UNICAMP 60 anos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

JORNAL DA UNICAMP

ED. 749 | Campinas, 31 de agosto a 13 de setembro de 2026 | www.jornal.unicamp.br

Foto: Gabriel Baena Chêne

LUZ NAS ALDEIAS, ENERGIA NAS MÃOS

Placas solares ampliam renda indígena 6 e 7

Peça produzida por Tatiane Kawa Waiwai durante oficina em Alter do Chão, Santarém (PA)

Terras raras no país têm baixo valor agregado 2 e 3

Ranavírus provoca queda inédita em população de anfíbio 4

Uso de IA na graduação estimula pensamento crítico 5

Nova liga metálica reduz risco de infecção em implantes 8

Química em fluxo contínuo acelera produção de fármacos 9

São Paulo só terá ar seguro em 2033, aponta estudo 11

A **riqueza subterrânea** **futuro** do Brasil

Com reservas entre as maiores do mundo, mas capacidade de refino ainda incipiente, país discute como transformar terras raras em indústria, ciência e soberania nacional

DAVI CARVALHO
Especial para o *Jornal da Unicamp*

As matérias-primas que sustentam parte da economia digital começam no subsolo. Antes de integrarem motores elétricos, turbinas eólicas, semicondutores e sistemas de defesa, as chamadas terras raras passam por uma cadeia industrial dominada por poucos países. O debate sobre esses e outros minerais críticos, portanto, parte desse ponto. Para pesquisadores do Instituto de Economia (IE) da Unicamp e do *think tank* Transforma, vinculado ao instituto, a questão central é definir se o Brasil usará sua base mineral para desenvolver indústria, ciência e tecnologia ou se continuará a exportar recursos naturais sem controlar as etapas de maior valor.

A discussão ganhou força com o acirramento da disputa entre os Estados Unidos e a China por cadeias estratégicas e com a publicação da nota técnica "Caminhos para uma estratégia nacional sustentável e soberana de minerais críticos e terras raras no Brasil", assinada por Diógenes Breda, pesquisador do Transforma e professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), e por Iago Montalvão, coordenador executivo do grupo e doutorando do IE. O estudo insere esses elementos na economia política da transição energética, da digitalização, da política industrial e da soberania nacional.

"Terras raras" é a designação geral de um grupo de 17 elementos químicos essenciais para tecnologias de ponta. Do ponto de vista geológico, muitas delas não são propriamente raras; a complexidade reside em encontrá-las em concentrações viáveis, separá-las quimicamente, refiná-las e transformá-las em componentes industriais. É nessa passagem da lavra para o processamento e a produção de ligas e ímãs permanentes que se concentra o maior valor econômico e estratégico.

Presentes em equipamentos eletrônicos, *data centers*, veículos elétricos, tubinas eólicas e diversos componentes semicondutores, esses minerais vinculam a discussão sobre o subsolo às escolhas do país sobre como pretende produzir, gerar energia e se posicionar nas tecnologias que reorganizam a economia mundial.

Fotos: Antoninho Perri

Diógenes Breda, Marco Antonio Rocha e Iago Montalvão, do Transforma: nota técnica do *think tank* defende a criação de uma estatal de terras raras e de um fundo soberano para minerais críticos

O Brasil abriga uma das maiores reservas de terras raras do mundo – estimadas em cerca de 11 milhões de toneladas métricas (medida em equivalência de óxido de terras raras –, a maior reserva de nióbio e a terceira maior de níquel. Contudo, sua participação na produção global de terras raras é inferior a 1%. Em 2024, foram produzidas apenas 20 toneladas de terras raras, exportadas principalmente em formas de baixo valor agregado, sem domínio nacional das etapas mais sofisticadas de separação, refino e fabricação de componentes.

Para Breda, esse descompasso reflete a posição do Brasil na economia global. "É uma condição estrutural dentro da divisão internacional do trabalho que posiciona o Brasil como um país responsável por fornecer matérias-primas, produtos de baixo processamento, para as economias centrais."

Benefícios fiscais, logística voltada ao escoamento e baixa exigência de transformação local tornam mais lucrativo vender minério ou compostos de baixo processamento do que investir em cadeias industriais complexas, segundo o pesquisador. Assim, o conhecimento científico das universidades públicas não se converte automaticamente em produção. "Para alterar essa lógica, são necessários novos incentivos, instrumentos de coordenação estatal e condicionantes para a exportação de bens minerais sem agregação de valor", defende.

Do subsolo à indústria

A mineração é apenas o elo inicial de uma cadeia que abrange separação química, purificação, metalurgia e fabricação de ligas e ímãs permanentes. Quanto mais distante o país permanece dessas etapas, menores são sua captura de valor, a geração de empregos qualificados e o poder de negociação internacional.

A trajetória chinesa é um exemplo interessante. Ao articular planejamento estatal, apoio à pesquisa, controle extrativo e integração vertical no refino, a China conquistou a hegemonia global no setor. O resultado é que economias centrais, como os Estados Unidos, permanecem dependentes da cadeia chinesa em pontos estratégicos.

A presença estatal também marca outras potências. Estados Unidos, Japão e União Europeia utilizam financiamento público, estoques estratégicos, compras garantidas e restrições de exportação para proteger cadeias sensíveis. Segundo a nota técnica do Transforma, minerais críticos não são tratados pelas grandes potências como mercadorias comuns, mas como insumos de segurança econômica e industrial.

Para Breda, a lição é clara: o Brasil não deve tratar suas reservas como ativos ordinários expostos a investimentos sem contrapartidas. As parcerias internacionais devem ser pautadas pelo interesse nacional, exigindo beneficiamento local, transferência tecnológica, salvaguardas ambientais e participação pública nas decisões.

A aquisição, neste ano, da mineradora Serra Verde, em Goiás, pela USA Rare Earth explicita esse risco. A única produtora relevante de terras raras no país foi posta sob o controle de uma empresa norte-americana apoiada por instrumentos de política industrial dos EUA. Sem exigências de refino no Brasil, conteúdo local ou transferência tecnológica, o país corre o risco de substituir dependência econômica pela tecnológica, uma dependência por outra.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Reitor Paulo Cesar Montagner **Coordenador Geral da Universidade** Fernando Antonio Santos Coelho **Pró-Reitor de Desenvolvimento Universitário** Fernando Sarti **Pró-Reitora de Pesquisa** Ana Maria Frattini Fileti **Pró-Reitora de Graduação** Mônica Alonso Cotta **Pró-Reitora de Extensão, Esporte e Cultura** Sylvia Helena Furegatti **Pró-Reitora de Pós-Graduação** Cláudia Vianna Maurer Morelli **Chefe de Gabinete** Osvaldir Pereira Taranto **Chefe de Gabinete Adjunto** Zigomar Menezes de Souza

JORNAL DA UNICAMP **Coordenador da Secretaria Executiva de Comunicação** Márcio Cataia **Editor-chefe** Álvaro Kassab **Editoras** Marina Gama, Raquel do Carmo Santos (on-line) **Chefia de reportagem** Rachel Bueno **Reportagem** Adriana Vilar de Menezes, Carmo Gallo Netto, Daniela Prandi, Felipe Mateus, Hebe Rios, Helena Tallmann, Hélio Costa Júnior, Juliana Franco, Liana Coll, Mariana Garcia, Marina Gama, Paula Penedo, Silvio Anunciação, Tote Nunes **Fotos** Antoninho Perri, Antonio Scarpinetti, Lúcio Camargo **Projeto gráfico** Luis Paulo Silva **Editores de arte** Alex Calixto de Matos, Paulo Cavalheri **Atendimento à imprensa** Ronei Thezolin **Revisão** Júlia Mota Silva Costa, Rodrigo Leite **Coordenadora do núcleo audiovisual** Patrícia Lauretti **Supervisora de TI** Laura de Carvalho Freitas Rodrigues **Acervo** Maria Cristina Ferraz de Toledo, Sergio de Souza Silva **Tratamento de imagens** Renan Garcia **Redes sociais** Bruna Mozer (editora) e Octávio Augusto Bueno Fonseca da Silva **Serviços técnicos** Alex Matos, Antonio Marcos Pereira de Moura, Elisete Oliveira Silva, Guilherme Pansani, Mateus Fioresi, Selvino Frigo, Stella Cadeu Moreira Costa **Impressão** Gráfica Mundo **Correspondência** Cidade Universitária "Zeferino Vaz", CEP 13081-970, Campinas-SP. O **Jornal da Unicamp** é elaborado pela Secretaria Executiva de Comunicação (SEC) da Unicamp. **Periodicidade** quinzenal

que pode transformar o

Foto: Malcoln Oliveira/Pexels

Serra do Curral, em Belo Horizonte (MG): mineração histórica de ferro na região ilustra o desafio apontado pelos pesquisadores — utilizar recursos minerais na indústria brasileira, e não apenas exportá-los brutos

Foto: Daniel Neves Cotta/Pexels

Extração de minério no Brasil: apesar de deter uma das maiores reservas mundiais de terras raras, cerca de 11 milhões de toneladas, o país produziu apenas 20 toneladas em 2024

Décadas atrás, o Brasil já havia dominado etapas do processamento de areias monazíticas com a atuação das empresas Orquima e Nuclemon e da usina de Buena (RJ), acumulando conhecimento técnico em instituições públicas. Esse percurso, contudo, foi interrompido no contexto de abertura econômica, privatizações e enfraquecimento das capacidades estatais a partir dos anos 1990.

"Projetos que hoje seriam considerados estratégicos foram abandonados em um momento no qual outros países passavam a usar o Estado para financiar cadeias sensíveis. O Brasil, contudo, dispõe de universidades e centros de pesquisa que podem ser reorganizados em torno de uma política industrial de longo prazo", defende Breda.

Montalvão sustenta que uma política nacional para minerais críticos não deve se limitar à ampliação da produção mineral. Para ele, o país precisa criar condições para que esses insumos sejam processados e utilizados em cadeias de maior conteúdo tecnológico, com efeitos sobre a indústria, o emprego e a proteção socioambiental. "Uma política nacional de minerais críticos tem que garantir que o país tenha condições de produzir esses minerais, beneficiá-los e utilizá-los prioritariamente em uma indústria nacional", afirma.

Segundo o coordenador, empresas orientadas pelo retorno de curto prazo tendem a priorizar extração e exportação, atividades mais seguras do que refino, pesquisa aplicada e manufatura. Por isso, a política pública precisa alterar incentivos, assumir riscos, coordenar investimentos e exigir contrapartidas.

Pedro Linhares Rossi, professor do IE: para o pesquisador, o controle das terras raras é sobretudo uma questão geopolítica diante da disputa entre EUA e China pelas tecnologias do futuro

Soberania em disputa

Os pesquisadores criticam o Projeto de Lei 2.780/2024, aprovado na Câmara dos Deputados em maio de 2026, por entender que a proposta avança pouco em pontos centrais. Entre os problemas apontados estão a ampliação de benefícios fiscais sem contrapartidas robustas, a ausência de distinção entre capital nacional e estrangeiro, metas modestas de pesquisa e desenvolvimento, definição ampla de mineral estratégico, flexibilização ambiental, falta de controle público sobre produção e exportação e criação de um fundo garantidor com recursos públicos para reduzir riscos privados.

Montalvão defende que instrumentos como uma empresa estatal de terras raras, um fundo soberano de minerais críticos, contratos de compra futura pelo Estado, exigência de conteúdo local, restrições a aquisições estrangeiras e participação pública em projetos produtivos devem funcionar em conjunto.

Para fins de comparação, no setor petrolífero, o Brasil construiu uma empresa estatal, a Petrobras, desenvolveu tecnologia própria, criou mecanismos de apropriação de renda e vinculou parte dos recursos a objetivos públicos, tonando-se um instrumento de capacitação produtiva e tecnológica. Na mineração, a trajetória foi distinta. A privatização e a abertura ao capital estrangeiro reduziram a coordenação pública, enquanto a captura estatal da renda mineral permaneceu baixa.

O desafio é transportar essa lógica para uma agenda compatível com a economia do século 21, segundo Montalvão. Isso envolve organizar uma cadeia que passe pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), pelo Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), por universidades públicas, pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), por empresas nacionais e por missões industriais concretas, em áreas como transporte público elétrico, energias renováveis, equipamentos médicos e componentes para a economia digital.

Montalvão destaca que soberania nacional e proteção socioambiental precisam caminhar juntas. "Isso exige regulações claras, corpo técnico público, escuta das comunidades, participação dos territórios e mecanismos democráticos de avaliação. A alternativa à subordinação externa não pode ser a flexibilização ambiental sem controle público. Se a mineração for orientada apenas por metas de lucro, tende a reduzir a importância dos impactos sociais, ecológicos e territoriais", conclui.

Projeto de país

Marco Antonio Rocha, professor do IE e diretor do Transforma, avalia que a universidade pública deve funcionar como ponte entre conhecimento técnico e política pública "O papel de um *think tank* é fazer esse meio de campo entre os aspectos mais técnicos da discussão e os aspectos normativos típicos da política pública", enfatiza.

Segundo ele, a pauta envolve o modelo de desenvolvimento do país. Cabe ao governo e ao Congresso traduzir essas escolhas em regras, instituições e orçamento. À sociedade civil, por sua vez, cabe acompanhar o debate, pressionar seus representantes e disputar publicamente quais atores serão beneficiados, quais competências serão construídas e que tipo de inserção internacional o país buscará.

Pedro Linhares Rossi, professor do IE, vice-presidente do Fundo Global para a Nova Economia e integrante do Conselho de Desenvolvimento Econômico Social Sustentável (CDESS), considera que a relevância das terras raras é sobretudo geopolítica. Embora esses minerais não alcancem o peso de commodities como soja ou minério de ferro, seu controle é decisivo diante da disputa sino-americana pelas tecnologias do futuro. "A forma como o Brasil vai administrar esse recurso dirá muito sobre sua posição no mundo: se será um fornecedor subordinado de matérias-primas ou um país capaz de transformar essa vantagem em soberania tecnológica e poder geopolítico", sintetiza.

PESQUISADORES DEFENDEM CRIAÇÃO DE ESTATAL PARA OS MINERAIS CRÍTICOS

Entre as propostas apresentadas pelos pesquisadores está a criação de uma empresa estatal voltada à pesquisa, à exploração, à lavra, ao beneficiamento e ao refino de terras raras e outros minerais críticos. A Terras Raras Brasileiras S.A., ou Terrabras, funcionaria como instrumento de coordenação da cadeia, com capacidade para participar de projetos produtivos, organizar investimentos de longo prazo e exigir conteúdo local, transferência de tecnologia e contrapartidas industriais em parcerias com empresas privadas.

A nova empresa poderia ser criada a partir da estrutura e da experiência acumuladas pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), em articulação com o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), ou ser incorporada à Petrobras, cuja trajetória reúne experiência em pesquisa, engenharia e exploração de recursos estratégicos. Para os autores da nota, a presença estatal não excluiria o investimento privado, mas daria ao país meios para orientar a produção, internalizar etapas de maior valor e evitar que as reservas brasileiras sejam exploradas apenas para exportação.

Vírus causa **declínio inédito** de **população de pererecas**

Pesquisa em parceria com a UFPR associa surtos do patógeno à queda de 80% na reprodução de anfíbios da Mata Atlântica

PAULA PENEDO
penedo@unicamp.br

Fotos: Germano Woehl

Em um artigo recém-publicado no periódico *Biodiversity and Conservation*, cientistas da Unicamp e da Universidade Federal do Paraná (UFPR) relacionaram o declínio maciço de uma população de pererecas-macaco à infecção por ranavírus. Trata-se de um vírus que se espalha rapidamente entre anfíbios, répteis e peixes, resultando em uma alta taxa de mortalidade, mas até então nunca havia sido identificado como o causador de eventos de mortalidade em espécies nativas do Brasil, seja em ranários ou em vida livre.

As pererecas-macaco são um grupo de anfíbios conhecidos pelo seu movimento lento e por caminharem sobre a vegetação, em vez de saltarem. Seu nome é derivado da maneira como escalam as árvores, utilizando as quatro patas para se agarrar aos galhos, de forma semelhante a um primata. Elas não são consideradas uma espécie em risco de extinção, mas isso pode ocorrer caso suas populações continuem sendo afetadas por doenças como o ranavírus, uma ameaça silenciosa e sobre a qual faltam dados no país.

No estudo, os autores investigaram diversos eventos de mortandade em massa, distribuídos entre 2024 e 2026, em uma Unidade de Conservação de Santa Catarina. Os surtos impactaram os girinos das espécies *Phyllomedusa distincta* e *Boana bischoffi*, que são endêmicas da Mata Atlântica, possuem hábitos noturnos e coloração esverdeada. As infecções coincidiram com o declínio de mais de 80% no desempenho reprodutivo da *P. distincta*, o que resultou na queda acentuada do ingresso de novos indivíduos na população local, um cenário típico de epidemias.

Antes da publicação do estudo, pesquisadores somente tinham observado a mortalidade em massa causada por esse vírus em espécies invasoras, como a rã-touro e a tilápia, introduzidas no país como criações alimentícias. "Já havíamos detectado o vírus em outras espécies nativas, mas a intensidade da infecção observada naqueles casos foi muito menor", afirma a professora Karla Campião, da UFPR, que lidera pesquisas sobre parasitismo em anfíbios.

Isso significa, segundo Fonseca, que o vírus está se reproduzindo de forma rápida e eficaz, evidenciando que a sua infecção e efeitos dependem do contexto ambiental e de fatores climáticos. Os achados também reforçam que mesmo áreas preservadas e espécies endêmicas são atingidas pelo patógeno, que pode ser disseminado pelo contato com a água, animais ou objetos contaminados. "Em Singapura já existe vacina para peixes que servem de alimento, mas como a gente vai vacinar animais na natureza?", questiona a bióloga Aline Fonseca, primeira autora do artigo.

O estudo integrou parte da pesquisa de doutorado de Fonseca, realizada na UFPR sob a orientação de Campião. Em sua tese, ela investiga a prevalência do ranavírus em pontos com e sem a presença da rã-touro — conhecido reservatório da doença —, buscando entender se ela está contribuindo para a disseminação no país. No artigo, no entanto, a pesquisadora levanta outra hipótese ao afirmar que a contaminação pode ter vindo de tilápias, que também servem de reservatório para o microrganismo e são encontradas em lagoas próximas à região onde as pererecas-macaco morreram.

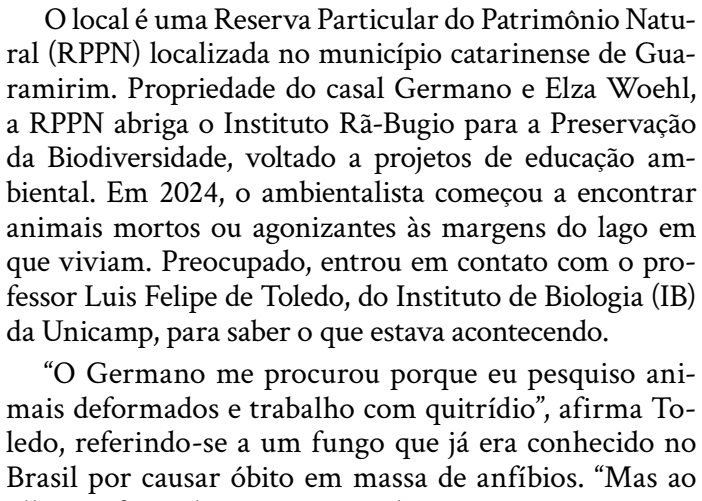
O local é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) localizada no município catarinense de Guaramirim. Propriedade do casal Germano e Elza Woehl, a RPPN abriga o Instituto Rã-Bugio para a Preservação da Biodiversidade, voltado a projetos de educação ambiental. Em 2024, o ambientalista começou a encontrar animais mortos ou agonizantes às margens do lago em que viviam. Preocupado, entrou em contato com o professor Luis Felipe de Toledo, do Instituto de Biologia (IB) da Unicamp, para saber o que estava acontecendo.

"O Germano me procurou porque eu pesquiso animais deformados e trabalho com quitrídio", afirma Toledo, referindo-se a um fungo que já era conhecido no Brasil por causar óbito em massa de anfíbios. "Mas ao olhar as fotos dos girinos, aquilo me pareceu um ranavírus. Esse é um vírus bem sistêmico, pois ataca o bicho inteiro, causando hemorragia interna, inchaços, ulcerações na pele, sangramentos e danos a órgãos. Nas imagens, foi isso que me chamou a atenção", comenta.

Foto: Arquivo Pessoal

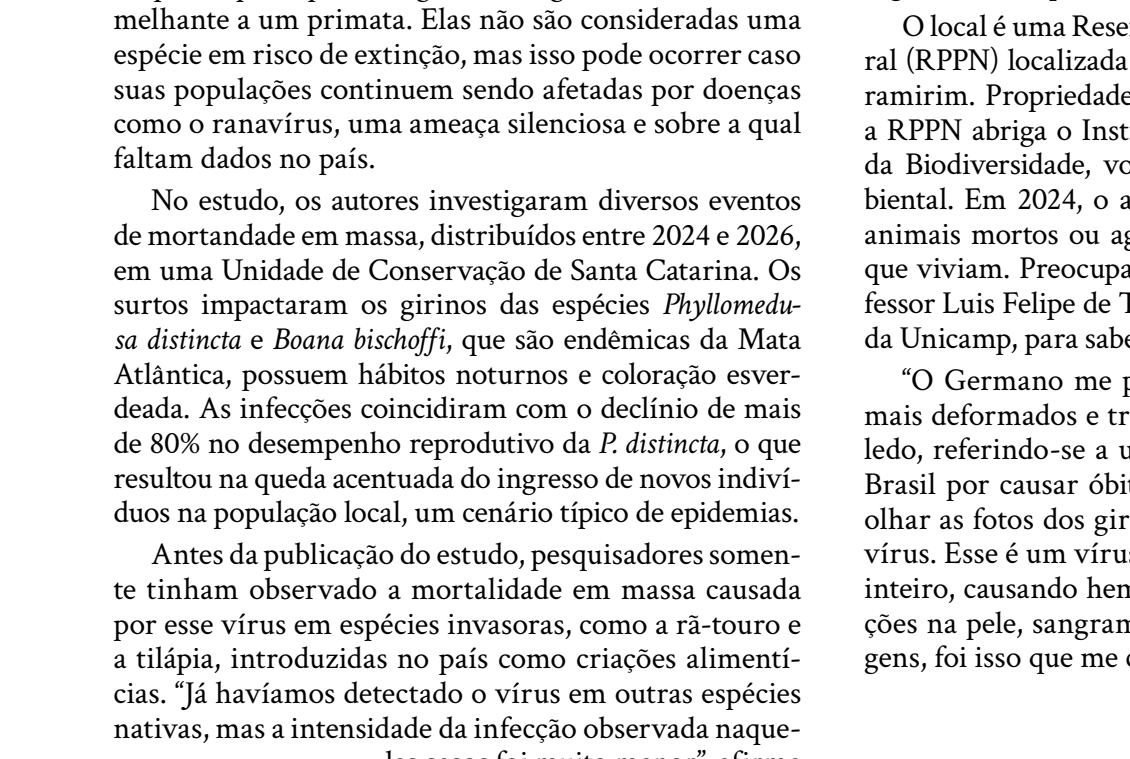
A bióloga Aline Fonseca, primeira autora do estudo, investiga em seu doutorado na UFPR se a rã-touro contribui para a disseminação do ranavírus

Foto: Antonio Scarpinetti



O professor Luis Felipe de Toledo, do IB, foi quem primeiro suspeitou do ranavírus ao analisar fotos dos girinos doentes

Foto: Luis Felipe de Toledo



Pererecas-macaco se movem lentamente sobre a vegetação e escalam árvores com as quatro patas, em vez de saltar como a maioria dos anfíbios

O estudo

Diante dessa observação, Toledo aconselhou Germano a procurar a professora Karla Campião, cujo grupo de pesquisa possui experiência na área. Em seu laboratório, a docente busca entender como os anfíbios interagem com parasitos e patógenos e como essas interações são moduladas pelo ambiente, tendo como um de seus focos justamente o ranavírus. A docente, então, sugeriu o tema a Aline, que já estava no segundo ano de doutorado e ficou responsável por confirmar a presença do vírus nos animais e identificar a qual linhagem eles pertenciam.

Essa etapa foi realizada em parceria com o Instituto de Zoologia de Londres (Reino Unido), onde Aline passou um período de estágio-sanduíche, e com a Universidade de Oviedo, na Espanha. Além disso, a colaboração com pesquisadores da Universidade de Wisconsin-Madison, nos Estados Unidos, permitiu a caracterização filogenética do vírus, ou seja, o estudo do grau de parentesco entre diferentes grupos de organismos.

Por sua vez, observações de campo e monitoramento de longo prazo permitiram avaliar os efeitos dos surtos na população de pererecas-macaco, enquanto a modelagem estatística foi utilizada para verificar o papel de outras variáveis nos eventos de mortalidade. "A gente tentou comparar os dados de resultados ecológicos, temperatura e precipitação para verificar se teve alguma relação com o declínio populacional, mas o que explicou melhor esses eventos foi o vírus", afirma Aline.

Os resultados obtidos também levantam a possibilidade de o ranavírus estar relacionado ao desaparecimento histórico de anfíbios no país. Isso porque, embora quase todos os registros da doença tenham ocorrido nas últimas três décadas, o Brasil passou por um grande declínio de espécies nos anos 1970 e 1980. "Como o vírus não foi estudado historicamente, a gente não consegue fazer essa correlação, mas, como agora sabemos que ele causa esses declínios, essa é uma hipótese plausível. É um cenário que pode ter acontecido antes, mas que precisa de mais estudos", afirma o professor Felipe Toledo.

Na **era das IAs, desconfiança** é chave **para aprendizagem**

Inteligência artificial vira ferramenta em sala de aula e estudantes tornam-se auditores do conhecimento

FELIPE MATEUS
felipeom@unicamp.br

Foto: Lúcio Camargo

Aula de Mecânica Quântica, na qual diferentes IAs são usadas como recurso didático: a proposta é que os estudantes atuem como verificadores do que é informado

"Nós, professores, temos uma tendência de sermos conservadores, de preservarmos as coisas como elas são em sala de aula. Mas, no mundo da inteligência artificial, não podemos nos dar a esse luxo." O comentário é do professor Marco Aurélio Pinheiro Lima, do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) da Unicamp.

No primeiro semestre de 2026, ele elaborou um projeto de incorporação de ferramentas de inteligência artificial (IA) gratuitas comuns no cotidiano (como ChatGPT, DeepSeek, Gemini e Claude) ao processo de aprendizagem da disciplina de Mecânica Quântica. Combinando métodos tradicionais de avaliação com momentos em que os estudantes exploram as ferramentas para questionar seu próprio aprendizado, o projeto Espelho Quântico mostra aos estudantes que, no mundo da IA, é necessário que o saber humano opere como auditor frente aos resultados que os recursos apresentam. "Minha meta é que as IAs não sejam usadas como oráculos, mas sirvam como ferramentas de diálogo."

Lima argumenta que sua atenção à forma como as ferramentas de IA passam a fazer parte da aprendizagem vai além de cenários hipotéticos, em que a tecnologia substitui a ação humana. Para o docente, o risco mais preocupante é a erosão do pensamento crítico por causa dessas ferramentas. "As IAs vieram para ficar e vão melhorar muito. Mas hoje elas cometem erros, alucinam. Se as tratarmos como oráculos, sem contar com essa possibilidade de erros, provavelmente vamos nos equivocar", observa ele. Por isso, defende que professores não atuem como fiscais do uso ou da recusa das ferramentas, mas como facilitadores para que os estudantes atuem como auditores da validade do que é informado. "Desconfiar de nossas fontes faz parte do ser humano. O uso das IAs é simplesmente um novo passo para esse assunto."

Não tem mais volta

O uso de IA como ferramenta para facilitar pesquisas científicas não é uma tendência, mas uma realidade. Um estudo da revista *Nature*, feito em 2025 com 5.229 pesquisadores de todo o mundo, avaliou as impressões em torno do uso de IA em trabalhos científicos. A taxa dos que consideram aceitável o uso das ferramentas para editar e redigir textos foi de 90% e 65%, respectivamente. Já a proporção que declara efetivamente usar a ferramenta é menor: apenas 28% afirmam usar a IA para edições e apenas 8% para redação de textos — ainda que 43% dos entrevistados manifestem interesse em usá-la.

A aceitação também é maior entre os jovens. Enquanto 42% de pós-graduandos declaram utilizar a IA, apenas 22% de acadêmicos em carreira avançada admitem o mesmo. Em todos os segmentos, chama a atenção que a maior parte dos entrevistados considere aceitável o uso da IA desde que isso seja informado, seja apenas a menção ao uso ou a divulgação dos *prompts* (instruções) utilizados.

Foto: Antonio Scarpinetti

Marco Aurélio Pinheiro Lima, professor do IFGW, idealizador do projeto "Espelho Quântico", que incorpora ferramentas de IA na sua disciplina

Nesse sentido, seu emprego na disciplina foi planejado de forma a servir como recurso para que os estudantes avaliem seu próprio aprendizado, sempre com a ideia de submeter as questões às IAs e observar seus pontos de concordância e suas contradições. Nesse processo, os alunos eram incentivados a registrar os erros cometidos pelos sistemas e confrontar os algoritmos com seus conhecimentos. Outra regra do projeto foi a transparência: os prompts eram padronizados para todos, e os procedimentos de confronto de ideias nas quatro ferramentas deveriam ser relatados de forma detalhada.

Para garantir a aprendizagem, o desempenho dos alunos foi avaliado da seguinte forma: 70% da nota foi composta por uma avaliação tradicional e sem consulta. Mediante o resultado nessa prova, os outros 30% da nota foram compostos por outras duas avaliações, denominadas C1 e C2. Na primeira, os alunos podiam corrigir seus erros na prova com auxílio das IAs, relatando a contribuição de cada ferramenta na solução dos problemas –procedimento que já era adotado por Lima anteriormente, mas com outros recursos. Já a C2, pensada principalmente para os estudantes com bons resultados na prova, foi uma espécie de desafio, no qual eles poderiam utilizar as IAs para resolver questões ainda mais difíceis. "Com essa avaliação, eles [os estudantes] atingem a fronteira dos conteúdos e podem adentrar assuntos mais complexos", detalha.

Desconfiados

Entre os estudantes, houve quem encarasse a iniciativa com certa desconfiança. "No começo, achei que a matéria seria ministrada pela IA e que o uso dela seria nossa principal fonte de conhecimento. Mas, logo nas primeiras aulas, fiquei muito feliz de estar errado", lembra Misael Mateus, aluno do curso. Ele reconhece que a forma como as ferramentas foram introduzidas tornou o processo de aprendizagem mais instigante, com incentivos para que as IAs não fossem apenas questionadas, mas provocadas. "Cada ferramenta tinha um jeito diferente de analisar os problemas: algumas eram mais verborrágicas, abusando de textos longos, e outras mais algébricas. O fato era que devíamos usá-las nessas ditas 'provocações' sobre a sabedoria e o domínio delas no assunto."

O jovem recorda, inclusive, um episódio em que, frente a uma questão intrigante, confrontou cada uma das quatro IAs com as respostas das outras, para checar em que ponto elas chegariam a um consenso. Elas de fato acabaram concordando, mas estavam erradas. "Nessa história, tive minha nota reduzida e aprendi a não confiar cegamente nas respostas delas. Mesmo que todas concordem, a resposta ainda pode estar errada."

Experiências como a de Misael corroboram o objetivo principal do projeto, que é conscientizar os estudantes do seu papel como legitimadores do conhecimento. "Fico feliz com essa desconfiança dos alunos. Eles tinham uma confiança muito maior nas IAs no começo da disciplina, e passaram a desconfiar no final", resume o professor. Outros estudantes compartilham dessa visão: "Antes eu pensava mais nela como uma ferramenta para encontrar informações ou obter uma resposta rápida. Depois dessa experiência, passei a enxergá-la mais como uma espécie de tutor de apoio", reflete Maurício Villalba.

Já para Maria Briani Lima, a experiência a tornou mais madura para utilizar recursos de pesquisa. "Sinto que era algo que eu já fazia por conta própria, mas sem um direcionamento certo e sempre com receio. Acho que o método agregou muito aos meus estudos, principalmente no sentido de permitir que eu pergunte e questione quantas vezes eu quiser, até o assunto fazer sentido para mim."

Energia solar fortalece geração

Fotos: Gabriel Baena Chêne

1

2

Projeto identifica demandas e leva energia fotovoltaica a comunidades do Amapá e do Pará, fortalecendo cadeias produtivas de artesanato

LIANA COLL
lianavnc@unicamp.br

Em 2017, a professora de Antropologia da Unicamp Artionka Capiberibe presenciou uma situação que a fez refletir sobre o acesso à energia na aldeia Kumenê, localizada na Terra Indígena Uaçá, dos Palikur-Arukwayene, no município de Oiapoque (AP). Na ocasião, uma peça do único gerador de energia elétrica havia quebrado. Além do inconveniente para as famílias, que ficavam às escuras, com comunicação restrita e sem ter como conservar alimentos, outro problema se somava: o óleo diesel, estocado às margens do rio, trazia um perigo de contaminação. Naquele momento, a professora entendeu que era urgente implementar fontes de energia limpa para a aldeia, onde desenvolve pesquisas junto aos Palikur desde 1996.

Cinco anos depois, um novo desafio reforçou essa necessidade. Em 2022, com a disseminação de um fungo agressivo nas lavouras de mandioca na região, a população indígena teve sua principal fonte de renda afetada. Essas duas situações inspiraram o projeto Energia Limpa, Vida Sustentável, focado no fomento à educação escolar, à transmissão de práticas tradicionais e à geração de renda entre os povos indígenas do Baixo Oiapoque e Mapuera-Trombetas-Nhamundá. Idealizado pela professora em conjunto com duas colegas de universidades amazônicas, o programa foi contemplado, em 2023, com recursos da iniciativa Amazônia +10.

Junto a Capiberibe, coordenam o projeto as professoras Elissandra da Silva, da Universidade Federal do Amapá (Unifap), e Lilian Rebellato, da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa). A iniciativa abrange, além da Terra Indígena Uaçá, as TIs Trombetas-Mapuera e Nhamundá-Trombetas, na região conhecida como Calha Norte, no Pará.

A demanda por energia elétrica, destaca a professora da Unicamp, sempre esteve presente. "Os povos da região do baixo rio Oiapoque têm esse contato muito intenso com os não indígenas há séculos. Isso significa que eles adotaram elementos da cultura não indígena, como vestuário e alimentação. Os povos indígenas, como gosto de falar, invertem a imagem que é sempre produzida em relação a eles como povos que estariam parados no tempo e fixos no passado. Eles são contemporâneos da sociedade não indígena, então usam celulares, vão para a escola, vêm para a universidade e têm necessidades de bens de consumo, dentre eles aparelhos eletrônicos", elucida.

3

Na Amazônia Legal, 78 mil indígenas convivem com o fornecimento inadequado de energia elétrica, segundo levantamento de 2026 da rede Uma Concertação pela Amazônia, em parceria com o Instituto de Energia e Meio Ambiente (Iema). A pesquisa mostra que a exclusão energética atinge principalmente comunidades tradicionais e originárias, que muitas vezes precisam recorrer a soluções precárias e poluentes, como os geradores.

"Nossas aldeias dependem muito de motogerador com combustível, e temos tido muitos problemas de quebra de motor. Já ficamos até um ano sem energia", conta Lenise Batista, moradora da aldeia Kumenê e mestranda em Estudos de Cultura e Política da Unifap. Ela integra o projeto e destaca a importância de trazer energia limpa para a comunidade. "Precisamos pensar também na poluição do próprio território. Temos uma questão que é o transporte do combustível, que pegamos na cidade de Oiapoque e levamos para a aldeia. Isso traz riscos de acidentes, de derramar o óleo nos rios. A Artionka identificou esse problema, pois de fato nas aldeias não temos locais adequados para armazenar o óleo diesel", afirma.

Integração de saberes

Para Batista, uma das vantagens da iniciativa é sua integração com a população. "O projeto escuta e busca ouvir as pessoas da aldeia e da comunidade, [chamando as pessoas] para participarem, trazendo suas opiniões, porque nossos povos têm uma forma de entender energia e economia sustentável. Então, trazer toda essa discussão tem sido muito importante para o fortalecimento da nossa comunidade, do nosso povo, incentivando e valorizando aquilo que nós temos de conhecimento."

O projeto se encerra em 2027. Ao longo do seu desenvolvimento, a equipe de pesquisadores ouviu e mapeou as demandas de indígenas do Amapá e do Pará, instalou placas de energia fotovoltaica nas aldeias e adquiriu equipamentos de trabalho que podem contribuir na confecção do artesanato. Além disso, ofereceu oficinas de cerâmica, em Alter do Chão (PA), e de reaproveitamento de madeira para a confecção de biojoias, na aldeia Kumenê. A iniciativa incluiu também um *workshop* na Unicamp e duas expedições de indígenas Palikur, Karipuna e Galibi Marworno a Gotemburgo, na Suécia, para ajudarem a catalogar artefatos dessas etnias que foram levados ao país no início do século 20. A repatriação será feita de forma digital: o acesso aos artefatos será devolvido por meio da digitalização dos documentos e da produção de réplicas em impressoras 3D. A opção por não trazer fisicamente os objetos ocorreu pela falta de um local adequado para armazená-los.

Keyla Palikur, artista visual do povo Palikur-Arukwayene e membro do coletivo de artistas indígenas Waça'Wará, ministrou a oficina de reaproveitamento de madeira para confecção de biojoias junto à mestre-artesã e doutora em Ambiente e Sociedade pela Unicamp Marília Giesbrecht. "A equipe do projeto fez uma oficina muito importante, mostrando para os mestres e mulheres que trabalham com confecção de colares e brincos que há outra maneira de obter materiais dentro do território, sem precisar ficar gastando com miçangas, que é um material caro", lembra.

A madeira utilizada, explica, provém principalmente da sobra da confecção de bancos por mestres palikur, uma atividade tradicional entre a etnia. A partir desse material, avalia, promove-se uma nova forma de produção de brincos e colares, que carregam a história da tradição dos bancos. "Eles carregam uma memória sobre a cosmologia, sobre as narrativas, sobre as histórias que os pajés e nossos mais velhos contavam sobre o momento em que era realizado o *toré* [ritual sagrado] do nosso povo", observa.

de **renda em aldeias indígenas**

1

Foto: Ocinildo Labontê

4

5

6

1 - Biojoias feitas com madeira reaproveitada da confecção de bancos; atividade tradicional das mulheres Palikur une tecnologia e tradição

2 - Oficina de produção de biojoias na aldeia Kumenê, no Amapá

3 - O encontro também ensinou o manuseio de parafusadeiras e lixadeiras para a confecção dos artefatos

4 - Entrega de kits de energia fotovoltaica na Terra Indígena Uaçá, em junho de 2026

5 e 6 - A oficina de cerâmica reuniu povos indígenas do Baixo Oiapoque e da Calha Norte, em Alter do Chão (PA)

Além disso, essas peças promovem uma nova forma de geração de renda a partir da valorização da cultura e da memória Palikur. "Os colares e brincos que estão sendo feitos são novas formas de poder criar e contar um pouco sobre nosso povo e sobre nossa cultura de uma forma atual, porque nós também estamos aqui no presente, tendo acesso a tecnologias que agilizam o fazer e a produção de um produto, sem perder a ligação com nosso povo. Vamos adaptando aprendizados e tecnologias, mas fortalecendo o que está dentro da aldeia", diz Keyla Palikur.

Na oficina foram ensinadas formas de manusear equipamentos que facilitam a preparação dos materiais, como parafusadeiras e lixadeiras. A energia elétrica fornecida pelo kit fotovoltaico permitirá utilizá-los. No âmbito do projeto, ainda, foi construída uma pequena oficina. "Dentro da aldeia agora temos uma casinha em que todos podem entrar para compartilhar, aprender a usar essas ferramentas e começar a produzir. E ali o kit de placas para fazer as máquinas funcionarem também permite acesso à internet."

A professora Artionka Capiberibe ressalta a natureza prática das propostas vinculadas ao Amazônia +10, que trazem impactos imediatos a partir do intercâmbio de saberes. "Conseguimos alcançar resultados práticos, sobretudo com as oficinas de cerâmica e de madeira reaproveitada e com a instalação das placas solares, que não é uma instalação aleatória. Elas estão vinculadas às oficinas, aos locais de trabalho, para lidar com as matérias-primas e com a produção de artesanatos e de artefatos que forem do interesse deles e que possam beneficiá-los economicamente."

O projeto Energia Limpa, Vida Sustentável tem três eixos: geração de energia elétrica sustentável, fomento a cadeias produtivas de artefatos e relação entre o conhecimento indígena e não indígena. As atividades tiveram início com um diagnóstico das necessidades energéticas das 12 aldeias indígenas das etnias Katuena, Xereu, Wai Wai, Tunayana, Sikiyana, Hixkaryana, Karafawyana e Waimiri Atroari na região da Calha Norte. O levantamento foi realizado por uma equipe da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação (Feec) da Unicamp, coordenada pelo professor Luiz Carlos Pereira da Silva, com apoio do Centro Paulista de Estudos da Transição Energética (CPTEn). O mesmo levantamento foi realizado em nove aldeias da região do baixo rio Oiapoque.

Durante o mapeamento, foram levantados dados sobre consumo de energia individual, familiar e coletivo. Neste caso, o foco foi o uso de energia nas cadeias produtivas, como a do artesanato. Com consulta às comunidades, decidiu-se que as oficinas comunitárias seriam o destino dos kits de placas fotovoltaicas, que geram uma energia limpa e menos suscetível a imprevistos, como aqueles que ocorrem com o gerador.

Em junho deste ano, duas aldeias já receberam os kits: Kumenê e Mawihgi, ambas na TI Uaçá. A instalação na aldeia de Mapuera, na Calha Norte, está prevista para o fim de 2026.

Gabriel Baena Chêne, doutorando em Antropologia na Unicamp e membro do projeto, acompanhou e documentou a entrega dos kits, bem como o *workshop* realizado na Unicamp em 2024 e as oficinas. Para o antropólogo, destaca-se na iniciativa a troca de conhecimentos. "É interessante esse intercâmbio entre os pesquisadores indígenas e não indígenas, não colocando o conhecimento indígena só como conhecimento tradicional, mas também como o conhecimento que produz ciência", observa.

Baena, responsável pela identidade visual do projeto, também vem documentando, com registros fotográficos, o percurso das atividades vinculadas ao Energia Limpa, Vida Sustentável. Algumas exposições já foram realizadas com suas fotografias, que ilustram esta reportagem.

AMAZÔNIA +10

A iniciativa Amazônia +10 surgiu da colaboração entre o Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (Confap), o Conselho Nacional de Secretários para Assuntos de Ciência, Tecnologia e Inovação (Consecti) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O edital contemplou projetos de Fundações de Amparo à Pesquisa voltados ao desenvolvimento sustentável e inclusivo na região. Cada proposta reúne duas fundações da região amazônica e outra fundação signatária.

Foto: Lúcio Camargo

Gabriel Baena Chêne e Artionka Capiberibe: para a dupla, o projeto mostra que o conhecimento indígena também produz ciência

Processo a laser pode **reduzir infecções** associadas a **implantes de titânio**

Em fase de testes, nova técnica usa laser para incorporar cobre e prata a liga metálica, com potencial para reduzir complicações em aplicações biomédicas

ISABELE SCAVASSA
Especial para o *Jornal da Unicamp*

Implantes de titânio são utilizados em diferentes procedimentos ortopédicos devido, entre outras características, às suas propriedades mecânicas, que resultam em uma rigidez mais próxima à do tecido ósseo em comparação aos dispositivos feitos com materiais convencionais, como o aço. Apesar do bom desempenho desses implantes no organismo, eles costumam esbarrar em um problema ainda antes de sua plena integração ao corpo: bactérias podem contaminar a superfície deles durante ou após a cirurgia, formando uma película (biofilme) que dificulta sua eliminação, com risco de causar infecções e comprometer a integração do implante.

Uma tecnologia de fabricação desenvolvida por pesquisadores da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da Unicamp busca enfrentar esse problema modificando apenas a superfície das ligas de titânio utilizadas em implantes ortopédicos e odontológicos. A proposta combina cobre e prata, metais conhecidos por sua atividade antimicrobiana, a uma etapa de processamento a laser, acrescentando uma função à superfície sem alterar as propriedades mecânicas do material que compõe o interior do implante. O resultado foi protegido por meio de um pedido de patente depositado com estratégia da Agência de Inovação Inova Unicamp.

"As ligas de titânio são bastante notórias por sua aplicação biomédica, como implantes ortopédicos", explica Kaio Niitsu Campo, docente na FEM e um dos inventores da nova técnica. Segundo ele, uma das razões para o uso do material é justamente seu módulo de elasticidade (uma propriedade que impacta a rigidez do dispositivo), mais próximo ao do osso.

"A proposta foi modificar apenas a superfície da liga, justamente na região de interesse para dificultar a formação de biofilmes, preservando, ao mesmo tempo, as propriedades e a integridade do material em seu interior", relata Campo.

Laser na superfície

A fabricação da superfície modificada combina etapas de deposição dos metais e processamento a laser. A técnica permite incorporar cobre e prata a uma camada do titânio, controlando sua concentração e preservando as características do material em seu interior.

"Com a aplicação do laser, o cobre e a prata são incorporados ao material, estabelecendo uma integração metalúrgica com o substrato. Dessa forma, evitamos o risco de delaminação, ou seja, de desprendimento de uma camada superficial que tenha sido apenas depositada sobre o implante", explica o docente.

Outro aspecto apontado pela equipe é a velocidade da etapa a laser. O processamento da superfície ocorre em poucos segundos, característica que pode favorecer a produtividade caso o processo venha a ser levado à escala industrial.

A rota também utiliza precursores relativamente baratos. Na etapa de deposição, são empregados sulfato de cobre e nitrato de prata. Campo ressalta que o laser representa o componente de maior custo, mas considera que o investimento é compatível com aplicações industriais, uma vez que equipamentos desse tipo já são empregados em processos de fabricação de peças metálicas.

Até o momento, o trabalho concentrou-se principalmente no desenvolvimento e na otimização da rota de fabricação da superfície modificada. A etapa seguinte é verificar se a combinação de cobre e prata incorporada ao titânio apresenta, de fato, o efeito antibacteriano esperado em condições biológicas.

Laís Pellizzer Gabriel, docente da FCA da Unicamp, conduz os testes biológicos da pesquisa

Fotos: Igor Alisson – Inova Unicamp

Kaio Niitsu Campo, da FEM: técnica desenvolvida combina metais antimicrobianos ao laser para dificultar a formação de biofilme em implantes ortopédicos e odontológicos

"Apesar do potencial da tecnologia, ainda existem desafios importantes a serem superados", afirma Campo. Entre eles estão a comprovação experimental da atividade antibacteriana e a identificação das condições que proporcionam o melhor desempenho biológico.

A equipe também investiga os mecanismos envolvidos na eventual ação contra as bactérias. Uma das possibilidades é a liberação de íons dos metais; outra envolve a morte delas por contato direto com a superfície modificada. O processamento a laser, por sua vez, precisa ser avaliado quanto aos efeitos provocados pela rápida solidificação do material, que pode levar, por exemplo, à formação de trincas.

Os experimentos reúnem pesquisadores de diferentes áreas da Unicamp. A etapa de processamento a laser foi realizada no Laboratório de Metalurgia Física da FEM, em colaboração com o grupo do professor Rubens Caram. Os testes biológicos são conduzidos em parceria com a professora Laís Pellizzer Gabriel, da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Universidade.

O foco da pesquisa é a aplicação biomédica, especialmente em implantes ortopédicos e odontológicos. No entanto, a equipe também realizou testes de corrosão, nos quais a superfície modificada apresentou desempenho ligeiramente superior ao do substrato sem tratamento. O resultado sugere que a estratégia pode ter interesse em outras situações nas quais a resistência à corrosão do titânio seja uma propriedade relevante, incluindo aplicações nos setores químico, aeronáutico e automobilístico.

Busca por parceiros

Para avançar às próximas etapas de desenvolvimento e avaliar seu desempenho em condições mais próximas das encontradas no mercado, a tecnologia precisa de parceiros interessados em sua aplicação. O licenciamento é um dos caminhos para que empresas possam acessar a solução, investir em seu desenvolvimento complementar e contribuir para etapas como novos testes, adequações e validações necessárias antes de uma eventual aplicação comercial.

Na Unicamp, os processos de transferência de tecnologias desenvolvidas na Universidade são conduzidos pela Inova Unicamp, agência de inovação responsável por aproximar a propriedade intelectual protegida da Universidade de empresas e outras instituições interessadas em transformá-las em soluções aplicadas e inovação.

Empresas e instituições interessadas em conhecer mais sobre a tecnologia de modificação superficial de ligas de titânio podem entrar em contato com a Inova Unicamp por meio do formulário de conexão com empresas disponível no site da Agência.

Tecnologias facilitadoras dão novo ritmo à química

Pesquisadores desenvolvem processos mais rápidos e sustentáveis para a síntese de compostos usados na indústria farmacêutica, com menos resíduos e solventes

PAULA PENEDO
penedo@unicamp.br

Fotos: Antoninho Perri

Reator de fluxo contínuo utilizado nas pesquisas do grupo: reagentes são incorporados aos poucos, e os produtos são retirados assim que formados

Cientistas do Instituto de Química (IQ) da Unicamp estão desenvolvendo pesquisas voltadas a explorar os benefícios das chamadas tecnologias facilitadoras na síntese de moléculas orgânicas. A iniciativa, liderada pelo docente e bolsista do programa Jovem Pesquisador da Fapesp Julio Cezar Pastre, integra o Programa Bioen, dedicado a incentivar estudos na área de bioenergia, e vem resultando em processos alinhados aos princípios da química verde.

Tecnologias facilitadoras são inovações capazes de transformar significativamente a maneira como uma atividade é realizada, permitindo alcançar resultados que seriam difíceis ou até impossíveis pelos métodos convencionais. Na química, elas podem modificar a forma como reações são conduzidas, proporcionando maior controle, eficiência, segurança e sustentabilidade.

No caso das pesquisas de Pastre, o objetivo é explorá-las para superar as limitações dos chamados processos em batelada. Predominante na maioria dos laboratórios, esse modelo consiste em um sistema no qual todos os componentes são inseridos no início do processo, enquanto o produto é retirado apenas no final, após um tempo pré-determinado de reação.

Embora geralmente demande menos investimentos, a batelada acarreta desafios relacionados ao tempo e escalonamento do processo. Isso porque, assim como em uma panela, são as paredes do reator que transferem calor e permitem o aquecimento ou resfriamento, o que pode tornar a transferência de calor mais lenta, especialmente quando seu volume aumenta. Além disso, a relação entre a área de superfície e o volume do equipamento se altera durante o escalonamento, o que pode comprometer a eficiência da transferência de calor e massa.

Por esse motivo, uma das tecnologias facilitadoras empregadas é a da química em fluxo contínuo. Como em uma linha de produção, esse método permite alimentar o reator continuamente com os reagentes, enquanto os produtos são removidos assim que formados, sem interromper a reação. "Uma das vantagens do fluxo contínuo é justamente o controle sobre a reação. Nos microrreatores [onde essas reações ocorrem] as dimensões são muito pequenas, então a transferência de calor e de massa acontece de maneira muito eficiente", afirma o docente.

Julio Cezar Pastre, docente do IQ da Unicamp, lidera pesquisas com tecnologias facilitadoras aplicadas à síntese de moléculas orgânicas

Compostos aromáticos

Recentemente, o grupo publicou duas pesquisas com o uso do fluxo contínuo para a produção de moléculas aromáticas, compostos caracterizados pela presença de sistemas conjugados que lhes conferem propriedades eletrônicas e químicas particulares. Por isso, eles são amplamente empregados em uma grande variedade de produtos químicos e desempenham papel importante na indústria farmacêutica, além de serem utilizados na fabricação de outros produtos industriais, como corantes.

Muitos compostos aromáticos utilizados na produção de medicamentos são obtidos de matérias-primas de origem fóssil, como o petróleo. "A principal fonte de compostos aromáticos na natureza é a biomassa lignocelulósica. No entanto, a lignina, que confere resistência e proteção às plantas, é bastante complexa e rígida. Além disso, ela possui ligações carbono-oxigênio muito fortes, que são difíceis de quebrar", explica.

É aí que entram as pesquisas do grupo. Em uma delas, publicada no periódico *Tetrahedron Letters*, a equipe obteve moléculas aromáticas em um processo de apenas vinte minutos, enquanto as reações em batelada demoravam cerca de cinco horas para fazer o mesmo. Isso foi possível devido a uma estratégia de fotocatálise – quando a luz fornece energia ao sistema por meio de um fotocatalisador – a partir de uma combinação inédita de fluxo contínuo, luz azul de LED e uma molécula chamada éster de Hantzsch.

O processo permitiu obter moléculas de maneira mais seletiva, ou seja, reduzindo a formação de subprodutos. Isso se deveu, principalmente, ao fluxo contínuo, que acelerou a reação, e ao LED, que permitiu o controle das condições de irradiação. "Na batelada, quando você irradia demais, ocorrem outras reações, porque o produto permanece no meio reacional ao longo do processo. Como o tempo de reação diminuiu com o fluxo contínuo, a exposição à irradiação também foi menor e, com isso, menos reações colaterais aconteceram", esclarece.

O segundo artigo, por sua vez, descreve uma estratégia semelhante para obter amidas N-arílicas, a partir de nitroarenos. No entanto, em vez da fotocatálise, o estudo empregou a eletroquímica – sistema no qual a energia elétrica promove a transferência de elétrons necessária para a transformação química. Divulgada no periódico especializado *Reaction Chemistry & Engineering*, a estratégia simplificou um processo que envolvia múltiplas etapas e o uso de substâncias potencialmente agressivas, obtendo vinte amidas N-arílicas diferentes, cada uma com um tempo de reação de apenas quinze minutos.

Mecanoquímica

Outras tecnologias facilitadoras também têm trazido resultados promissores. Uma delas é a mecanoquímica, na qual as reações são promovidas por energia mecânica, geralmente em um processo em batelada. Para isso, os pesquisadores utilizam um reator cilíndrico, semelhante a um pequeno moinho, contendo esferas em seu interior. Durante a agitação, as esferas colidem entre si e com os reagentes, promovendo a quebra e a mistura dos materiais e fornecendo a energia necessária para que a reação ocorra.

Em uma dessas pesquisas, publicada no periódico *RSC Sustainability*, os pesquisadores converteram terpenos – moléculas que podem ser obtidas a partir de fontes renováveis, como a biomassa – em ftalamidas, compostos aromáticos nitrogenados empregados nas indústrias química e farmacêutica. A estratégia viabilizou uma rota mais sustentável do que as descritas anteriormente, com tempo de reação de apenas 90 minutos, enquanto processos tradicionais levam cerca de cinco horas.

Uma das principais vantagens da mecanoquímica é o fato de possibilitar reações com pouco ou nenhum solvente. Isso torna a técnica particularmente interessante para a síntese orgânica sustentável, uma vez que a redução do uso de solventes é um dos princípios da química verde. "A indústria farmacêutica é uma das indústrias de química fina que, proporcionalmente, mais geram resíduos, e 80% desses resíduos são causados pelo uso de solventes. Então, imagine o impacto que vai ocorrer na produção de um fármaco se os processos não fizerem uso dessas substâncias", comenta.

Escritoras 'malditas', da Idade Média à contemporaneidade

Obra analisa a escrita transgressiva de autoras em língua portuguesa ao longo de sete séculos

MARCELLA FERNANDES DIAS
Especial para o *Jornal da Unicamp*

Durante séculos, a liberdade de escrita foi um direito negado às mulheres no cenário literário. Ainda assim, diversas autoras desafiaram as restrições sociais de seu tempo e utilizaram a literatura para afirmar suas vozes e narrar experiências frequentemente silenciadas.

Em *O maldito no feminino: a escrita literária transgressiva em língua portuguesa*, Maria Lúcia Dal Farra investiga, justamente, as formas de transgressão presentes na literatura de autoria feminina. A obra analisa como determinadas escritoras passaram a ser associadas à ideia de "maldição" literária e examina diferentes representações desse conceito desde a Idade Média até a contemporaneidade.

Mestre e doutora em Letras Clássicas e Vernáculas pela Universidade de São Paulo (USP), Dal Farra é livre-docente pela Unicamp e professora titular da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Venceu o Prêmio Jabuti de Poesia de 2012 e ocupa a Cadeira 25 da Academia Botucatuense de Letras.

Em entrevista ao ***Jornal da Unicamp***, a autora comenta o processo de criação e os critérios que orientaram a escolha das obras e dos autores analisados.

Jornal da Unicamp – Como surgiu a ideia de escrever* O maldito no feminino *e como foi o processo de criação do livro?

Maria Lúcia Dal Farra – Sempre me interessei pela escrita literária feminina, até porque também a pratico e me sinto afetada pelos preconceitos que historicamente a cercam. Desde o início da minha vida acadêmica, acompanho de perto a obra da poetisa portuguesa Florbela Espanca [1894—1930], que atravessou um verdadeiro calvário de maledicências durante sua vida literária. Sempre me perguntei que "crimes" ela teria cometido para ser tratada com tamanha hostilidade, sobretudo, após sua morte.

Essa inquietação me levou a investigar outras escritoras em língua portuguesa e a perceber reações semelhantes diante da poesia das brasileiras Gilka Machado e Yde Schlöenbach Blumenschein, conhecida como "Colombina", e da portuguesa Judith Teixeira. Todas foram duramente criticadas por praticarem uma escrita livre, muitas vezes de contornos eróticos. Percebi, então, que esse tipo de reação não surgia do nada. No século 19, [o poeta francês Paul] Verlaine já havia formulado a ideia de "maldição" literária, não como algo negativo, mas como uma forma de transgressão capaz de desafiar as normas sociais. Entre os autores que ele menciona, aparece apenas uma mulher: Marceline Desbordes-Valmore. A partir daí, ampliei a pesquisa, retrocedendo na literatura de língua portuguesa até os livros de linhagem, do século 14, e avançando até a contemporaneidade.

Jornal da Unicamp – Quais critérios orientaram a escolha dos autores e textos analisados no livro?

Maria Lúcia Dal Farra – O objetivo foi fazer um recorte histórico dentro das literaturas de língua portuguesa. No entanto, para compreender melhor o conceito de "maldito", também foi necessário considerar influências de outras tradições literárias. Por isso, recorri a autores como Edgar Allan Poe e Charles Baudelaire, cujas teorias estéticas valorizam o grotesco, o anormal e os mundos artificiais – elementos associados ao "maldito". Também examinei o papel de Verlaine e de Marceline Desbordes-Valmore nesse debate.

Outro ponto interessante foi perceber como a própria escrita masculina construiu certas imagens do "maldito". Um exemplo é o modernista português Mário de Sá-Carneiro, que em *A confissão de Lúcio* reúne personagens inspiradas em bailarinas do início do século 20 associadas a uma ideia de transgressão.

Jornal da Unicamp – Ao observar produções da Idade Média à contemporaneidade, que semelhanças ou diferenças aparecem nas representações do "maldito" no feminino?

Maria Lúcia Dal Farra – Simplificando uma questão complexa, percebi que desde a Idade Média existem duas grandes imagens no feminino. De um lado está a mulher associada ao modelo de Maria, símbolo de pureza. De outro, aparece a figura ligada a Lilith, considerada "maldita" e associada à bruxaria — visão reforçada, por exemplo, pelo *Malleus Maleficarum*, um manual da Inquisição. Esses modelos continuam a aparecer, com variações, até hoje. Ao mesmo tempo, o repertório contemporâneo do "maldito" feminino se amplia e passa a incluir outras identidades e experiências, como as expressões homoeróticas ou bissexuais.

Há, ainda, interpretações críticas que associam essa figura à própria modernidade. A partir de fragmentos de Walter Benjamin, por exemplo, é possível que, se o herói moderno é um anti-herói, frequentemente representado pelo poeta trágico, a figura feminina correspondente poderia ser a da lésbica, entendida como uma espécie de anti-heroína da modernidade.

Foto: Acervo da Fundação Biblioteca Nacional - Brasil

Gilka Machado, poetisa brasileira, cuja obra foi estudada pela autora do livro

Jornal da Unicamp – Que impactos essa "maldição literária" ainda provoca nas condições femininas da atualidade?

Maria Lúcia Dal Farra – Hoje, essa condição muitas vezes é apropriada pelo próprio mercado cultural. Aquilo que antes era visto como marginalidade passa a funcionar como um valor comercial, uma espécie de marca de distinção capaz de atrair leitores.

Um exemplo emblemático é o caso de Florbela Espanca. A forma como sua obra foi explorada após sua morte revela situações bastante problemáticas. Acompanhei de perto as negociações envolvendo o espólio da autora e vi como interesses comerciais acabam prevalecendo. Em determinado momento, chegou-se a ameaçar fragmentar o acervo para obter maior lucro no mercado editorial. Além disso, foram publicadas edições de sua obra completa organizadas de maneira bastante questionável, com datas e disposições de poemas alteradas.

Assim, enquanto Florbela passou a ser celebrada como uma "maldita" no sentido produtivo que discuto no livro, houve também quem se aproveitasse dessa imagem de forma oportunista. Nesse caso, a verdadeira "maldição" talvez esteja menos na autora e mais na exploração comercial de sua obra.

Título: O maldito no feminino: a escrita literária transgressiva em língua portuguesa
Autora: Maria Lúcia Dal Farra
ISBN: 9788526817685
Edição: 1ª
Ano: 2025
Páginas: 448
Dimensões: 16 x 23 cm

LANÇAMENTOS

PULSÕES CRIATIVAS: ENTRE A FICÇÃO E A REPETIÇÃO
Suzi Frankl Sperber
Páginas: 120
Dimensões: 14 x 21 cm

ANTROPOLOGIAS
Susana Durão e Omar Ribeiro Thomaz (orgs.)
Páginas: 464
Dimensões: 16 x 23 cm

TODOS ESTES ANOS DE GENTE
Andrea Andújar e Ernesto Bohoslavsky (orgs.)
Páginas: 208
Dimensões: 14 x 21 cm

EDITORA UNICAMP

Livraria da Editora da Unicamp
R. Sérgio Buarque de Holanda, 421
Cidade Universitária Unicamp

www.editoraunicamp.com.br
vendas@editora.unicamp.br

São Paulo deve cumprir **meta da ONU** para qualidade do ar **com três anos de atraso**

Projeção mostra que a capital paulista vai atingir o objetivo somente em 2033, com descompasso ainda maior em relação aos parâmetros da OMS

ADRIANA VILAR DE MENEZES
adrivm@unicamp.br

A poluição atmosférica na cidade de São Paulo tende a diminuir nos próximos anos, de acordo com estudo realizado na Faculdade de Tecnologia (FT) da Unicamp. Mas, ao relacionar a projeção da concentração de material particulado no ar aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 e aos riscos à saúde humana, a engenheira ambiental Priscila Boleta Gonçalves estimou que a capital paulista não alcançará as metas recomendadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no prazo estabelecido.

Em artigo publicado na revista científica *npj Clean Air,* que compõe o portfólio da *Nature*, a pesquisadora acende um sinal de alerta: apesar da tendência de queda na concentração de poluentes em São Paulo, somente em 2033 a cidade atingirá a classificação verde pelo método do semáforo para o indicador 11.6.2, que pertence ao ODS 11, um dos 17 objetivos lançados pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, com a meta de serem atingidos até 2030. A OMS é o órgão técnico-validador dos indicadores definidos.

O método do semáforo tem quatro subdivisões: a pior é a vermelha, seguida, em ordem crescente de melhora, de laranja, amarela e verde. No início do estudo, em 2015, a cidade ainda estava na classificação laranja. Em 2022 chegou ao amarelo, e a projeção é de que em 2033 estará no verde. São Paulo é hoje a segunda cidade mais poluída da América do Sul, atrás de Lima (Peru).

As metas para a qualidade do ar são estabelecidas a partir da medição da quantidade de material particulado (MP), um dos principais indicadores de poluição atmosférica, cujas frações mais relevantes são MP2,5 (com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 micrômetros, ou seja, milésimos de milímetro) e MP10 (diâmetro de 10 micrômetros). "Um fio de cabelo é mais grosso que a partícula MP10", dimensiona a professora da FT Simone Andréa Pozza, orientadora da tese de Gonçalves que deu origem ao artigo.

De acordo com a projeção da pesquisadora, a concentração de MP2,5 só estará em níveis adequados à saúde na cidade de São Paulo em 2045, de acordo com os valores orientadores da Organização Mundial da Saúde (OMS); já a de MP10, só em 2050 . O MP tem a forma de partículas sólidas e líquidas suspensas no ar, invisíveis a olho nu e inaláveis. Ele é composto, por exemplo, por fuligem, poeira e substâncias químicas. Suas principais fontes são de origem industrial ou veicular.

Mortes prematuras

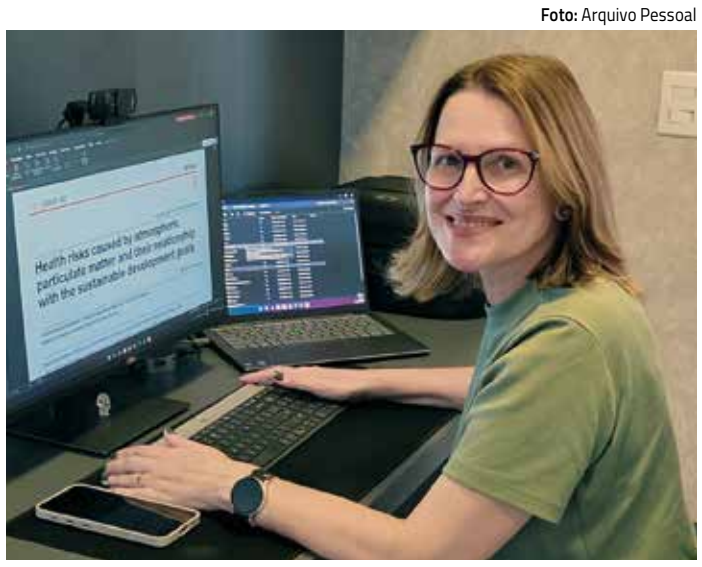
Ao relacionar a qualidade do ar de São Paulo com a saúde da população, Gonçalves identificou que milhares de mortes poderiam ser evitadas se as concentrações estivessem abaixo das recomendações da OMS. Entre 2015 e 2022, ela estima que ocorreram 29.396 mortes prematuras causadas pela exposição ao MP2,5, e 18.168 causadas pelo MP10. O estudo também indica tendência de queda no número de mortes prematuras, acompanhando a queda na poluição.

"A importância do monitoramento também está relacionada à saúde, porque estamos expostos todos os dias ao mesmo ambiente", diz a pesquisadora. "Fizemos a projeção tanto para ver se conseguiríamos atingir o que o ODS propõe até 2030, quanto para verificar os padrões que a OMS estabelece como seguros para a exposição humana ao material particulado", diz a pesquisadora.

Além de doenças respiratórias e cardiovasculares, a exposição ao material particulado está associada a distúrbios neurológicos e afeta os sistemas digestivo, imunológico e reprodutivo. A poluição prejudica a qualidade de vida e sobrecarrega o sistema de saúde pública.

Quanto menor a partícula, mais profundamente ela consegue chegar ao nosso sistema respiratório. "Esse tamanho diminuto do MP2,5 permite que, na hora que nós inspirarmos, ele se deposite nos alvéolos pulmonares, podendo entrar na corrente sanguínea", diz Pozza, que, como engenheira química, pesquisa as partículas há mais de 20 anos. "Há compostos ali que são muito prejudiciais à saúde humana. Tudo isso vai se agregando ao nosso corpo."

Foto: Arquivo Pessoal



Simone Andréa Pozza, professora da FT, orientou a tese sobre projeção da qualidade do ar

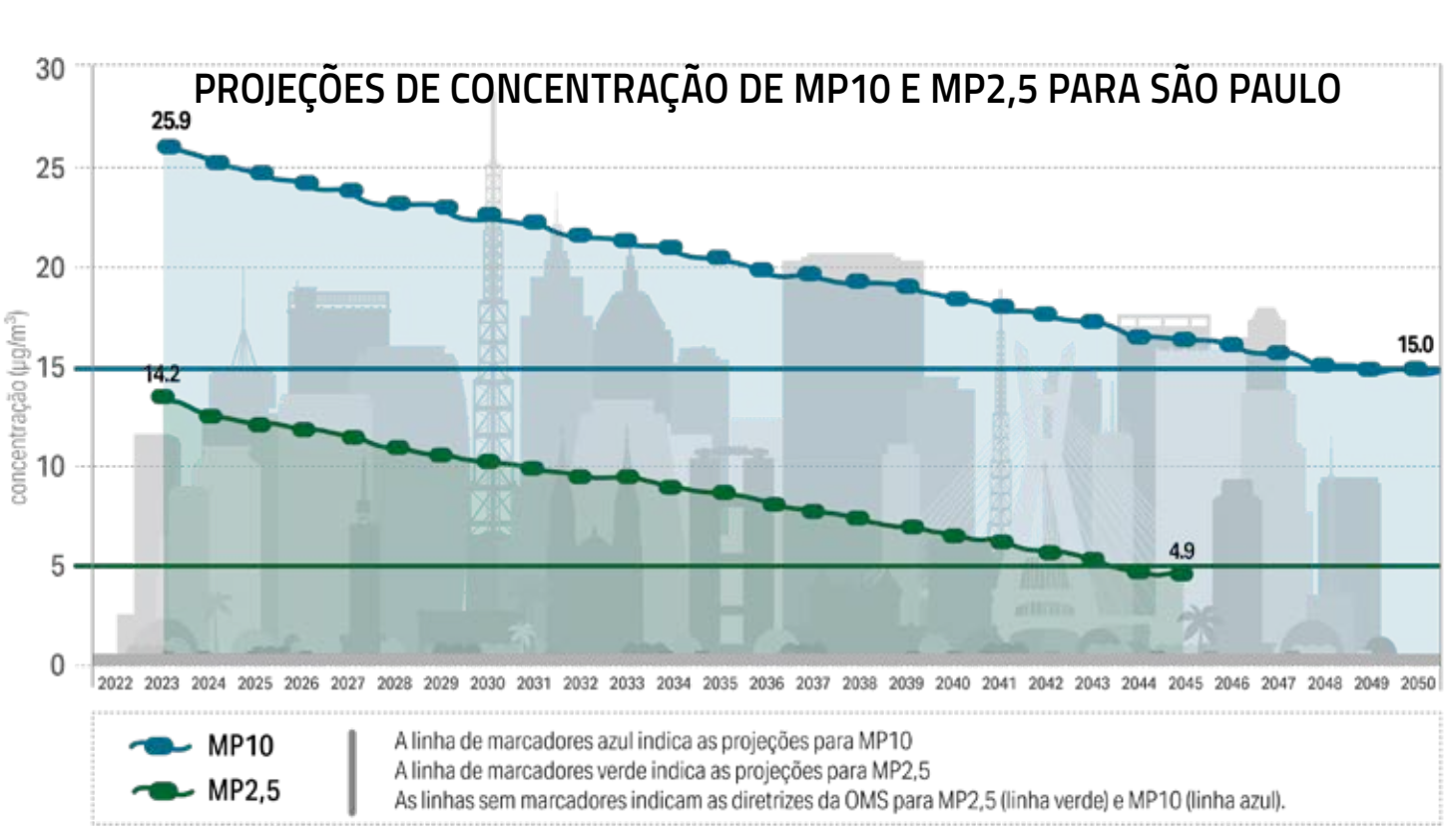


Foto: Arquivo Pessoal

Estudo sobre a evolução da poluição na cidade de São Paulo, de Priscila Boleta Gonçalves, foi publicado na *npj Clean Air*

Monitoramento

Gonçalves obteve os dados disponíveis da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), coletados nas 17 estações de monitoramento da cidade entre 2015 e 2022. Para chegar à média anual de concentração de material particulado de toda a cidade, ela realizou uma krigagem – método geoestatístico utilizado para estimar a concentração de poluentes em áreas que não possuem estações de monitoramento físico. "As estações estão espalhadas, mas há pontos de São Paulo que não têm estação", diz a engenheira. Ainda assim, a cidade é um dos municípios mais bem monitorados do Brasil. "O país carece de monitoramento", acrescenta a professora.

Segundo Gonçalves, a principal fonte de poluição atmosférica em São Paulo são os escapamentos dos veículos. Durante a pandemia de Covid-19, os níveis de poluição caíram em decorrência da redução no uso de automóveis. A ressuspensão de poeira (que está no chão para o ar) e os aerossóis secundários - oriundos de reações químicas e físicas entre gases - também são fontes que contribuem para a poluição atmosférica. "A dispersão dos poluentes fica dificultada em São Paulo por causa da barreira das edificações", observa Pozza.

O estudo também analisou os dados de densidade populacional. De acordo com a professora, existem pesquisas no Brasil sobre o impacto do material particulado na saúde, mas não havia ainda sobre a concentração de poluentes ponderada pela população. Segundo ela, um estudo realizado em cidades da China serviu de referência para a tese. Gonçalves utilizou modelos estatísticos como o Prophet e ferramentas como o AirQ+.

"A projeção é uma ferramenta estatística. É uma estimativa considerando o cenário atual. As projeções não levam em conta possíveis mudanças em políticas públicas, novas fontes de emissão ou variações no número de veículos. Daí a importância de políticas públicas", diz Gonçalves. Pozza lembra que as mudanças climáticas têm influenciado na má qualidade do ar. "Tínhamos um histórico temporal, hoje temos períodos que eram de chuva, mas não chove mais, e vice-versa. A água da chuva ajuda a limpar a atmosfera e a diminuir as partículas em suspensão", diz a orientadora.

O artigo destaca que o monitoramento rigoroso e políticas públicas eficazes são fundamentais para reduzir os danos à sociedade. Segundo Pozza, houve uma evolução nos últimos dois anos, desde a promulgação da Lei Federal 14.850/2024, que instituiu a Política Nacional de Qualidade do Ar no Brasil. Houve também uma nova Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), a 506/2024, que leva em conta as recomendações da OMS. "O Brasil está engatinhando. Esperamos que continue e que os estados se comprometam, porque tudo que está no ar vai para o solo e para o corpo hídrico. Ainda há poucas pessoas que estudam a qualidade do ar. Nós estamos plantando nossa sementinha", conclui a orientadora.

Filologia e as origens da **ciência** e da **universidade moderna**

Correspondência entre intelectuais alemães do século 19 revela preocupações que continuam atuais

FELIPE MATEUS
felipeom@unicamp.br

Investigar as origens da linguagem por meio do estudo de textos históricos, buscando analisar seu surgimento, sua autenticidade e a maneira como as informações contidas nessas fontes históricas foram entendidas e transmitidas ao longo das gerações. Este é o papel mais conhecido da filologia, área de estudo dedicada a textos fundadores de diversas ciências e disciplinas, cujos primeiros escritos foram produzidos em grego, latim, línguas eslavas, do mundo árabe e do Oriente, entre outros códigos antigos utilizados para a transmissão do conhecimento. Mais do que um mergulho na forma original de textos e no passado de uma língua, a filologia permite a reflexão sobre a história da construção e difusão do conhecimento. Trata-se, portanto, de um rico instrumento para o estudo das ciências, cujos resultados oferecem subsídios para pensar a pesquisa científica e as universidades do presente e do futuro.

Esse pensamento balizou uma pesquisa realizada no Centro de Teoria da Filologia (CTF), do Instituto de Estudos da Linguagem (IEL) da Unicamp, pela professora Isabella Tardin Cardoso, coordenadora, com o professor Paulo Sérgio de Vasconcellos, do CTF e do Grupo de Pesquisas do Instituto de Estudos Avançados (IdEA). Ela analisou cerca de 70 cartas trocadas entre o filólogo Georg Friedrich Creuzer (1771—1858) e o jurista Friedrich Carl von Savigny (1779—1861), contemporâneos de uma Alemanha pré-unificação e de uma Europa que se reconstruía após as Guerras Napoleônicas. Em sua investigação, Cardoso identificou que, ao discutirem suas especialidades – filologia e direito –, os intelectuais conversavam sobre o que consideravam ideal para a organização das universidades e percursos científicos, pensamentos que se refletiram no projeto de diversas instituições.

Foto: Antonio Scarpinetti

Isabella Tardin Cardoso, professora do IEL e coordenadora do CTF, estudou a correspondência entre o filólogo Georg Friedrich Creuzer e o jurista Friedrich Carl von Savigny

De Friedrich para Friedrich

Ao se dedicar ao estudo de obras da antiguidade, principalmente textos de origem latina, Cardoso passou a refletir sobre os princípios e as metodologias empregadas na edição, tradução e interpretação de fontes históricas. Segundo a professora, é comum que os estudos filológicos no Brasil tomem por base edições realizadas anteriormente e, a partir delas, desenvolvam traduções e reflexões. "Meu próprio objeto de estudos me levou ao aprofundamento a respeito das metodologias empregadas", conta.

Dentro do universo de textos latinos, a professora se dedicou, especialmente, à dramaturgia de Plauto e aos escritos de Cícero, e isso a fez perceber a presença recorrente de referências ao direito romano, o que foi uma motivação para que ela aproximasse os conhecimentos em filologia dos estudos jurídicos, analisando como os textos latinos podem contribuir com a compreensão das obras literárias e jurídicas. Foi assim que Cardoso chegou à obra de Savigny, um dos principais nomes da chamada Escola Histórica do Direito, segundo a qual a formação jurídica deve ser baseada em fontes históricas do direito, especialmente o romano, algo para o qual a filologia é um instrumento fundamental.

Para se aprofundar na área, a docente buscou desenvolver parte de suas pesquisas em uma instituição de longa tradição em filologia clássica: a Universidade de Heidelberg, na Alemanha, onde Creuzer fundou, em 1807, o Seminário de Filologia Clássica (Seminar für Klassische Philologie), que se tornou uma referência mundial na área. Foi a partir dessa experiência, e em diálogo com o Seminário e especialistas da instituição, que o CTF foi criado em 2015 na Unicamp.

Ao comentar com um dos professores da instituição alemã sobre seu interesse pela obra de Savigny, Cardoso teve uma surpresa que despertou a curiosidade pela pesquisa. "Conversando com o professor Jürgen Paul Schwindt, em Heidelberg, ele me perguntou: 'Você sabia que Savigny era amigo de Creuzer? Inclusive, Creuzer foi quem intercedeu pela vaga de Savigny aqui na universidade'", recorda a pesquisadora, que decidiu então estudar a correspondência entre os intelectuais. "Comecei a ler por curiosidade o que eles diziam sobre filologia e sobre o direito."

De volta às origens

Além de ser um registro histórico do cotidiano administrativo da universidade alemã, que passava por uma série de reformas em sua estrutura, a correspondência mostra a afinidade intelectual entre o filólogo e o jurista e sua visão compartilhada de valorizar o estudo das fontes fundadoras de uma ciência. "Creuzer defendia que a filologia era uma base para toda a universidade", explica Cardoso. "Tanto ele quanto Savigny discutiam muito sobre a universidade, como ela estava sendo formada, quem ocupava suas cadeiras."

Segundo Cardoso, a perspectiva de Creuzer ia ao encontro da visão de Savigny acerca do direito. Ela lembra que, naquele período, havia no local uma resistência à influência da França napoleônica e sua codificação jurídica para a aplicação das leis. Para Savigny, era importante que os juristas tivessem uma formação ampla, de modo que não aplicassem automaticamente as leis, mas pensassem o direito a partir de suas fontes históricas, que remontam ao direito romano. "É um pensamento que nos lembra que tudo tem uma origem. No direito, observar isso de forma sistêmica é muito importante para que as arbitrariedades sejam evitadas", detalha a pesquisadora, que analisa o quanto essa visão também é aplicável a outras áreas da ciência.

A professora destaca o quanto muitas das discussões entre os intelectuais, feitas no século 19, ainda se mostram atuais e desafiadoras para quem pensa a formação universitária. Segundo ela, hoje várias instituições debatem o papel do conhecimento humanístico para as ciências, especialmente em um contexto em que muitas áreas passam a priorizar os saberes técnicos. "Nessa grande crise, é tarefa das Humanidades compreender: o que colocamos no lugar desses conhecimentos sobre os princípios do pensamento?", questiona a pesquisadora, que considera necessário recuperar o papel de disciplinas como a filologia na construção dos saberes. "A ideia de clássico se sustentou por muito tempo sobre a ideia de perfeição. Penso que hoje podemos reconhecer as imperfeições desse pensamento e tentar entender por que isso ainda nos fascina tanto."

Ilustrações: Deutsche Digitale Bibliothek

Georg Friedrich Creuzer (1771–1858), filólogo alemão que fundou o Seminário de Filologia Clássica da Universidade de Heidelberg

Friedrich Carl von Savigny (1779–1861), jurista alemão e um dos principais nomes da Escola Histórica do Direito