Nanotoxicologia – Programa PCI-CNPem) para estudos de toxicidade de nanomateriais com o organismo aquático *Daphnia magna*

A Divisão de Caracterização do LNNano atua nas áreas de microscopia eletrônica de transmissão, incluindo criomicroscopia eletrônica, microscopia eletrônica de varredura e microscopia de varredura por sonda. Ao longo dos últimos anos, diferentes esforços vêm sendo feitos pelo LNNano na atualização da infraestrutura da Divisão, contanto, principalmente, com investimentos do SisNANO e da FAPESP. Em 2019, na área de microscopia eletrônica de transmissão, o microscópio eletrônico Titan Cubed Themis recebeu dois novos sistemas de porta-amostra para a realização de análises in situ. O primeiro sistema, Wildfire, permite aquecer amostras nanoparticuladas e lamelas preparadas por Focused Ion Beam até 1300 °C, assim como controlar a polarização do campo elétrico próximo à amostra. Um membro da equipe da Divisão de Caracterização foi treinado para realizar o preparo de lamelas de amostras maciças nos chips de aquecimento do porta-amostra. O segundo sistema, Ocean, permite analisar amostras em meio líquido, no ambiente de alto vácuo existente no interior do microscópio. Além disso, foi realizada a atualização do software que controla a aquisição e o processamento de dados deste microscópio, com melhorias na quantificação das análises elementares, edição de imagens, conversão de múltiplos dados e análise de imagens espectrais. Também foi trocado o filamento do canhão de elétrons, que estava no fim da sua vida útil, e atualizado o software de controle geral do microscópio. A câmera do microscópio, Ceta (Thermo Fisher Scientific) foi atualizada para aumentar a sua velocidade de registro para 40 quadros por segundo (fps), para quadros de 16 Mpixels, ou 320 fps para imagens de 512 x 512 pixels. A capacidade de armazenamento de dados da câmera também foi adequada para a realização de experimentos in situ. Está previsto, para o segundo semestre de 2019, a contratação de duas pessoas para o apoio ao atendimento nas áreas de microscopia eletrônica de transmissão e microscopia eletrônica de varredura.

Na área de criomicroscopia eletrônica, o microscópio eletrônico de transmissão Talos Arctica G2 (Thermo Fisher Scientific), que foi instalado no segundo semestre de 2018, vem executando, desde janeiro de 2019, propostas de usuários externos submetidas no semestre anterior, além das atividades de pesquisa in-house. Este microscópio apresentou, este ano, problemas relacionados ao canhão de elétrons e ao sistema de refrigeração de água, o que impossibilitou sua operação por alguns meses. Os problemas já foram solucionados e o microscópio retomará sua operação normal

no fim do mês de junho. O microscópio eletrônico de transmissão Titan Krios G3i, (Thermo Fisher Scientific), adquirido em 2018, teve sua instalação concluída no primeiro semestre de 2019 e, após período de comissionamento, estará disponível para realização de propostas de usuários externos em 2020. Este microscópio é equipado com dois detectores diretos de elétrons, sendo uma câmera Falcon III (Thermo Fisher Scientific) e uma câmera K3 (Gatan) equipada com filtro de energia (Gatan Bioquantum), phase plate e corretor de aberração esférica, sendo uma configuração única na América Latina. A instalação da câmera K3 apresentou problemas que deverão ser solucionados no início do segundo semestre. Quando estiver completamente operacional, este equipamento permitirá operar no estado da arte da técnica de criomicroscopia eletrônica. A capacitação do pessoal do LNNano na utilização dos microscópios Talos Arctica e Titan Krios vem sendo realizada por especialistas da Thermo Fisher Scientific, que visitam o LNNano regularmente, por períodos de duas semanas. Este acordo de capacitação tem a duração de dois anos, tendo se iniciado no segundo semestre de 2018. A Figura 112 mostra os microscópios Talos Arctica G2 (A) e Titan Krios G3i (B).



Figura 112. Criomicroscópio eletrônicos de transmissão (A) Talos Arctica G2 e (B) Titan Krios G3i

No mês de janeiro de 2019, as instalações de microscopia de varredura por sonda foram transferidas para o novo prédio de microscopias, entregue em julho de 2018. As novas salas foram projetadas para oferecerem baixo nível de ruído ambiental (mecânicos, acústico e, elétricos), e alta estabilidade térmica, necessários para o adequado desempenho dos instrumentos (Figura 113).

Foi realizada uma atualização do hardware e software do microscópio de varredura por sonda modelo NanoIR2-s (Anasys/BRUKER) (Figura 114). Nesta nova atualização foi possível implementar a técnica de contato intermitente na aquisição de mapas de infravermelho, antes possível somente no modo de AFM com contato. Isto diminui o arraste lateral da sonda, resultando no aumento da qualidade das imagens obtidas, principalmente em amostras macias e adesivas.

Foi instalada a plataforma de BIO-AFM (Figura 115), que atenderá diretamente à crescente comunidade de usuários que atuam em sistemas biológicos. A plataforma consiste em um microscópio de varredura por sonda modelo NanoWizard 4 (JPK/BRUKER) acoplado a um microscópio óptico invertido modelo Axio Observer 5 (Zeiss). Nesse sistema é possível, por exemplo, realizar experimentos onde seja necessário manter vivas amostras de células, em meio líquido (meios de cultura), com controle de temperatura e fluxo de gases. Integra o sistema um módulo de microfluídica que pode ser conectado com a sonda do AFM, permitindo nanoinjeção e nanoextração de fluidos.

Estas novas técnicas estão em fase inicial de comissionamento, sendo colocadas à disposição dos usuários internos para avaliação. Diferentes amostras foram analisadas neste período, produzindo resultados promissores.

O cromatógrafo a gás Thermo modelo TRACE 1310 passou por manutenção e encontra-se operacional. O equipamento permite operar até 400°C. Está disponível para usuários internos.

Também neste semestre foi completada a montagem do Laboratório de Síntese de Nanocristais por rota coloidal, que foi montado com Recursos SisNano. A Figura 116 mostra uma visão geral deste laboratório, que possui uma infraestrutura adequada para a síntese química de nanocristais de semicondutores, metais, óxidos e materiais híbridos, tais como quantum dots de Perovskitas. Este laboratório possui uma Glove Box com controle de umidade e oxigênio, caéla com linha schelink de vácuo, centrífugas e reatores de vidro para síntese de nanocristais. Atualmente a instalação é destinada para usuários internos e estamos avaliando sua abertura para usuários externos.



Figura 113. Novas instalações dos microscópios de varredura por sonda



Figura 114. Microscópio de varredura por sonda NanoIR2-s (Anasys/BRUKER)

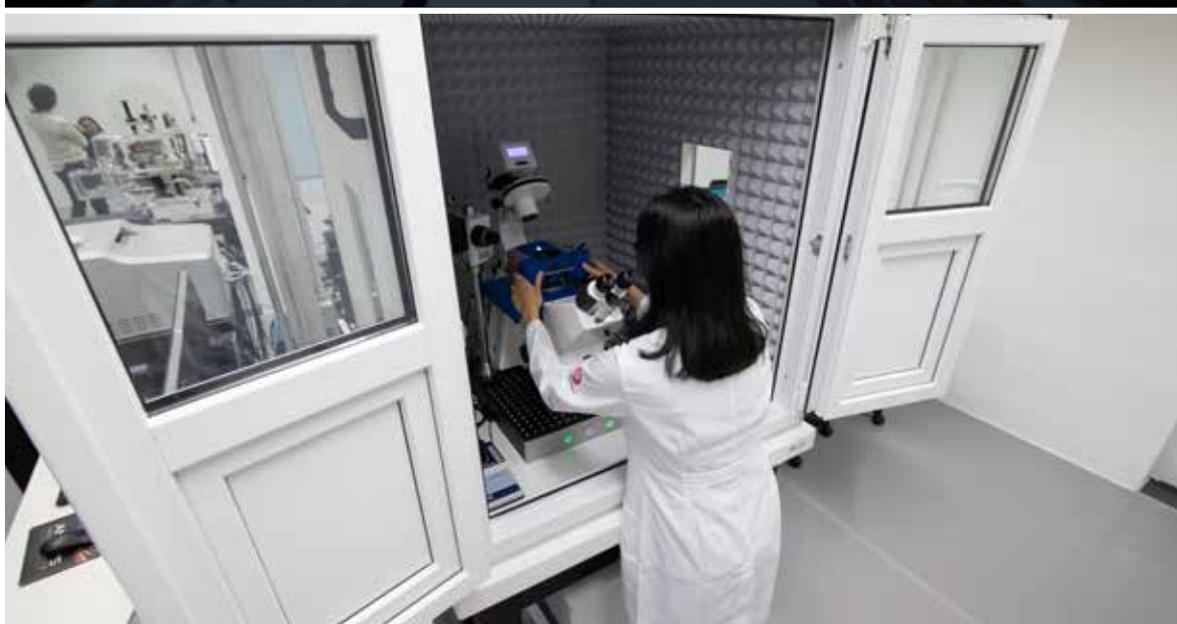
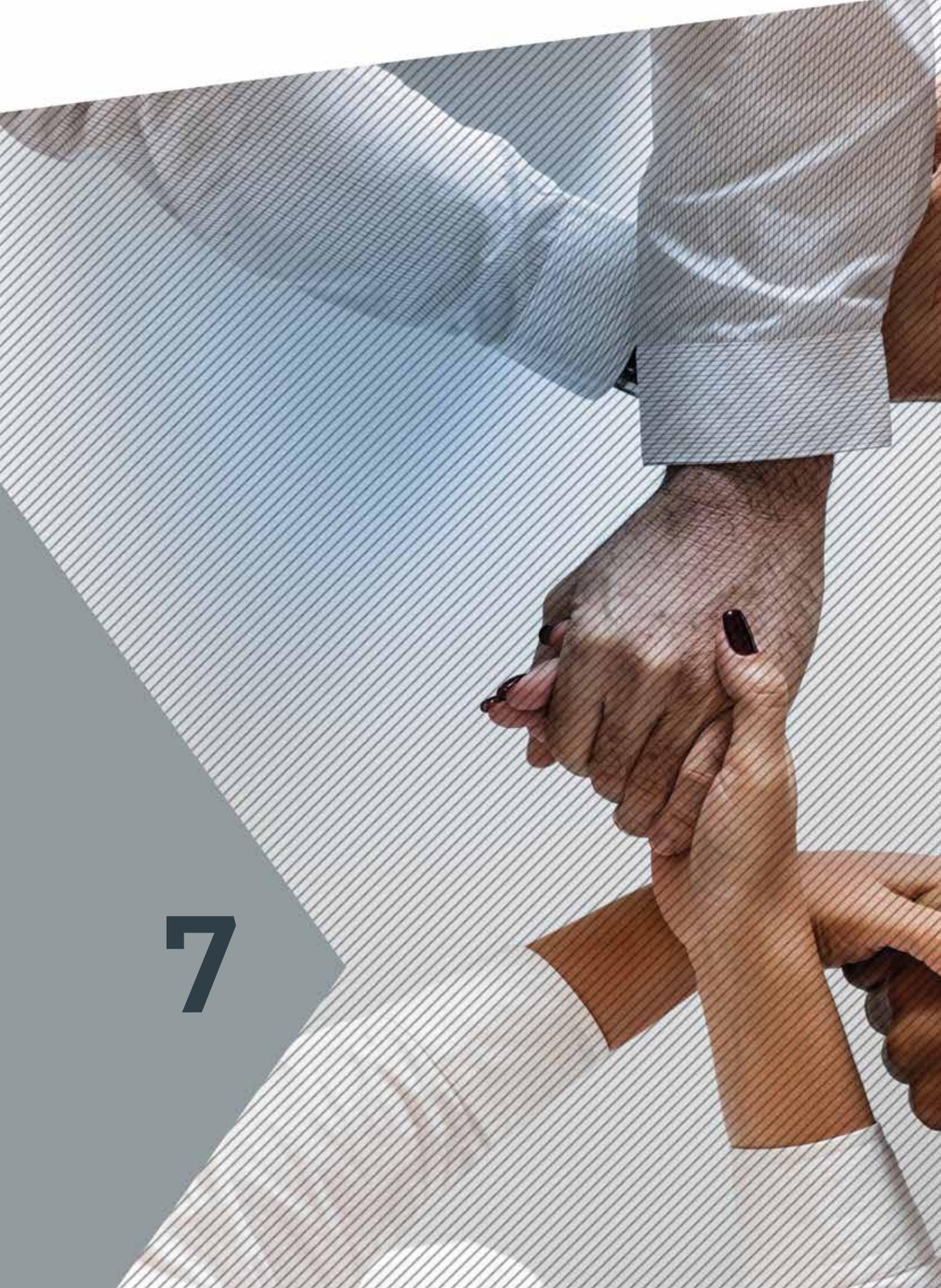


Figura 115. Plataforma de BioAFM (JPK/BRUKER/Zeiss/Cytosurge)



Figura 116. Visão Geral do novo Laboratório de Síntese Química de nanopartículas



7



ANEXOS

Anexo 1: Indicadores de Desempenho do Contrato de Gestão

| ID | Indicador | Eixos de Atuação | Unidade | Tipo | Peso | Qualificação | Meta | Resultado |
|----|--------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-------|------|--------------|-------|-----------|
| 01 | Taxa geral de ocupação das instalações | Todos | % | Uso | 01 | Eficácia | 70% | 49% |
| 02 | Confiabilidade da fonte de luz sincrotron | Todos | % | D | 04 | Eficácia | 95% | 97% |
| 03 | Taxa de ocupação das instalações por usuários | Eixo 1 | % | Uso | 01 | Eficácia | 40% | 22% |
| 04 | Beneficiários externos das instalações abertas | Eixo 1 | Número absoluto | Uso | 01 | Eficácia | 1.600 | 1.054 |
| 05 | Propostas realizadas por usuários externos nas instalações abertas | Eixo 1 | Número absoluto | Uso | 03 | Eficácia | 870 | 431 |
| 06 | Índice de satisfação dos usuários externos | Eixo 1 | % | D/Uso | 02 | Efetividade | 85% | 100% |
| 07 | Artigos publicados de pesquisadores externos | Eixo 1 | Razão | Uso | 04 | Efetividade | 0,75 | 0,62 |
| 08 | Taxa de publicação da pesquisa interna | Eixo 2 | Razão | Uso | 04 | Efetividade | 2 | 1,3 |
| 09 | Qualidade da produção científica interna | Eixo 2 | % | Uso | 01 | Efetividade | 50% | 50% |
| 10 | Taxa de coautoria internacional | Eixo 2 | % | Uso | 01 | Efetividade | 30% | 47% |
| 11 | Parcerias em projetos de P&D com instituições de ensino e pesquisa | Eixo 2 | Número absoluto | D | 02 | Eficiência | 20 | 26 |
| 12 | Parcerias em projetos de PD&I | Eixo 3 | Número absoluto | D | 02 | Eficiência | 35 | 37 |
| 13 | Recursos associados à inovação | Eixo 3 | % | D | 02 | Eficiência | 8% | 65% |
| 14 | Tecnologias protegidas | Eixos 2 e 3 | Número absoluto | D | 01 | Efetividade | 8 | 1 |
| 15 | Horas de capacitação de pesquisadores externos | Eixo 4 | Número absoluto | Uso | 02 | Eficácia | 300 | 170 |
| 16 | Número de pesquisadores externos capacitados | Eixo 4 | Número absoluto | Uso | 02 | Eficácia | 270 | 216 |
| 17 | Eventos científicos | Eixo 4 | Número absoluto | Uso | 02 | Eficácia | 4 | 4 |
| 18 | Pesquisadores de outras regiões capacitados pelo CNPEM | Eixo 4 | Número absoluto | Uso | 01 | Eficácia | 80 | 181 |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| Indicador 1: | | | |
| Taxa geral de ocupação das instalações | | | |
| Eixos de Atuação: | | | |
| Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos | | | |
| Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i> | | | |
| Eixo 3 – Apoio à geração de inovação | | | |
| Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir a taxa de ocupação das instalações dos Laboratórios Nacionais do CNPEM, no ano de referência, por usuários externos, P&D <i>in-house</i> , interação com empresas e atividades de treinamento, educação e difusão. | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre o número total de horas efetivamente utilizadas nas atividades mencionadas e o número total de horas planejadas para utilização, sendo retiradas as horas de manutenção e paradas programadas das instalações. Consideram-se no cálculo todos os usuários (internos e externos) em atividades relacionadas aos quatro eixos de atuação do CNPEM. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Número de horas efetivamente utilizadas no período}}{\text{Horas previstas de disponibilidade para uso das instalações no período}}$ | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 1 | Unidade: Percentual | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 70% |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 49% |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, o resultado apurado deste indicador atingiu 70% da meta pactuada. O desempenho do indicador aponta a perspectiva de cumprimento da meta anual. | | | |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| Indicador 2: | | | |
| Confiabilidade de fonte de luz síncrotron | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos | | | |
| Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i> | | | |
| Eixo 3 – Apoio à geração de inovação | | | |
| Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Aferir a capacidade do atendimento técnico da fonte de luz síncrotron aos usuários externos, dentro dos prazos e períodos programados nos agendamentos de realização dos experimentos, estabelecendo padrão de comparação internacional. | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre as horas de luz síncrotron entregues aos usuários no tempo programado e as horas previstas na programação de operação da fonte de luz síncrotron. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Horas entregues no período</i> <i>Horas previstas no período</i> | | | |
| Tipo: Desempenho | Peso: 4 | Unidade: Percentual | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 95% |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 97% |
| Comentário: | | | |
| O desempenho apurado deste indicador no primeiro semestre de 2019 superou a meta pactuada para o ano. Tradicionalmente este indicador apresenta resultados que excedem a expectativa de meta, o que reflete o elevado padrão de qualidade da fonte de luz síncrotron. | | | |

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| Indicador 3: | | | |
| Taxa de ocupação das instalações por usuários externos | | | |
| Eixos de Atuação: | | | |
| Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir a ocupação dos Laboratórios Nacionais do CNPEM por usuários externos no período de referência | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre o número de horas efetivamente utilizadas por usuários externos e o número de horas totais disponibilizadas para todos os eixos de atuação | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Número de horas efetivamente utilizadas por usuários externos no período}}{\text{Horas previstas de disponibilidade para uso das instalações no período}}$ | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 1 | Unidade: Percentual | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 40% |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 22% |
| Comentário: | | | |
| O resultado apurado deste indicador para o primeiro semestre de 2019 atinge 55% da meta pactuada para o ano. | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Indicador 4: | | | |
| Beneficiários externos das instalações abertas | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o universo de pesquisadores externos beneficiados pelo uso das instalações abertas do CNPEM, no ano de referência. | | | |
| Descrição: | | | |
| Número de beneficiários externos identificados nas propostas de pesquisa realizadas nas instalações abertas do CNPEM. Para esse cálculo, são considerados os pesquisadores que utilizaram diretamente as instalações e/ou integraram o grupo de pesquisa que realizou a proposta. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total de beneficiários externos das instalações abertas do CNPEM no período</i> | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 1 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 1.600 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 1.054 |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, 1.054 pesquisadores externos foram beneficiados pelo uso das instalações abertas do CNPEM, ou seja, 66% da meta anual pactuada. Ressalta-se que, devido ao descomissionamento do atual acelerador, UVX, a meta para este indicador foi discutida no âmbito da última reunião da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão e oficializada por meio do 28º Termo Aditivo. | | | |
| <i>A operação do UVX-LNLS, em seu último semestre de operação aberta aos usuários, ocorreu em modo fast-track¹, destinado apenas a propostas previamente avaliadas pelos comitês e que utilizaram tempo de feixe nos últimos dois anos (2017 - 2018) no anel de armazenamento UVX. O objetivo desta chamada foi oferecer aos usuários a oportunidade de complementarem resultados e concluir os projetos de pesquisa já em andamento. Desta forma, os proponentes também tiveram que apresentar um relatório consistente sobre os resultados obtidos anteriormente, análises em andamento e/ou artigos submetidos a publicação. O atendimento de propostas externas no UVX-LNLS ocorre até 31 de julho e, a partir desta data, a equipe interna trabalhará em testes e comissionamento de subsistemas que serão transferidos para as estações experimentais do Sirius.</i> | | | |

¹ A decisão sobre o modo de operação do UVX neste semestre foi discutida em diversos fóruns, incluindo a Reunião Anual de Usuários (RAU) do LNLS, nos últimos dois anos.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Indicador 5: | | | |
| Propostas realizadas por usuários externos nas instalações abertas | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 1 - Instalações abertas a usuários externos | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o número de propostas realizadas nas instalações abertas do CNPEM. | | | |
| Descrição: | | | |
| Propostas realizadas por usuários externos nas instalações abertas do CNPEM, no ano de referência. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total de propostas externas realizadas no período</i> | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 3 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 870 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 431 |
| Comentário: | | | |
| <p>No primeiro semestre de 2019, 431 propostas de pesquisa extetrnas foram realizadas nas instltações abertas do CNPEM. Este resultado corresponde a 49% da meta anual pactuada. Ressalta-se que, devido ao descomissionamento do atual acelerador, UVX, a meta para este indicador foi discutida no âmbito da última reunião da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão e oficializada por meio do 28º Termo Aditivo.</p> <p><i>A operação do UVX-LNLS, em seu último semestre de operação aberta aos usuários, ocorreu em modo fast-track², destinado apenas a propostas previamente avaliadas pelos comitês e que utilizaram tempo de feixe nos últimos dois anos (2017 - 2018) no anel de armazenamento UVX. O objetivo desta chamada foi oferecer aos usuários a oportunidade de complementarem resultados e concluírem os projetos de pesquisa já em andamento. Desta forma, os proponentes também tiveram que apresentar um relatório consistente sobre os resultados obtidos anteriormente, análises em andamento e/ou artigos submetidos a publicação. O atendimento de propostas externas no UVX-LNLS ocorre até 31 de julho e, a partir desta data, a equipe interna trabalhará em testes e comissionamento de subsistemas que serão transferidos para as estações experimentais do Sirius.</i></p> | | | |

² A decisão sobre o modo de operação do UVX neste semestre foi discutida em diversos fóruns, incluindo a Reunião Anual de Usuários (RAU) do LNLS, nos últimos dois anos.

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|----------------------------------|
| Indicador 6: | | | |
| Índice de satisfação dos usuários externos | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir a satisfação dos usuários das instalações abertas de modo sistemático e periódico. | | | |
| Descrição: | | | |
| O indicador mede o índice de satisfação dos usuários externos com a utilização das instalações abertas do CNPEM, no ano de referência, com base em questão específica do formulário aplicado na realização da proposta de pesquisa. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Número de respostas "muito satisfeito" e "satisfeito" no período}}{\text{Número total de respostas no período}}$ | | | |
| Tipo: Desempenho e Uso | Peso: 2 | Unidade: Percentual | Qualificação: Efetividade |
| Meta 2019: | | | 85% |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 100% |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, 74 pesquisadores responsáveis por propostas realizadas responderam ao questionário de satisfação, de modo que todos se declararam satisfeitos ou muito satisfeitos com o uso das instalações do CNPEM. Tradicionalmente, este indicador tem demonstrado desempenho superior à meta anual pactuada. | | | |

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| Indicador 7: | | | |
| Artigos publicados por pesquisadores externos | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Aferir resultados das atividades de pesquisa realizadas por pesquisadores externos, decorrentes do uso das instalações abertas do CNPEM, no ano de referência. | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre o número de artigos de pesquisadores externos ao CNPEM que decorreu do uso das instalações no ano X, indexados na base <i>Web of Science</i> nos anos x, x+1, x+2, e o número de propostas realizadas no ano X. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Número de artigos de pesq. externos na base WoS nos anos } x, x + 1, x + 2}{\text{Número de propostas realizadas no ano } X}$ | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 4 | Unidade: Razão | Qualificação: Efetividade |
| Meta 2019: | | | 0,75 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 0,62 |
| Comentário: | | | |
| Foram identificadas 677 publicações entre 2017 e junho de 2019 referente aos pesquisadores envolvidos nas 1.086 propostas realizadas em 2017. Portanto, o resultado apurado deste indicador no primeiro semestre de 2019 foi 0,62, o que representa um atingimento de 83% da meta. A expectativa é que a meta seja cumprida na sua totalidade no segundo semestre de 2019. | | | |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| Indicador 8: | | | |
| Artigos publicados por pesquisadores internos | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i> | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Aferir resultados das atividades de pesquisa interna realizadas por pesquisadores e especialistas do CNPEM envolvidos com essas atividades. | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre o número de artigos publicados por pesquisadores e especialistas do CNPEM em periódicos indexados na base <i>Web of Science</i> , no ano de referência, e o número de pesquisadores e especialistas considerados. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Número de artigos de pesq. e especialistas internos na base WoS no período}}{\text{Número de pesquisadores e especialistas internos no período}}$ | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 4 | Unidade: Razão | Qualificação: Efetividade |
| Meta 2019: | | | 2 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 1,3 |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, 84 pesquisadores do CNPEM publicaram 111 artigos em periódicos indexados, ou seja, 1,3 artigos por pesquisador. O resultado deste indicador no referido período foi, portanto, semelhante ao resultado obtido no mesmo período do ano anterior (1,2 publicações/pesquisador), confirmando a tendência de cumprimento da meta anual. | | | |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| Indicador 9: | | | |
| Qualidade da produção científica interna | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i> | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Aferir resultados das atividades de pesquisa interna realizadas por pesquisadores e especialistas do CNPEM envolvidos com essas atividades. | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre número de artigos publicados por pesquisadores/especialistas internos classificados no Quartil 1 e número total de artigos publicados (indexados na base WoS). | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Número de artigos de pesq. e especialistas internos classificados no Quartil 1}}{\text{Número total de artigos publicados}}$ | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 1 | Unidade: Razão | Qualificação: Efetividade |
| Meta 2019: | | | 50% |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 50% |
| Comentário: | | | |
| O resultado apurado deste indicador atingiu sua respectiva meta anual, considerando o conjunto de artigos publicados no primeiro semestre de 2019. Espera-se que o cumprimento da meta seja confirmando para os resultados do segundo semestre deste ano. | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| Indicador 10: | | | |
| Taxa de coautoria internacional | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i> | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o esforço de cooperação dos Laboratórios Nacionais com instituições de ensino e pesquisa, voltado ao fortalecimento da capacidade mútua de solução de problemas científicos e tecnológicos. | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre o número de artigos publicado por pesquisadores internos (indexados na base WoS) com coautor filiado a instituições internacionais e o número total de artigos publicado por pesquisadores internos (indexados na base WoS). | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Número de artigos de pesq. e especialistas internos com coautoria internacional}}{\text{Número total de artigos publicados}}$ | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 1 | Unidade: Razão | Qualificação: Efetividade |
| Meta 2019: | | | 30% |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 47% |
| Comentário: | | | |
| Considerando o conjunto de artigos publicados no primeiro semestre de 2019, o desempenho deste indicador, além de superar a meta anual, foi o melhor resultado já obtido desde a criação do indicador (41% em 2017 e 34% em 2018). Espera-se que a expectativa de cumprimento da meta seja confirmada para os resultados do segundo semestre deste ano. | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Indicador 11: | | | |
| Parcerias em projetos de P&D com instituições de ensino e pesquisa | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i> | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o esforço de cooperação dos Laboratórios Nacionais com instituições de ensino e pesquisa, voltado ao fortalecimento da capacidade mútua de solução de problemas científicos e tecnológicos. | | | |
| Descrição: | | | |
| Para a apuração deste indicador são contabilizados acordos de cooperação e contratos formalizados com instituições de ensino e pesquisa, vigentes no ano de referência. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total de acordos e contratos com instituições de ensino e pesquisas vigentes no período</i> | | | |
| Tipo: Desempenho | Peso: 2 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficiência |
| Meta 2019: | | | 20 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 26 |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, este indicador alcançou 130% da meta pactuada. Tradicionalmente este indicador tem apresentado desempenho superior à meta anual. | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Indicador 12: | | | |
| Parcerias em projetos PD&I | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 3 – Apoio à geração de inovação | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o esforço de cooperação dos Laboratórios Nacionais com empresas para o fortalecimento da capacidade de inovação no País. | | | |
| Descrição: | | | |
| Para a apuração deste indicador serão contabilizados acordos de cooperação formalizados com empresas, vigentes no ano de referência. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total de acordo com empresas vigentes no período</i> | | | |
| Tipo: Desempenho | Peso: 2 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficiência |
| Meta 2019: | | | 35 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 37 |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, o CNPEM apresentou 37 projetos vigentes em parceria com empresas, resultado que já supera a meta anual em 6%. | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|---------------------------------|
| Indicador 13: | | | |
| Recursos associados à inovação | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 3 – Apoio à geração de inovação | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Aferir o volume de recursos associados a projetos de parceria e contratos de prestação de serviços envolvendo empresas dos setores de agricultura, indústria e serviços. | | | |
| Descrição: | | | |
| Razão entre o volume de recursos associados a projetos de parceria e contratos de prestação de serviços diretamente relacionados à inovação e o volume de recursos recebidos, no ano de referência. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| $\frac{\text{Recursos de projetos e contratos com empresas recebidos no período}}{\text{Recursos totais recebidos no período}}$ | | | |
| Tipo: Desempenho | Peso: 2 | Unidade: Percentual | Qualificação: Eficiência |
| Meta 2019: | | | 8% |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 65% |
| Comentário: | | | |
| O resultado parcial deste indicador alcançado no primeiro semestre de 2019 superou a meta pactuada para o ano. Este resultado é desprovido de significado devido à ausência de repasses financeiros do Contrato de Gestão no período. | | | |
| Data base: 30/06/2019 | | | |
| Recursos de Projetos e Contratos com empresas | | 9.805 | |
| Convênios com Inovação | | 9.881 | |
| Devolução de Convênios e Projetos | | -315 | |
| Prestação de Serviços | | 239 | |
| Recursos Totais Recebidos | | 14.972 | |
| Contrato de Gestão - 2019 | | | |
| Convênios e Projetos | | 9.881 | |
| Devolução de Convênios e Projetos | | -315 | |
| Prestação de Serviço | | 239 | |
| Rendimento Financeiro | | 1.838 | |
| Outras Receitas | | 712 | |
| Auxílios Individuais (Recursos executados) | | 2.616 | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Indicador 14: | | | |
| Tecnologias protegidas | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i> | | | |
| Eixo 3 – Apoio à geração de inovação | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Aferir resultados das atividades de pesquisa e desenvolvimento próprias dos Laboratórios Nacionais do CNPEM. | | | |
| Descrição: | | | |
| Para a apuração deste indicador são contabilizados pedidos de patentes, registros de <i>software</i> e modelos de utilidade depositados no Instituto Nacional de Propriedade industrial ou em outros escritórios de patentes, no ano de referência. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total de pedidos de propriedade intelectual depositados no período</i> | | | |
| Tipo: Desempenho | Peso: 1 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Efetividade |
| Meta 2019: | | | 8 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 1 |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, o CNPEM registrou 1 pedido de propriedade intelectual, o que corresponde a 13% da meta pactuada para o ano. Apesar do resultado inferior à expectativa do semestre, 2 outros registros de PI estão em fase final de submissão e há a perspectiva de proteção de outras 7 tecnologias para o próximo semestre. | | | |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Indicador 15: | | | |
| Horas de capacitação de pesquisadores externos | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o esforço dos Laboratórios Nacionais na capacitação de pesquisadores da comunidade científica e tecnológica brasileira. | | | |
| Descrição: | | | |
| Número total de horas de eventos de capacitação organizados pelo CNPEM | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total horas de eventos de capacitação organizados pelo CNPEM</i> | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 2 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 300 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 170 |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, este indicador alcançou 57% da meta anual pactuada, demonstrando expectativa de cumprimento da meta. | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Indicador 16: | | | |
| Número de pesquisadores externos capacitados | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão. | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o esforço dos Laboratórios Nacionais na capacitação de pesquisadores da comunidade científica e tecnológica brasileira. | | | |
| Descrição: | | | |
| Número total pesquisadores externos capacitados em eventos organizados pelo CNPEM | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total de pesquisadores externos capacitados em eventos de capacitação organizados pelo CNPEM</i> | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 2 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 270 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 216 |
| Comentário: | | | |
| O desempenho apurado deste indicador no primeiro semestre de 2019 atinge 80% da meta pactuada para o ano. A expectativa é que a meta seja superada no segundo semestre de 2019. | | | |

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Indicador 17: | | | |
| Eventos científicos | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o número de eventos científicos promovidos pelo CNPEM direcionados à comunidade científica e tecnológica brasileira. | | | |
| Descrição: | | | |
| Para a apuração deste indicador é contabilizado o número de eventos de grande porte (acima de 50 participantes), de caráter científico, realizados pelo CNPEM no ano de referência - exceto cursos de capacitação envolvendo participantes externos. | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número de eventos científicos do período</i> | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 2 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 4 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 4 |
| Comentário: | | | |
| No primeiro semestre de 2019, este indicador cumpriu 100% da meta pactuada para o ano. | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Indicador 18: | | | |
| Pesquisadores de outras regiões do país capacitados pelo CNPEM | | | |
| Eixo de Atuação: | | | |
| Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão | | | |
| Objetivo Estratégico do CG: | | | |
| Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão | | | |
| Finalidade: | | | |
| Medir o número de participantes em eventos científicos e de capacitação do CNPEM provenientes das regiões norte, nordeste, sul e centro-oeste. | | | |
| Descrição: | | | |
| Número total pesquisadores externos provenientes das regiões norte, nordeste, sul e centro-oeste capacitados em eventos (cursos, seminários e workshops) realizados no Campus do CNPEM ou em outras regiões (fora da região sudeste). | | | |
| Fórmula de cálculo: | | | |
| <i>Número total de pesquisadores externos capacitados em eventos organizados pelo CNPEM</i> | | | |
| Tipo: Uso | Peso: 1 | Unidade: Número Absoluto | Qualificação: Eficácia |
| Meta 2019: | | | 80 |
| Resultado 1º Semestre 2019: | | | 181 |
| Comentário: | | | |
| Assim como no ano anterior, o indicador superou a meta pactuada para o ano, demonstrando que os esforços envidados na realização de ações de capacitação em colaboração com instituições de outras regiões do país estão sendo mantidos. Neste semestre, destacam-se dois minicursos realizados pelo LNLS, um no Ceará (Curso de Capacitação em Espectroscopia de Absorção de Raio-X – XAS Ceará, com 74 participantes externos) e outro no Rio Grande do Norte (Curso Introdutório a Técnicas de Luz Síncrotron - Sinc-Natal, com 73 participantes externos), que juntos atraíram mais de 140 participantes. | | | |

Anexo 2: Indicadores Específicos de Projetos

Projeto CIEnCiA

| Atividade | Meta | Indicador | Prazo* | Status em 30.06.2019 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Selecionar e contratar equipe executiva gestora do CIEnCiA | Contratar equipe inicial de gestão do CIEnCiA | Equipe gestora contratada | Agosto a novembro de 2018 | 100% |
| Selecionar e contratar equipe operacional inicial do Projeto | Contratar equipe operacional inicial do CIEnCiA | Equipe operacional contratada | Novembro de 2018 | 100% |
| Adequação de Infraestrutura Predial para abrigar o CIEnCiA Fase 1 | Reforma efetuada | Prédio entregue em condições adequadas | Novembro de 2018 | REALIZADO PARCIALMENTE |
| <i>Elaborado projeto arquitetônico para adaptação do local para desenvolvimento do Projeto Educacional do CIEnCiA. As ações de adaptação, incluindo reformas da estrutura civil, foram iniciadas em março de 2019 com previsão de término ainda este ano.</i> | | | | |
| Lançamento oficial do CIEnCiA como atividade MEC, MCTIC e CNPEM | Organizar evento de lançamento do CIEnCiA | Evento realizado | Novembro de 2018 | 100% |
| Proposta pedagógica para implantação da nova organização | Elaboração e detalhamento da proposta pedagógica | Proposta pedagógica estruturada | Março de 2019 | REALIZADO PARCIALMENTE |
| <i>As diretrizes e bases conceituais da proposta pedagógica foram concluídas em junho de 2019. Estão em curso o detalhamento do projeto pedagógico institucional (PPI) e a redação do projeto pedagógico do primeiro curso a ser proposto, o Bacharelado Interdisciplinar em Ciência, Tecnologia e Inovação (BCTI), em particular, sua estrutura curricular.</i> | | | | |
| Avaliação da “Modelo Didático” | Planejamento e realização de “workshop” específico | Workshop concluído e modelo didático avaliado | Março de 2019 | 100% |
| Proposta das Estruturas Curriculares da nova organização | Elaboração e detalhamento de cada proposta curricular | Propostas curriculares estruturadas | Mai de 2019 | REALIZADO PARCIALMENTE |
| <i>Após a validação do projeto durante o I Workshop, a equipe do projeto com o auxílio de especialistas contratados iniciou a elaboração de proposta curricular para dois módulos que compõem o programa pedagógico. Módulo I = interdisciplinar de formação comum a todos os alunos da nova instituição. Módulo II = de exploração e aprofundamento, a partir de projetos temáticos multidisciplinares realizados pelos alunos. Na soma, os dois módulos correspondem a 100% dos 2400 créditos do BCTI.</i> | | | | |
| Avaliação da “Estrutura Curricular” | Planejamento e realização de “workshop” específico | Workshop concluído e estrutura curricular avaliada | Mai de 2019 | Em elaboração |

O segundo workshop está sendo preparado para 27/08/2019 e tratará deste tema.

| | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| Planejamento Plurianual do CIEnCiA com detalhamento do orçamento para o período 2019-2023 | Planejamento e Orçamento concluídos | Proposta encaminhada ao MEC | Junho de 2019 | Em elaboração |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|

O planejamento plurianual do projeto, em fase de elaboração, prevê recursos para as despesas de custeio e investimento para os primeiros quatro anos de operação como projeto piloto. Além dos recursos previstos no orçamento da União, viabilizados por meio de contrato de gestão com MCTIC e interveniência do MEC, o CIEnCIA busca estratégias de diversificação de receitas visando garantir sua sustentabilidade a longo prazo.

| | | | | |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------|---------------|
| Estudo arquitetônico e projeto básico | Elaboração de estudo arquitetônico e projeto básico | Estudo arquitetônico concluído e pré-projeto aprovado | Abril de 2019 | 100% |
| Lançamento da Pedra Fundamental da sede definitiva do CIEnCIA | Elaboração do Projeto Executivo Detalhado | Projeto Executivo pronto e Pedra fundamental inaugurada | Junho de 2019 | Em elaboração |

Com a reforma bem-sucedida (dentro do orçamento e do cronograma) do prédio Santa Cândida e com a avaliação dos responsáveis pelo projeto que as atividades podem ser plenamente realizadas nesse prédio durante os primeiros anos de funcionamento, foi decidido adiar a construção da sede definitiva até haver garantia da obtenção de novos recursos financeiros para este fim.

Projeto Sirius

Os recursos financeiros associados ao 27º Termo Aditivo foram repassados ao CNPEM em 27 de junho, desta forma, o quadro de indicadores do projeto Sirius terá seus resultados atualizados no Relatório Anual.

| ATIVIDADE | META | INDICADOR | PRAZO |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|
| OBRAS E INSTALAÇÕES | | | |
| Obras e instalações | Termo de recebimento provisório da obra | 100% de execução física | Jul/2019 |
| LINHAS DE LUZ E ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS | | | |
| Cabanas | Aquisição das cabanas para as linhas de luz e estações experimentais da 2ª fase | 30% de execução física | Jul/2019 |

| | | | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Detectores | Aquisição dos detectores para as linhas de luz e estações experimentais da 2ª fase | 50% de execução física | Dez/2019 |
| Fonte | Aquisição de onduladores para as linhas de luz da 2ª fase | 25% de execução física | Dez/2019 |
| Front-end | Aquisição de equipamentos para montagem dos front-ends das linhas de luz e estações experimentais da 2ª fase | 25% de execução física | Dez/2019 |
| Ótica | Aquisição de equipamentos óticos e acessórios para das linhas de luz e estações experimentais da 2ª fase | 25% de execução física | Dez/2019 |
| COMISSONAMENTO | | | |
| Operação e manutenção do Campus do Projeto Sirius | Operação e manutenção do Campus do Projeto Sirius | Operação e manutenção do Campus do Projeto Sirius | Ago/2019 |
| GESTÃO E RECURSOS HUMANOS | | | |
| Recursos Humanos | Manutenção parcial dos colaboradores destinados ao projeto | Manutenção parcial dos colaboradores destinados ao projeto | Jul/2019 |
| Gestão | Cursos, Treinamentos, Workshops, viagens técnicas, gerenciamento do Projeto, comunicação. | Execução de cursos, treinamentos, workshops e viagens técnicas para equipe do Projeto. Garantir as atividades de Gerenciamento do Projeto. Divulgação do Projeto. | Jul/2019 |

Projeto SisNano

O 28º Termo Aditivo, que prevê contratação de orçamento para as atividades abaixo relacionadas, foi assinado em 6 de agosto. Desta forma, o quadro de indicadores do SisNano terá seus resultados atualizados no Relatório Anual.

| META | INDICADOR | PRAZO |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Espectrometro EELS | Contrato firmado junto ao fornecedor | dez/19 |
| Sistema de Disposição de filmes finos | Contrato firmado junto ao fornecedor | dez/19 |
| Capelas de Fluxo lamelar | Contrato firmado junto ao fornecedor | dez/19 |
| RF Sputtering | Contrato firmado junto ao fornecedor | dez/19 |
| Impressora 3D | Contrato firmado junto ao fornecedor | dez/19 |
| Infraestrutura laboratorial | Aquisição e instalação de infraestrutura laboratorial para sistemas de gases, elétrica e hidráulica | dez/19 |

Anexo 3: Recomendações da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão

Recomendação: A CA observa, com preocupação, a frequente mudança de Diretores tanto na Diretoria Geral como nos Laboratórios que constituem o CNPEM. Certamente a troca frequente não contribui para políticas e estratégias de longo prazo visando atender, por exemplo, um conjunto de ações que contemple áreas estratégicas convergentes com as necessidades nacionais.

Dessa forma, a CA acredita que o CNPEM deva envidar esforços para identificar aspectos que aprimorem o processo de busca e permanência dos Diretores do Centro.

Comentário da CA na Reunião Semestral de 2017: Recomendação mantida. A CA mantém a recomendação mesmo diante do momento crítico da ciência e tecnologia no país.

Comentário da CA na Reunião Anual de 2017: Recomendação em atendimento. Foi instaurada pelo Conselho de Administração do CNPEM, o Comitê de Busca para a seleção do novo diretor-geral da instituição, o qual deve seguir seus prazos e procedimentos. A CA deve revisitar essa recomendação em sua próxima reunião.

Comentário da CA na Reunião Semestral de 2018: Recomendação em atendimento. A CA reconhece o esforço realizado para identificação do novo Diretor, registrando que o cumprimento pleno dessa recomendação deverá ser avaliado ao longo do tempo, devendo o tema ser reavaliado na próxima reunião.

Comentário da CA na Reunião Anual de 2018: Esta CAA reconhece que há sinais de estabilidade na Direção Geral e na Direção dos Laboratórios do Centro e deseja acompanhar o processo.

Providências: O CNPEM reitera que compreende as preocupações supracitadas desta Comissão, todavia ressalta-se que todas as atividades e indicadores pactuados no âmbito do Contrato de Gestão têm apresentado excelentes resultados, cumprindo ou superando as metas pré-estabelecidas. O CNPEM reitera sua preocupação em buscar as melhores formas de cumprir as

diretrizes e os objetivos estratégicos assumidos na assinatura do Contrato de Gestão com o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

Recomendação: Dimensão Nacional do Centro - desenvolver mecanismos e instrumentos de descentralização e ação nacional dos laboratórios junto aos institutos de pesquisa e inovação nas diversas regiões brasileiras.

Comentário da CA na Reunião Semestral de 2016: Recomendação mantida.

Comentário da CA na Reunião Anual de 2016: Recomendação mantida. A CA reconhece as iniciativas que vêm sendo realizadas, mas acredita que há ainda outras ações possíveis. A CA recomenda que no próximo relatório de acompanhamento semestral, o CNPEM explicita as iniciativas que estão sendo realizadas.

Comentário da CA na Reunião Semestral de 2017: Recomendação mantida. A CA reconhece, mais uma vez, que iniciativas vêm sendo realizadas, mas enfatiza a necessidade de ampliar a divulgação das atividades do Centro, por exemplo, junto às sociedades de pesquisa, às instituições de ensino e pesquisa, entre outras, no país.

Comentário da CA na Reunião Anual de 2017: Recomendação mantida. A CA reconhece, mais uma vez, que iniciativas vêm sendo realizadas (inclusive avaliadas por meio de um novo indicador), mas volta a enfatizar a necessidade de ampliar a divulgação das atividades e da possibilidade de acesso aos Laboratórios do Centro. Ações podem ser viabilizadas, por exemplo, junto às sociedades de pesquisa, às instituições de ensino e pesquisa, às FAPs, aos INCTs, aos coordenadores dos PPGs das áreas de conhecimento afins da Capes, bem como aos líderes de grupos de pesquisa do CNPq, entre outros, no país.

Comentário da CA na Reunião Semestral de 2018: Recomendação em atendimento. A CA reconhece os esforços que vêm sendo realizados, o que pode ser observado nos relatórios apresentados, mas mantém a recomendação para o acompanhamento de seu desenvolvimento.

Comentário da CA na Reunião Anual de 2018: A CAA reconhece os esforços que vêm sendo realizados, e resultados já foram observados nos indicadores de 2018. Porém, esforços devem ser continuados no sentido de uma maior diversificação da participação de usuários de outros estados da Federação.

Providências: o CNPEM permanece promovendo ações de capacitação em outras regiões da Federação, com destaque no primeiro semestre de 2019 para dois eventos realizados na região nordeste. Estas ações, além de contribuírem para a divulgação do potencial científico, técnicas e infraestrutura disponível do CNPEM, também contribuem para a divulgação do modelo de operação do Centro como Laboratório Nacional aberto à comunidade científica e tecnológica. Trata-se, portanto, de um passo fundamental para atrair novos pesquisadores brasileiros a se tornem usuários das instalações abertas do CNPEM. Informações detalhadas e consolidadas sobre os resultados destas ações serão apresentados no Relatório Anual de 2019.

    | @cnpem



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

