PesquisABC

n°33

Informativo de Pesquisa Científica da Universidade Federal do ABC

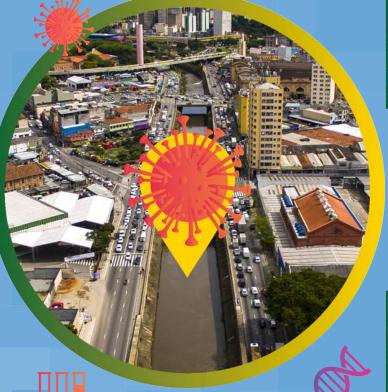
Vigilância epidemiológica por meio do monitoramento inteligente do esgoto

















A cultura aeroespacial na educação básica

Biofotônica: uma luz para o diagnóstico da osteoporose Elos entre ensino e pesquisa nos bacharelados interdisciplinares

A Matemática do cotidiano: um modo diferente de ensinar e aprender matemática

O Direito na reparação de danos por contaminação de agrotóxicos

Informativo PesquisABC Universidade Federal do ABC

O PesquisABC é um informativo de divulgação científica, de periodicidade quadrimestral, editado pela Universidade Federal do ABC. Seu principal objetivo é divulgar pesquisas realizadas na UFABC, de todas as áreas do conhecimento, em linguagem acessível a toda a comunidade universitária. Destina-se, também, a publicar oportunidades de participação em projetos científicos e a estimular parcerias e colaborações produtivas. Seu Conselho Editorial é composto por docentes dos três Centros da Universidade, além da Pró-Reitoria de Pesquisa e da Assessoria de Comunicação e Imprensa. Sugestões de pauta podem ser enviadas para:

pesquisabc@ufabc.edu.br.

Conselho Editorial

Wagner Alves Carvalho (ProPes) Mariella Mian (ACI) Annibal Hetem Júnior (CECS) Nazar Arakelian (CMCC) Wendel Andrade Alves (CCNH) Vanessa Carmo (PROEC)

Edição, Revisão e Editoração Assessoria de Comunicação e Imprensa

Camila Binhardi Natal Edna Atsué Watanabe Felipe Fernandes Lessa Isabel B. L. Franca Robson Mioto Silvia Carla Rodrigues Vanessa Ferreira

Pró-Reitoria de Pesquisa

Alessandra Batista Marcelo Medina

- f facebook.com/ufabc
- @ufabc
- in linkedin.com/school/ufabc
- twitter.com/ufabc
- youtube.com/user/ufabcvideos

Dezembro de 2022 • nº 33

Sumário

5 Uma luz para o diagnóstico da osteoporose

Estima-se que, até 2050, 30% da população será idosa, o que tende a aumentar a incidência de doenças como a osteoporose. Artigo demonstra como a biofotônica pode contribuir com um diagnóstico mais precoce e menos oneroso que a densitometria óssea, que usa radiação ionizante.

8 Website Matreemática e o curso "A Matemática do cotidiano: as aplicações da matemática e seus conceitos em situações do dia a dia" — uma maneira diferente de ensinar (e aprender) matemática

Trabalho enfatiza a importância da contextualização para o ensinoaprendizagem e para minimizar a resistência dos alunos à Matemática, e propõe a produção de um material didático e dois objetos de aprendizagem nesse sentido: um website e um modelo de sequência de atividades.

1 A cultura aeroespacial na educação básica

Conheça a trajetória do Projeto Astroem, criado em 2013 com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da UFABC, que objetiva a disseminação da cultura aeroespacial na educação básica e o engajamento dos jovens em carreiras da área de Ciências Exatas e da Terra.

19 Vigilância epidemiológica por meio do monitoramento inteligente do esgoto

Unindo as expertises em saneamento ambiental e saúde pública, um grupo de pesquisadores da UFABC iniciou, em 2020, um estudo piloto de monitoramento de covid-19 em águas residuais na região do ABC, visando apoiar os gestores públicos na elaboração de medidas de contenção.

A força do Direito na reparação de danos por contaminação de agrotóxico

Pesquisa intitulada 'Responsabilidade por danos decorrentes de contaminação de agrotóxico: limites do Direito brasileiro na mitigação desse impacto ambiental' investiga o nexo de causalidade entre danos ao meio ambiente e à saúde humana, em razão do uso de agrotóxicos.

28 Elos entre ensino e pesquisa nos bacharelados interdisciplinares

Entrevista com os ex-reitores Klaus Capelle e Adalberto Fazzio, a partir de suas experiências na UFABC e na Escola Ilum, do CNPEM. Ambas ofertam bacharelados interdisciplinares como cursos de ingresso na graduação, e estimulam a pesquisa científica desde o início da vida acadêmica.

Universidade Federal do ABC | Pró-Reitoria de Pesquisa

Avenida dos Estados, 5001 - Santo André-SP - CEP: 09210-580 Digital ISSN: 2675-1461 - URL: http://propes.ufabc.edu.br/pesquisabc



Editorial

Estimadas(os) leitoras e leitores,

Estamos felizes em apresentar uma nova edição do PesquisABC, o informativo de divulgação científica da UFABC. Esta edição foi construída nos últimos meses de 2022, a partir de contribuições de pesquisadoras e pesquisadores que, gentilmente, dispuseram-se a compartilhar conhecimentos e resultados de trabalhos que desenvolvem como cientistas em instituições públicas de ensino e pesquisa.

Assim, esta 33ª edição apresenta seis matérias, com a marca interdisciplinar da UFABC.

A primeira refere-se a uma pesquisa desenvolvida pela UFABC em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que busca uma técnica não invasiva para o diagnóstico da osteoporose. Trata-se de um tema de suma relevância social, principalmente ao considerarmos a estimativa de maior envelhecimento da população nas próximas décadas. De acordo com a professora Patrícia da Ana (CECS/UFABC), autora do artigo "Uma luz para o diagnóstico da osteoporose", a técnica proposta neste estudo "tem muito a contribuir com um diagnóstico cada vez mais precoce e menos oneroso da osteoporose".

O segundo artigo desta edição aborda um projeto que une pesquisa e extensão ao ensino de Matemática, por meio do *website* "Matreemática" e do curso "A Matemática do cotidiano: as aplicações da Matemática e seus conceitos em situações do dia a dia". Os autores – a professora Carla

Rodrigues (CMCC/UFABC), a pós-graduanda Rafaela Rocha e o graduando Felipe Minholi – apresentam detalhes do projeto, o qual, por meio de ferramenta interativa e computacional, busca desmistificar os estigmas em torno das práticas de ensino e aprendizagem da Matemática. Um dos exercícios aplicados no modelo desenvolvido é o de criação de situaçõesproblema, que, segundo os autores, "contribui para integrar a Matemática abstrata ao concreto, na medida em que os estudantes são estimulados a pensar em situações cotidianas nas quais a Matemática pode ser aplicada".

O terceiro texto do informativo, intitulado "A cultura aeroespacial na educação básica", também une ensino, pesquisa e extensão universitária. Trata-se da apresentação de alguns resultados do "Projeto Astroem" – uma já consolidada ação extensionista da UFABC. Criado em 2013, o projeto busca fomentar, por meio de aulas teóricas e experimentais, que estudos sobre o Planeta Terra estejam no horizonte de jovens alunos. O artigo foi produzido pelos docentes Claudia Celestino (CECS/UFABC), Wesley Góis (CECS/UFABC) e Claudia Lozada (IM/UFAL), segundo os quais "o Projeto Astroem transcendeu o seu caráter de ação extensionista e se tornou um polo de pesquisa educacional, gerando pesquisas relevantes na área de ensino de ciências, processo de ensinoaprendizagem, formação docente e recursos educacionais".

O artigo "Vigilância epidemiológica por meio do monitoramento inteligente do esgoto" é o quarto desta edição e também ilustra a capa do informativo. Trata-se da apresentação de um estudo desenvolvido por diversos pesquisadores da Universidade, sob a coordenação do professor Rodrigo de Freitas Bueno (CECS/UFABC). Com financiamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), a pesquisa teve bastante alcance nos últimos meses, justamente por sua contribuição social ao mapeamento dos índices epidemiológicos do SARS-Cov-2 (vírus causador da covid-19). De acordo com os autores que assinam o texto, "O êxito do trabalho atraju o interesse de membros de outros grupos de pesquisa, que, após receberem o devido treinamento, passaram a realizar o monitoramento em diferentes cidades e estados do país".

O quinto texto traz uma leitura interdisciplinar: parte da área da Ciência e Tecnologia Ambiental para a das práticas do Direito, e reflete acerca de sua relação com a reparação de danos por contaminação de agrotóxicos. Os autores – o professor Vitor Vieira (CECS/UFABC) e a mestranda Beatriz de Souza – afirmam que "em relação às pesquisas anteriores existentes sobre o tema, esta pesquisa inova devido ao fato de que a investigação do nexo causal entre o uso de agrotóxico e o dano gerado permite um mapeamento da relação entre os agrotóxicos, o meio ambiente, a saúde humana e o Direito brasileiro [...]".

Para finalizar esta edição, apresentamos uma matéria em formato de entrevista, em que os professores Adalberto Fazzio e Klaus Capelle (CCNH/UFABC) – ambos ex-reitores da UFABC - comentam a experiência inédita da criação de um bacharelado interdisciplinar na llum, escola de ensino superior do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), organização social supervisionada pelo MCTI. Em um dos trechos da entrevista, quando questionados sobre o impacto da interdisciplinaridade na formação de pesquisadores, Fazzio e Capelle afirmaram que "pesquisar significa explorar o desconhecido de forma organizada. Essa atitude não é aprendida passivamente em sala de aula, ou assistindo palestras precisa ser desenvolvida na prática. Mas para fazer jus à complexidade da natureza e da sociedade humana, essa prática da ciência não pode acontecer em caixinhas estanques, organizadas de acordo com subdivisões tradicionais do conhecimento ou com rótulos burocráticos".

Por fim, convidamos todas e todos a apreciar a leitura desta 33ª edição do PesquisABC, cuidadosamente preparada por toda a equipe envolvida. Diante do contexto da pandemia e do lamentável negacionismo em relação a consensos científicos vividos nos últimos anos, a divulgação da ciência pode ser considerada um elemento fundamental para garantir que a humanidade siga seu caminho evolutivo, respaldada pelo senso crítico, pelos preceitos que priorizam o bem comum e por entendimentos de convivência coletiva que sejam cientificamente referenciados. Esperamos contribuir para esse caminho!

Boa leitura a todas e todos!

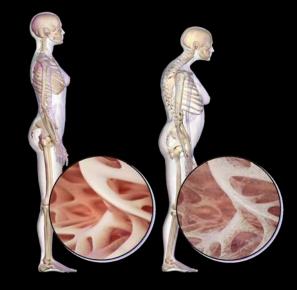
Conselho Editorial · PesquisABC

Pesquis ABC • n° 33 • dezembro de 2022

Uma luz para o diagnóstico da osteoporose

Muito se tem falado sobre o envelhecimento da população, suas causas e consequências. Para se ter uma ideia, no Brasil, estima-se que, até 2050, cerca de 30% da população será formada de pessoas com mais de 60 anos [1]. Esse dado motiva a preocupação com o aumento da incidência de doenças e condições mais prevalentes nos idosos, dentre as quais, a osteoporose é a que mais preocupa.

usas i, no de ssoas da is s, a



Osso esponjoso normal

Osso esponjoso na osteoporose

Figura 1: Efeitos da osteoporose na matriz óssea Fonte: Wikimedia Commons.

A osteoporose é um distúrbio esquelético silencioso, indolor, caracterizado pela perda progressiva da densidade mineral óssea (DMO) [2] (Figura 1). É um grave problema de saúde pública, de acordo com a Organização Mundial de Saúde, devido à sua prevalência crescente, principalmente em mulheres no período pós-menopausa, com uma importante relação com a queda na produção de estrogênio que ocorre nesse período da vida [3]. Como consequências, observa-se o comprometimento da resistência óssea, cujos sinais manifestam-se clinicamente como dores na coluna e nas articulações, assim como aumento do risco de fraturas, principalmente em vértebras, fêmur, punho e braços. Só no Brasil, a osteoporose custa 1,2 bilhão de reais anuais, e acomete cerca de 10 milhões de pessoas [4].

Devido a esses fatores, é imprescindível não apenas o tratamento e prevenção da doença, mas também sua detecção o mais cedo possível, para que tratamentos mais simples e menos onerosos possam ser implementados. O diagnóstico e acompanhamento da doença se faz com uso de exames de densitometria óssea (cujo nome científico é absortometria de raio-X de dupla

energia). O exame avalia imagens da coluna lombar e do osso fêmur [2], e compara os resultados com um escore bem estabelecido e conhecido. Dependendo do escore, os pacientes podem ser diagnosticados com osteopenia (condição pré-clínica que sugere a perda gradual de massa óssea) ou osteoporose.

A técnica de densitometria óssea, embora bastante popular, não pode ser realizada com grande frequência, pois emprega radiação ionizante (raios-X) para o imageamento dos ossos. É uma técnica bastante precisa e de alta sensibilidade diagnóstica, porém, seu uso muitas vezes impede o monitoramento frequente da doença ou mesmo seu diagnóstico precoce, justamente devido à precaução quanto aos efeitos da radiação ionizante nos tecidos biológicos. Também por essa razão, algumas pacientes, principalmente gestantes, não podem realizar o procedimento.

Visando minimizar o problema, o estudo de tecnologias que empregam métodos ópticos, ou seja, que utilizam radiação nãoionizante, tais como lasers e LEDs, tem sido efetuado como alternativa recentemente. Tais tecnologias se mostraram promissoras no diagnóstico precoce de outras patologias, como câncer, e ainda possibilitam a diferenciação bioquímica e/ou estrutural dos tecidos biológicos sem efeitos colaterais.

Em relação à osteoporose, as buscas por um método não invasivo e que se utilize de radiação não ionizante datam dos últimos vinte anos. Estudos de "biópsia óptica" se iniciaram com o uso da espectroscopia Raman com fibra óptica em tíbias [5], bem como com métodos de espectroscopia de ablação a laser [6], que avaliou a quantidade de cálcio em cabelos e unhas. Na mesma época, as técnicas de espectroscopia de absorção no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) [7] e a espectroscopia Raman [8, 9] foram usadas para entender a qualidade óssea e o risco de fratura em ossos com osteoporose. Contudo, tais técnicas têm sido usadas apenas em estudos laboratoriais, e geralmente como técnicas de microscopia, pois não existem métodos não invasivos para obter medidas em locais clinicamente relevantes.

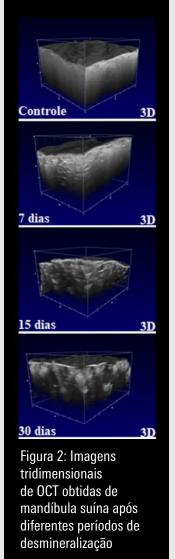
Visando também o desenvolvimento de tecnologias de fácil acesso, menor custo, fácil implementação e sem efeitos colaterais, pesquisadores da UFABC e da Universidade Federal de Pernambuco desenvolveram um algoritmo para identificação e quantificação de imagens ósseas obtidas por tomografia por coerência óptica (OCT, do inglês optical coherence tomography) [10]. Para possibilitar uma metodologia clínica fácil e não invasiva, os estudos foram conduzidos in vitro por meio da simulação da osteoporose em osso alveolar, ou seja, ao redor dos dentes de maxila e mandíbula de suínos, tendo em vista que a osteoporose se desenvolve também nesses ossos, com mudanças como redução da densidade mineral óssea, modificação da microarquitetura dos poros ósseos, assim como redução volumétrica dos rebordos alveolares e da espessura cortical [11].

A OCT é uma técnica de imageamento não invasiva e em tempo real, que emprega uma

fonte de luz laser ou LED para a obtenção de cortes tomográficos, de pouca espessura, porém com alta resolução. Para esse estudo, foi empregado o equipamento que tem uma fonte de luz de LED superluminescente e que possui resolução de 7 µm. Tal resolução permite a sensibilidade de similar magnitude à de uma microscopia em um ambiente clínico.

Para o desenvolvimento do algoritmo, foi proposto um modelo de análise baseado em quantificação de "coeficiente de atenuação total" e "coeficiente de atenuação médio", os quais se baseiam na detecção da quantidade de luz que retorna ao detector em função da sua interação com o tecido biológico. Tudo foi desenvolvido em ambiente MatLab® e foi empregado para avaliar a perda de mineral das amostras de maxila e mandíbula

suínos. Por esse modelo, notouse uma excelente correlação entre os dados de coeficiente de atenuação total e coeficiente de atenuação médio e os dados de volume ósseo e porosidade total obtidos pela técnica de microtomografia, a qual é similar à densitometria óssea e serviu como técnica padrãoouro. Ainda, no mesmo estudo, foi possível discriminar entre osteopenia e diferentes graus de osteoporose em maxila e mandíbula, com diferenciação entre os tecidos (Figura 2). O estudo indicou um grande



Pesquis ABC • n° 33 • dezembro de 2022

potencial da OCT para diagnóstico precoce e monitoramento em tempo real de forma não invasiva e com radiação não ionizante de osteoporose, indicando perspectivas para futura implementação clínica.

O mesmo grupo de pesquisa também avaliou outra técnica óptica, o imageamento por laser e captação de padrões de biospeckle, como alternativa para diagnóstico da doença [12]. A técnica de Biospeckle é não destrutiva, de baixo custo, usada para a avaliação da atividade de amostras biológicas. Frequentemente é feita por uso de um laser vermelho, e os padrões são captados por uma câmera simples. Tais padrões correspondem, no caso dos ossos, à topografia da superfície. É uma tecnologia que poderá ser facilmente implementada para uso em um celular, por exemplo.

Para a avaliação da osteoporose, as mesmas amostras de ossos de mandíbula e maxila suínas foram iluminadas por um sistema composto por um laser de comprimento de onda de 638 nm e 1,3 mW, sendo a validação metodológica efetuada por meio de perfilometria a laser, técnica padrão-ouro para avaliara rugosidade da superfície. Os resultados mostraram uma forte correlação entre a técnica de biospeckle e a rugosidade superficial das amostras, embora não tenha sido possível diferenciar entre os ossos da maxila e mandíbula, considerando que a diferença entre esses tecidos se encontra em profundidade, o que não é possível avaliar por biospeckle. Vale a pena ressaltar que o imageamento do osso alveolar se mostra bem próximo de um futuro clínico, bastando a adição de um sistema de fibras para acesso ósseo via sulco periodontal de forma não invasiva e de fácil repetição.

Embora sejam observados poucos estudos, pode-se notar que a Biofotônica tem muito a contribuir com um diagnóstico cada vez mais precoce e menos oneroso da osteoporose e da osteopenia por meio de soluções simples e de fácil execução e reprodução por um profissional

clínico. Dessa forma, vemos uma luz capaz de trazer grandes benfeitorias não apenas aos pacientes, mas também que favorece a diminuição dos gastos com uma doença cada dia mais prevalente em âmbito mundial.

Referências

- 1. Neumann LTV, Albert SM (2018) Aging in Brazil. Gerontologist 58:611-617
- 2. Anam AK, Insogna K. Update on Osteoporosis Screening and Management. Med Clin North Am 105:1117-1134.
- 3. WHO Scientific Group on the Prevention and Management of Osteoporosis (2003) Prevention and management of osteoporosis: report of a WHO scientific group. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/42841. Acesso em 15/06/22
- 4. Aziziyeh R, Amin M, Habib M, et al. (2019) A scorecard for osteoporosis in four Latin American countries: Brazil, Mexico, Colombia, and Argentina. Arch Osteoporos14:69
- 5. Esmonde-White KA, Sottnik J, Morris M et al. (2012) Raman spectroscopy of bone metastasis, Proc. SPIE 8207, Photonic Therapeutics and Diagnostics VIII, 82076P
- 6. Ohmi M, Nakamura M, Morimoto S et al. (2000) Nanosecond Time-Gated Spectroscopy of Laser-Ablation Plume of Human Hair to Detect Calcium for Potential Diagnoses. Opt Rev 7:353–357
- 7. Paschalis E, Mendelsohn R, Boskey A (2011) Infrared assessment of bone quality: a review. Clin Orthop Relat Res 469:2170–8
- 8. Morris MD, Mandair GS. Raman Assessment of bone quality. Clin Orthop Relat Res 469:2160–9
- 9. Matousek P, Stone (2013. Recent advances in the development of Raman spectroscopy for deep non-invasive medical diagnosis. J Biophotonics 6:7–19.
- 10. Del-Valle M, Lins E, Ana PA (2019) Assessment of simulated osteoporosis in alveolar bone using optical coherence tomography. J Biophotonics 12:e201900171
- 11. Erdoğan O, Shafer DM, Taxel P et al. (2007) A review of the association between osteoporosis and alveolar ridge augmentation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 104:738.e1-13.
- 12. Amaral MM, Del-Valle M, Raele MP, et al. (2020) Osteoporosis evaluation through full developed speckle imaging. J Biophotonics 13:e202000025

Profa. Dra. Patricia A. da Ana (UFABC)

Website Matreemática e o curso "A Matemática do cotidiano: as aplicações da matemática e seus conceitos em situações do dia a dia" - uma maneira diferente de ensinar (e aprender) matemática

O ensino de matemática na educação básica tem sido, há décadas, uma tarefa desafiadora. Com o início do movimento da Matemática Moderna, em 1960, a disciplina passou a ser ensinada com foco no rigor e simbolismo matemático [1]. Como consequência, muitos alunos criaram uma aversão à matemática, o que dificulta o ensino da disciplina. A contextualização da matemática pode ser utilizada para auxiliar o processo de ensinoaprendizagem da disciplina e minimizar a mencionada aversão dos alunos.

Chaves [2] destaca que o termo "contextualização", na matemática, pode ser dividido em quatro tipos:

- i) o cotidiano do aluno,
- ii) a história da matemática,
- iii) outras disciplinas e
- iv) a própria matemática.

Ou seja, contextualizar a matemática não é adicionar contextos que não possuem relação com o conteúdo estudado, apenas para ilustrar uma questão ou exercício. O que se deve buscar ao pensar sobre a contextualização da matemática é como utilizá-la para que o conteúdo apresentado possa fazer sentido para os estudantes.

Nesse contexto, este trabalho apresenta a produção de um material didático que tem como objetivo mostrar uma maneira diferente de ensinar matemática, utilizando, para tanto, além dos diferentes tipos de contextualização, uma linguagem simples e acessível, mas sem deixar de lado a parte mais técnica da

disciplina. Para isso, foram desenvolvidos dois objetos de aprendizagem:

- (i) um *website* educacional, nomeado Matreemática, que apresenta o conteúdo do Ensino Médio de maneira contextualizada; e
- (ii) um modelo de sequência de atividades contextualizadas.

1- Website Matreemática

Os conteúdos do *website* Matreemática foram definidos a partir da análise da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e outros *websites* relacionados. A matemática presente no *website* foi dividida conforme os ramos da disciplina (Aritmética, Álgebra, Geometria, Probabilidade e Estatística e Matemática Financeira), como apresentado na Figura 1. Dentro de cada ramo, há os conteúdos específicos, conforme ilustrado na Figura 2.

Todo o conteúdo do website tem como pilar a contextualização da matemática, que aparece em cada página conforme a relevância para o ensino do tema apresentado. Os quatro tipos de contextualização propostos por Chaves [2] são utilizados, com foco para as aplicações no cotidiano (quando possível) e a contextualização com a própria disciplina, além da parte histórica do desenvolvimento do conhecimento matemático. O website Matreemática, disponível em https://lirte. pesquisa.ufabc.edu.br/matreematica/, foi desenvolvido usando um CMS (Content Management System) e plugins de construção de páginas.

Aritmética y Álgebra y Geometria y Probabilidade e Estatística y Matemática Financeira y Ramos

Matreemática

A matemática do cotidiano » Ramos

Os ramos da matemática

Figura 1 – Página "Ramos" do website Matreemática - Fonte: Elaboração própria

2020-2022 - Matreemática

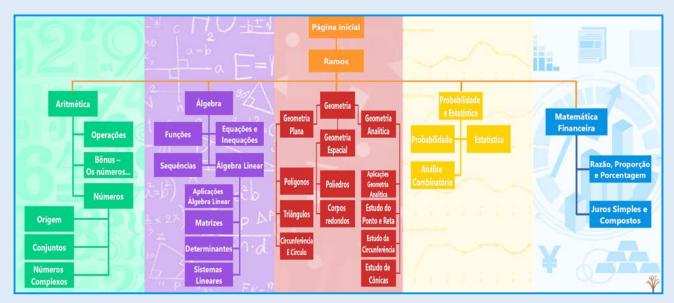


Figura 2 – Mapa do website Matreemática - Fonte: Elaboração própria

A avaliação do *website* foi realizada por meio da adaptação de protocolos validados, aplicados de forma *online* e assíncrona, em duas etapas:

(i) avaliação com cinco especialistas em tecnologias digitais e graduados em matemática, sendo um bacharel em Matemática e um licenciado, que atua como professor no Ensino Médio (E.M.), e três atuantes da área de tecnologias educacionais (dois mestrandos em Computação na área de tecnologias educacionais e um doutorando em Engenharia de Produção, especialista em EAD/tecnologias educacionais); e

(ii) avaliação com 48 estudantes do Ensino Básico (alunos do 9° ano do ensino fundamental ao 3° ano do E.M.), sendo 37 alunos de uma escola privada e 11 de escolas públicas.

Em ambas as etapas, os avaliadores receberam um roteiro contendo os passos necessários para realizar a avaliação do ramo da Aritmética. Por fim, os dados obtidos em cada etapa foram analisados individualmente e, ao final dessa etapa, foi feita a comparação dos dados obtidos.

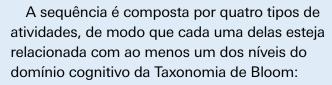
Como principais resultados, destaca-se o conteúdo contextualizado, que, segundo indícios, teria cumprido o papel de auxiliar o ensino (e aprendizado) da disciplina, além de possuir linguagem adequada ao públicoalvo (estudantes do E.M.). No entanto, o excesso de conteúdo em algumas páginas foi apontado como prejudicial ao aprendizado, o que nos levou a reorganizar a estrutura das páginas para a atual versão do website. Além disso, como a avaliação foi realizada de forma online, não é possível afirmar que o website pode ser usado durante uma aula presencial. Contudo, o desenvolvimento desse objeto de aprendizagem torna-se relevante principalmente no contexto da pandemia da Covid-19, que fez com que o ensino fosse realizado de forma remota/ online, obrigando alunos e professores a utilizar conteúdos didáticos digitais durante as aulas. Um artigo sobre o desenvolvimento e avaliação do website foi escrito e publicado no XXIX do CINTED [3]. Nele, é possível encontrar informações mais detalhadas sobre o projeto. Ademais, preparamos um vídeo de apresentação do website, a fim de demonstrar suas principais funcionalidades (https://youtu. be/HIToOcmJidM).

Pesquis ABC • n° 33 • dezembro de 2022

2 - Sequências de Atividades

O modelo de sequência de atividades contextualizadas foi desenvolvido com base na Taxonomia de Bloom revisada, que consiste num sistema de organização hierárquico, cujo objetivo é auxiliar o planejamento de atividades educacionais. Para a elaboração deste trabalho, foi utilizado o domínio cognitivo desse sistema, que é dividido em seis níveis:

- 1) lembrar,
- 2) entender,
- 3) aplicar,
- 4) analisar,
- 5) avaliar e
- 6) criar [4].



- (i) exercícios conceituais/procedimentais sem contexto (níveis 1 e 2),
- (ii) questões contextualizadas (nível 3),
- (iii) estudos de caso (níveis 4 e 5) e
- (iv) atividade de criação de situações problema (nível 6).

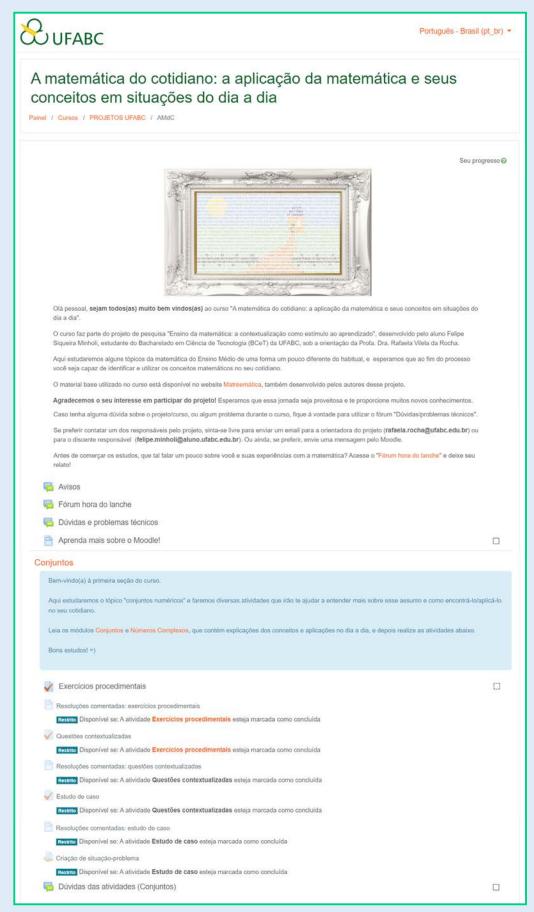
O conteúdo das sequências de atividades propostas foi definido a partir da análise da base curricular de matemática do Estado de São Paulo para o Ensino Médio, e de acordo com a "facilidade" em contextualizá-los com situações cotidianas. Nesse sentido, foram desenvolvidas e aplicadas, por meio de um curso de extensão, três sequências de atividades, uma para cada série do E.M.:

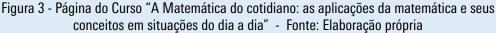
- Sequência 1° EM: dividida em 3 módulos (Conjuntos, Progressão Aritmética e Progressão Geométrica).
- Sequência 2° EM: dividida em 2 módulos (Trigonometria no Triângulo Retângulo e Circunferência e Trigonometria).
- Sequência 3° EM: dividida em 2 módulos (Poliedros e Corpos Redondos).

O curso de extensão, nomeado "A Matemática do cotidiano: as aplicações da matemática e seus conceitos em situações do dia a dia", foi realizado de 17/05 a 15/08 de 2021, de forma remota/online, organizado no Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle. As vagas, para alunos e concluintes do E.M., foram divulgadas por meio das redes sociais dos pesquisadores, e-mail, do website do projeto Matreemática e da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEC) da UFABC.

Cada módulo do curso foi composto pelas atividades da sequência proposta, conforme ilustrado na Figura 3, e dois questionários de avaliação, um sobre o curso e outro sobre a sequência de atividades. Cada aluno realizou apenas as atividades referentes ao seu respectivo ano escolar. Ao todo, 214 pessoas, de escolas públicas e privadas predominantemente do estado de São Paulo, inscreveram-se no curso, e 166 realizaram ao menos uma atividade. Desse total, 36 pessoas realizaram todas as atividades obrigatórias e finalizaram o curso. A partir dos dados coletados das atividades e dos questionários, foram elaborados os resultados da pesquisa, os quais demonstram indícios de que a sequência cumpriu os objetivos de dar suporte ao ensino-aprendizagem da matemática e mostrar como a disciplina pode ser utilizada no cotidiano dos estudantes.

É possível considerar que os "exercícios conceituais/procedimentais" possibilitam aos estudantes a aplicação dos conteúdos aprendidos durante a aula sem a necessidade de interpretar algum enunciado. As "questões contextualizadas" estimulam a interpretação de texto e a aplicação da matemática em diferentes situações. Os "estudos de caso" permitem que os alunos reflitam sobre a utilização da matemática em situações-problema de maneira qualitativa, favorecendo, desse modo, a elaboração de estratégias de resolução. Por fim, a atividade "criação de situações-problema" contribui para integrar a matemática abstrata ao concreto, na medida





Pesquis*ABC* • n° 33 • dezembro de 2022

em que os estudantes são estimulados a pensar em situações cotidianas nas quais a matemática pode ser aplicada e criar um exemplo dessa aplicação. Desse modo, as atividades são complementares entre si, pois favorecem a construção progressiva do conhecimento matemático aplicado a situações mais próximas à realidade dos alunos. No entanto, algumas atividades, como os "estudos de caso" e a "criação de situações-problema", necessitam de melhorias, como a adaptação do formato e adição de exemplos. Para mais detalhes, disponibilizamos o relatório final da pesquisa [5].

3 - Agradecimentos

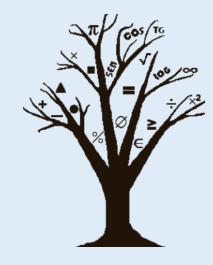
Agradecemos o apoio financeiro à pesquisa concedido pela PROPES/UFABC, editais 03/2019 e 01/2020, e apoio institucional da PROEC/UFABC.

4 - Referências

- 1. Rocha, Elizabeth Matos. (2008). Tecnologias Digitais e Ensino de Matemática: Compreender para Realizar. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- 2. Chaves, A. P. (2015) O Ensino de Matemática e os Tipos de Contextos. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica (PUC).
- 3. Minholi, F. S.; Rocha, R. V.; Rodriguez, C. L. (2021) Um relato sobre a criação e avaliação da qualidade de um website educacional com foco na contextualização da matemática. Anais do XXIX Ciclo de Palestras Sobre Novas Tecnologias na Educação (CINTED). p. 259-268
- 4. Martins, L. B.; Zerbini, T.; Medina, F. J. (2018) Escala de reação ao curso em educação a distância: adaptação e estrutura fatorial. Revista Psicologia: Teoria e Prática, 20(1): 211-222. São Paulo, SP, jan.-abr.
- 5. Minholi, F. Ensino de Matemática: a contextualização como estímulo ao aprendizado. Relatório final (Iniciação Científica Edital 01/2020). Disponível em: researchgate.net/IC2021. Acesso: ago. 2022.









Contato dos autores:

Felipe S. Minholi (UFABC-BC&T) <u>felipe.minholi@aluno.ufabc.edu.br</u>

Carla L. Rsodriguez (UFABC-CMCC) c.rodriguez@ufabc.edu.br

Rafaela V. Rocha (UFABC-POSCOMP) rafaela.rocha@ufabc.edu.br

Felipe Siqueira Minholi (UFABC-BC&T)

Profa. Dra.Carla Lopes Rodriguez (UFABC-CMCC)

Rafaela Vilela da Rocha (UFABC-POSCOMP)

A cultura aeroespacial na educação básica

Este trabalho apresenta a trajetória do Projeto Astroem (figura 1) e suas contribuições para a disseminação da cultura aeroespacial na Educação Básica

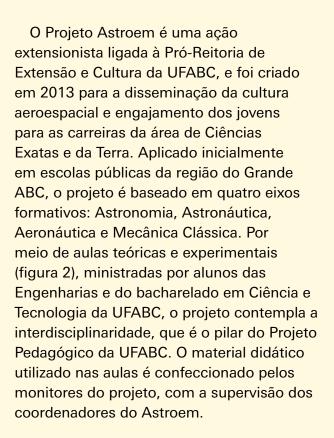




Figura 1 – Logo do Projeto Astroem (2022) Fonte: Acervo Astroem

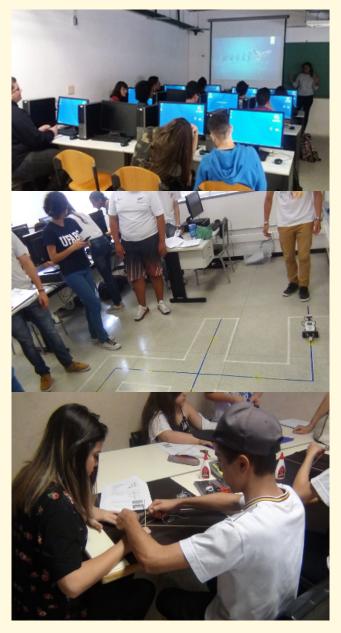


Figura 2 – Aulas teóricas e práticas do Projeto Astroem para alunos da Educação Básica (2016) Fonte: Acervo Lozada e Astroem

Pesquis ABC • nº 33 • dezembro de 2022

Em 2015, os coordenadores do Projeto Astroem iniciaram pesquisas acerca do processo ensino-aprendizagem dos conteúdos dos quatro eixos formativos, passando a coletar dados durante a execução do projeto e publicar os resultados em eventos científicos. A avaliação longitudinal acerca das contribuições para a melhoria do ensino de Ciências na Educação Básica fez com que o projeto passasse por reformulações ao longo do tempo, considerando os documentos curriculares da Educação Básica, como a Base Nacional Comum Curricular, a adoção do enfoque STEM e da cultura maker, e a participação das meninas nas Ciências. O material didático também foi reformulado, com a inserção de tecnologias digitais de informação e comunicação como recursos didáticos para o processo de ensinoaprendizagem. Constatou-se também que o projeto conseguiu aproximar a escola da Universidade, e disseminar uma nova área no campo do Ensino de Ciências, que é o Ensino de Astronáutica e Aeronáutica.

Em 2016, o projeto ganhou seu primeiro prêmio científico, concedido pela Stanford University durante o Fablearn Brasil, ficando entre os cinco melhores projetos educativos com impacto científico e social naquela edição. Em 2017, as aulas do Projeto Astroem passaram a ser ministradas nas instalações da

UFABC em Santo André, atendendo alunos do 9° ano do Ensino Fundamental, alunos do Ensino Médio e Escolas Técnicas. A vinda à Universidade para assistir às aulas promoveu maior interesse dos alunos para fazer a prova do ENEM e tentar uma vaga no Ensino Superior nos cursos da UFABC.

Houve, nessa época, uma ênfase nas atividades que envolvem robótica e linguagem da programação atendendo às novas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular, enfatizando também o fazer Ciência, no qual os alunos constroem os artefatos com os quais irão realizar os experimentos. Por sua vez, a implantação de materiais acessíveis nas aulas de experimentação fez com que os alunos participantes do projeto percebessem que a Ciência é viva e está presente no cotidiano. A competição de lançamento de foguetes construídos com garrafas PET tornou-se uma das principais atividades promovidas pelo projeto.

Em 2018, o Projeto lançou um olhar para a formação docente, e passou a promover cursos de formação continuada presencial e a distância (figura 3). Foram realizados cursos sobre robótica, linguagem da programação e sobre os quatro eixos formativos do projeto, além de minicursos ministrados em eventos científicos.



Figura 3 – Aulas do Curso Astroem para Professores (2018) - Fonte: Acervo Lozada

Nessa época, o projeto também passou a contemplar atividades de investigação, uma das principais tendências do ensino de Ciências, assim como implantou o projeto final como uma das atividades de conclusão do curso, instigando os alunos à iniciação científica e estimulando a criatividade. Além dos artigos publicados em eventos científicos, passaram a ocorrer publicações em periódicos.

Em 2019, o Projeto Astroem participou, pela primeira vez, de um evento científico internacional, o Fablearn Nova York.

Nesse ano, foi iniciada a implementação de um percentual de vagas destinadas a meninas, para incentivá-las às carreiras científicas, e o material didático passou por novas atualizações, acompanhando o desenvolvimento das empresas do setor aeroespacial e das novas missões espaciais.

Em 2020, o Astroem ganhou seu segundo prêmio internacional durante o Fablearn Nova York – Best Paper Awards (figura 4), na categoria Educadores, apresentando o trabalho que foi desenvolvido com as meninas nas Ciências.

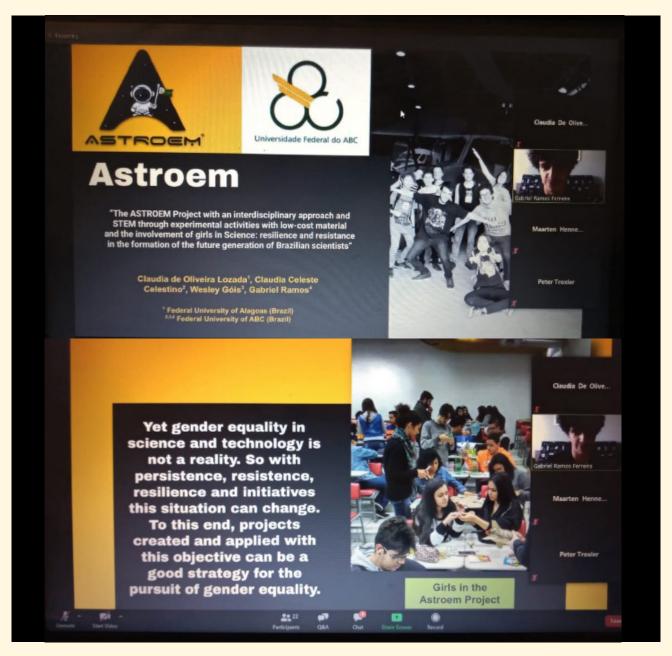


Figura 4 – Astroem recebe o Best Paper Awards (2020) - Fonte: Acervo Lozada

Pesquis ABC • nº 33 • dezembro de 2022

Nesse ano, que atravessava um período pandêmico, o projeto foi reformulado, e passou a ser ofertado remotamente, atendendo alunos de diversos Estados Brasileiros, com aulas assíncronas, síncronas e lives, permanecendo na modalidade remota em 2021, ano em que recebeu um prêmio durante o II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Em 2022, os coordenadores do Projeto Astroem lançaram os livros "Astronáutica para o Ensino Médio" e "Astronomia para o Ensino Médio" pela Editora UFABC (figura 5), derivado das práticas realizadas no projeto ao longo desses anos.

Os livros foram recomendados pela Scientific American Brasil (figura 6) na categoria de divulgação científica, e mencionados pela Sociedade Brasileira de Física.



Figura 5 – Os livros do Projeto Astroem (2022) - Fonte: Acervo Lozada



Figura 6 – Os livros do Astroem citados pela Scientific American Brasil (2022) Fonte: Acervo Lozada

Ao longo desse tempo, o Projeto Astroem transcendeu o seu caráter de ação extensionista, e se tornou um polo de pesquisa educacional, gerando pesquisas relevantes na área de Ensino de Ciências, Processo Ensino-Aprendizagem, Formação Docente e Recursos Educacionais. Tais pesquisas permitiram traçar um perfil do público escolar que participa do projeto, gerar materiais didáticos adequados para o processo ensino-aprendizagem, aperfeiçoar metodologias de ensino de Ciências, identificar as características dos processos cognitivos, interações e argumentação científica dos alunos durante as atividades experimentais, investigar aspectos curriculares que influenciam nas práticas docentes e levantar elementos essenciais para o desenvolvimento profissional dos professores de Ciências, além de contribuir para a disseminação da cultura aeroespacial na Educação Básica.

Por outro lado, a participação de graduandos da UFABC como monitores auxiliou no desenvolvimento de novas competências e habilidades, bem como na inserção da extensão no movimento de curricularização.

Atualmente, o foco do projeto abrange também a alfabetização científica e tecnológica do público escolar e a popularização da Ciência, permanecendo com seu viés interdisciplinar e seu enfoque STEM/ Maker.

Em 2023, o Projeto Astroem completará 10 anos, deixando um legado importante das ações extensionistas, não apenas como integração da Universidade com a sociedade, mas também de integração com a escola de Educação Básica, e como ambiente de pesquisa que tem promovido uma aprendizagem significativa de Ciências, em especial as Ciências Espaciais.

Referências

BRASIL (2018). **Base nacional comum curricular**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica.

BLIKSTEIN, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. In: WALTER-HERRMANN J.; BUCHING C. (Eds). **FabLabs**: Of machines, makers and inventors. Bielefeld: Transcript, pp.1-22.

NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING (NAE) & NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2014). **STEM integration in K-12 education**: status, prospects, and an agenda for research. The National Academies Press, Washington.

PAPERT, S. (1980). **Mindstorms**: children, computers and powerful ideas. New York: Basic Books.

UFABC (2017). **Projeto pedagógico institucional**. Disponível em: https://www.ufabc.edu.br/images/imagens_a_ufabc/projeto-pedagogico-institucional. pdf. Acesso em: 16 jun. 2022.

Contato dos autores

Profa. Dra. Claudia Celeste Celestino (UFABC-CECS)

claudia.celeste@ufabc.edu.br

Prof. Dr. Wesley Góis (UFABC-CECS) wesley.gois@ufabc.edu.br

Profa. Dra. Claudia de Oliveira Lozada (UFAL-IM) claudia.lozada@im.ufal.br

Profa. Dra. Claudia Celeste Celestino (UFABC-CECS)

Prof. Dr. Wesley Góis (UFABC-CECS)

Profa. Dra. Claudia de Oliveira Lozada (UFAL-Instituto de Matemática)

Pesquis*ABC* • n° 33 • dezembro de 2022

Vigilância epidemiológica por meio do monitoramento inteligente do esgoto



Assim que a COVID-19 começou a se espalhar pelo mundo, pesquisadores passaram a buscar soluções para garantir o bem-estar humano, animal e o equilíbrio ambiental nos níveis local, regional, nacional e global. Como solução promissora, passouse a utilizar o mapeamento epidemiológico baseado no conceito de biomarcadores (fezes e urina dos portadores de doenças), denominado WBE (do inglês, *Wastewater-Based Epidemiology*), método que já vinha sendo utilizado com êxito desde o enfrentamento da epidemia de poliomielite nos Estados Unidos na década de 1940.

Unindo as expertises em saneamento ambiental e saúde pública, um grupo de pesquisadores da UFABC, sob coordenação do biólogo e professor do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC (CECS- UFABC), Dr. Rodrigo de Freitas Bueno, iniciou, em junho de 2020, o estudo piloto de monitoramento de COVID-19 em águas residuais na região do ABC do estado de São Paulo, visando apoiar os gestores públicos na elaboração de medidas de contenção. Os resultados das análises começaram a ser utilizados para avaliar indiretamente o aumento ou a diminuição da carga viral de COVID-19 dessa população, identificar pontos críticos, e criar um Sistema de Alerta

Precoce (*SAP*) para alertar as comunidades, rastrear a propagação e direcionar ações de enfrentamento à pandemia.

Os pontos monitorados, distribuídos em diferentes locais de Santo André, São Caetano, Mauá e Diadema, integram uma das regiões mais urbanizadas e populosas do país, abrangendo uma população de 570 até 1,6 milhões de habitantes. O monitoramento realizado semanalmente possibilitou prever eventos de aumento e queda de casos de COVID-19, com aproximadamente 14 dias de antecedência, tempo suficiente para as autoridades locais direcionarem ações de controle às áreas afetadas, como, por exemplo, aumentar estratégias de testagem e preparar a infraestrutura de saúde no local.

Embora muitas vezes menosprezado, o esgoto pode ser fonte de informações valiosas, pois pacientes com COVID-19 (sintomáticos e assintomáticos) eliminam partes do vírus nas fezes antes mesmo do aparecimento dos sintomas, e isso pode continuar por dias após o desaparecimento de todos os sintomas da doença. Desse modo, é possível averiguar a presença do SARS-CoV-2 e suas variantes no sistema de esgotamento sanitário: poços de visita (PV), estações elevatórias de esgoto (EEE) e na entrada das estações de tratamento de esgoto (ETEs).

Como é feito o monitoramento

Semanalmente, a equipe laboratorial da UFABC, em parceria com a SABESP, realiza a coleta de amostras de esgoto na Região do Grande ABC. As amostras são armazenadas em frascos plásticos e, no mesmo dia da coleta, são transportadas ao laboratório da UFABC, onde serão separadas em partes (alíquotas) para análise.

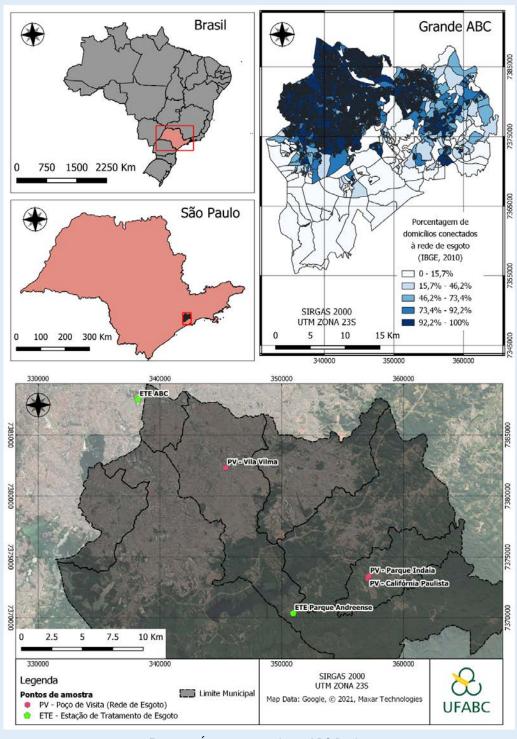


Figura 1: Área investigada no ABC Paulista

No laboratório da UFABC, são realizadas as análises de presença do SARS-CoV-2, por meio da técnica de RT-qPCR, que identifica e quantifica a presença do vírus nas amostras.

Também são elaborados mapas de presença e ausência do vírus e de calor da carga viral – os quais representam as regiões do município com mais intensidade da presença do SARS-CoV-2 nas amostras.

Boletins informativos semanais são elaborados pela equipe técnica e enviados para a rede de colaboradores das instituições envolvidas, inclusive para o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI), permitindo o diagnóstico comparativo com dados clínicos levantados pelos municípios.







Figura 2: Boletim semanal publicado pelo grupo de monitoramento de COVID-19 em águas residuais no ABC Paulista.

Conforme as pesquisas avançaram, a metodologia de análise das amostras ambientais foi refinada, e o grupo passou também a realizar o sequenciamento genético das amostras ambientais para identificar variantes de preocupação.

O seguenciamento é um método que identifica a correta sequência de bases nitrogenadas de um genoma, permitindo que não somente sejam identificadas mutações que caracterizam cada uma das variantes já conhecidas de SARS-CoV-2, como também permite descobrir novas mutações. No caso do SARS-CoV-2, o material genético a ser sequenciado é uma fita de RNA. A equipe laboratorial é responsável pela extração e purificação do material genético viral das amostras coletadas e pelo processamento do material até estar pronto para ser lido pelo sequenciador, que, por sua vez, gera milhares de pequenas sequências chamadas reads, as quais são então processadas e analisadas pelo profissional de Bioinformática.

As informações levantadas a partir do monitoramento resultaram em artigos científicos publicados em revistas de alto impacto, boletins semanais redigidos em linguagem simplificada e disponibilizados à comunidade via redes sociais, manuais impressos, e distribuídos em eventos, hospitais, escolas e pontos turísticos; além de diversas reportagens em importantes veículos de imprensa, como a rede Globo, CNN, TV Record, entre outros.

O êxito do trabalho atraiu o interesse de membros de outros grupos de pesquisa, que, após receberem o devido treinamento, passaram a realizar o monitoramento em diferentes cidades e estados do país. Dessa forma, o projeto piloto acabou dando origem a uma rede de monitoramento nacional (REMONAR), envolvendo diversas instituições de ensino e pesquisa. Ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Informações, com a cooperação de financiadores e consultores externos, a REMONAR trabalha

subdividida em comitês técnico-científicos, dedicados a pesquisas aplicadas à vigilância epidemiológica baseada no monitoramento de águas residuais.

No futuro, à medida que os conhecimentos sobre o processo de detecção em função de outros parâmetros for melhor disseminado, o sistema de monitoração do esgoto poderá se tornar uma ferramenta preditiva ainda mais eficiente, permitindo, assim, ações mais rápidas ante eventuais surtos virais.



REMONAR – Rede MCTI de Monitoramento de Covid-19 em águas residuais.

www.remonar.com.br

Instagram: @remonar.mcti

Facebook: https://www.facebook.com/

REMONAR.MCTI

Profa. Dra. Gilmara Barros de Lima (UFABC-Biossistemas)

Profa. Dra. Bruna Chyoshi (UFABC-CECS)

Profa. Dra. leda Carolina Mantovani Claro (UFABC-CECS)

Prof. Dr. Claudio Roberto Caldereiro (UFABC-CECS)

Prof. Dr. Guilherme Santos Sousa (UFABC-CECS)

Profa. Dra. Melissa Cristina Pereira Graciosa (UFABC-CECS)

Prof. Dr. Eduardo Lucas Subtil (UFABC-CECS

Prof. Dr. Rodrigo Almeria Ragio (UFABC-CECS

Profa. Dra. Roseli Frederigi Benassi (UFABC-CECS

Prof. Dr. Rodrigo de Freitas Bueno (UFABC-CECS)



A força do Direito na reparação de danos por contaminação de agrotóxico

Este artigo apresenta os resultados correntes da pesquisa "Responsabilidade por danos decorrentes de contaminação de agrotóxico: limites do Direito brasileiro na mitigação desse impacto ambiental", cujo objeto de estudo é a investigação do nexo de causalidade de danos, ao meio ambiente e à saúde humana, em razão do uso de agrotóxicos. A pesquisa é financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

O nexo de causalidade, também conhecido como nexo causal, é a relação entre o evento que gerou o dano e o dano efetivo, ou seja, delineando o caminho de causa e efeito da contaminação.

A comprovação do nexo causal é um requisito essencial para que haja responsabilização do(s) agente(s) causador(es) no sistema judiciário brasileiro e, no caso de contaminação por agrotóxicos, estabelecer essa comprovação é algo de extrema dificuldade. Isso ocorre porque, pelas características dessas substâncias, os riscos de contaminação não se limitam a uma localização geográfica ou espacial.

Por exemplo, o agrotóxico pode ser levado pelo vento ou pela água a locais diferentes do local de aplicação. Além disso, suas consequências podem ser imediatas ou se prolongar com o tempo, ou seja, um trabalhador rural pode demonstrar sinais

de intoxicação logo após o contato com a substância, ou pode ter contato contínuo por anos e assim desenvolver uma doença crônica. Como comprovar a contaminação por agrotóxico? E a relação entre o(s) agrotóxico(s) específico(s) e a doença?

Os riscos sobre o uso intensivo dessas substâncias para o meio ambiente e a saúde humana são discutidos desde os anos 60. Esta pesquisa, por meio da análise de bibliografia, legislação e jurisprudência, além de entrevistas com peritos profissionais das áreas envolvidas na questão, analisa o histórico de como essas investigações sobre o dano por contaminação de agrotóxicos tem fornecido conteúdo para tomada de decisões em esfera governamental e judicial, e discute possibilidades e estratégias viáveis para melhorar a efetividade desses fluxos decisórios.

Assim, entende-se que a reparação por danos decorrentes da contaminação de defensivos agrícolas é um grande desafio enfrentado pelo Direito brasileiro.

No cenário mundial, o Brasil tem um papel de protagonismo no consumo de agrotóxicos. Somente em 2020, o país comercializou 686 mil toneladas de agrotóxicos e afins, conforme foi observado na consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos tóxicos, agrotóxicos e afins, realizada pelo Instituto Brasileiro do

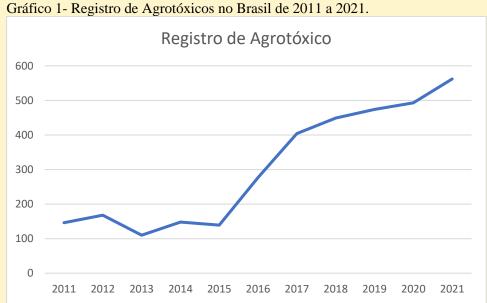
Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em 2021. Esse número cresce ano após ano.

O número de registros de agrotóxicos também tem crescido exponencialmente com o passar dos anos, conforme demonstra o Gráfico 1. O registro é a permissão para que o princípio ativo possa ser comercializado e utilizado no Brasil, e é regido pela Lei Federal nº 7.802, de 1989.

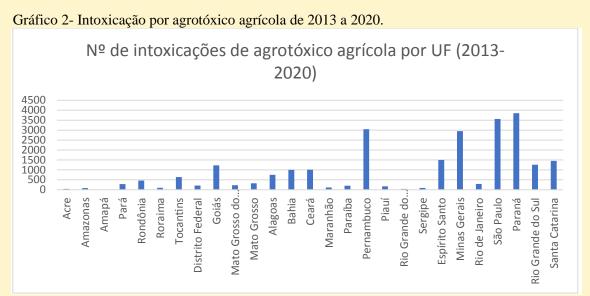
Tais dados geram preocupação, uma vez que, dos 475 novos registros de 2019, cerca

de um terço continha substâncias ativas que foram listadas pela Associação Europeia de Produtos Químicos como proibidas ou severamente restritas na União Europeia (SARKAR, 2021).

A pesquisa tem como base os anos de 2013 a 2020, com foco nos estados de Mato Grosso, Paraná, São Paulo e Pernambuco, os quais apresentam os números mais expressivos de consumo e/ou notificação por intoxicação por agrotóxico agrícola, conforme demonstram os Gráficos 2 e 3.

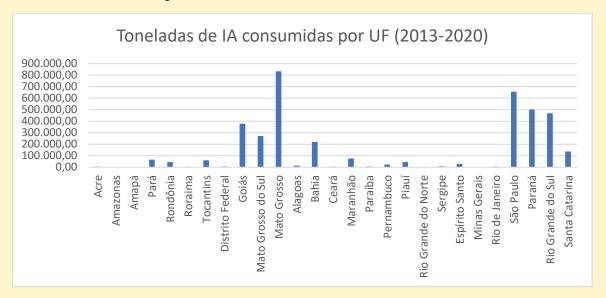


Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).



Fonte: Ministério da Saúde/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net

Gráfico 3- Consumo de agrotóxico em tonelada de 2013 a 2020.



Fonte: IBAMA / Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto nº 4.074/2002.

Até o presente momento, foi feita a análise de jurisprudência do Mato Grosso e de São Paulo. O Mato Grosso é o estado que mais utiliza agrotóxico em toneladas, porém com um número de notificação por intoxicação baixo, enquanto São Paulo é o segundo em consumo de agrotóxicos e o segundo com maior número de intoxicações registradas. A pesquisa jurisprudencial foi feita nos sites dos tribunais do estado, aplicando-se os filtros "nexo causal" e "agrotóxico" - foram desconsideradas decisões que não discutiam nexo de causalidade de contaminação ou possibilidade de contaminação por agrotóxico, uma vez que essas não tinham relevância para a presente pesquisa.

Os dados foram embasados em 299 decisões, sendo 64 dos Tribunais de Justiça estaduais (TJMT e TJSP), 234 dos Tribunais Regionais do Trabalho (TRT23, TRT2 e TRT15), 100 sobre contaminação de trabalhador e 134 sobre adicional de insalubridade, e 1 no Tribunal Regional Federal da 1ª Região (TRT1). Decisões que contemplam pedidos de pagamento de adicional de insalubridade serão abordadas separadamente mais adiante, por não tratarem de casos de contaminação efetiva.

Dentre 165 decisões, em 91 delas, não foi comprovado o nexo causal (55,15%), e em 74 delas, o nexo foi comprovado (44,84%). Os motivos da dificuldade ou falta de identificação aparecem na seguinte porcentagem: deriva do agrotóxico (12,08%), demora para perícia (4,39%), não realização de perícia médica (2,19%), risco não foi considerado significativo (8,79%), não foi comprovada relação da doença com o agrotóxico (64,83%), outros (12,08%).

Os bens afetados foram: animais (4,84%), solo (1,81%), água (1,81%), lavoura (8,48%), dano difuso/coletivo (9,09%) e saúde/vida (81,21%).

Desses casos, 32 resultaram em óbito (22,53%), sendo oito de animais e 24 de humanos. No estado do Mato Grosso, que teve metade dos óbitos de humanos, apenas um caso, no qual um trabalhador morreu de câncer de cabeça e pescoço aos 36 anos (processo nº 0000933-46.2013.5.23.0003), o nexo de causalidade pôde ser comprovado em perícia. Em São Paulo, quatro casos tiveram nexo de causalidade comprovado em perícia, dois deles envolvendo humanos, e outros dois envolvendo animais.

Dentre os casos de pedidos de adicional de insalubridade, em 66 deles, não foi comprovado nexo de causalidade (49,25%) e em outros 68, houve comprovação (50,75%), cabendo ressaltar que 18 casos que tiveram nexo de causalidade identificado eram ações iguais contra o mesmo empregador, o que torna o número menos expressivo. Os motivos da não comprovação aparecem na seguinte proporção: exposição eventual (27,27%), sem exposição direta (21,21%), contato apenas com embalagens lacradas (12,12%), exposição habitual, mas intermitente (9,09%), agrotóxico não listado na NR15 (3,03%), comprovação do uso de EPI1 (3,03%), sem vínculo empregatício (1,51%), outros (22,72%).

O mais alarmante sobre esse cenário é que, quando se trata da comprovação da proteção do trabalhador, para prevenção de intoxicação, apenas 13,43% das perícias confirmaram o uso e entrega de EPIs e treinamento para manuseio de substâncias químicas de forma efetiva. Ou seja, em 82,08% dos casos, o empregador não conseguiu comprovar que seguia as normas de proteção contra os agrotóxicos. Os 4,49% restantes são de casos cuja função não exigia uso de EPI.

Durante a pesquisa, foram identificadas 33 decisões condenando empregadores que deixaram de fornecer condições mínimas de saúde e dignidade a seus empregados, os quais trabalhavam em situação degradante, muitas vezes sem local adequado para realizar suas refeições ou ir ao banheiro.

Diante disso, percebe-se que, ao abordar a questão do trabalho rural, torna-se patente a vulnerabilidade desse grupo de trabalhadores, no tocante ao acesso à escolaridade, saúde e informação. De acordo com o censo agropecuário de 2017, 11.523 produtores rurais do estado do Mato Grosso foram identificados como não alfabetizados, sendo que 11.357 afirmaram nunca ter frequentado a escola (IBGE, 2019).

A baixa escolaridade limita a percepção desses agricultores quanto ao risco dessas substâncias, tanto na participação de treinamentos sobre os agrotóxicos, quanto na leitura de bulas e indicações, além de ficaram vulneráveis à falsificação de assinaturas em documentos importantes, como o termo de entrega de Equipamentos de Proteção Individual durante o período de trabalho.

Em entrevistas realizadas com peritos ambientais especialistas em contaminação por agrotóxico, com aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da UFABC, os profissionais indicaram a falta de laboratórios equipados para as análises de concentração dessas substâncias. Eles também destacaram que o Brasil permite limites de concentração altos na água, em relação a outros países, o que expõe toda a população a um risco desconhecido e, muitas vezes, desconsiderado.

A realização da pesquisa no âmbito dos estudos em Ciência e Tecnologia Ambiental, em vez do âmbito do Direito, deu-se por conta do aspecto interdisciplinar da questão em foco.. Para uma abordagem profícua, o Direito, por si só, não deverá ser estudado de modo descolado às realidades que busca regular, pois isso o tornaria obsoleto e ilusório, visto que essa área do conhecimento humano deve servir como espelho da sociedade.

Todavia, a matéria jurídica, muitas vezes, é isolada das demais, tornando o sistema mais suscetível a falhas. Química, física, geografia, biologia, economia, sociologia, antropologia são apenas algumas das áreas que permeiam

^[1] Cabe ressaltar que Súmula n.º 289 do Tribunal Superior do Trabalho (TST) estipula que "o simples fornecimento do aparelho de proteção pelo empregador não o exime do pagamento do adicional de insalubridade. Cabe-lhe tomar as medidas que conduzam à diminuição ou eliminação da nocividade, entre as quais as relativas ao uso efetivo do equipamento pelo empregado".

o cenário no qual as decisões sobre o uso de agrotóxicos são tomadas. Loureiro et al. (2019) destaca que a pouca interação entre as ciências sociais e biológicas em causas socioambientais prejudica o avançar da causa ambiental.

Em relação às pesquisas anteriores existentes sobre o tema, esta pesquisa inova devido ao fato de que a investigação do nexo causal entre o uso de agrotóxico e o dano gerado permite um mapeamento da relação entre os agrotóxicos, o meio ambiente, a saúde humana e o Direito brasileiro, lançando luzes sobre o processo investigativo e suas dificuldades, além de ampliar as percepções sobre casos recorrentes de intoxicação por agrotóxico.

Diante do cenário na agricultura brasileira, entende-se que o tema é de extrema relevância e abre possibilidades para outras pesquisas interdisciplinares. A investigação acerca do nexo causal pode contribuir para gerar decisões futuras mais consistentes e conscientes quanto aos riscos, de ordem ambiental e para a saúde humana, implicados no uso indevido de agrotóxicos.

Referências

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos. 2019. Disponível em: https://sidra. ibge.gov.br/pesquisa/censo- agropecuario/ censo-agropecuario 2017#caracteristicasestabelecimentos. Acesso em 19 de junho de 2022.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de agrotoxicos#painel-perfisambientais. Acesso em 23 de maio de 2022.

Loureiro, L F et al. (2019). Interdisciplinaridade: uma proposta epistemológica para a ciência pósmoderna. InterSciencePlace, 14(4).

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrotóxicos. Disponível em:http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/insumosagricolas/agrotoxicos. Acesso em 21 de maio de 2022.

SARKAR, S et al. (2021) The use of pesticides in developing countries and their impact on health and the right to food. European Union.

Contato dos autores

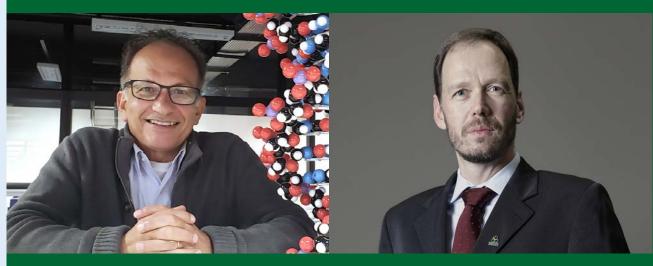
Beatriz Carvalho de Souza carvalho.beatriz@ufabc.edu.br

Vitor Vieira Vasconcelos vitor.vasconcelos@ufabc.edu.br

> Beatriz Carvalho de Souza – Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (UFABC)

Prof. Dr. Vitor Vieira Vasconcelos – Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (orientador) (UFABC)

Elos entre ensino e pesquisa nos bacharelados interdisciplinares





Entrevista com os ex-reitores Adalberto Fazzio (foto à esquerda) e Klaus Capelle (foto à direita), a partir de suas experiências na UFABC e na Escola Ilum (CNPEM)

O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) – organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), localizado em Campinas – é conhecido como um dos principais centros de pesquisa avançada do Brasil. Nele funcionam laboratórios nacionais, como o LNNano (Nanotecnologia), LNBio (Biociências), LNBR (Biorrenováveis) e o LNLS (Luz Síncrotron) – que sedia o acelerador de elétrons Sirius, considerado a maior e mais complexa infraestrutura científica do país.

Muitos docentes da UFABC já utilizaram os serviços do CNPEM, colaboraram com seus pesquisadores ou até trabalharam lá. Alunos da UFABC também já utilizaram suas instalações para pesquisas de iniciação científica, mestrado e doutorado.

O que muitos, talvez, ainda não saibam, é que o CNPEM também passou a desenvolver atividades de ensino, e que uma das mais notáveis contou com a participação de colegas da UFABC em sua concepção e implantação: a Escola Ilum e seu Bacharelado Interdisciplinar em Ciência, Tecnologia e Inovação (BCTI).

Para divulgar essa novidade à comunidade universitária, o PesquisABC entrevistou dois ex-reitores da UFABC que participaram, diretamente, da referida iniciativa: o professor Klaus Capelle, ex-diretor, e o professor Adalberto Fazzio, atual diretor da Ilum.

PesquisABC: Como se deu a criação da llum?

Adalberto Fazzio (AF) e Klaus Capelle (KC): O grande idealizador da criação de uma unidade educacional do CNPEM foi o professor Rogério Cerqueira Leite, presidente do seu Conselho de Administração. Ele desenvolveu a visão de uma escola moderna de ciências, onde os alunos poderiam se beneficiar, em seus estudos, da estrutura ímpar dos laboratórios do CNPEM, e na qual o ensino das humanidades seria integrado, efetivamente, ao ensino das ciências exatas e tecnológicas. A missão de transformar essa visão em realidade coube, inicialmente, ao professor Cylon Gonçalves da Silva, ex-diretor do LNLS. Posteriormente, foi assumida pelo professor Klaus Capelle, ex-reitor da UFABC;

pelo professor Esper Carvalho, ex-presidente do CNPq; e, atualmente, pelo professor Adalberto Fazzio, ex-reitor da UFABC e exdiretor do LNNano.

Na gestão do professor Cylon, desenvolveram-se modelos de aprendizagem ativa e colaborativa, com sistemas ciberfísicos como foco temático. Durante a gestão do professor Klaus, escolheu-se o modelo do BCTI como curso de entrada na llum, e iniciaram-se os planejamentos para o futuro prédio da escola e seus espaços laboratoriais, além de obter-se o credenciamento, pelo MEC, do CNPEM como mantenedor de uma instituição de ensino. Em seguida, sob a liderança do professor Esper, desenvolveu-se uma proposta detalhada do projeto pedagógico e avançou-se com a reforma e adequação do prédio. Desde o segundo semestre de 2019, o diretor da llum é o professor Fazzio. Nesse período, o projeto da escola e o projeto pedagógico do BCTI foram concluídos e submetidos ao INEP/MEC e ao CNE - que os aprovaram com nota máxima. As obras nas instalações da escola foram terminadas e vários equipamentos para a infraestrutura laboratorial foram importados. Em seguida, foram publicados os primeiros editais para a contratação de professores e o ingresso de alunos. Em março de 2022, os primeiros 40 alunos começaram a estudar na llum.

PesquisABC: Quais são seus principais fundamentos e objetivos?

AF e KC: A llum é uma escola de ensino superior interdisciplinar em ciência, tecnologia e inovação, com um modelo pedagógico inovador, em que o aluno é protagonista da sua formação. A llum oferece ensino superior de excelência, em período integral, gratuito e com imersão no ambiente de pesquisa do CNPEM desde o primeiro semestre do curso. É assim que a llum pretende formar os futuros cientistas do nosso país.



PesquisABC: Qual foi a participação da UFABC na criação da Ilum?

AF e KC: Profissionais de instituições como a UFABC, Unicamp, USP e Unifesp, além do próprio CNPEM, ajudaram na concepção e criação da escola. Entre os colegas da UFABC – além dos ex-reitores Adalberto Fazzio e Klaus Capelle –, cabe destacar a importante participação do professor Jeroen Schoenmaker, que contribuiu com a elaboração do projeto pedagógico do BCTI. Em 2021, foram contratados dois experientes pesquisadores: o professor Nelson Studart – também com passagem pela UFABC –, que assumiu a coordenação acadêmica, e o professor Amauri Jardim de Paula, para a coordenação dos laboratórios.



De forma geral, pelo fato de vários professores da UFABC terem participado do projeto, é natural haver semelhanças entre os princípios acadêmicos e pedagógicos das duas instituições. No entanto, a llum não é um 'clone' da UFABC: cada uma tem seu próprio projeto pedagógico, e ambos diferem em pontos importantes. Entre esses, enfatizamos (no caso da Ilum): o BCTI, que – em comparação ao BC&T da UFABC - evidencia a ênfase na inovação científica e pedagógica; o espaço maior dado ao estudo individual, livre e colaborativo; e a limitação intencional a turmas muito pequenas, nas quais cada aluno pode ser acompanhado individualmente pelos professores nos seus estudos.

Em termos organizacionais, a Ilum não é uma universidade, mas uma escola de graduação. E mesmo sendo gratuita para seus alunos, não é uma instituição pública, mas vinculada a uma organização social (o CNPEM), que presta serviços públicos por meio de contratos com o MCTIC e o MEC.

PesquisABC: Quais podem ser considerados os elos entre os bacharelados interdisciplinares em ciência e tecnologia da UFABC e da Ilum?

AF e KC: O BCTI da llum tem três anos de duração, como o BC&T da UFABC, mas com aulas em período integral. Moradia, transporte e alimentação dos alunos são custeados pela escola, que também fornece um computador pessoal para uso durante todo o curso.

Assim como o BC&T, o BCTI está estruturado em grandes áreas do conhecimento. No caso do BCTI, são quatro, cursadas por todos os alunos: Ciências da Vida (biologia celular, biologia molecular, bioquímica, ecologia, genética e botânica), Ciências da Matéria (mecânica clássica, termodinâmica, eletromagnetismo, mecânica quântica, sistemas orgânicos e nanotecnologia), Linguagens Matemáticas (álgebra linear, probabilidade estatística, ciência de dados, análise e modelagem) e Humanidades e Empreendedorismo (cultura clássica, ciência moderna, ética, inovação, gestão de projetos, cultura digital, cultura e sociedade).

Devido à compatibilidade dos seus projetos pedagógicos e à proximidade geográfica das instituições, há grande potencial para vários tipos de parcerias entre ambas; em particular, visando a mobilidade dos alunos (inter-BIs),

Pesquis ABC • n° 33 • dezembro de 2022

além de possibilidades de colaboração para professores e parcerias em ensino e pesquisa.

PesquisABC: Como o ensino superior interdisciplinar favorece a formação de pesquisadores?

AF e KC: Pesquisar significa explorar o desconhecido de forma organizada. Essa atitude não é aprendida passivamente em sala de aula, ou assistindo palestras – precisa ser desenvolvida na prática. Mas para fazer jus à complexidade da natureza e da sociedade humana, essa prática da ciência não pode acontecer em caixinhas estanques, organizadas de acordo com subdivisões tradicionais do conhecimento ou com rótulos burocráticos.

Das energias renováveis aos universos virtuais, das mudanças climáticas às guerras cibernéticas, das tecnologias quânticas à biotecnologia, da matéria escura à nanotecnologia, da inteligência artificial à mobilidade urbana, nenhum dos grandes desafios enfrentados pela sociedade humana pode ser compreendido, muito menos resolvido, dentro das limitações de uma única especialização acadêmica.

A habilidade para trabalhar com questões interdisciplinares e dialogar com pessoas com formações diferentes será cada vez mais determinante – e não apenas para os futuros pesquisadores, mas também para os empreendedores, educadores e cidadãos informados em geral.

PesquisABC: É possível citar exemplos da integração entre pesquisa e ensino no âmbito da graduação (tanto na UFABC como na Ilum)?

AF e KC: Essa integração é reconhecida como fundamental pelas duas instituições, por trazer enormes benefícios para a formação do aluno, além de enriquecer o próprio ambiente de pesquisa. Por esse motivo, ambas criaram mecanismos para incentivá-la.

Na UFABC, há programas como o PDPD (Pesquisando Desde o Primeiro Dia), além de um leque de outras modalidades de Iniciação Científica custeadas por agências de fomento ou pela própria Universidade. Os projetos pedagógicos dos cursos costumam incluir disciplinas como "Introdução à pesquisa científica", "Metodologia de pesquisa" e "Projeto dirigido". Desde cedo, os alunos têm acesso aos laboratórios de pesquisa da Universidade, em particular, às instalações da Central Experimental Multiusuário (CEM).

A llum, por sua vez, oferece aos alunos vivências regulares (semanais) no ambiente de pesquisa do CNPEM, desde o início do curso. Em paralelo, organiza palestras com pesquisadores experientes e oferece acesso a equipamentos de alta tecnologia. O projeto final do curso da llum será desenvolvido no próprio CNPEM, com imersão total nos seus laboratórios avançados, o que proporcionará aos alunos uma experiência ímpar de convívio com pesquisadores experientes, em ambientes laboratoriais de fronteira.

PesquisABC: Gostariam de acrescentar mais informações a respeito?

AF e KC: A criação do BCTI na Ilum atesta a vitalidade e atualidade do conceito do bacharelado interdisciplinar, e mostra que esse modelo pode funcionar não apenas em grandes universidades públicas, mas também em escolas menores e em organizações sociais.

O futuro da ciência é a interdisciplinaridade, e o futuro da educação é a aprendizagem ativa. Tanto o BC&T (e o BC&H) da UFABC, quanto o BCTI da Ilum/CNPEM são provas disso.

Mais detalhes sobre o BCTI e a llum podem ser encontrados em https://ilum.cnpem.br.

Assessoria de Comunicação e Imprensa

