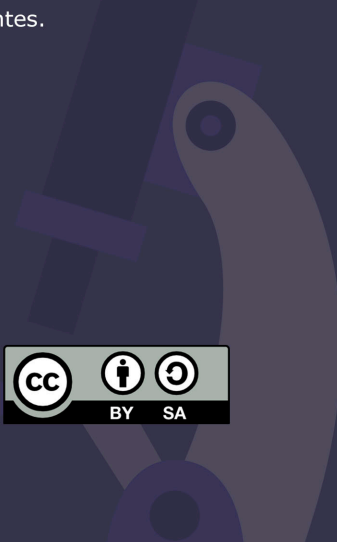


Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza
Daniel Matheus da Silva
Ana Cláudia Kasseboehmer
(Orgs.)

O que fazem OS CIENTISTAS

textos de divulgação
científica para o ensino
e a aprendizagem
de Ciências





A divulgação científica tem como objetivo popularizar e democratizar o acesso ao conhecimento científico para quem não está ou ainda não está envolvido ou envolvida com Ciência. Por isso, a divulgação científica e seus recursos podem ser aproveitados para inovar as aulas de Ciências e tornar os processos de ensino e de aprendizagem mais significativos. Nesta obra, o objetivo é destacar os textos de divulgação científica como recurso de ensino e de aprendizagem. O livro inicia com uma discussão sobre as possibilidades e benefícios do uso e da produção de textos de divulgação científica por estudantes da educação básica. Também são apresentados alguns textos que explicam o que diferentes grupos de pesquisa de universidades e institutos de pesquisa públicos do Estado de São Paulo fazem. Esses textos foram produzidos para orientar algumas das atividades de extensão de uma universidade pública. Espera-se que o uso e a produção de textos de divulgação científica contribuam para melhorar a aprendizagem de conceitos científicos e para desenvolver a destreza em pesquisa, leitura e escrita dos estudantes.



O que fazem os cientistas

O que fazem os cientistas

textos de divulgação científica para o ensino e
a aprendizagem de Ciências

Organizadores

Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza

Daniel Matheus da Silva

Ana Cláudia Kasseboehmer



Diagramação: Marcelo A. S. Alves

Capa: Carole Kümmecke - <https://www.conceptualeditora.com/>

O padrão ortográfico e o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas de cada autor. Da mesma forma, o conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu respectivo autor.



Todos os livros publicados pela Editora Fi estão sob os direitos da [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

SOUZA, Renata Torres Mattos Paschoalino de; SILVA, Daniel Matheus da; KASSEBOEHMER, Ana Cláudia (Orgs.)

O que fazem os cientistas: textos de divulgação científica para o ensino e a aprendizagem de Ciências [recurso eletrônico] / Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza; Daniel Matheus da Silva; Ana Cláudia Kasseboehmer (Orgs.) -- Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2022.

145 p.

ISBN - 978-65-5917-405-8

DOI - 10.22350/9786559174058

Disponível em: <http://www.editorafi.org>

1. Ciência; 2. Ensino; 3. Divulgação científica; 4. Estado; 5. Brasil; I. Título.

CDD: 370

Índices para catálogo sistemático:

1. Educação 370

Sumário

Apresentação	9
---------------------	----------

1	13
----------	-----------

Textos de divulgação científica no ensino e na aprendizagem

2	28
----------	-----------

Degradação de compostos orgânicos poluentes: Necessária solução para o meio ambiente

Kenia Naara Parra
Ana Carolina da Silva
Ana Carolina da Silva Steola
Daniel Matheus da Silva
Taynara Oliveira Silva
Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza

3	49
----------	-----------

Corrosão: quem poderá nos proteger?

Kenia Naara Parra
Caio Marques Neves Nunes
Artur de Jesus Motheo

4	66
----------	-----------

Modelagem Molecular e Interferentes Endócrinos: Pesquisas que Podem Auxiliar à Redução de Impactos no Meio Ambiente e na Saúde

Michell Oliveira Almeida
Rafaela Molina de Angelo
Lanna Emilli Barbosa Lucchetti
Mauro Coelho dos Santos
Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza
Kathia Maria Honorio

Diabetes, fármacos e computadores: existe relação?

Andressa Heloisa Bagatelo
Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza
Sheila Cruz Araujo
Simone Queiroz Pantaleão
Rafaela Molina de Angelo
Michell de Oliveira Almeida
Kathia Maria Honorio

Nanotecnologia e o tratamento de efluentes

Lucas Adam Prado Julião
Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza
Laís Gimenes Vernasqui
Neidenei Gomes Ferreira

Divulgação Científica: Informação e Aprendizado

Andressa Heloisa Bagatelo
Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza
Ana Cláudia Kasseboehmer

Apresentação

Este livro é dedicado a graduandos dos Cursos de Licenciatura e professores da Educação Básica da área de Ciências Naturais. A proposta é divulgar a utilização e a produção de textos de divulgação científica para o ensino e a aprendizagem das disciplinas de Ciências Naturais.

Desde 2014, o Laboratório de Investigações em Ensino de Ciências Naturais tem seu foco em divulgar as pesquisas desenvolvidas na universidade pública. O desafio inicial foi produzir textos de divulgação científica que abordassem os problemas que motivam esses diferentes grupos de pesquisa, quais ideias inovadoras eles propõem e, claro, convidar os leitores a fazer parte dessa história. Para explorar todo o potencial que um texto de divulgação científica pode ter, em cada um deles pelo menos um conceito científico comum do currículo da Educação Básica era abordado. Assim, o texto poderia ter papel de contextualizar um conteúdo e discutir um conceito científico além de explicar, em uma linguagem acessível, o que se faz em ciência nas universidades públicas.

Diferentes textos de divulgação científica já foram produzidos e a experiência mostrou que o estudo e toda a preparação necessária desde conhecer um grupo de pesquisa até concluir um texto interessante e bem elaborado, passando pela explicação dos conceitos científicos requer tal envolvimento que leva ao desenvolvimento de muitos conhecimentos e habilidades.

Diante desse contexto, resolveu-se compilar a estrutura dos textos de divulgação científica já produzidos como forma de estimular e disseminar a confecção de novos textos na Educação Básica. Acredita-se que essa experiência poderia elevar a interação das escolas com a universidade em

um novo nível, estreitando as relações e atribuindo um propósito educativo ao contato com a universidade. Além disso, os estudos, seja nas disciplinas de Ciências Naturais ou com a integração com outras áreas, para a produção desses textos pode atribuir maior sentido aos estudos para os estudantes.

Os documentos legais que discutem o currículo da Educação Básica ressaltam a necessidade de desenvolver habilidades de leitura e escrita nos estudantes. Se essa responsabilidade for compartilhada entre professores de diferentes áreas do conhecimento, além de os resultados poderem ser mais efetivos, possibilitará também a integração entre professores e entre áreas. Nesse contexto, a produção de textos de divulgação científica como atividade de ensino pode ser aplicada pelos professores de Ciências Naturais ou trabalhando conjuntamente com os professores da área de Linguagens.

Ainda, outros enfoques podem ser considerados oportunizando um trabalho interdisciplinar. Por exemplo, o estudo da pesquisa de um cientista para a produção do texto de divulgação científica pode envolver também compreender a natureza das ciências, ou seja, os métodos e os processos de validação da produção de novos conhecimentos e as relações das ciências com a sociedade. Com isso, os professores da área de Ciências Humanas também podem agregar muito valor para essa atividade.

Neste livro, também são compartilhados alguns dos textos de divulgação científica já produzidos. Os textos aqui presentes exploram algumas das linhas de pesquisa de grupos que compõem Projetos Temáticos financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e um Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia financiado pela FAPESP e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Nesses tipos de financiamento, vários

grupos de pesquisa se reúnem para propor problemas mais ousados e com isso pode gerar mais conhecimentos.

Os textos selecionados abordam temas comuns ao cotidiano dos estudantes e podem ser utilizados para contextualizar um novo conteúdo e para estimular a discussão sobre a ciência e sua importância no Brasil. Para facilitar, os textos contêm as habilidades da Base Nacional Comum Curricular e do Exame Nacional de Ensino Médio com as quais se relacionam.

O primeiro texto retrata a pesquisa do Grupo de Processos Eletroquímicos e Ambientais do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo IQSC/USP. A contextualização é feita a partir do plantio da cana-de-açúcar e dos problemas decorrentes com o uso de herbicidas e inseticidas normalmente aplicados em plantações. A pesquisa desse grupo procura métodos para degradar essas substâncias não removidas dos sistemas de tratamento de água convencionais. Com isso, os conceitos de radicais e reações em cadeia são abordados.

O Grupo de Eletroquímica Interfacial também do IQSC/USP e suas estratégias para proteger materiais metálicos da corrosão é o tema do segundo texto no qual também são abordados os conceitos de oxidação e redução.

No terceiro texto, já é discutida a integração entre duas instituições públicas para alcançar problemas de pesquisa maiores. Neste caso, computadores são utilizados para realizar estudos teóricos prévios para auxiliar nas pesquisas realizadas em laboratórios. Assim, um grupo de pesquisa aplica estudos computacionais para orientar algumas das estratégias de um grupo de pesquisa de outra instituição na busca de soluções para a questão dos interferentes endócrinos. O ensino de conceitos como reações químicas pode ser contextualizado com este texto.

No quarto texto, conteúdos de Química Orgânica e de Cinética Química são contextualizados a partir da pesquisa de um grupo que utiliza modelagem computacional na busca de fármacos para o tratamento de diabetes. Já no quinto texto, o tratamento de efluentes da indústria têxtil é apresentado como problematização para as pesquisas envolvendo a nanotecnologia. Além de discutir o conceito de nanotecnologia, outros conceitos científicos são apresentados, como alotropia.

O último texto aborda outra direção na qual os pesquisadores da área de Ciências podem se dedicar que é a área de Educação. As pesquisas de outro grupo são apresentadas discutindo-se a importância de se investir na formação e na atração de futuros estudantes para as áreas de Ciências.

Produzir e utilizar textos de divulgação científica podem trazer muitos benefícios. Este livro foi produzido para contribuir para tornar as salas de aula da Educação Básica um espaço de criação estimulante e motivador para se ensinar e para se aprender Ciências. Boa leitura!

As pesquisas desenvolvidas para a produção desta obra foram financiadas pela FAPESP, CNPq, CAPES e USP com os seguintes números de processos: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processo #2014/50945-4; #2017/10118-0; #2018/20145-7); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Processo #88.887.126/2017/00); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo #465571/2014-0); Programa Aprender com a Comunidade da Pró-Reitoria de Graduação da USP.

Textos de divulgação científica no ensino e na aprendizagem

1.1 O que são textos de divulgação científica

Um texto de divulgação científica (TDC) tem o significado exato de seu nome: um texto que tem o objetivo de divulgar a ciência. É uma dentre várias formas existentes de comunicar o conhecimento científico. A ciência atua de maneira complexa e introvertida, o que acaba por dificultar o acesso de quem não faz ciência. Ainda assim, discutir sobre ciências não deve ser restrito, pois o conhecimento gerado e sua aplicação podem interferir diretamente na vida humana. Desta forma, é importante que todo cidadão tenha o direito à informação. Para Bueno (2008, p. 04), a divulgação científica compreende:

a utilização de recursos, técnicas, processos e produtos (veículos ou canais) para a veiculação de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações ao leigo. É importante perceber que divulgação científica pressupõe um processo de recodificação, isto é, a transposição de uma linguagem especializada para uma linguagem não especializada, com o objetivo primordial de tornar o conteúdo acessível a uma vasta audiência.

A partir desta definição, pode ser considerado que em um TDC recomenda-se utilizar uma linguagem não especializada, tornando-o um veículo de informações científicas e tecnológicas a um público inexperiente na área. A leitura de um TDC permite que a sociedade seja atualizada e informada sobre os desenvolvimentos científicos, o que possibilita a reflexão crítica além de formação de opiniões bem fundamentadas sobre

assuntos mais amplos. A partir de um certo relato do que está sendo realizado por cientistas, o TDC se torna então um instrumento que propicia o auxílio de alfabetizar cientificamente um público leigo. Esse pode ser considerado um objetivo “amplo” de um TDC. Dependendo da forma como é escrito, ele pode alcançar novos objetivos e públicos.

Existem diversos tipos de público-alvo para divulgar a ciência. Enquanto difusão de conhecimento para inexperientes em uma área, qualquer pessoa pode ser considerada leiga se entrar em contato com informações fora da área de sua formação acadêmica. Nesse sentido, a divulgação científica pode ser apropriada até mesmo para os outros cientistas. Por isso, a definição deste público é de imensa importância antes da produção de um TDC, pois a forma do uso da escrita se difere nas dimensões a quem se destina a mensagem. Por exemplo, para um público mais jovem, a linguagem deve ser mais “despojada”, enquanto para um público adulto, uma linguagem formal e dinâmica seria mais apropriada (OLIVEIRA, 2017). Além da forma de escrita, podem existir elementos durante o texto que permitem ao leitor conectar as informações relatadas com conceitos científicos. Esta aplicação é bastante útil em um TDC de cunho didático.

1.2 Como produzir TDC de uma pesquisa científica

Diferente de um artigo científico, o TDC comunica com leitores que nem sempre possuem conhecimento sobre a área que está sendo discutida. O artigo científico tem o objetivo de compartilhar conhecimentos entre especialistas e, portanto, possui uma linguagem mais técnica. Os cientistas escrevem com a certeza de que o leitor terá o conhecimento necessário sobre os conceitos e técnicas abordados. Os TDC, por sua vez, não podem ser carregados de termos técnico-científicos especializados, visto que o intuito é compartilhar informações de forma mais objetiva e simples,

destacando como elas são significantes em um contexto geral ou específico. Normalmente, os TDC começam com uma contextualização que relaciona a pesquisa desenvolvida com diversos temas, bem como enfatiza sua importância para a sociedade, economia e/ou meio ambiente. A contextualização perpassa por uma síntese da pesquisa, com explicação do trabalho realizado pelo pesquisador, apresentação dos resultados gerais e específicos e considerações finais.

A criação de TDC parte de dois pontos importantes. O primeiro diz respeito ao público-alvo. Ter conhecimento dele facilita a escolha de estratégias de redação que irão deixar o texto mais atraente e transmitir a informação desejada com mais eficiência. Por exemplo, para um público mais jovem, é possível escrever de forma mais extrovertida, com uma linguagem mais próxima da cultura deles. Contudo, para um leitor mais velho, talvez um texto com formato jornalístico chame mais a atenção. O segundo ponto a ser discutido é a importância de ter bem definido o objetivo do texto: Por que você escolheu escrever um TDC? Quer divulgar uma pesquisa? Estimular alguma discussão sobre um acontecimento ou conceito científico? Ter clareza nesse momento auxilia a não desviar o foco e facilita na escrita de um texto coerente, objetivo e de fácil compreensão.

Ao escolher a pesquisa é importante realizar um levantamento de quais são os conceitos necessários para a compreensão do que se quer divulgar. Também é definido qual resultado será compartilhado, pois em algumas situações, o tema escolhido trata-se de um assunto muito amplo e em um único texto não é possível falar sobre todo o tema, o que poderia tirar o foco do que realmente se tem interesse em apresentar. Textos extensos se tornam cansativos, enquanto os menores podem ser mais fáceis de serem compreendidos e sua leitura se torna mais rápida e dinâmica.

Após a escolha da pesquisa, definição do público-alvo e objetivo, é o momento de levantar informações sobre o que se quer divulgar. Procure o máximo de informações sobre a pesquisa e como fazer a contextualização: De que maneira ela se aproxima da vida dos leitores? Qual sua relevância para esse público? Qual a sua importância para a sociedade, economia e meio ambiente? Uma reflexão crítica ajudará na elaboração de boas ideias para escrita do texto.

Feita a escolha do que se quer divulgar, é hora de pensar em como apresentar o tema para o público de interesse. Para tanto, o uso da criatividade é fundamental, portanto, elabore uma contextualização da pesquisa que prenda a atenção do leitor. Nessa etapa, é possível fazer uma abordagem econômica, sociocultural, histórica, ambiental, tecnológica, dentre outras. Nesse momento, deve-se escolher qual é a melhor abordagem para destacar o objetivo. A contextualização tem o intuito de enfatizar a importância do tema discutido e por este motivo, é importante fazer uma abordagem que destaca a pesquisa, ao mesmo tempo que facilita a compreensão das informações subsequentes. Embora essa etapa pareça trivial, ela deve receber atenção especial. Apesar de importante, seu objetivo não é apenas chamar atenção do leitor, mas também é explorar de uma forma mais eficiente o que se quer discutir. Portanto, procure realizar uma contextualização que apresente uma visão crítica, que induz a uma reflexão sobre o tema. Uma boa contextualização torna o texto interessante e permite evidenciar a relevância da temática abordada.

Se o texto é para divulgar uma pesquisa científica, então, é importante realizar uma descrição do trabalho. Ela não precisa ser detalhada a ponto de possibilitar a reprodução do trabalho, mas deve expor a realidade. É importante fazer uma breve descrição da pesquisa, quantos pesquisadores estão envolvidos, quantos grupos de pesquisa, quem financiou, apresentar os conceitos que estão diretamente envolvidos

e falar sobre as etapas da pesquisa. Também pode-se discutir as condições de trabalho (a pesquisa foi realizada em laboratório ou em outro espaço?), apresentar algum equipamento e também o tempo necessário para realização da pesquisa.

Tome cuidado para não reproduzir estereótipos ou passar a ideia de que é um trabalho fácil ou muito difícil. Ao se discutir a pesquisa é importante evidenciar como o trabalho científico é realmente construído. Nesse momento, é possível desconstruir imagens estereotipadas sobre a ciência e os cientistas. Pesquisas recentes sobre percepção pública sobre Ciência e Tecnologia, realizada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2019) mostram que grande parte das pessoas não tem conhecimento de como e onde a ciência é desenvolvida e o que faz um cientista. Informações desse tipo podem auxiliar na previsão de dúvidas que os leitores possam desenvolver durante a leitura, e assim, é possível evitá-las.

1.2.1 Conceitos

Os conceitos abordados devem ter relação com o dia a dia do leitor, portanto, busque exemplos do cotidiano, utilize-os para facilitar o entendimento do texto e melhorar a compreensão da pesquisa. Eles devem ser discutidos de forma clara, com foco no seu público-alvo. Se forem estudantes do ensino médio, pense quais são os conceitos que eles já aprenderam. Os conceitos que eles ainda não estudaram podem ser explorados no texto desde que venham seguidos de uma explicação. É possível utilizar caixas de textos, balões, tabelas, infográficos ou imagens para explicá-los. Tente focar apenas nos conceitos importantes para o entendimento da pesquisa, pois utilizar muitos conceitos pode tornar seu texto cansativo e a ideia não é escrever um livro didático.

1.2.2 Resultados

Normalmente, os resultados de uma pesquisa são a principal informação que se deseja passar no texto divulgação e requer atenção especial. Comece discutindo os resultados mais gerais, descrevendo os impactos deles e sua importância. Nesse momento, a intenção é abrir caminho para se discutir um resultado mais específico. Pense que o texto não pode ser longo, ele deve ser sucinto e objetivo, discutir todos os resultados pode tornar o texto extenso e cansativo, por isso é importante focar em apenas um resultado e discuti-lo de forma mais aprofundada.

Ao discutir o resultado mostre que a pesquisa não é uma “coisa de gênio” e tão exata como as pessoas pensam. Os resultados podem ser a parte mais importante do texto e devem ser bem apresentados e discutidos, mas é importante discutir inclusive as dificuldades e os obstáculos que os pesquisadores tiveram. Não se esqueça de apresentar como esses resultados podem contribuir para a sociedade e também para o desenvolvimento da área em questão.

1.2.3 Considerações finais

Essa parte do texto não deve ser utilizada para apresentar um resumo do texto, mas sim, para expor novas informações. Apresente discussões críticas sobre as contribuições da pesquisa para a sociedade, para a saúde, para o meio ambiente ou para a economia do país e do mundo, mostre como ela afeta a vida do leitor. Também é possível destacar a importância da pesquisa para o desenvolvimento da própria ciência e discutir as dificuldades que ela enfrentou. É importante explorar questões sobre o investimento, tempo, as pessoas que estão envolvidas, as parcerias que foram realizadas, perspectivas futuras ou questões que permanecem sem respostas. Reflita se essa pesquisa e seus resultados geram novos

questionamentos e abre caminho para novas linhas de pesquisa ou novas investigações/tecnologias. Apresente outro ponto de vista sobre o assunto, mostre que a ciência é construída por debates, evidencie como a ciência é desenvolvida ao longo da construção do conhecimento.

1.2.4 Ilustrações

Utilize figuras, infográficos, fotografias e tabelas. O uso de ilustrações deixa o texto mais atrativo e prazeroso para o leitor. Utilize imagens que deixem o texto mais compreensível, que auxiliem as explicações dos conceitos ou da pesquisa e não se esqueça de citar os devidos créditos das imagens.

1.2.5 Dicas gerais

A primeira coisa que se deve ter em mente é que o texto deve ser atraente para o leitor e despertar o interesse pela ciência. Utilize perguntas e curiosidades que motivem a reflexão do leitor sobre o assunto.

O TDC não tem um formato específico, é possível apresentar a novidade de uma pesquisa, alguma curiosidade ou notícia de jornal que desperte o interesse no seu texto. Não há necessidade de “guardar” a novidade para o final do texto, ela pode ser apresentada no título e pode ser uma estratégia para ganhar atenção do leitor.

No decorrer do texto, mantenha sempre uma linguagem crítica, com objetivo de melhor explicar a ciência, desmistificando e aproximando do cotidiano do leitor. Discuta a importância dela para a sociedade e apresente questionamentos que auxiliem na compreensão da pesquisa, mas não se esqueça de respondê-las ao longo do texto. Os conceitos indiretamente envolvidos podem ser explicados em espaços diferenciados. Segue uma lista com mais alguns cuidados e dicas que melhoram o TDC:

- Utilize frases e parágrafos curtos;

- Utilize metáforas e analogias;
- Antecipe questionamentos do leitor;
- Tenha cuidado com o trivial;
- Não “romantize” o tema/assunto, apresentando-o como a grande salvação dos problemas;
- Não faça propaganda enganosa, insinuando que os resultados são maiores do que realmente são;
- Cuidado com termos técnicos demais e que dificultam a compreensão do texto;
- Utilize exemplos.

Após a escrita da primeira versão do texto, faça uma revisão, corte as palavras desnecessárias, tente escrever as frases com o menor número de palavras, isso deixa o texto mais fácil de ser compreendido. Corrija os erros de ortografia e concordância e o mais importante, verifique se o texto está claro, de fácil compreensão e se não fugiu do objetivo.

1.2.6 Título

Não é uma regra, assim como todos os outros tópicos discutidos anteriormente. A produção de um TDC não necessariamente precisa seguir uma ordem restrita, mas deixar o título para a última etapa é uma dica de redação bem conhecida. É interessante deixar essa parte para o final, pois ao escrever o texto e revisá-lo, podem surgir ideias para produção de um título mais criativo e interessante. Procure elaborar títulos curtos que sejam condizentes com o tema e com capacidade de despertar a curiosidade do leitor. Essa parte exige alguns cuidados, portanto, não elabore títulos sensacionalistas e tenha cuidado para não produzir falsas expectativas no seu leitor. O título deve ser objetivo e verdadeiro, sem palavras muito complicadas ou termos muito técnicos, isso pode assustar o leitor.

1.3 Potencial do uso de TDC para os processos de ensino e de aprendizagem

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que “*define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica*” (BRASIL, 2018, p. 7) deixa bem clara a importância de se utilizar um TDC durante o ensino e aprendizagem. Além de ser uma prática de leitura que permite o desenvolvimento de habilidades como análise, reflexão e problematização de situações atuais, tecnológicas e científicas, também permite a aproximação do aluno com a ciência. Pode também auxiliar na contextualização de conceitos teóricos e na interdisciplinaridade, além de contribuir para a construção do conhecimento científico.

A interpretação de um TDC foi incluída na BNCC também como uma habilidade a ser desenvolvida dentro do campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias no ensino médio:

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (BRASIL, 2018, p. 559).

O documento considera que o desenvolvimento desta habilidade permite ao estudante ser capaz de selecionar e discernir novas informações a partir de fontes confiáveis, além de avaliar o emprego de conhecimentos científicos em diversas dimensões da sociedade, de forma a agir sempre com ética e responsabilidade.

Em sala de aula, o uso de um TDC pode ser importante para fomentar a discussão de um novo tópico. A orientação do professor juntamente com a utilização deste material permite o desenvolvimento tanto de conteúdos

conceituais, como abre a possibilidade de discutir sobre vantagens e desvantagens do avanço da ciência e também a atuação dos profissionais da área. Por isso, um TDC adequado, ou seja, que possua elementos que possibilitem a abordagem dos conceitos científicos que se almeja ensinar, precisa ser avaliado e selecionado pelo professor.

O comportamento do professor como mediador neste cenário é fundamental para sustentar a aprendizagem dos estudantes. Isso significa ressignificar seu papel em sala de aula e preparar-se para a atividade. Esta preparação inicia com algumas questões que o professor deve fazer a si mesmo sobre a sua prática:

- Qual o perfil dos estudantes para os quais esse texto será direcionado? É importante o docente se questionar se os estudantes são capazes de realizar a leitura e interpretar o texto selecionado.
- Além de ensinar algum conceito, pretendo atingir outro objetivo didático com o uso desta ferramenta? Quais são os objetivos?
- Qual o tempo de aula que tenho disponível? Selecione um texto que possibilite a leitura e discussão durante a duração da aula.
- Antes de utilizar o TDC, realize uma leitura crítica, a fim de avaliar todas as possibilidades didáticas, conceituais e teóricas que podem ser resgatadas a partir do uso deste material.

Tão importante quanto selecionar um bom TDC, é necessária a preparação de uma aula com objetivos claros quanto ao seu uso, além do estímulo do professor durante a aula para a reflexão e questionamento sobre os assuntos que estão sendo discutidos.

O TDC pode ser utilizado para vários objetivos no contexto de ensino e aprendizagem. Contextualizar um conteúdo, problematizar um conceito, ensinar sobre a natureza das ciências e trabalhar os conteúdos atitudinais dos estudantes são algumas finalidades. Abordar os conteúdos atitudinais no contexto escolar depende da reflexão do estudante em relação a sua

conduta e a sua posição como cidadão (FRASSON et al., 2019). O uso de TDC pode contribuir para esses aspectos ao permitir o desenvolvimento de um pensamento crítico, uma vez que ilustra a função dos conceitos científicos. Se o momento for bem conduzido pelo professor, as habilidades obtidas podem possivelmente permanecer após a sua formação escolar (CORREIA et al., 2017).

O uso do TDC para ensinar sobre a natureza das ciências pode auxiliar na desmistificação de estereótipos dos cientistas e também minimizar a imagem deformada da ciência. E mais uma vez a função do docente se faz muito importante, pois se for selecionado um texto em que apresente uma visão distorcida da ciência ou ocorra momentos em que os estudantes manifestem-se de forma ingênua, é papel do professor direcioná-la para a construção de uma visão mais adequada (DINIZ; REZENDE JUNIOR, 2018).

O uso do TDC para contextualização de um conteúdo permite a introdução do conceito em uma situação real para o estudante. Com isso, ele pode perceber a importância de se aprender o que está se aprendendo.

Além da leitura, pode ser proposta a produção de um TDC. Para que os estudantes tenham a oportunidade de escrever sobre um tema, um conceito científico, sua aplicação e todos os tópicos que compõem um TDC, eles deverão estudar para produzir um bom texto, o que pode implicar na melhoria da própria formação. A redação do texto também contribui para o desenvolvimento de habilidades de escrita e de leitura esperadas na BNCC e possibilita o trabalho interdisciplinar com a área de Língua Portuguesa ou Redação, por exemplo. A parceria com outras disciplinas também pode ser explorada para a produção de um TDC como Geografia, Biologia e todas as áreas que se aproximam da Química seja nas suas estratégias de interpretação da natureza ou seja na contextualização dos temas sobre os quais a Química se debruça. Finalmente, os TDC

produzidos pelos estudantes podem ser divulgados em mídias impressas ou eletrônicas e os autores podem se sentir orgulhosos e motivados por participarem de uma atividade dessa natureza.

A diversificação dos recursos didáticos em sala de aula é peça fundamental para se alcançar os diferentes perfis e personalidades dos estudantes. Os TDC possuem um rol de funções e oportunidades que podem tornar o ensino mais prazeroso e crítico. Experimente!

1.4 Exemplo de uso do TDC em sala de aula

A seguir, é apresentada uma sugestão de como pode ser conduzida uma aula utilizando o TDC “Diabetes, fármacos e computadores: existe relação?”. A partir desta descrição, você, professor, poderá utilizá-la como embasamento para produção do seu plano de aula. Sugere-se que esta aula seja conduzida em turmas de 3^a série do ensino médio, durante no mínimo, uma aula dupla (1h30).

Esta sugestão pode ser utilizada por professores que ainda não tenham experiência no uso desse recurso didático. No entanto, ressalta-se que o professor tem total liberdade para propor as aulas da maneira que ele sentir que é a mais adequada e a que traz mais contribuições para a aprendizagem dos estudantes.

1.4.1 Objetivos de aprendizagem

- Conceituar interações intermoleculares e modelo “chave-fechadura”;
- Identificar e classificar alguns grupos funcionais com base em suas estruturas químicas;
- Reconhecer o que são proteínas, aminoácidos e como se formam as ligações peptídicas;
- Entender a relação entre diabetes, fármacos e computadores.

1.4.2 Condução da aula

Divida a turma em grupos de 4 a 5 estudantes para a leitura do texto. Faça cópias ou imprima a quantidade necessária de textos para cada grupo. Sugere-se que antes da leitura, o professor indique algumas questões para os estudantes levarem em conta durante a atividade:

- 1) Destaque no texto e escreva em um papel os conceitos de química identificados abordados no texto;
- 2) Qual o objetivo da pesquisa abordada no texto?
- 3) Qual o impacto desta pesquisa para a sociedade?
- 4) O que você achou do texto? Alguma parte lhe chamou mais atenção? Justifique.

Após a leitura do texto e resposta das perguntas sugeridas, questione quais conceitos foram identificados e escreva no quadro os conceitos que forem citados. Neste momento, você pode estimular os seus alunos a utilizarem o livro didático ou outras fontes de informações confiáveis para estudo dos conceitos enumerados. Esta parte do plano de ensino pode ser realizada durante a aula ou em casa. Desta maneira, o estudante é instigado a utilizar outras fontes de informação para fins educacionais, além de aprofundar o conhecimento destes conceitos de forma autônoma. Sugere-se que seja proposta a elaboração de um material contendo cada conceito e sua explicação por cada grupo. Ao final desta atividade, você pode discutir junto aos estudantes cada conceito. Espera-se que os alunos elenquem os seguintes conceitos deste texto: glicose, proteína, aminoácidos, ligação peptídica, reagente, enzimas, chave-fechadura, catálise, interações intermoleculares e funções orgânicas.

Depois de finalizada a atividade anterior, pergunte aos estudantes qual o objetivo da pesquisa abordada no texto e seu impacto para a sociedade (questões 2 e 3). A partir deste questionamento, fomente uma discussão com a finalidade explicar a importância da ciência e das

pesquisas científicas. Durante essa discussão, estabeleça o diálogo entre os conceitos trabalhados e a pesquisa científica. Desta maneira, os estudantes poderão perceber a utilização deste conceito na prática, o que talvez estimule a curiosidade e o interesse pela ciência.

Para finalizar a aula, questione sobre o que eles acharam do texto e o que chamou mais atenção. Novamente, estimule uma discussão, pretendendo incentivar a expressão de opiniões e reflexão acerca do assunto abordado no texto. À vista disso, aspectos químicos podem ser assimilados e entendidos de maneira a, no futuro, estes estudantes terem condições de se posicionar a frente de diferentes fenômenos em um nível de entendimento mais crítico e contextualizado.

Referências

- BUENO, W. C. Jornalismo ambiental: explorando além do conceito. In: Girardi, I. M. T. Girardi; Schwaab, R. T. (Org.). **Jornalismo ambiental: desafios e reflexões**. Porto Alegre: Dom Quixote, 2008, p. 105-118.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. Percepção pública da C&T no Brasil - 2019. Resumo executivo. Brasília, DF: 2019. 24p. Disponível em: <https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/CGEE_resumoeexecutivo_Percepcao_pub_CT.pdf> Acesso em 20 ago 2020.
- CORREIA, D.; DECIAN, E.; SAUERWEIN, I. P. S. Leitura e argumentação: potencialidades do uso de textos de divulgação científica em aulas de Física do ensino médio. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1017-1034, Dec. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000401017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 ago 2020.
- DINIZ, N. P.; REZENDE JUNIOR, M. F. Percepções sobre a Natureza da Ciência em Textos de Divulgação Científica da Revista Ciência Hoje Online. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 4,

2018. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/4038>> Acesso em 08 out 2020.

FRASSON, F.; LABURÚ, C. E.; DE FREITAS ZOMPERO, A. Aprendizagem significativa conceitual, procedimental e atitudinal: uma releitura da teoria ausubeliana. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 108, p. 303-318, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/8840>> Acesso em 05 ago 2020.

MASSARANI, L.; VIEIRA, C. L.; RUIZ, E. B.; JAYARAMAN, K. S.; JOUBERT, M.; MARTINEAU, N.; WROBEL, P.; NATH, C.; VARGAS, M.; BAGLA, P.; EL-AWADY, N.; LEITE, M.; FOG, L.; BRITO, F. **Guia de divulgação científica**. Rio de Janeiro: SciDev. Net: Brasília, DF: Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social, 2004.

OLIVEIRA, R. S. M. O. Percepção e política na divulgação científica: em busca de um público-alvo. **ClimaCom** [online], Campinas, ano. 4, n. 9, Ago. 2017. Disponível em: <<http://climacom.mudancasclimaticas.net.br/?p=7288>>. Acesso em 05 ago 2020.

Degradação de compostos orgânicos poluentes: Necessária solução para o meio ambiente

*Kenia Naara Parra
Ana Carolina da Silva
Ana Carolina da Silva Steola
Daniel Matheus da Silva
Taynara Oliveira Silva
Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza*

A cana-de-açúcar (Figura 1) é uma planta procedente do sul e sudeste asiático e foi introduzida no Brasil pelos portugueses no início do século XVI, principalmente no Nordeste, o qual se tornou o melhor produtor e exportador de açúcar até o século XVII.



Figura 1: Cana-de-açúcar.

Fonte: Pixabay

No Brasil, as plantações da cana-de-açúcar (Figura 2) ocupam aproximadamente sete milhões de hectares. Elas seguem o modelo latifundiário, no qual muitas terras são colocadas nas mãos de poucos fazendeiros. O Brasil é o maior produtor mundial, seguido da Índia, Tailândia e Austrália. O desenvolvimento da cana de açúcar é mais favorável no clima tropical, o que justifica a grande produção na cidade de Ribeirão Preto, interior de São Paulo.



Figura 2: Plantação de cana-de-açúcar.

Fonte: Pixabay

Quais produtos da cana-de-açúcar você já consumiu ou consome?



Figura 3: Produtos da cana-de-açúcar

Fonte: Pixabay.

A cana-de-açúcar possui diversas aplicações. Em seu estado natural ela é utilizada como pasto consumido pelo gado e pode também ser utilizada na produção da aguardente, açúcar, rapadura, melado, entre outros produtos que estão presentes nas suas casas (Figura 3).

Dentre os produtos oriundos da cana de açúcar, o **etanol**, também chamado de **álcool etílico** possui diversas aplicações: como **biocombustível**, produto para limpeza e também pode servir de matéria prima em indústrias, como na produção de tintas, solventes e vernizes.

Biocombustíveis são combustíveis de origem biológica, não fóssil, sendo fontes de energia renováveis, pois o gás carbônico liberado na combustão do **etanol** é, de modo geral, reutilizado pela plantação de cana-de-açúcar no processo de fotossíntese. Por isso, o **etanol** é um **biocombustível!**

Atualmente os estudos com os biocombustíveis no mundo têm atraído a atenção de todos pela qualidade da extração dos mesmos, ganhando importância no mercado como alternativa energética.

Além disso, o cultivo das culturas de cana de açúcar é gerador de emprego e renda no campo, nas indústrias e transportes. Reduz a poluição no planeta e propicia manuseio e armazenamento mais seguros que combustíveis fósseis providos do petróleo.

Entretanto, mesmo com todas essas vantagens e aplicações, também existem desvantagens. A concentração de terras, rendas, condições sub-humanas de trabalho do cortador de cana-de-açúcar, aumento do consumo de água (para irrigação das culturas), redução da biodiversidade e da produção de alimentos, devastação de áreas florestais (Figura 4) e contaminação do solo e da água pelo uso de **pesticidas e herbicidas** (Figuras 5 e 6).



Figura 4: Desmatamento para plantio de cana-de-açúcar.

Fonte: <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT161520-18281,00.html>>. Acesso em: 24 abr. 2020.

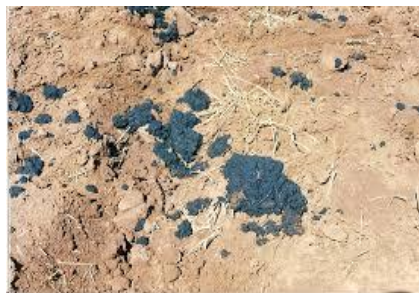


Figura 5: Poluição do solo por pesticidas.

Fonte: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_82_1211200710211.html>. Acesso em: 24 abr. 2020.



Figura 6: Pulverização aérea em plantações de cana-de-açúcar.
Fonte: Pixabay.

Herbicidas e pesticidas? O que são e para que servem?

Ambos são agroquímicos, ou seja, defensivos agrícolas. Os **herbicidas** são utilizados no controle de ervas daninhas e interferem no crescimento da planta. Já os **pesticidas** são compostos orgânicos capazes de banir o desenvolvimento de pragas.

Uma vez que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, também se tornou grande consumidor de herbicidas. De acordo com dados de 2011, entre toda a produção de agroquímicos, 49% são de herbicidas (Figura 7). Após a sua aplicação no cultivo da cana-de-açúcar, o principal destino dos herbicidas são o solo e recursos hídricos como lagos, lagoas, rios e lençóis freáticos.



Figura 7: Participação das Classes na Quantidade Vendida de Defensivos Agrícolas, em Produto Comercial, Brasil, 2011.

Fonte: Elaborada pelos autores com base em: SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA

DEFESA AGRÍCOLA - SINDAG. Dados básicos. São Paulo: SINDAG, 2012. Disponível em:

<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12409>. Acesso em: 20 abr. 2020

Quais herbicidas você conhece?

Sabe-se que muitas culturas necessitam do uso de herbicidas. Entretanto, normalmente os produtores não se preocupam em conhecê-los melhor e nem ter o mínimo de informações a respeito.

Existem vários herbicidas no mercado, com princípios ativos diferentes e específicas indicações de uso. Para ter uma ideia, a Tabela 1 mostra vários herbicidas que podem ser empregados para o controle de plantas daninhas da cana-de-açúcar.

Princípio ativo	Dose de ingrediente ativo/ha (Kg)	Modo de aplicação	Grupo controlado	Observações
2,4 D	0,40 - 0,72	Pós	Latifoliadas	
Acetochlor	1,80 - 3,60	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Ametrina	2,00 - 4,00	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Ametrina + 2,4 D	0,21 + 0,29	Pós, pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	Controla efetivo em pós-emergente apenas sobre as latifoliadas
Ametrina + Clamazone	2,50 - 3,00	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Ametrina + Diuron	(0,62 - 1,244) + (0,96 - 1,92)	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Clomazone	0,50	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Diuron	1,60 - 3,2	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Diuron + Hexazione	0,4 - 0,5 + 0,06 - 0,1	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Diuron + MSMA	0,140 - 0,360	Pós	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Diuron + Terbutiuron	2,10 - 2,80	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Glyphosate	0,180 - 2,16	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Metolachlor	2,88 - 3,84	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	

Metribuzim	0,72	Pré	Latifoliadas	
Halosulfuron	0,75	Pós	Cyperaceas	A cyperacea tem que estar no estado de pré-floração no momento da aplicação
Imazapyr	0,250	Pré	Gramíneas e latifoliadas e cyperaceas	
Isoxaflutole	0,750	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Oxyfluorfen	0,240	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	
Sulfosate	0,480	Pós	Gramíneas e latifoliadas anuais	Utilizados para canaviais ou aplicações dirigidas
Sulfentrazone	1,20 - 1,60	Pré	Gramíneas anuais e perenes e cyperaceas	Apresenta controle efetivo sobre tiririca (Cyperus rotundus)
Terbutiuron	0,50 - 0,80	Pré	Gramíneas e latifoliadas anuais	

Tabela 1: Herbicidas utilizados para controlar as plantas daninhas da cana-de-açúcar, com o manejo tradicional de queima da palhada.

Fonte: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_52_711200516718.html> Acesso em: 21 abr. 2020.

Dentre os herbicidas da Tabela 1, o Diurom, Hexazinona e **Terbutiuron** são muito empregados na cana-de-açúcar, inclusive em misturas com diferentes proporções dos três.

O **herbicida Terbutiuron**, conhecido pela sigla **TBH** é utilizado em aplicações denominadas de pré e pós-emergência, ou seja, na prevenção e controle das principais espécies infestantes da cultura. Sua fórmula estrutural e a imagem do produto comercial estão mostradas nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

O Terbutiuron é um herbicida derivado da uréia e foi introduzido no Brasil em 1974 pela empresa *Eli Lilly and Co*, agora chamada *Dow Elanco*.

O TBH apresenta boa seletividade à cultura, controle de espécies de grande relevância, alta solubilidade, facilitando sua “mobilidade” no solo e elevada persistência, com meia vida de 12 a 15 meses. A quantidade na aplicação varia de acordo com as características físicas do solo.

Então quer dizer que o TBH é um herbicida muito bom, não é?

Depende do ponto de vista! Para o caso da prevenção e controle de espécies infestantes ele é bom e cumpre sua função, mas pelo fato de ser persistente e apresentar alta mobilidade no solo pode ser prejudicial ao meio ambiente, agindo em outras plantações, corpos d’água e no próprio solo, o que conseqüentemente tem efeitos sobre a fauna, flora e nos humanos!

Uma vez em contato com a natureza o TBH é persistente e móvel, podendo contaminar o solo e os reservatórios de água. De acordo com a ANVISA, é um herbicida de classificação **toxicológica II - altamente tóxico**.



Figura 9: Herbicida Combine 500 SC com princípio ativo o TBH.

Fonte: < <http://www.agroquima.com.br/produto/combine/154>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

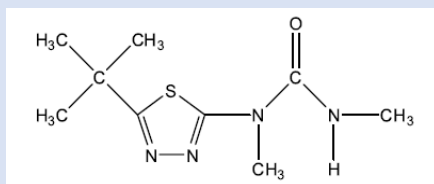


Figura 8: Fórmula estrutural do herbicida Terbutiuron (TBH).

Fonte: ALVES, S.A.; FERREIRA, T.C.R.; LANZA, M.R.V. Oxidação eletroquímica do herbicida tebutiuron utilizando eletrodo do tipo DSA. *Química Nova*, São Carlos, v. 35, n. 10, p. 1981-1984, ago./2012.

Hoje em dia a produção de cana-de-açúcar é uma fonte de renda muito importante para o Brasil. Porém, essa atividade causa vários danos para o meio ambiente. Será que existe alguma forma de controlar esses efeitos?

Você sabia que existem várias pesquisas nessa área e uma delas está na Universidade de São Paulo - USP?



É o caso do Grupo de Processos Eletroquímicos e Ambientais – GPEA do Instituto de Química de São Carlos coordenado pelo Professor Doutor Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza.

O GPEA realiza estudos envolvendo **corantes**, produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais. Pode-se citar alguns exemplos de produtos que estão presentes no seu cotidiano e são estudados pelo grupo: o corante reativo azul 19, utilizado em indústrias têxteis para coloração dos tecidos; o paracetamol, muito receitado por médicos para alívio da dor e febre; dipirona sódica, é um fármaco muito consumido pela população; a Hexazinona e Diuron que, como vimos anteriormente e assim como o TBH, são herbicidas utilizados na plantação da cana-de-açúcar.

Corantes são substâncias que aplicadas em materiais ocasionam o tingimento, ou seja, dão cor. São solúveis e mantêm a transparência do objeto que é aplicado. Usados na indústria têxtil, artefatos de couro, alimentos, cosméticos, tintas e plásticos.



Você certamente já ouviu falar ou fez uso de algum desses produtos citados. Mas já passou pela sua cabeça que esses produtos, amplamente utilizados pelo ser humano, podem causar grandes problemas ambientais e a saúde?

Perguntar sobre a semelhança entre um pesticida, um fármaco e um corante, poderia parecer uma charada, mas a relação entre eles é bem simples e muito impactante.

De modo geral, produtos como **fármacos**, **corantes** e **defensivos agrícolas** contêm **compostos orgânicos** que são desenvolvidos para serem persistentes e conservarem suas propriedades químicas a fim de cumprirem sua função, que pode ser: tratar doenças, aliviar a dor, dar cor a tecidos, casas e carros, controlar ervas daninhas ou pragas, entre outras. Desse modo esses compostos não são biodegradáveis e podem apresentar alta mobilidade no ambiente.

Por serem assim, **tão resistentes a biodegradação**, as etapas rotineiras envolvidas no tratamento convencional de água e esgoto das cidades não removem completamente essas substâncias que, além de persistirem no ambiente, também podem causar problemas aos animais e, inclusive, aos humanos! Por isso, dentro da própria indústria produtora desses herbicidas, todo o efluente contaminado deve ser tratado por um processo que realmente faça efeito. Além disso, depois dos herbicidas serem aplicados nas plantações, eles entram em contato com o solo e por sua vez, nos recursos hídricos. Para serem eliminados da natureza precisam de um tratamento alternativo, e assim, não alteram o equilíbrio ecológico.

Você sabia?

É de extrema importância que o descarte correto das embalagens de agrotóxicos seja realizado após sua utilização. Segundo a lei federal nº 9.974, que entrou em vigor no dia 6 de junho de 2000, alterando a lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989, e que foi regulamentada pelo decreto nº 4.074 de 4 de janeiro de 2002, isso deve ser feito para que sejam minimizados os problemas tanto de contaminação do meio ambiente quanto os de risco para a saúde das pessoas.

A partir da data da compra do agrotóxico, o produtor tem o prazo de um ano para realizar a devolução das embalagens em unidades de recebimento credenciadas. Para isso, ele deve manter as mesmas previamente descontaminadas, em local coberto,



ventilado e abrigado da chuva. Também é necessário guardar a receita agrônômica e a nota fiscal de compra.

A descontaminação e o manuseio devem ser realizados de acordo com os tipos de embalagem, que podem ser laváveis (contêm produtos que devem ser diluídos em água) e não laváveis; contaminadas (embalagens que entram em contato direto com o agrotóxico) e não contaminadas (embalagens que não entram em contato direto com o agrotóxico, como as caixas de papelão usadas para o seu transporte, por exemplo).

O que faz então, o GPEA, coordenado pelo Professor Doutor Marcos Lanza, para amenizar esses problemas? Você já ouviu falar em degradação de compostos orgânicos poluentes?

Na área da Química, a degradação pode ser entendida como um conjunto de reações capazes de romper uma ou várias ligações químicas de uma molécula produzindo outras moléculas que sejam menos nocivas ou até completamente inofensivas. Assim, substâncias nocivas ao meio ambiente podem ser transformadas em outras que prejudicam menos a natureza a partir de processos de degradação!

Existem diferentes processos que podem ser utilizados para degradar um composto orgânico poluente e o GPEA tem estudado vários! O objetivo é degradar os poluentes que não são completamente removidos pelo tratamento de água convencional. Exemplos desses tratamentos que podem ser considerados como tratamentos alternativos, são os tratamentos eletroquímicos, fotoquímicos, eletroquímicos fotoassistidos e **processos oxidativos avançados**.

Os **processos oxidativos avançados**, mais conhecidos pela sigla POA, são processos capazes de transformar compostos orgânicos considerados poluentes em compostos inofensivos como gás carbônico, água e compostos inorgânicos. Para que essa transformação aconteça é necessário que o poluente entre em contato com espécies altamente oxidantes, como os radicais hidroxila.

O POA é um processo limpo e não seletivo, pois os radicais hidroxila não requerem reagentes tóxicos para serem gerados e, apesar de possuírem tempo de vida muito curto, podem degradar inúmeros poluentes independentemente da presença de outras substâncias. Além disso, os radicais hidroxila podem ser formados de várias formas, como a partir do ozônio, peróxido de hidrogênio (água oxigenada), semicondutores, irradiação ultravioleta (UV), entre outros.

Vantagens de usar os processos oxidativos avançados:

- Transformam produtos não biodegradáveis em biodegradáveis;
- Transformam moléculas complexas de poluentes em água, gás carbônico e compostos inorgânicos;
- Tem forte poder oxidante;
- Não necessitam pós-tratamento;
- Consomem menos energia;
- Possibilitam tratamento *in situ*, ou seja, no mesmo meio reacional, à medida que os radicais hidroxila são gerados, também são consumidos.

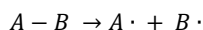
Bom, os radicais hidroxila são muito importantes, mas o que são radicais e reações radicalares?

Espécies com elétrons desemparelhados são chamados de **radicais** e estão envolvidas na química da combustão, envelhecimento, doenças, bem como nas reações relacionadas com a destruição da camada de ozônio e a síntese de produtos que melhoram seu dia-a-dia. Até parte do oxigênio que respiramos se transforma em radicais. Uma boa parte da economia mundial é influenciada pelos radicais, desde as reações para produção de polímeros até ao princípio de ação de fármacos!

As **reações radicalares** ocorrem quando há a quebra de ligações covalentes entre átomos causada pelo fornecimento de energia à ligação, conhecida como quebra homolítica. Cada um dos produtos da reação fica com um elétron do par compartilhado, formando assim, os chamados

radicais. A energia fornecida para que esse tipo de reação ocorra é na forma de calor ou luz.

Ex:



Onde:

- Os pontos representam os elétrons desemparelhados
- $A - B$ é o reagente
- $A \cdot$ e $B \cdot$ são os produtos radiculares (possuem elétrons desemparelhados)

Quase todos os radicais são altamente reativos e possuem tempo de vida curto, sendo que o **tempo de meia-vida ($T_{1/2}$)** vai de minutos a nano segundos.

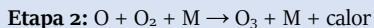
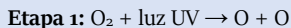
Tempo de meia-vida ($T_{1/2}$): é o intervalo de tempo em que uma amostra de determinado elemento reduz à metade

Quando os radicais livres colidem com outras moléculas, tendem a reagir de modo que ocorra o emparelhamento do seu elétron desemparelhado. Na maioria das vezes em que um radical reage, gera outro radical intermediário como produto dessa reação. Posteriormente, formam-se outros radicais que também poderão reagir. Esse tipo de fenômeno é chamado de **reação em cadeia**.

Como em qualquer outra situação, as reações radiculares também podem ser malélicas, como é o caso da reação entre o ozônio e os clorofluorocarbonetos, conhecidos como CFCs ou fréons, já utilizados na refrigeração e como solventes e propelentes nas latas de aerossóis. No ano de 1985, cientistas descobriram um buraco na camada de ozônio sobre a Antártida e posteriormente muitos estudos indicaram que o radical cloro é um dos principais causadores da formação desse buraco. Com o passar dos anos, esse buraco tem aumentado, gerando muita preocupação, pois mais raios UV atingirão a superfície da Terra.

Como acontecem as reações radiculares em cadeia que ocorrem na estratosfera:

Em torno de 25 km de altitude, especificamente na estratosfera, encontra-se a tão famosa camada de ozônio. Nessa altura, a incidência de luz UV é muito alta, fazendo com que ocorra a conversão de oxigênio diatômico (O_2) em ozônio (O_3).



Sendo M uma partícula qualquer que absorva parte da energia liberada na segunda etapa.

O ozônio criado na segunda etapa pode reagir com a luz UV:

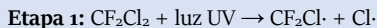


O oxigênio formado nessa etapa pode provocar uma repetição da etapa 2, e assim por diante, caracterizando a reação em cadeia. Por causa dessas reações, a luz UV, altamente energética, é convertida em calor, e assim, não chega à superfície.

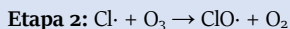
Que diferença isso faz na sua vida?

Essas reações são extremamente importantes para a vida na Terra, pois esse ciclo protege o planeta do excesso de radiação que é destrutiva para os organismos vivos. Um pequeno aumento na incidência dessa radiação sobre a superfície terrestre provocaria um forte crescimento nos casos de câncer de pele, além de outros problemas.

Quando os CFCs chegam à estratosfera, a luz UV provoca a quebra da ligação C-Cl, liberando um átomo de cloro:



Por isso, o átomo de cloro gerado é o átomo responsável pelo processo de destruição, podendo um único átomo de cloro iniciar a reação em cadeia e destruir milhares de moléculas de ozônio.



Note que o óxido de cloro ($\text{ClO}\cdot$) formado na etapa 2 reage com o radical oxigênio, formando um novamente o radical cloro e então, esse radical volta a reagir com outra molécula de ozônio, gerando mais $\text{ClO}\cdot$ e criando um ciclo.

Etapa 3: $\text{ClO}\cdot + \text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \text{Cl}\cdot$

Pensando nesse problema global, foi criado o “protocolo de Montreal” onde muitos países se comprometeram a reduzir a produção e consumo dos CFCs. Em 1996, os países industrializados cessaram a produção e mais de 120 países já assinaram esse protocolo.

Agora, lembre-se do composto orgânico poluente, o TBH. Sabe-se que esse composto é muito utilizado pelos agricultores no plantio de cana-de-açúcar devido a sua capacidade de eliminar, controlar ou prevenir a ação de espécies indesejadas como bactérias, fungo e ervas daninha. Porém, ele pode afetar cadeias biológicas, provocar danos ao sistema respiratório e gastrointestinal, câncer, problemas no desenvolvimento fetal, além de outros problemas na fauna e flora.

Pensando em todos esses danos, os pesquisadores do [GPEA da USP](#) pesquisaram formas de degradar esses compostos após terem sido utilizados na agricultura. Por meio de pesquisas, o grupo mostrou que os processos oxidativos avançados são possíveis soluções para degradação desse herbicida!

Os processos de degradação são estudados em meio aquoso em escala de laboratório. Ou seja, em volumes bem reduzidos quando comparados aos volumes de lagos ou lençóis de água, por exemplo. Inicialmente, são produzidas estratégias para se produzir os radicais hidroxila $\cdot\text{OH}$ devido ao fato de terem alto poder oxidante e tempo de vida curto, tornando possível assim a oxidação de compostos orgânicos. A geração pode ser proveniente de oxidantes como ozônio O_3 e o peróxido de hidrogênio, também conhecida por água oxigenada: H_2O_2 .

Etapas da reação:

A primeira etapa denominada fotólise nada mais é que a irradiação de luz UV no peróxido de hidrogênio que provoca a quebra homolítica da molécula gerando dois radicais hidroxila. Essa é a etapa de iniciação!

Etapa 1: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{luz UV} \rightarrow 2 \cdot\text{OH}$ (fotólise do H_2O_2 com formação do radical hidroxila)

Os radicais formados reagem com o composto orgânico poluente presente no meio, como o TBH (Figura 9), por exemplo, quebrando ligações e formando novas moléculas com massa menor (etapa de propagação - etapa 2).

Esse composto orgânico possui estrutura complexa e para facilitar a compreensão é representado genericamente como RH, podendo ser um herbicida, corante ou fármaco.

Na etapa 3 além da formação do composto orgânico oxidado um dos produtos é o próprio radical hidroxila. E o que isso significa? Significa que ele é novamente gerado e dará continuidade a reação degradando mais compostos orgânicos, assim como nas reações radicalares descritas anteriormente. Essa é a grande vantagem das reações radicalares, pois não é necessário repor reagente continuamente, tornando o processo mais econômico!

As etapas 2 e 3 ocorrem repetidamente (reação em cadeia) até que não seja mais possível quebrar o composto orgânico. Nesse caso, dizemos que ocorreu a mineralização, ou seja, o poluente pode ser completamente oxidado até formarem gás carbônico, água e íons inorgânicos.

Etapa 2: $\text{RH (composto orgânico genérico)} + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{R}\cdot$
(radical orgânico)

Etapa 3: $\text{R}\cdot + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{ROH (produto oxidado, composto orgânico oxidado)} + \cdot\text{OH}$

Mas você acha que essas reações sempre são conduzidas até a completa oxidação sem nenhum empecilho? A resposta é não! Paralelamente às reações descritas acima, outras podem acontecer e consumir reagentes como os radicais hidroxila e assim diminuir a eficiência do processo. Uma das reações paralelas possíveis é a recombinação dos radicais hidroxila e formação de peróxido de hidrogênio, como mostrado na etapa 4.

Etapa 4: $2 \cdot\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$

Essa seria a etapa de terminação do processo, no qual a geração de radicais é interrompida e as reações em cadeias cessam. É por isso que o grupo de pesquisa também estuda fatores internos como pH, temperatura e concentração de H_2O_2 no meio reacional, com a finalidade de diminuir ao máximo possível fatores e reações interferentes, aumentar a eficiência da degradação e economizar tempo e reagentes.

Achou interessante? Então imagine o seguinte: a maioria dos estudos de degradação de compostos orgânicos poluentes que utilizam o peróxido de hidrogênio como agente oxidante. Ele é adicionado ao meio reacional em diferentes concentrações e, a partir disso, é avaliada a eficiência do processo. Já nos estudos do Professor Doutor Marcos Lanza e seu grupo de pesquisa GPEA, o peróxido de hidrogênio não precisa ser acrescentado, porque ele é gerado no próprio meio reacional, chamado de geração *in situ*.



E quais são as vantagens disso?

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um reagente altamente oxidante, ou seja, sua manipulação requer cuidados com a segurança para se evitar riscos de queimaduras e explosões.

Imagine os riscos ao comprar esse reagente, transportá-lo e manuseá-lo no laboratório. Assim, produzi-lo em laboratório, no próprio meio reacional e nas proporções necessárias, para ser utilizado simultaneamente é um grande passo para o desenvolvimento de técnicas seguras e econômicas, objetivo do GPEA!

As pesquisas do Professor Doutor Marcos Lanza empregando os processos oxidativos avançados e outras técnicas de degradação, tiveram início há mais de 10 anos. Já alcançaram ótimos resultados e ainda enfrentam muitos desafios envolvendo estudos de diferentes formas de se produzir os radicais hidroxila, diferentes volumes e concentração do poluente a ser degradado, diferentes substâncias que podem estar presentes no meio e afetar as reações, assim como diferentes poluentes, pois eles também podem ser diversificados, já que o TBH é apenas mais um poluente entre tantos!

Para cada teste, comparam-se os resultados obtidos com os teóricos, analisando-os cautelosamente. Esses resultados são frequentemente apresentados e discutidos com outros pesquisadores da mesma área de degradação de compostos poluentes tanto do Brasil quanto do exterior, em congressos e também em jornais e revistas e científicas.

Uma das maiores dificuldades do grupo está no investimento nas pesquisas que acaba por limitar os avanços, uma vez que realizar experimentos com poluentes no laboratório pode ser diferente de realizar em amostras e volumes reais. É pensando nisso que futuramente o GPEA começará a tratar efluentes reais de indústrias de pesticidas, fármacos, corantes e agrotóxicos, além de resíduos hospitalares e de fazendas (que possuem alta concentração e variedade de fármacos poluentes como os antibióticos). Por enquanto o efluente é simulado, ou seja, coloca-se o composto poluente escolhido – corante, fármaco ou defensivo agrícola - nas concentrações desejadas e realiza-se a degradação. A outra ideia é começar a tratar efluentes com contaminantes desconhecidos e analisar se podem ser degradados e como isso ocorre.

É um trabalho árduo, mas com certeza é muito gratificante!

Espera-se que com esse texto você tenha aprendido mais sobre o Grupo de Processos Eletroquímicos e Ambientais (GPEA) do Instituto de

Química de São Carlos e, mais especificamente, sobre os processos oxidativos avançados (POA)!

Faça sua parte!



Como você poderia contribuir com essas pesquisas?

De várias formas! Enviando, por exemplo, embalagens de medicamentos ou agrotóxicos para pontos de coleta especializados da sua cidade antes que entrem em contato com o meio ambiente.

Você também pode ajudar divulgando para sua família e amigos a importância do consumo e do descarte consciente dessas embalagens e sobre a importância das pesquisas científicas nessa área!

Estude Química! Compreenda a importância dessa área do conhecimento para o desenvolvimento e saiba que você ainda pode participar de grupos de pesquisas como o GPEA.

De qualquer forma, sua contribuição será bem-vinda e o meio ambiente agradece!

O texto contém:

Conceitos Químicos: Processos Oxidativos Avançados (POA); Radicais; Reações radicalares.

Competências e Habilidades BNCC

Competência Específica 1 - (EM13CNT101)

Competências e Habilidades ENEM

Competência de área 1 – H2; H3; H4

Referências

ALVES, S.A.; FERREIRA, T.C.R.; LANZA, M.R.V. Oxidação eletroquímica do herbicida tebutiuron utilizando eletrodo do tipo DSA. **Química Nova**, São Carlos, v. 35, n. 10, p. 1981-1984, 2012.

ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 1-924.

BRASIL ESCOLA. **Degradação do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://monografias.brasilecola.com/biologia/a-degradacao-meio-ambiente.htm>. Acesso em: 24 abr. 2020.

CENTRO DE PRÁTICAS ESPORTIVAS USP. **Radicais livres**. Disponível em: <http://www.cepe.usp.br/site/?q=dicas/2010/11/19>. Acesso em: 24 abr. 2020.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA. **Corantes e pigmentos**. Disponível em: http://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos. Acesso em: 24 abr. 2020.

Desmatamento para plantio de cana-de-açúcar. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT161520-18281,00.html>. Acesso em: 24 abr. 2020.

RIBEIRO, F.W.P. et al. Eletrodegradação de Ponceau 2R utilizando ânodos dimensionalmente estáveis e Ti/Pt. **Química Nova**, São Carlos, v. 36, n. 1, p. 85-90, nov./2012.

CRISAUDE. **Farmacologia: Diclofenaco**. Disponível em: <http://www.criasaude.com.br/N4143/medicamentos/diclofenaco.html>. Acesso em: 24 abr. 2020.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.

EMBRAPA. **Impactos causados pelo plantio da cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT1.html>. Acesso em: 24 abr. 2020.

GRUPO SINAGRO. **Descarte de Embalagens**. Disponível em: <http://www.gruposinagro.com.br/descarte-de-embalagens.php>. Acesso em: 24 abr. 2020.

GUIMARÃES, G. L. Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente.. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 159-180, 1987.

Herbicida Combine 500 SC com princípio ativo o TBH. Disponível em: <http://www.agroquima.com.br/produto/combine/154>. Acesso em: 21 abr. 2020.

Herbicidas utilizados para controlar as plantas daninhas da cana-de-açúcar, com o manejo tradicional de queima da palhada. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia>.

embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAGo1_52_711200516718.html.>

Acesso em: 21 abr. 2020.

INFOESCOLA. **Farmacologia**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/farmacologia/dipirona>. Acesso em: 24 abr. 2020.

INFOESCOLA. **Pesticidas**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/agricultura/pesticidas>. Acesso em: 24 abr. 2020.

INFOESCOLA. **Radicais Livres**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/bioquimica/radicais-livres/>. Acesso em: 24 abr. 2020.

INFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS. **Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil**. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Cana/Index.htm. Acesso em: 24 abr. 2020.

INSTITUTO NCB. **Elétrons**. Disponível em: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/almanaque/920-eletrons.html>. Acesso em: 24 abr. 2020.

PARAQUAT. **Ação dos herbicidas**. Disponível em: <https://paraquat.com/pt-br/fatos/modo-de-acao-como-os-herbicidas-funcionam>. Acesso em: 24 abr. 2020.

Participação das Classes na Quantidade Vendida de Defensivos Agrícolas, em Produto Comercial, Brasil, 2011. Elaborada pelos autores com base em: SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA - SINDAG. Dados básicos. São Paulo: SINDAG, 2012. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12409>>. Acesso em: 20 abr. 2020

Poluição do solo por pesticidas. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAGo1_82_1211200710211.html>. Acesso em: 24 abr. 2020.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CASA CIVIL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **Legislação sobre uso e descarte de embalagens**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9974.htm. Acesso em: 24 abr. 2020.

RIBEIRO, F.W.P. *et al.* Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, Araraquara, v. 30, n. 3, p. 688-694, 2007.

ROCHA, R.S. *et al.* Desenvolvimento e avaliação de eletrodos de difusão gasosa (EDG) para geração de H₂O₂ in situ e sua aplicação na degradação do corante reativo azul 19. **Química Nova**, São Carlos, v. 35, n. 10, p. 1961-1968, 2012.

CARDOSO, R. D. *et al.* Índice de desenvolvimento do setor externo sucroalcooleiro brasileiro: uma análise de 1999 a 2007. **Revista de economia e agronegócio**, Toledo, v. 7, n. 3, p. 337-362, 2009.

SOLOMONS, T.W.G., Fryhle, C.B. **Vantagens e desvantagens do uso de biocombustíveis**. 1. ed. Rio de Janeiro: Química Orgânica, 2020.

UNICA. **Mapa de produção**. Disponível em: <http://unica.com.br/mapa-da-producao>. Acesso em: 24 abr. 2020.

UNICAMP. **Processos Oxidativos Avançados**. Disponível em: <http://lqa.iqm.unicamp.br/cadernos/caderno3.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2020.

Corrosão: quem poderá nos proteger?

*Kenia Naara Parra
Caio Marques Neves Nunes
Artur de Jesus Motheo*



Figura 1: O que sobrou do Boeing 737-297 após acidente devido à corrosão.

“Na decisão do Campeonato Brasileiro de 92, no dia 19 de julho, Flamengo e Botafogo se enfrentaram na final da competição. Momentos antes de os dois times entrarem em campo, as grades que ficam no primeiro degrau das arquibancadas do Maracanã cederam. Centenas de pessoas caíram, três morreram e outras 90 saíram feridas”.



Figura 2: O que sobrou do Boeing 737-297 após acidente devido à corrosão.

“No dia 28 de abril de 1988, um Boeing 737-297 que servia a linha sofreu um grande dano após uma descompressão explosiva em pleno voo, mas foi capaz de pousar seguramente no aeroporto de Kahului, em Maui. A única fatalidade foi a da aeromoça C.B. Lansing, que foi arremessada para fora da aeronave. Outros 65 passageiros e tripulantes ficaram feridos”

Fonte: <https://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,grade-do-maracana-desabou-ha-20-anos,6966,o.htm>.

Acesso em: 26 de maio 2015.

<http://obutecodanet.ig.com.br/index.php/2013/12/03/um-voo-que-ficou-marcado-na-historia/>. Acesso em: 24 de maio de 2015.

Qual é a relação entre o rompimento das grades da arquibancada e o dano causado no Boeing?

A relação entre as origens desses acidentes se esbarra em uma reação química chamada de oxidação, comumente vista no cotidiano, e conhecida como **corrosão metálica**.

Pergunta: o que é a corrosão? Porque ela acontece?

Não sejamos tão apressados! Nós chegaremos lá, mas por ora vamos desvendar o que está por trás desses materiais que são corroídos.

Todos nós nos deparamos no dia a dia com processos que talvez não saibamos explicar detalhadamente, mas que fazem parte de nossa rotina. Vários desses processos podem servir de exemplo, como quando vemos com o passar do tempo a palha de aço na pia da cozinha mudar de cor, textura e perder a utilidade, ou quando percebemos que o portão da casa está se deteriorando, especialmente aquela parte em que o cachorro do vizinho faz xixi todas as manhãs, e tem ainda aquela parte metálica do encanamento da pia que de tempos em tempos se desfaz e provoca o gotejamento da água.

Os materiais em que esse processo acontece são os metais (Figura 3) ou as ligas metálicas (Figura 4).



Figura 3: Alguns tipos de metais

Fonte: <https://conhecimentocientifico.r7.com/metais/>. Acesso: 08 jul 2014.



Figura 4: Barra da liga metálica aço

Fonte: Pixabay

Metais possuem elétrons livres em suas ligações metálicas, o que permite um trânsito rápido de temperatura e calor. É por este motivo que os metais são bons condutores de calor e temperatura.

Ligas metálicas são materiais com propriedades metálicas que contêm dois ou mais elementos, sendo que pelo menos um deles é metal.

Se consultarmos as definições de metal e de liga metálica, concluiremos que o aço não é um metal, mas sim uma liga metálica composta por ferro e carbono e muito utilizada por ser mais resistente à corrosão. Ou seja, é por isso que existem as ligas metálicas, pois elas geralmente apresentam novas características em relação às substâncias de

origem, como alteração na resistência mecânica, na condutividade e na resistência à corrosão!

A corrosão ocorre em um metal de acordo com o ambiente ao qual ele está exposto. Este ambiente com o qual o metal interage pode, muitas vezes, contribuir para a agregação de algumas substâncias e formação de outras mais estáveis do que as iniciais.

Um exemplo são os minérios encontrados na natureza! Geralmente eles são compostos de metais e outros elementos, como o oxigênio, e é deles que extraímos determinados metais, como o ferro e a prata. Uma vez obtidos, esses metais tendem a reagir com outras substâncias, como o oxigênio do ar, por exemplo, para voltarem ao estado natural.

Poderíamos dizer que os metais são, de certa forma, instáveis e naturalmente precisam atingir estabilidade mudando suas características ao se agregarem com outras substâncias. **A corrosão seria um exemplo de artifício natural que garante esta estabilidade aos metais. Desse modo, o combate à corrosão é uma luta contra fenômenos naturais!**

Por mais natural que esse processo seja, ele não é nem um pouco agradável ao nosso bolso, já que gastamos (e muito!) para consertar o encanamento, portão ou carro que tenha sido corroído. Imagine só se pensarmos na estrutura de uma ponte ou no sistema de tubulações de uma cidade!

Geralmente, quando qualquer um desses estragos acontece conosco vamos logo dizendo: *“Ihhh... essa coisa enferrujou!”*. Bom, o termo **enferrujar** ficou tão comum que qualquer pessoa entenderia, mas se analisarmos bem, **ferrugem refere-se à corrosão do ferro** e nem todos os produtos metálicos são de ferro. Por isso, o termo correto e mais genérico é corrosão: *“Ihhh querida, o tacho de cobre está sofrendo corrosão!”*. Entendeu?

Com quantos metais e ligas metálicas você lida no dia a dia? Onde eles são encontrados? A tabela a seguir mostra alguns exemplos!

Metal	Onde encontramos
Alumínio	Latas de refrigerante e cerveja
Cobre	Encanamentos, sistema de aquecimento solar, fiação elétrica, tachos para cozinhar
Ferro	Portões, ferramentas
Zinco	Chapas, telhas
Chumbo	Baterias
Estanho	Fabricação de molas, artigos decorativos
Prata	Joias
Níquel	Moedas
Ligas metálicas	Onde encontramos
Aço (Ferro + Carbono)	Carros, geladeiras, portões
Aço inoxidável (Ferro + Carbono + Cromo + Níquel)	Indústria alimentícia, cutelaria para fabricação de talheres, baixelas e panelas
Bronze (Estanho + Cobre)	Medalhas, estátuas
Latão (Cobre + Zinco)	Tachos, bacias e instrumentos musicais de sopro

O processo de corrosão causa grandes prejuízos econômicos e sociais, pois traz danos às estruturas de edifícios, carros, tubulações, pontes, navios, entre outros (Figura 5). Além da perda dos bens materiais, torna-se um problema de segurança, pois compromete a estabilidade de estruturas e automóveis, e ainda requer investimentos para contornar esse problema.



Fonte: Pixabay



Figura 5: Navio e carro sofrendo corrosão.
Fonte:Pixabay

As implicações da corrosão são inúmeras, já que muitos aparatos tecnológicos que utilizamos não estão imunes a essa deterioração. Os impactos econômicos e ambientais são elevados. Só no Brasil, o prejuízo é da ordem de 10 bilhões de dólares anuais (isso mesmo: dez bi todo ano) e segundo uma pesquisa encomendada pelo Congresso Americano, realizada entre 1999 e 2001, os EUA estimaram que os custos diretos com a corrosão são 3,1% do PIB estadunidense, sendo que 20% a 30% desses custos são evitáveis.

Já que estamos entendendo um pouco mais sobre a corrosão, o que fazer então? Você conhece alguma solução?

A fim de minimizar os prejuízos causados pela corrosão, vários grupos de pesquisa em todo mundo estudam técnicas e materiais para combater a corrosão, como é o caso do **Grupo de Eletroquímica Interfacial (GEI)** do Departamento de Físico-Química do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, cujo pesquisador responsável é o **Prof. Dr. Artur de Jesus Motheo**.

Dentre outras linhas de pesquisa, o grupo se dedica ao combate à corrosão com o objetivo de se não eliminar o processo de corrosão, ao menos diminuir sua velocidade e aumentar a vida útil de vários metais e ligas metálicas.

Como poderíamos pensar em resolver este problema? O que o GEqI faz?

Se pensarmos bem, já conhecemos processos simples que protegem os metais da corrosão. Um exemplo é quando mandamos pintar as portas e janelas de ferro de nossa casa. Além de mais bonitas, ficam também mais protegidas pela tinta, que retarda o processo de corrosão. Muitos metais já são comercializados com essa proteção, como o ferro galvanizado. É protegido por uma camada de zinco, metal mais barato, o qual funciona como “metal de sacrifício” por ser corroído antes do ferro.

Muitos métodos para a proteção contra a corrosão, ou seja, **proteção anticorrosiva**, mais especificamente em aços, são estudados diariamente em vários institutos de pesquisas e universidades de todo o mundo. Os aços são os “queridinhos” entre as ligas metálicas devido a sua grande importância econômica e industrial para a sociedade, uma vez que apresenta propriedades desejáveis de dureza, tenacidade e condutividade. Na indústria alimentícia, eles garantem melhores condições de higiene na produção de bebidas e de alimentos e são usados também na cutelaria para fabricação de talheres, baixelas e panelas.

Ao longo dos estudos, percebeu-se que uma alternativa interessante e bastante viável para diminuir os processos corrosivos e consequentemente aumentar a vida útil destes materiais: o uso de coberturas protetoras a base do cromo (Figura 6). O cromo pode ser usado como elemento de liga nos aços inoxidáveis para melhorar a resistência à corrosão, bem como na cobertura de estruturas de ligas de alumínio, por exemplo, em aviões.



Figura 6: Cromo metálico.

Fonte: <http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/cromo/>. Acesso em 23 jun. 2015.

Seria o cromo o melhor armamento para esse combate?

Depende! O cromo pode ser prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana, principalmente na forma de cromo VI, produzido em alguns processos industriais. O contato com o cromo VI pode provocar o desenvolvimento de cânceres, além de afetar o sistema imunológico de seres humanos.

A contaminação por cromo é tão séria que foi parar até mesmo nas telas de Hollywood no filme **“Erin Brockovich- Uma mulher de talento”**, que relata os efeitos do cromo VI à saúde. A história foi baseada em fatos reais, em que uma cidade dos Estados Unidos foi vítima de água contaminada por cromo, e assim alguns moradores passaram a conviver com várias doenças como o câncer. **Assistam a este filme e vocês entenderão por que o cromo pode ser um vilão.**



Apesar de o cromo ser um excelente protetor contra a corrosão, determinadas técnicas utilizadas para fazer a proteção podem gerar efluentes que contenham o cromo VI, prejudicial à saúde e ao meio

ambiente. Assim, o estudo e o emprego de técnicas alternativas para o melhor uso do cromo ou, ainda, de materiais alternativos ao cromo para fazer a proteção de metais e ligas metálicas, torna-se muito interessante.

Além disso, nos metais e ligas metálicas o efeito da corrosão depende de vários fatores, como a composição química do material (do que ele é feito?), as condições ambientais (qual é a temperatura e umidade do ambiente? O meio é salino como a água do mar, por exemplo?) e se há a presença de **soldas** no metal.

Soldas? Como assim?

Geralmente, quando percebemos que o escapamento do nosso carro está furado ou que o portão de nossa casa está corroído, antes de substituí-los avaliamos a possibilidade de soldá-los, pois a solda pode, muitas vezes, resolver o problema de forma mais econômica. **Entretanto, também acontece das partes soldadas se romperem. Por que isso acontece?**

Existem vários tipos de soldagens, mas de modo geral a solda é o resultado da união de duas partes metálicas usando uma fonte de calor. A Figura 7 mostra uma ilustração da soldagem de um portão e de uma barra metálica com diferentes zonas na região da solda.

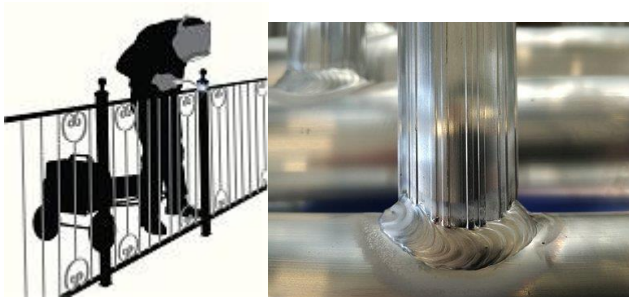


Figura 7: Processo de solda e barra metálica na região de solda.

Fonte: Pixabay

As diferentes regiões ou zonas ao redor da solda sofrem modificações nas propriedades e estrutura durante a soldagem. Essas modificações variam de acordo com a temperatura da solda e o tipo de metal ou liga que foi soldada e levam à perda da força mecânica e da resistência à corrosão.

Então, só para resumir: **a corrosão é um grande problema!** Não só para os metais ou ligas bases, mas também para as soldas que também podem apresentar baixa resistência à corrosão!

Antes que você aí que está lendo saia correndo revoltado com tudo isso, já anunciamos que a resposta estudada pelo GEQI desde 1998 para a proteção da solda é a mesma para a proteção do aço: o recobrimento do material a ser protegido com um polímero condutor, mais especificamente, a **polianilina**, também conhecida por sua sigla **PAni**.

As principais aplicações da polianilina são em baterias plásticas, sensores, superfícies condutoras, proteção contra a corrosão, diodos emissores de luz, dispositivos fotovoltaicos e músculos artificiais.

O que o pesquisador e seus alunos vêm fazendo é sintetizar polianilina a partir de diferentes técnicas, revestindo amostras de aço com esse polímero e estudando a capacidade de proteção contra a corrosão especialmente nas regiões de solda.

O que são esses polímeros condutores?

Polímeros são macromoléculas constituídas de uma unidade que se repete, chamada monômero.

Muito se tem falado sobre os polímeros condutores, isto é, materiais orgânicos do tipo “plástico”, geralmente derivados do petróleo, com capacidade de conduzir eletricidade. Esses materiais são tão importantes que garantiram o Prêmio Nobel da Química de 2000 para o químico norte-

americano, de origem neozelandesa, Alan G. MacDiarmid, o físico, também norte-americano, Alan Heeger e o químico japonês Hideki Shirakawa.

Entretanto, é de conhecimento que plásticos e polímeros orgânicos são isolantes térmicos, **então o que faz esses polímeros condutores conduzirem corrente elétrica?**

Corrente elétrica é o fluxo de elétrons, isto é, o fluxo de pequenas partículas subatômicas carregadas negativamente, deslocando-se em de um material como o metal, por exemplo. Os elétrons que podem se deslocar são os pertencentes às camadas mais externas de cada átomo do metal e por isso são os elétrons envolvidos nas ligações entre os metais.

Para se tornar um condutor, o polímero precisa, como um metal, ter elétrons livres e a primeira condição para que isso ocorra é que exista uma alternância entre as ligações simples e duplas dos átomos de carbono presentes no polímero, situação conhecida como ligação dupla conjugada. Tal configuração é encontrada na polianilina, um polímero composto por várias moléculas de anilina, representado na Figura 8.

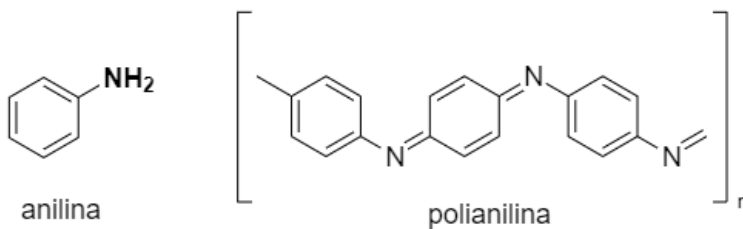


Figura 8: Fórmula estrutural da anilina e polianilina

O tipo de ligação química determina a disponibilidade de deslocamento destes elétrons. Em um metal, a ligação metálica permite o fácil deslocamento dos elétrons, por isso os metais são usados como

condutores elétricos há mais de um século, como o cobre, por exemplo, utilizado nas fiações elétricas.

Nos polímeros, as ligações são covalentes, ou seja, feitas por meio de pares de elétrons compartilhados entre os dois átomos da região e com barreiras de energia potencial que impedem o seu deslocamento pelo material. Desse modo, para ser um bom condutor elétrico, o polímero precisa passar por um processo chamado de "dopagem", que lhe fornecerá a capacidade de ganhar ou perder elétrons por meio de reações de oxidação ou redução.

Dopagem é o processo de abertura de “buracos” por meio de reações de oxidação e redução permitindo a passagem da corrente elétrica.

Oxidação é a reação que ocasiona a perda de elétrons e consequente aumento de sua carga iônica.

Redução é a reação que ocasiona o ganho de elétrons e consequente diminuição de sua carga iônica.

O conhecido jogo de encaixe representado na Figura 9 é um modelo simplificado de funcionamento de um polímero "dopado". As peças não poderiam se mover se não houvesse pelo menos um espaço vazio entre elas. No modelo, cada peça representa um elétron. Quando um campo elétrico é aplicado, os elétrons passam a movimentar-se velozmente para ocupar os espaços, criando, assim, a corrente elétrica e tornando o polímero um condutor elétrico.

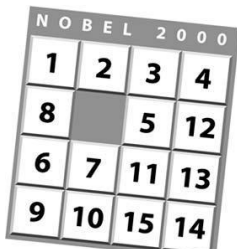


Figura 9: Dopagem e jogo de encaixe.

Fonte: http://www.crq4.org.br/informativomat_714. Acesso em 08 jul 2014.

O que é feito no laboratório do GEqI?

O grupo de pesquisa avalia de modo sistematizado a melhor maneira de sintetizar a polianilina, de recobrir amostras de aço com esse polímero e simular o processo de corrosão para verificar o efeito do polímero no aço protegido. Para isso, é necessário sintetizar a polianilina em diferentes meios, por exemplo, alterando o pH, temperatura, concentrações dos reagentes durante a síntese. Alteram-se também as formas de aplicação sobre o metal para melhorar a aderência, mudando o número de camadas de proteção, por exemplo. Investiga-se, ainda a capacidade de proteção simulando as condições de corrosão. Para isso, utilizam-se soluções ácidas e salinas, por serem mais agressivas ao metal recoberto e avalia-se tanto o tempo demandado para a corrosão ocorrer, quanto às características da superfície do aço durante todo o processo.

Por meio desses ensaios específicos o grupo tem observado que o revestimento de polianilina é capaz de proteger a superfície dos aços inoxidáveis e também de suas soldas contra a corrosão, sendo que o revestimento da liga com mais de uma camada de polímero (revestimento multicamadas) apresenta resultados melhores ainda. Ao olharmos uma pequena amostra revestida com polianilina parece que ela está simplesmente pintada com uma tinta azul, mas, na realidade, está protegida contra a corrosão por um polímero!

Além disso, o grupo tem avaliado a possibilidade do polímero estudado formar compósitos com outra substância chamada dióxido de titânio (TiO_2). Nesse caso, o compósito final (PAni- TiO_2) também tem apresentado capacidade de recobrir o metal e protegê-lo contra corrosão, sendo essa cobertura ainda mais eficiente que a polianilina isolada na batalha contra a poderosa corrosão!

O que você acha de pesquisas científicas na área da química como essa?

Agora fica mais fácil compreender a importância da Química e seus inúmeros benefícios ao trabalhar de maneira conjunta com outras áreas da Ciência para resolver vários dos nossos problemas no dia a dia.

Talvez a queda do Boeing e o desabamento da grade do Maracanã poderiam ter sido evitados se técnicas eficientes para combater o complicado problema da corrosão fossem utilizadas?

Mas, então quer dizer que esse processo de proteção contra corrosão utilizando polianilina está disponível para aplicarmos na construção civil, indústrias automobilísticas, aeronáuticas, navais dentre inúmeras outras aplicações que existem por aí?

Bom, não é bem assim! No caso do recobrimento com a polianilina, os resultados são positivos e o grupo já conseguiu testá-lo em diversos metais e ligas metálicas além do aço para as mais variadas utilidades, porém esses estudos requerem investimentos financeiros, estrutura, equipamentos, pesquisadores envolvidos nos trabalhos, publicação dos resultados e discussão com outros pesquisadores que também são da área, além da verificação da possibilidade de patenteamento do produto ou técnica desenvolvida. Esse processo constantemente motiva novas pesquisas e demanda muito tempo, entenderam?

Vocês sabem que conseguir investimentos para o desenvolvimento de qualquer projeto é difícil e nas pesquisas científicas isso não é diferente. A questão do investimento financeiro é crucial, porque muitas vezes o estudo indica que o melhor material ou processo desenvolvido no laboratório, ainda é muito caro em grande escala (industrial), sendo que essa questão deve ser revista e às vezes é o que impede a aplicação do produto de fato. É interessante deixar claro que um cientista lida a todo o momento com divergências, burocracias e interesses políticos até poder ver seu produto no mercado, mas pesquisas como essa vêm sendo

desenvolvidas há muito tempo e certamente continuarão enquanto houverem problemas que assolem a sociedade!

Não desanime! Todos podem dar sua contribuição, principalmente quando a sociedade reconhece a importância das pesquisas científicas e ainda mais: quando pessoas como você decidem fazer parte disso!

A Ciência precisa de pessoas ativas, comprometidas e com vontade de fazer a diferença e a universidade é um lugar perfeito para isso!

Se você compreendeu a importância dessa pesquisa e se interessou por ela, saiba que pode fazer parte!

Nas universidades existem inúmeras pesquisas abrangendo várias áreas do conhecimento. Na área da Química, por exemplo, existem pesquisas voltadas para a saúde, meio ambiente, tecnologia, desenvolvimento de materiais e muito mais!

Um aluno dedicado que faz o Ensino Médio e ingressa na universidade em pouco tempo passa a ter contato com as diversas áreas da Ciência e pode desenvolver pesquisas num processo que é chamado de “Iniciação Científica”. Depois de graduado, ainda pode dar continuidade aos estudos e pesquisas fazendo mestrado, doutorado e pós-doutorado até a vir a ser um pesquisador igual ao Prof. Dr. Artur de Jesus Motheo!

O Grupo de Eletroquímica Interfacial é um exemplo de grupo composto por diversos pesquisadores que estão em estágios diferentes de formação!

Refleta!

Não podemos deixar de fazer algo, ficar apáticos ou de braços cruzados diante de um inimigo como é o caso da corrosão e seu exército de manifestações. Não é?!

É fazendo o que estiver ao nosso alcance para construir um mundo melhor que melhoraremos nossa qualidade de vida e evitaremos a repetição de tristes manchetes como as da abertura desse texto!



O texto contém:

Conceitos Químicos: metais; ligas metálicas; corrosão; fatores que influenciam o processo da corrosão; concentração da solução e uso de polímeros para a proteção de ligas de aço.

Competências e Habilidades BNCC

Competência Específica 1 - (EM13CNT101)

Competências e Habilidades ENEM

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – H2; H3; H4

Competência de área 3 – H12

Competência de área 5 – H17; H18; H19

Competência de área 7 – H26; H27

Referências

Acidente Maracanã. Disponível em: <http://grupodpm.com.br/site/corrosao-foi-responsavel-por-acidente-em-arquibancada-no-maracana-em-1992/>. Acesso em 26 de maio 2015.

ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de Química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Conceito de Polímero. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/quimica/polimeros.htm>. Acesso em 08 jul. 2014.

Dopagem e jogo de encaixe. Disponível em: http://www.crq4.org.br/informativomat_714. Acesso em 08 jul. 2014.

Filme Erin Brockovich. Disponível em: <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-23980/>. Acesso em 24 de maio 2015.

Grupo de Eletroquímica Interfacial. Disponível em: <http://geqi.iqsc.usp.br/>. Acesso em 23 jun. 2015.

MERCON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. **Química nova na escola**, v. 1, n. 19, p. 11-14, 2004.

Natureza química da ferrugem. Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/pratica-pedagogica/como-forma-ferrugem-natureza-quimica-agua-ferro-ciencias-546448.shtml>. Acesso em 23 jun. 2015.

PAGOTTO, J. F. **Revestimento a base de Polianilina e dióxido de enxofre**. Tese (Doutorado). 173p. Universidade de São Paulo. Instituto de Química de São Carlos. 2003. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75134/tde-24022014-111216/en.php>. Acesso em 08 jul 2014.

Polímeros condutores. Disponível em: http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_04/polimero.html. Acesso em 08 jul. 2014.

Queda do Boeing. Disponível em: <http://adrenaline.uol.com.br/forum/geral/524662-alguns-do-grandes-erros-desastres-e-tragedias-da-engenharia-na-historia-fotos-vid-4.html>. Acesso em 24 de maio 2015.

Solomons, T.W.G., Fryhle, C.B. **Química Orgânica**, vol. 1, 10 ed. LTC, 2012.

Modelagem Molecular e Interferentes Endócrinos: Pesquisas que Podem Auxiliar à Redução de Impactos no Meio Ambiente e na Saúde

*Michell Oliveira Almeida
Rafaela Molina de Angelo
Lanna Emilli Barbosa Lucchetti
Mauro Coelho dos Santos
Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza
Kathia Maria Honorio*

Para que os grandes avanços na tecnologia, agricultura, pecuária e indústria fossem alcançados, o homem acabou deixando de lado um fator extremamente importante: o meio ambiente (Figura 1). Sabe-se que a partir desses avanços, existem consequências que podem afetar o meio ambiente como um todo e até mesmo a saúde dos seres humanos, pois substâncias como os pesticidas são tóxicas e prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Essas consequências podem ser ainda maiores, pois doenças como o câncer podem ser desenvolvidas devido ao contato com esses poluentes.^{1, 2.}



Figura 1: Lixos descartados e devolvidos pela maré.

Fonte: <<https://pixabay.com/pt/fotos/polui%C3%A7%C3%A3o-lixo-oceano-pl%C3%A1stico-4855507/>>.

Acesso em: 29 out. 2020.

Inicialmente, a população humana começou a sofrer efeitos danosos devido ao uso dessas substâncias nas décadas de 50 e 60 e, recentemente, estudos mostram que substâncias que agem como poluentes podem ser encontradas em pesticidas, herbicidas, inseticidas, medicamentos, em materiais como o plástico e outros tipos. Além disso, cada vez mais o sistema endócrino humano é afetado por essas substâncias. Por isso, foi definido o termo “interferente endócrino” (IE) para essas substâncias.

Como já conhecido de outros trabalhos científicos, essas substâncias podem afetar o funcionamento endócrino de animais e também dos seres humanos.¹ Também sabemos que diversos métodos de estudo podem ser utilizados com o objetivo de degradar essas substâncias de forma que sua ação como interferente endócrino seja anulada ou diminuída.

Dentre uma vasta gama de métodos, técnicas e estudos, será que é possível utilizar na **Área de Química** um aparelho eletrônico bastante usado pelas pessoas no seu dia a dia para diversas finalidades, tais como trabalhos, estudos, lazer (assistir séries e filmes famosos, por exemplo) e jogos, que é conhecido como computador?

A resposta é SIM!

Porém, antes de entendermos como funcionam esses estudos, vamos entender um pouco mais sobre a química...

A química é a área da Ciência que estuda a matéria e suas transformações, sendo assim de suma importância para a humanidade. As **reações químicas** (ou seja, as transformações da matéria) possibilitam a fabricação de roupas, materiais para os mais diversos fins - desde um utensílio de cozinha a uma turbina de avião - remédios, equipamentos eletrônicos, e assim por diante. Basicamente, tudo que utilizamos no decorrer da nossa vida envolve química de alguma forma

As reações químicas acontecem à nossa volta o tempo todo e algumas delas geram produtos inofensivos para humanos e meio

ambiente (Figura 2). A fotossíntese realizada pelas plantas, por exemplo, é uma reação química que produz energia para as próprias plantas e também o gás oxigênio, que nós respiramos. Mas nem sempre é isso que acontece - algumas reações podem gerar poluentes, produtos extremamente perigosos para seres humanos e para o planeta.

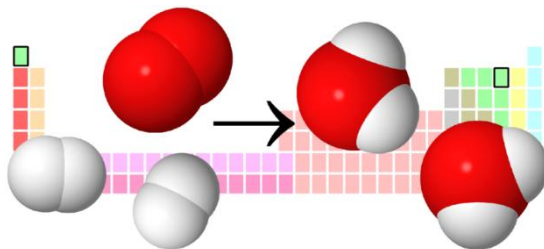


Figura 2: Exemplo de uma reação química (processo de formação de 2 mols de água).

Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrogen_and_oxygen_react_to_form_water.png>. Acesso em: 29 out. 2020.

Não são só os poluentes gerados em algumas reações que preocupam os cientistas: frequentemente, para um processo acontecer, é preciso o fornecimento de **energia**. E energia, como você sabe se já teve que pagar uma conta de luz, não é barata - e não apenas para quem paga a conta, a energia custa, a longo prazo, um elevado preço para o planeta também. Todos os métodos para geração de energia que empregamos atualmente possuem sua própria lista de impactos no meio ambiente - mas esse é um assunto para outra conversa! Aqui vamos apenas ter em mente essa informação: **a utilização de energia tem seu próprio alto custo**.

Como podemos então estudar esses mesmos processos sem o “lado negativo”?

É aí que utilizamos a química computacional!

Essa é a área da química que utiliza computadores para fazer simulações de reações ou processos e obter informações sobre esses com

uma utilização reduzida de energia e reagentes. Dessa forma, pode-se estudar um sistema químico primeiramente a partir das simulações computacionais e, com as informações obtidas, pode-se realizar o experimento, reação ou processo já com as melhores condições possíveis para obter o resultado ideal, sem a necessidade de realizar vários testes que consumiriam muito reagente e energia.

O **computador** pode ser utilizado em diversas áreas de pesquisa científica como, por exemplo, na **química, física, biologia, matemática, farmácia**, entre outras. Para estudar os interferentes endócrinos, é possível utilizar técnicas computacionais de forma a simular suas propriedades e mecanismos de degradação, por exemplo (Figura 3). A área que utiliza tais técnicas computacionais para entender problemas químicos é chamada de modelagem molecular.

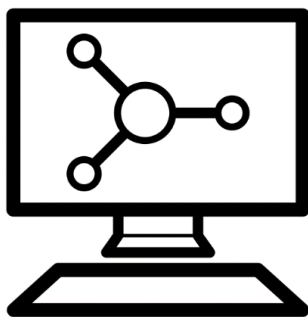


Figura 3: Computador com modelo de molécula para realizar simulações.

Fonte: Computational Chemistry by H Alberto Gongora from the Noun Project <
<https://thenounproject.com/term/computational-chemistry/1119962/>>. Acesso em 29 out. 2020.

O que é modelagem molecular?

Modelagem molecular nada mais é do que um conjunto de diversas técnicas que podem ser empregadas para construir (programas de computador podem ser empregados para desenhar todos os tipos de moléculas, como as estruturas moleculares dos interferentes endócrinos),

editar (programas de computador podem realizar modificações em determinadas regiões das moléculas, assim como prever possíveis reações químicas envolvendo interferentes endócrinos, por exemplo) e visualizar (programas de computador podem ser usados para verificar resultados de reações químicas, entre outros tipos de análise).³ Como dito anteriormente, a modelagem molecular envolve várias técnicas que podem auxiliar a pesquisa experimental no entendimento de diversos processos químicos e/ou biológicos, assim como no planejamento de novos materiais.

No caso de **interferentes endócrinos**, a modelagem molecular pode ser muito útil, pois a partir de cálculos e simulações computacionais é possível obter propriedades moleculares que não são observáveis experimentalmente, como energia de orbitais de fronteira HOMO e LUMO e propriedades derivadas do potencial eletrostático como cargas (Figura 4).

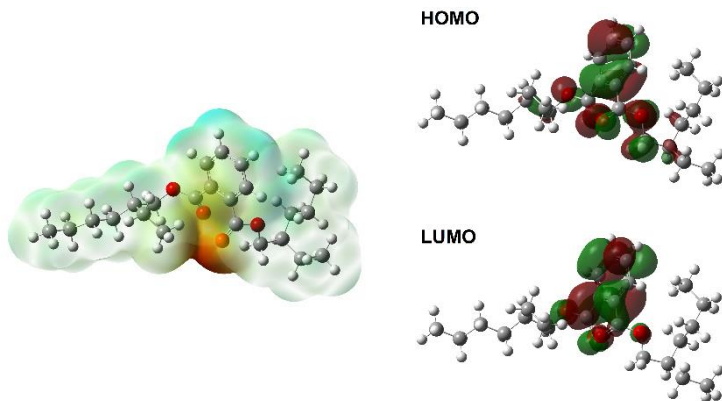


Figura 4: Alguns resultados obtidos a partir de simulações computacionais (orbitais moleculares e potenciais eletrostáticos da molécula DEHP).

Fonte: Figura Autoral

Mas, quais tipos de cálculos e simulações o computador pode realizar para auxiliar no estudo de interferentes endócrinos?

Diversos tipos de cálculos e simulações podem ser realizados no computador, pois para cada problema é possível empregar diferentes metodologias de modelagem molecular. Por exemplo, para avaliar possíveis mecanismos de degradação de um interferente endócrino na presença de uma espécie química, por exemplo, o radical hidroxila (espécie muito importante em estudos de degradação de interferentes endócrinos)⁴, programas de computador que utilizam métodos de mecânica quântica podem ser utilizados no estudo da reação entre interferentes endócrinos e o radical hidroxila.

Como o computador pode utilizar a mecânica quântica nesse tipo de estudo?

A **mecânica quântica** é uma das grandes teorias do século XX e basicamente estuda átomos (Figura 5), moléculas, elétrons e outras espécies.⁵ A partir do computador, é possível utilizar a química quântica (mecânica quântica aplicada no estudo de moléculas e problemas químicos) para prever a estrutura eletrônica de moléculas isoladas, de interações intermoleculares (entre moléculas diferentes) e o comportamento de reações químicas.

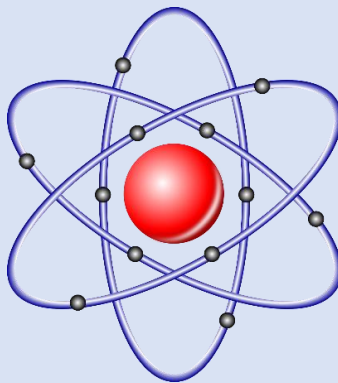


Figura 5: Modelo atômico, com prótons, nêutrons e elétrons contidos em sua eletrosfera.

Fonte: <<https://pixabay.com/pt/vectors/n%C3%BAcleo-do-%C3%A1tomo-nuclear-%C3%A1tomo-153152/>>. Acesso em 29 out. 2020.

Um dos métodos mais utilizados que envolvem a mecânica quântica é conhecido como **teoria do funcional de densidade** (DFT, do inglês *Density Functional Theory*). Esse método é utilizado no estudo de sistemas moleculares com muitos elétrons^{6,7}, ou seja, pode ser implementado no estudo da degradação de interferentes endócrinos. Desta forma, a partir da implementação da DFT, programas como o Gaussian9 conseguem modelar possíveis mecanismos de degradação envolvendo interferentes endócrinos.

A partir da mecânica quântica também é possível calcular os orbitais moleculares, o valor do **pico máximo de absorção do espectro de UV/Vis (espectroscopia na região do Ultravioleta e Visível)**⁸, os números de **onda do espectro de infravermelho**, assim como os valores de ângulos e distâncias de ligação a partir da **otimização de geometria** (Figura 6), possíveis **etapas de reações químicas**, entre outras aplicações.

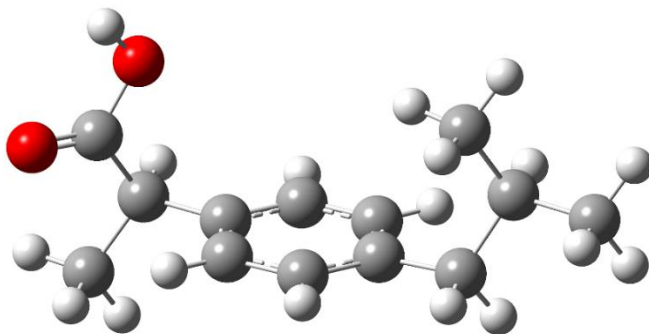


Figura 6: Molécula do fármaco Ibuprofeno com sua geometria otimizada.

Fonte: Figura Autoral

Além disso, empregando métodos de química computacional é possível ainda prever processos relacionados à **transferência de elétrons em interações químicas** a partir de métodos como a **análise dos orbitais naturais de ligação** (NBO, do inglês *Natural Bond Orbitals*)⁹,

a qual permite verificar os níveis de transferência de elétrons entre moléculas. Outro método que pode auxiliar no entendimento da química dos interferentes endócrinos é a **teoria quântica de átomos em moléculas** (QTAIM, do inglês *Quantum Theory of Atoms in Molecules*)¹⁰, que permite visualizar e analisar interações intermoleculares, ligações covalentes e possíveis **regiões de reatividade química** (Figura 7).

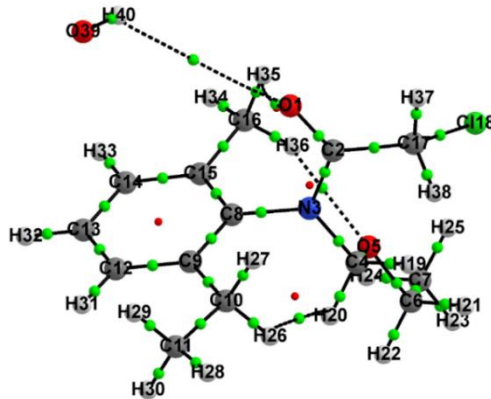


Figura 7: Transição de elétrons e interações intermoleculares da molécula Acetocloro com o radical hidroxila calculados por QTAIM.

Fonte: Figura Autoral

Desta forma, é possível notar que a modelagem molecular e a química quântica computacional podem auxiliar as pesquisas realizadas em laboratórios tradicionais de química!!!

Além dos estudos de degradação de interferentes endócrinos, ainda é possível estudar a ação dessas moléculas em **receptores de hormônios**.

Receptores hormonais são proteínas necessárias para a ação dos hormônios, pois estas substâncias precisam se ligar ao seu receptor biológico para desempenhar a ação desejada e esse complexo (receptor + hormônio) se liga ao DNA (ácido desoxirribonucleico), determinando a ação dos genes.

E onde os interferentes endócrinos entram nesta história?

Essas moléculas também podem se ligar em receptores de hormônios, ou seja, podem alterar a ação hormonal, o que pode ser prejudicial ao meio ambiente e ao ser humano.¹ A partir do uso da **modelagem molecular**, é possível estudar a ação de interferentes endócrinos em receptores hormonais. Esse tipo de estudo tem início com a busca por moléculas que agem como interferentes endócrinos e a busca por **alvos biológicos** nos quais essas substâncias podem atuar. Essa busca por estruturas tridimensionais (3D) de alvos biológicos é realizada no banco de dados de proteínas (PDB, do inglês *Protein Data Bank*)¹², que contém estruturas 3D de proteínas, enzimas e ácidos nucleicos, as quais geralmente são obtidas por difração de raios-X, ressonância magnética nuclear ou criomicroscopia.

Após as buscas por estruturas 3D de alvos e ligantes, é necessário inserir o interferente endócrino no receptor hormonal em uma região chamada de **sítio de ligação** (região onde as principais interações entre receptor biológico e moléculas, como interferentes endócrinos, podem ocorrer). É possível fazer isso no computador? A resposta é SIM! A partir da modelagem molecular e de métodos baseados na estrutura do receptor (**SBDD**, do inglês *Structure Based Drug Design*)¹³ é possível realizar o encaixe de micromoléculas em estruturas de receptores biológicos (macromoléculas).

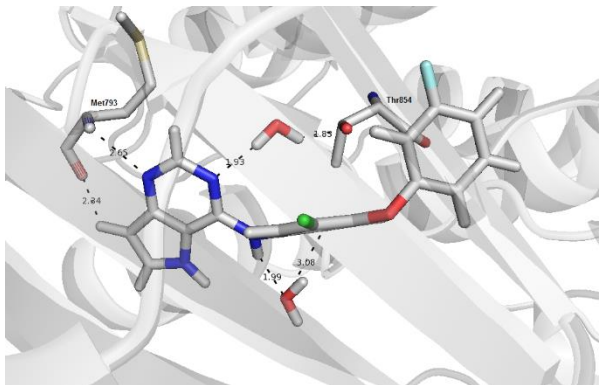


Figura 8: Exemplo de um complexo formado entre inibidor e alvo biológico por meio da técnica de *docking molecular*.

Fonte: Figura Autoral.

Um dos métodos de SBDD mais utilizados é o **acoplamento molecular (ou *molecular docking*)** e, a partir desta técnica, é possível analisar as conformações de micromoléculas (por exemplo, interferentes endócrinos) nos locais de ligação nos receptores macromoleculares¹³. Após a inserção do interferente endócrino no sítio de ligação do receptor hormonal (por exemplo, receptor de progesterona, receptor de estrógeno, entre outros) é possível analisar as interações intermoleculares no complexo formado (Figura 8).

Outro exemplo deste tipo de estudo está ilustrado na **Figura 9**, ilustrando o acoplamento de um interferente endócrino (bisfenol A) no sítio de ligação do receptor gama relacionado a estrógeno (código PDB = 2E2R).

Dinâmica Molecular

As simulações que utilizam o princípio da dinâmica molecular, diferente da mecânica quântica, não consideram os elétrons em seus cálculos, ou seja, átomos são modelados como esferas e ligações como bolas e molas e a dinâmica do processo é avaliada em função do tempo. Desta forma, a dinâmica molecular permite simular o

comportamento de moléculas, como os interferentes endócrinos, no sítio de ligação de receptores biológicos (por exemplo, receptores hormonais) em função do tempo, em condições fisiológicas. Essas simulações podem ser realizadas empregando algoritmos computacionais implementados em programas como AMBER, GROMACS, entre outros.

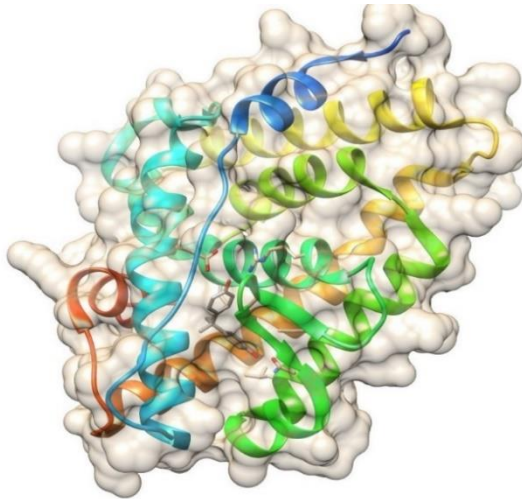


Figura 9. Estrutura 3D do receptor gama relacionado a estrógeno com bisfenol A em seu sítio de ligação.

Fonte: Fonte: Figura Autoral.

Uma das interações que ocorrem entre ligante-alvo biológico se refere às **ligações de hidrogênio**, as quais estão relacionadas à estabilidade de proteínas¹⁴, ou seja, são importantes para manter a estabilidade de receptores de hormônios. Após a análise do acoplamento entre substância e receptor biológico, é possível utilizar uma técnica que simula o comportamento dinâmico do complexo: **dinâmica molecular**.¹⁵ Após a obtenção dos resultados de dinâmica molecular, é possível utilizar métodos que calculam a energia livre de ligação, como o cálculo de energia de interação solvatada (SIE, do inglês *Solvated Interaction Energy*).^{18,19} Este método faz a estimativa da energia livre (ΔG) de ligação entre proteína e micromolécula (por exemplo, receptor de hormônio +

interferente endócrino), e esse valor pode ser relacionado com a estabilidade do sistema.

Mas como estas técnicas podem ser utilizadas no estudo de interferentes endócrinos?

Por exemplo, uma substância que tem ação endócrina e é utilizada em algum material (por exemplo, em plásticos, pesticidas ou medicamentos) pode ser altamente prejudicial ao meio ambiente. Desta forma, novas substâncias com a mesma função (mas que tenham ação como interferente endócrino reduzida ou nula) podem ser planejadas com o auxílio de métodos de modelagem molecular. A partir das técnicas de acoplamento molecular, cálculos de energia livre de ligação e dinâmica molecular é possível estimar se essas novas moléculas apresentam menor ação no sítio de ligação do receptor hormonal e estas informações podem auxiliar muito no desenvolvimento de novas substâncias que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana.

Além disso, em nossos grupos de química teórica/computacional da Universidade de São Paulo e da Universidade Federal do ABC (UFABC), utilizamos essas simulações computacionais para investigar materiais visando a eletrogeração de **peróxido de hidrogênio** e utilizá-lo na degradação de compostos poluentes, conhecidos como **interferentes endócrinos**, capazes de alterar o funcionamento do nosso organismo e até mesmo causar sérios problemas de saúde. Esses interferentes podem ser encontrados em diversos lugares incluindo a água - mesmo na água tratada que chega na torneira de nossas casas. O peróxido de hidrogênio, nesse caso, é capaz de quebrar esses compostos até formar somente **gás carbônico** - presente no ar que respiramos, água e sais inorgânicos. Dessa forma, quanto mais peróxido de hidrogênio um material é capaz de gerar em certas condições específicas, melhor será para essa aplicação - e quanto mais informações somos capazes de obter antecipadamente com as simulações computacionais, menos reagentes e energia serão consumidos nestas análises.

Portanto, este capítulo buscou ilustrar a importância do computador e de técnicas de modelagem molecular nos estudos de degradação de interferentes endócrinos e, também, no desenvolvimento de novas substâncias que possam ser menos prejudiciais ao meio ambiente e ao ser humano. A partir deste capítulo também foi possível verificar como um aparelho tão utilizado no dia a dia das pessoas (computador) pode ser importante no planejamento e desenvolvimento de pesquisas científicas de impacto e de importância para a sociedade, como ilustra a Figura 10.

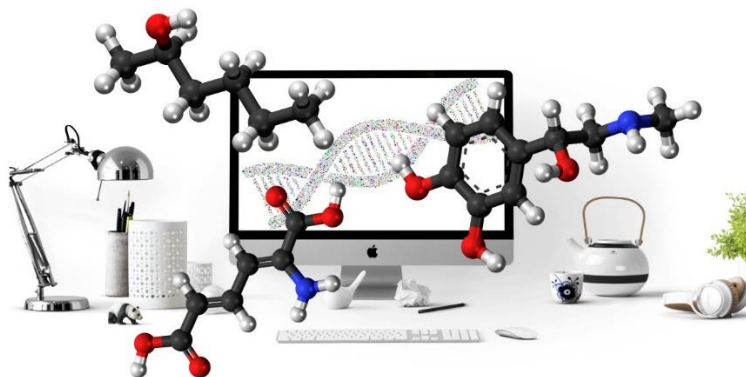


Figura 10. Uso de métodos computacionais em problemas de natureza química.

Fonte: Fonte: Figura Autoral.

Ficou surpreso(a) ou curioso(a) com tudo isso? Então, tenho uma boa notícia para você: os cientistas são, basicamente, pessoas curiosas que começam suas pesquisas porque querem saber mais sobre os mínimos detalhes de um determinado assunto ou explicar em profundidade como algo funciona!!!

Quem sabe você também não pode ser um cientista?

O texto contém:

Conceitos Químicos: Ligação química; Orbitais moleculares; Química quântica.

Competências e Habilidades BNCC

Competência Específica 1; 2; 3 - (EM13CNT101); (EM13CNT203); (EM13CNT206); (EM13CNT303).

Competências e Habilidades ENEM

Competência de área 5; 7 - H17; H19; H24; H25; H27.

Referências

- Ghiselli, G.; Jardim, W. F., Interferentes endócrinos no ambiente. *Química Nova* **2007**, *30*, 695-706.
- Bila, D. M.; Dezotti, M., Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e conseqüências. *Química Nova* **2007**, *30*, 651-666.
- Barreiro, E. J.; Rodrigues, C. R.; Albuquerque, M. G.; Sant'Anna, C. M. R. d.; Alencastro, R. B. d., Modelagem Molecular: Uma Ferramenta para o Planejamento Racional de Fármacos em Química Medicinal. *Química Nova* **1997**, *20*, 300-310.
- Araújo, K. S. d.; Antonelli, R.; Gaydeczka, B.; Granato, A. C.; Malpass, G. R. P., Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. *Revista Ambiente & Água* **2016**, *11*, 387-401.
- Arroio, A.; Honório, K. M.; Weber, K. C.; Homem-de-Mello, P.; Silva, A. B. F. d., O ensino de química quântica e o computador na perspectiva de projetos. *Química Nova* **2005**, *28*, 360-363.
- Hohenberg, P.; Kohn, W., Inhomogeneous Electron Gas. *Physical Review* **1964**, *136* (3B), B864-B871.
- Kohn, W.; Sham, L., Self-Consistent Equations Including Exchange and Correlation Effects. *Physical Review* **1965**, *140*, A1133-A1138.

Casida, M. E.; Huix-Rotllant, M., Progress in Time-Dependent Density-Functional Theory. *Annual Review of Physical Chemistry* **2012**, *63* (1), 287-323.

Reed, A. E.; Curtiss, L. A.; Weinhold, F., Intermolecular interactions from a natural bond orbital, donor-acceptor viewpoint. *Chemical Reviews* **1988**, *88*, 899-926.

Bader, R. F. W., Atoms in molecules. *Accounts of Chemical Research* **1985**, *18*, 9-15.

Keith, T. A. *AIMAll (Version 17.11.14)*, TK Gristmill Software: 2017.

Berman, H. M.; Westbrook, J.; Feng, Z.; Gilliland, G.; Bhat, T. N.; Weissig, H.; Shindyalov, I. N.; Bourne, P. E., The Protein Data Bank. *Nucleic Acids Research* **2000**, *28* (1), 235-242.

Guido, R. V. C.; Andricopulo, A. D.; Oliva, G., Planejamento de fármacos, biotecnologia e química medicinal: aplicações em doenças infecciosas. *Estudos Avançados* **2010**, *24*, 81-98.

Pimentel, G. C.; McClellan, A. L., Hydrogen Bonding. *Annual Review of Physical Chemistry* **1971**, *22* (1), 347-385.

Namba, A. M.; Silva, V. B. d.; Silva, C. H. T. P. d., Dinâmica molecular: teoria e aplicações em planejamento de fármacos. *Eclética Química* **2008**, *33*, 13-24.

D.A. Case, I. Y. B.-S., S.R. Brozell, D.S. Cerutti, T.E. Cheatham, III, V.W.D. Cruzeiro, T.A. Darden, R.E. Duke, D. Ghoreishi, M.K. Gilson, H. Gohlke, A.W. Goetz, D. Greene, R. Harris, N. Homeyer, S. Izadi, A. Kovalenko, T. Kurtzman, T.S. Lee, S. LeGrand, P. Li, C. Lin, J. Liu, T. Luchko, R. Luo, D.J. Mermelstein, K.M. Merz, Y. Miao, G. Monard, C. Nguyen, H. Nguyen, I. Omelyan, A. Onufriev, F. Pan, R. Qi, D.R. Roe, A. Roitberg, C. Sagui, S. Schott-Verdugo, J. Shen, C.L. Simmerling, J. Smith, R. Salomon-Ferrer, J. Swails, R.C. Walker, J. Wang, H. Wei, R.M. Wolf, X. Wu, L. Xiao, D.M. York and P.A. Kollman *AMBER 2018*, 2018.

Hess, B.; Kutzner, C.; van der Spoel, D.; Lindahl, E., GROMACS 4: Algorithms for Highly Efficient, Load-Balanced, and Scalable Molecular Simulation. *Journal of Chemical Theory and Computation* **2008**, *4*, 435-447.

Naïm, M.; Bhat, S.; Rankin, K. N.; Dennis, S.; Chowdhury, S. F.; Siddiqi, I.; Drabik, P.; Sulea, T.; Bayly, C. I.; Jakalian, A.; Purisima, E. O., Solvated Interaction Energy (SIE) for Scoring Protein–Ligand Binding Affinities. 1. Exploring the Parameter Space. *Journal of Chemical Information and Modeling* **2007**, *47* (1), 122-133.

Sulea, T.; Cui, Q.; Purisima, E. O., Solvated Interaction Energy (SIE) for Scoring Protein–Ligand Binding Affinities. 2. Benchmark in the CSAR-2010 Scoring Exercise. *Journal of Chemical Information and Modeling* **2011**, *51* (9), 2066-2081.

Diabetes, fármacos e computadores: existe relação?

*Andressa Heloisa Bagatelo
Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza
Sheila Cruz Araujo
Simone Queiroz Pantaleão
Rafaela Molina de Angelo
Michell de Oliveira Almeida
Kathia Maria Honorio*



Figura 2: **Torrões de açúcar.**

Fonte: Pixabay.

Atualmente no Brasil, cerca de 6,9% da população possui diabetes, o que representa mais de 13 milhões de pessoas. A diabetes é uma doença crônica caracterizada pela produção escassa ou má absorção de **insulina**.

A **insulina** é um hormônio responsável por controlar a quantidade de glicose (Figura 1) presente no sangue. O corpo precisa desse hormônio para quebrar a **glicose**, que é obtida através dos alimentos, e é utilizada como fonte de energia para as células.

Quando a pessoa é diabética, entretanto, o organismo não produz ou não absorve insulina o suficiente, ficando impossível de usá-la de forma adequada. Sendo assim, o nível de glicose no sangue fica alto, causando

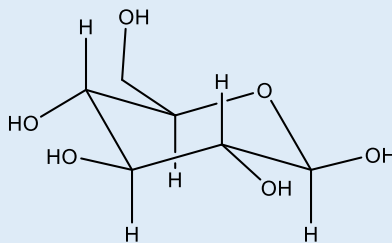
uma hiperglicemia, que pode levar a complicações cardíacas, nas artérias, olhos, rins e nos nervos. Em casos mais graves, pode levar à morte.



Figura 3: Alimentação saudável.

Fonte: Pixabay.

Glicose é um carboidrato, ou seja, um açúcar, do tipo monossacarídeo. É um dos mais importantes carboidratos, pois é usado como fonte de energia primária pela maior parte dos organismos, desde as bactérias aos seres humanos. Sua fórmula geral é $C_6H_{12}O_6$.



A melhor forma de evitar o aparecimento da doença ou mantê-la controlada para aqueles que já a possuem é praticando atividades físicas regularmente, mantendo uma alimentação saudável (Figura 2) e evitando consumo de bebidas alcóolicas, tabaco e outras drogas.

Os sintomas mais comuns associados à diabetes são: sede e fome excessiva, aumento da frequência urinária, infecções frequentes, como de bexiga ou pele, fadiga, visão turva, perda de sensibilidade ou

formigamento nos pés ou nas mãos, difícil cicatrização e perda de peso sem razão aparente.

Você sabia que existem vários tipos de diabetes?

Há três tipos de diabetes: **diabetes tipo 1**, **diabetes tipo 2** e **diabetes gestacional**.

A **diabetes tipo 1** é aquela onde a produção de insulina pelo pâncreas é insuficiente, pois suas células sofrem a chamada destruição autoimune. Os pacientes portadores de diabetes tipo 1 precisam de injeções diárias de insulina (Figura 3) para conservarem a glicose no sangue em valores normais. Há risco de vida se as doses de insulina não são administradas diariamente ou de maneira incorreta. O diabetes tipo 1 pode ocorrer em qualquer idade, mas é mais comum em crianças, adolescentes ou adultos jovens.



Figura 4: Aplicação de insulina.

Fonte: Depositphotos.

Já a **diabetes tipo 2** é a que corresponde a 90% dos casos de diabetes. Ocorre geralmente em pessoas obesas e pessoas com mais de 40 anos de idade. Porém, atualmente observa-se uma maior frequência em jovens, em decorrência de maus hábitos alimentares e sedentarismo. Neste tipo de diabetes, encontra-se a presença de insulina sendo produzida pelo pâncreas, entretanto sua ação não é cem por cento eficaz, necessitando do

uso de insulina e/ou outros medicamentos para controlar os níveis de glicose no sangue. Por ser pouco sintomática, a diabetes tipo 2, na maioria das vezes, permanece por muitos anos sem diagnóstico e sem tratamento, o que favorece a ocorrência de suas complicações.

A **diabetes gestacional** acontece quando a presença de glicose no sangue durante a gravidez fica muito elevada. Geralmente o nível da glicose no sangue se normaliza após o parto. No entanto, as mulheres que apresentam ou apresentaram diabetes gestacional possuem maior risco de desenvolverem diabetes tipo 2 tardiamente, o mesmo para os seus filhos.

O diagnóstico é feito a partir da dosagem do nível de glicose no sangue (glicemia), sendo realizado com uma simples gota de sangue (Figura 4) ou a partir de um hemograma.



Figura 4: Teste de glicemia.

Fonte: Pixabay.

Já em relação ao tratamento, este varia de acordo com cada tipo de diabetes. Na diabetes tipo 1, como o hormônio deixa de ser produzido pelo organismo, é preciso simular a ação do pâncreas para manter o nível ideal de açúcar no sangue. É indispensável que o paciente tome injeções diárias contendo a dose de insulina necessária, sendo ela de dois tipos, como pode ser observado na Tabela 1:

Tabela 2: Tipos de insulina utilizados para o tratamento da diabetes tipo 1.Fonte: < <https://www.tuasaude.com/remedio-para-diabetes/> > Acesso em: 07 maio 2020.

Tipos de insulina	Nomes Genéricos	Como é utilizada
Insulina de ação rápida	Regular, Asparte, Lispro, Glulisina	Geralmente é utilizada antes das refeições ou logo após comer para manter os níveis de glicose estáveis, impedindo que o açúcar se acumule no sangue.
Insulina de ação lenta	NPH, Detemir, Glargina	Normalmente é utilizada apenas de 1 a 2 vezes por dia, pois a sua ação dura de 12 a 24 horas, mantendo os níveis de açúcar controlados durante todo o dia.

Quem precisa fazer uso desses medicamentos, pode encontrá-los em qualquer farmácia e a maioria está disponível também nas farmácias populares, com acesso fornecido pelo Sistema Único de Saúde (SUS), após prescrição médica.

Na diabetes tipo 2, a insulina ainda é produzida no corpo. Por isso, são utilizados medicamentos hipoglicemiantes ou antidiabéticos orais, que podem ser tomados de maneira individual. Em alguns casos, eles podem ser combinados para maior eficácia (Tabela 2).

Tabela 3: Tipos de medicamentos utilizados para o tratamento da diabetes tipo 2.Fonte: < <https://www.tuasaude.com/remedio-para-diabetes/> > Acesso em: 07 maio 2020.

Lista de medicamentos	Classe terapêutica	Como Funciona	Efeitos Colaterais
Metformina	Biguanidas	Diminui a produção de glicose pelo fígado, melhora a utilização de glicose pelo corpo	Enjoo e diarreia
Glibenclâmida, Glimepirida, Glipizida, Gliclazida	Sulfonilureias	Estimula e aumenta a produção de insulina pelo pâncreas	Hipoglicemia, ganho de peso
Acarbose, Miglitol	Inibidores da alfa-glicosidase	Diminui a absorção da glicose dos alimentos pelo intestino	Aumento de gases intestinais, diarreia
Rosiglitazona, Pioglitazona	Tiazolidinedionas	Melhora a utilização da glicose pelo corpo	Aumento de peso, inchaço, piora da insuficiência cardíaca
Exenatida, Liraglutida	Agonistas do GLP-1	Aumenta a liberação de insulina, diminui a glicose, aumenta a saciedade e facilita o emagrecimento	Náuseas, diminuição do apetite

Esses medicamentos, em sua maioria, também estão disponíveis na rede pública de saúde.

Será que existe diferença entre fármacos, remédios e medicamentos?

Remédio vem de *remediare*, que, em latim, significa remediar. O remédio pode ser um chá, mas também pode ser um processo. Por exemplo, já ouviu falar que o soluço de uma pessoa acaba quando ela toma um susto? Para se referir a algo que ajuda na cura de uma doença, é necessário falar em **fármacos** ou **medicamentos**! O **medicamento** que você compra na farmácia contém o **fármaco**, que é uma substância com atividade biológica, além de excipientes, que são outras substâncias importantes para a formulação como comprimido, cápsula, xarope, entre outros.

A diabetes, assim como muitas outras doenças, se não cuidada corretamente pode levar ao óbito. Entretanto, a utilização da medicação correta pode controlar a doença. Porém, como os pesquisadores sabem qual fármaco utilizar na produção de um medicamento para que ele obtenha o efeito desejado?

Você sabia que existem várias pesquisas nessa área e uma delas está na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP)?

É o caso da professora doutora Káthia Maria Honório e seus alunos, os quais fazem parte do Grupo de Inteligência Artificial (Figura 5).





Figura 5: Professora Doutora Kátia Maria Honório e seus alunos.

O Grupo trabalha com a **quimioinformática**. Dentre as diversas pesquisas que realizam, eles desenvolvem um projeto que propõe a identificação, avaliação biológica e o planejamento de novos ligantes para o receptor **PPAR-delta** (*Peroxisome Proliferator-Activated Receptor*), um dos alvos biológicos envolvidos no desenvolvimento de diversos distúrbios metabólicos, como a diabetes e condições cardiovasculares adversas.

A **quimioinformática** é uma ciência interdisciplinar que utiliza recursos das ciências da computação e informação para resolver problemas da Química. O termo quimioinformática foi cunhado por Frank Brown em 1998, definindo-a como “mistura de recursos de informação para transformar dados em informação e informação em conhecimento, no intuito de tomar decisões melhores e mais rápidas na área de identificação e otimização de compostos líderes”. Em uma definição mais abrangente, em 1999, Greg Paris, então pesquisador da companhia farmacêutica Novartis, definiu a quimioinformática como “um termo genérico que engloba a concepção, criação, organização, gestão, recuperação, análise, disseminação, visualização e utilização de informação Química”.

Apesar do nome recente, a quimioinformática não foi estabelecida ou fundada. Trata-se de uma ciência que evoluiu e se consolidou ao longo de décadas.

Fonte: Alves, V. et al. Quimioinformática: uma introdução. **Química Nova**, v. 41, p. 202, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422018000200202>. Acesso em 11 maio 2020.

O **PPAR-delta** (Figura 6) é um receptor biológico, ou seja, é uma **proteína**, localizado no interior das células. Ele auxilia na transcrição da expressão dos genes. A expressão genética é o primeiro estágio de um processo que decodifica a informação contida no DNA de uma célula. Esse é o principal receptor relacionado com doenças como a diabetes, fazendo com que ele seja amplamente estudado. Dessa forma, novos fármacos podem ser desenvolvidos para ajudar na cura ou controle de doenças como essa.

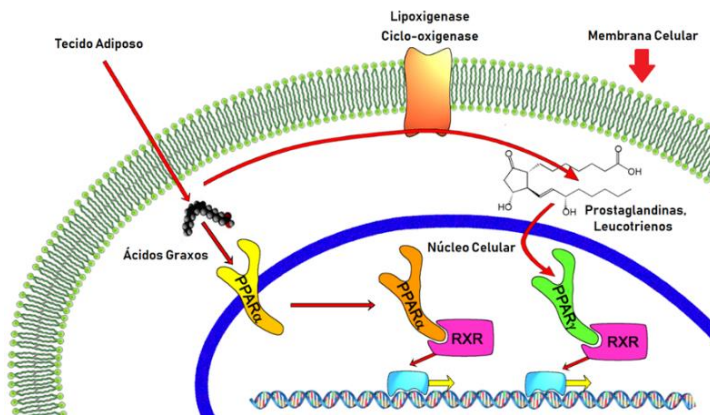


Figura 6: Processo do PPAR-Delta.

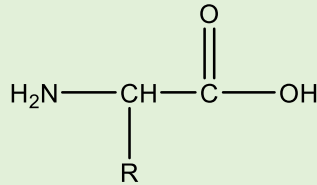
Fonte: adaptado de Mark Somoza. Disponível em:

<<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/PPAR-diagram.png>>. Acesso em 25 nov. 2019.

O grupo, orientado pela professora Káthia, estuda as informações contidas no DNA, as quais dão origem às proteínas, as quais determinam as interações com possíveis candidatos a fármacos, além de sugerir novos ligantes (substâncias químicas) com atividade biológica baseando-se na composição química destas substâncias, etc. Assim, é possível encontrar um agente que diminua a propagação e multiplicação da doença ocasionada a partir da proteína estudada, bem como é possível encontrar um agente que ajude a promover a cura da mesma.

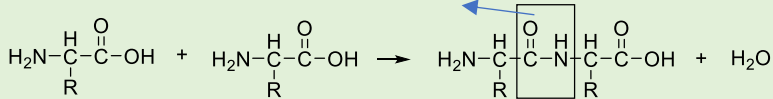
As **proteínas** são macromoléculas formadas por um conjunto de **aminoácidos** ligados entre si por meio de **ligações peptídicas**. Estão presentes em todos os seres vivos, participando de vários processos celulares.

Os **aminoácidos** são moléculas formadas por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, em que são encontrados um grupo amina ($-\text{NH}_2$) e um grupo carboxila ($-\text{COOH}$):



A ligação entre dois aminoácidos é denominada **ligação peptídica**. Esse tipo de ligação acontece por meio da reação entre o grupo amina ($-\text{NH}_2$) de um aminoácido e o grupo carboxila ($-\text{COOH}$) do outro, formando o peptídeo e uma molécula de água.

Ligação peptídica



Desta forma, pode-se perceber a importância dos receptores como entes que recebem sinais e os traduzem na forma de uma resposta fisiológica, farmacológica ou patológica.

Você já viu que é muito importante conhecer os receptores presentes nas células com o objetivo de encontrar os compostos necessários para “fabricar” novos fármacos. Mas, como é possível conhecer esses receptores?

Para isso, o grupo utiliza uma das grandes inovações no processo de desenvolvimento de novos candidatos a fármacos: a **modelagem molecular em computador**, que permite a construção, edição, visualização e análise de estruturas moleculares complexas permitindo, assim, um trabalho mais ágil e eficiente em laboratório. Logo abaixo você vai ver a importância de conhecer a estrutura molecular de um composto,

mas agora responda uma pergunta: **Quais as vantagens de utilizar um computador na modelagem molecular ao invés de fazer tudo na bancada de um laboratório?**

Um **reagente** é uma substância química utilizada para provocar um fenômeno químico em uma reação. São as substâncias inicialmente presentes em um sistema e que se transformam em outras devido à ocorrência de uma reação química. E as novas substâncias produzidas são chamadas de produtos.

Para que os químicos possam entender a estrutura de um composto é necessário uma porção de testes e experimentos, que envolvem o uso de diversos equipamentos, **reagentes** e vidrarias, além de gerar muitos resíduos para serem descartados. Vale a pena ressaltar que todos os resíduos gerados em laboratório são tratados antes de serem descartados, para não serem prejudiciais ao meio ambiente.

Se todo esse processo de estudo, análise e teste for feito primeiramente em computador, tempo e custos com produtos químicos seriam reduzidos, pois gastariam menos reagentes e gerariam menos resíduos, uma vez que a modelagem em computador faz um estudo teórico e 3D da estrutura da molécula. Mas, ainda assim o experimento precisa ser realizado em laboratório para comprovar o resultado indicado via métodos computacionais. Entretanto, como já foi realizada uma etapa muito importante em computador, os testes são direcionados a um resultado específico. Também, a necessidade de se realizar os testes em laboratório existe uma vez que, por exemplo, se você precisar de um fármaco, ele precisa ser sintetizado fisicamente já que você não vai tomar o remédio pelo computador, não é mesmo?!

É importante dizer que a ciência não é algo barato. Apesar dos gastos com reagentes químicos serem reduzidos, os computadores e os *softwares* necessários para realizar esse processo de modelagem não são muito

baratos. E os gastos não acabam por aí, ainda há as bolsas dos estudantes, manutenção do espaço físico, artigos pagos, congressos e tudo mais relacionado aos profissionais que realizam esses experimentos. A verdade é uma só, para fazer Ciência de qualidade precisa-se de investimentos!

Já que agora você já sabe a importância dos computadores no processo de estudo sobre estrutura de substâncias químicas, é necessário também entender a importância de conhecer as propriedades dessas estruturas para o desenvolvimento de novos fármacos.

Hora de aprender um pouco mais sobre química!

Você já ouviu falar de um modelo popularmente chamado de “**chave-fechadura**”?

As **enzimas** são substâncias que fazem parte do grupo das proteínas e atuam como **catalisadores** de reações químicas.

Catalisador é uma substância que acelera a velocidade de uma reação química.

Fonte: Enzimas. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/quimica_vida/quimica11.php>. Acesso em 11 maio 2020.

A vida, de modo geral, depende da realização de incontáveis reações químicas que acontecem no interior das células e fora delas.

Entretanto, para que todas essas reações aconteçam, precisa-se da existência de **enzimas**.

As **enzimas** apresentam pontos de interação por onde ocorre o processo de **catálise**. Esses locais são denominados sítios ativos e se adequam às moléculas sobre as quais a enzima atua, sendo essas moléculas chamadas de substratos enzimáticos.

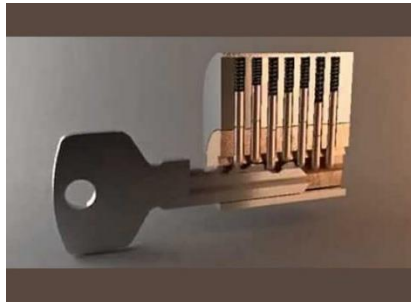


Figura 7: **Chave encaixando na fechadura.**

Fonte: <<https://www.curtoecurioso.com/2017/07/cortado-ao-meio-imagens-objetos-pela-metade.html>>. Acesso em 15 maio 2020.

Quando acontece a interação molecular se forma o complexo enzima-substrato. Para explicar melhor esse fenômeno, Emil Fischer propôs em 1894 que o complexo enzima-substrato se caracterizaria como uma analogia ao modelo “**chave-fechadura**”, como ilustrado na Figura 7.

Segundo Fischer, a particularidade se dá pelo fato de o sítio ativo da enzima ter um formato que se complementa ao seu substrato, realizando um encaixe perfeito, como uma chave que se encaixa em uma fechadura específica. Esse encaixe facilita a transformação do substrato por parte da enzima, de forma a fazê-lo reagir mais rápido e formar os produtos da reação. Como a enzima não participa da reação, após sua ação ela se desprende do substrato e fica disponível novamente para novas reações (Figura 8).

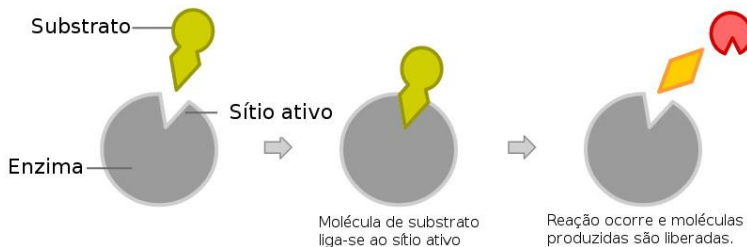


Figura 8: Esquema de funcionamento de uma enzima.

Fonte: <<https://www.infoescola.com/bioquimica/complexo-chave-e-fechadura/>>. Acesso em 11 maio 2020.

Então, quanto melhor for o encaixe de um candidato a fármaco com o receptor, por meio do sítio ativo, maior será sua afinidade e, talvez maior sua atividade biológica, rendendo melhores resultados. Esse processo também pode ser explicado a partir do estabelecimento da “relação entre estrutura química e atividade biológica”.

Esta relação refere-se diretamente ao estudo das alterações estruturais moleculares que podem ser realizadas para ampliar a utilidade dos compostos candidatos a fármacos. Na área da Química Medicinal, a “relação estrutura-atividade” inclui o estudo dos efeitos que a estrutura química de um composto pode causar durante sua interação com o receptor biológico e, conseqüentemente, racionalizar os principais fatores que promovem esta interação como, por exemplo, os grupos químicos que um certo composto deve conter para atingir seu objetivo em relação a um determinado receptor biológico.

As relações de um candidato a fármaco com seu receptor biológico são estabelecidas por **interações intermoleculares** (Figura 9). Então, os compostos que exibem propriedades terapêuticas, ao interagirem com um alvo específico, que pode ser uma enzima, um receptor, um canal de íons, um ácido nucleico ou qualquer outra macromolécula biológica, devem dispor de uma estrutura tridimensional para que as disposições de seus **grupos funcionais** beneficiem uma maior complementaridade ao sítio ativo.

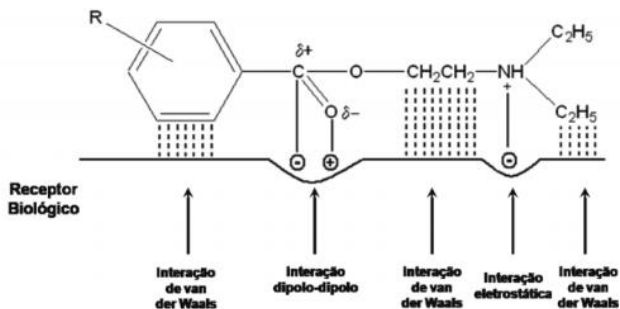


Figura 9: Alguns tipos de interações moleculares ligante-receptor.

Fonte: ARROIO, Agnaldo; HONÓRIO, Káthia M.; DA SILVA, Albérico BF. Propriedades químico-quânticas empregadas em estudos das relações estrutura-atividade. *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 694-699, 2010. Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000300037 >. Acesso em 11 maio 2020.

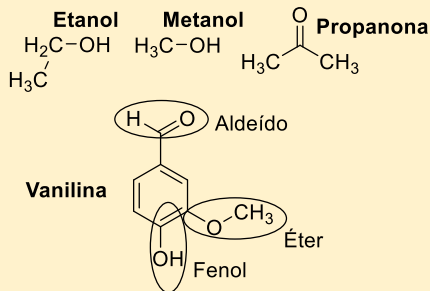
Interações intermoleculares são as forças exercidas durante uma interação intermolecular, cuja função é unir ou repelir as moléculas. Os diferentes estados físicos da matéria - sólido, líquido e gasoso - são explicados por esses tipos de interações.



Você já ouviu falar em grupos funcionais? Sabe onde são usados?

Na Química Orgânica, os compostos do elemento carbono são agrupados seguindo características estruturais e propriedades similares. Formaram-se, então, os grupos funcionais, sendo mais de dez grupos, entre eles: hidrocarboneto, éter, éster, álcool, cetona, aldeído, amina, amida, ácido carboxílico, entre outros.

Muitos desses grupos funcionais são usados com bastante frequência no seu dia a dia. Por exemplo, o grupo dos **álcoois**, onde é possível encontrar o **etanol**, combustível usado em muitos automóveis (Figura 10a). O **metanol** ou **álcool metílico** é utilizado como solvente na indústria farmacêutica. Eles são chamados de álcoois por possuírem o grupo hidroxila (-OH) em sua estrutura.



As **cetonas** (função cetona) são compostos que apresentam o grupamento carbonila ($\text{C}=\text{O}$) no meio de uma cadeia, como mostrado no exemplo da **acetona (propanona)**, usada para remover esmaltes da unha (Figura 10b).

A **vanilina (3-metóxi-4-hidroxi-benzenocarbaldéido)**, retirada da orquídea *Vanilla planifolia*, é o composto ativo da essência de baunilha usada em doces, sorvetes, bolos, entre outros (Figura 10c). A estrutura desse composto possui 3 grupos funcionais: fenol (grupo hidroxila ($-\text{OH}$) ligado diretamente a um anel aromático), aldeído ($-\text{CHO}$) e éter ($-\text{O}-$). O aldeído também possui um grupamento carbonila $\text{C}=\text{O}$, com a diferença deste estar presente sempre na extremidade da cadeia.

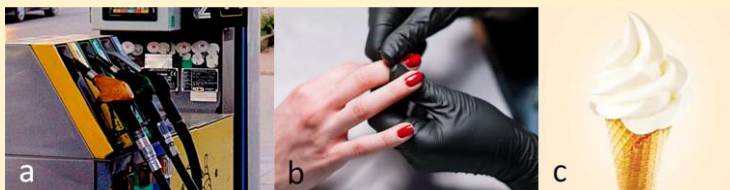


Figura 10: (a) etanol como combustível; (b) acetona usada para remover esmalte; (c) vanilina empregada como essência em sorvete de baunilha.

Fonte: Pexels.

Resumindo: o PPAR-delta, sendo um receptor, interage com um fármaco específico em seu sítio ativo. Em outras palavras, determinadas substâncias ativam os receptores PPAR regulando a expressão de genes que afetam o metabolismo lipídico do sangue, a geração de células adiposas e o controle de glicose no sangue. Desta forma, esses medicamentos ajudam a melhorar os níveis de glicose, gorduras e colesterol no sangue.

Achou interessante? Então imagine o quão importante são esses estudos para que novos fármacos possam ser fabricados e utilizados no controle de muitas doenças que assolam a população.



Espera-se que com esse texto você tenha aprendido mais sobre o grupo orientado pela Professora Doutora Káthia Maria Honório, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP) e, mais especificamente, sobre o receptor PPAR-delta.

Venha pesquisar com a gente!!

A Universidade Pública é para todos vocês e está sempre de portas abertas para receber pessoas interessadas e motivadas a estudar e pesquisar. Enquanto houver problemas precisando de soluções e novas coisas a serem descobertas ou melhoradas, a pesquisa vai sempre existir.

O texto contém:

Conceitos Químicos: Interações intermoleculares, grupos funcionais, modelo “chave-fechadura”.

Competências e Habilidades BNCC

Competência Específica 3 - (EM13CNT303)

Competências e Habilidades ENEM

Competência de área 7 - H24; H25.

Referências

HONÓRIO, K. M. Métodos de Quimioinformática e o planejamento de novos ligantes bioativos para o receptor PPAR- δ . Tese (Livre-Docência) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. 2011.

ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; DA SILVA, A. B. F. Propriedades químico-quânticas empregadas em estudos das relações estrutura-atividade. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 694-699, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422010000300037&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 maio 2020.

ALVES, V.; BRAGA, R. C.; MURATOV, E. N.; ANDRADE, C. H. CHEMINFORMATICS: AN INTRODUCTION. **Química Nova**, v. 41, n. 2, p. 202-212, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422018000200202&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 14 maio 2020.

Diabetes: sede excessiva, fome e visão embaçada são sintomas da doença. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2018/07/24/sede-excessiva-fome-e-visao-embacada-estao-entre-os-sintomas-de-diabetes.htm?cmpid=copiaecola>>. Acesso em: 05 maio 2020

O Que é Diabetes?. Disponível em: <<https://www.diabetes.org.br/publico/diabetes/oque-e-diabetes>>. Acesso em: 05 maio 2020.

Diabetes (diabetes mellitus): Sintomas, Causas e Tratamentos. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/diabetes>>. Acesso em: 06 maio 2020.

Glicose. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/bioquimica/glicose/>>. Acesso em: 06 maio 2020

Tipos de Diabetes. Disponível em: <<https://www.diabetes.org.br/publico/diabetes/tipos-de-diabetes>>. Acesso em: 06 maio 2020.

O que é proteína?. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-proteina.htm>>. Acesso em: 06 maio 2020

Proteína. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Prote%C3%ADna>>. Acesso em: 11 maio 2020.

Enzimas. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/quimica_vida/quimica11.php>. Acesso em: 11 maio 2020.

Modelo chave-fechadura. Disponível em: <[https://www.infopedia.pt/\\$modelo-chave-fechadura](https://www.infopedia.pt/$modelo-chave-fechadura)>. Acesso em: 11 maio 2020.

Complexo chave e fechadura. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/bioquimica/complexo-chave-e-fechadura/>>. Acesso em: 11 maio 2020.

Forças intermoleculares. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/forcas-intermoleculares/>>. Acesso em: 12 maio 2020.

Relação estrutura-atividade. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rela%C3%A7%C3%A3o_estrutura-atividade>. Acesso em: 12 maio 2020.

Polaridade das ligações. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/quimica/polaridade-das-ligacoes.htm>>. Acesso em: 12 maio 2020.

Principais aldeídos no cotidiano. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/principais-aldeidos-no-cotidiano.htm>>. Acesso em: 12 maio 2020.

Grupos Funcionais. Disponível em: <<https://alunosonline.uol.com.br/quimica/grupos-funcionais.html>>. Acesso em: 12 maio 2020.

Ligações peptídicas. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/biologia/ligacoes-peptidicas.htm>>. Acesso em: 12 maio 2020.

Remédios para Diabetes tipo 1 e tipo 2. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/remedio-para-diabetes/>>. Acesso em: 12 maio 2020.

BARREIRO, E. J. Sobre a química dos remédios, dos fármacos e dos medicamentos. **Química Nova na escola**, n. 3, 2011.

Modelagem molecular. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelagem_molecular>. Acesso em: 18 maio 2020.

BARREIRO, E. J.; RODRIGUES, C. R.; ALBUQUERQUE, M. G.; SANT'ANNA, C. M. R.; ALENCASTRO, R. B. Modelagem molecular: uma ferramenta para o planejamento racional de fármacos em química medicinal. **Química nova**, v. 20, n. 3, p. 300-310, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421997000300011>. Acesso em: 27 maio 2020.

Álcoois. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/alcoois/>>. Acesso em: 27 maio 2020.

Nanotecnologia e o tratamento de efluentes

*Lucas Adam Prado Julião
Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza
Laís Gimenes Vernasqui
Neidenei Gomes Ferreira*

Blusas, tapetes, camisas estampadas, saias, calças, roupas íntimas, entre outras vestimentas. As roupas encontradas hoje e seus diversos métodos de tecelagem e tinturas são objetos que a cada dia se tornam mais atrativos no mercado, mas nem sempre foi assim.

O processo de criação desses produtos é realizado parcialmente e/ou completamente por indústrias têxteis. Estes são órgãos responsáveis pela produção de peças de vestuário, artigos de tecelagem de cunho doméstico (roupa de cama, cortinas, entre outros) ou aplicações técnicas (airbags, cinto de segurança, etc.). A produção desses produtos ocorre por meio da transformação de fibras como linho e algodão, no campo vegetal, e lã e seda, no campo animal, em fios (Figura 1). O desenvolvimento de técnicas implementadas nas indústrias e a crescente economia brasileira desde o início dos anos 1990 constituem marcos importantes na vida comercial.



Figura 1: Objetos criados por fios a partir de fibras de composição animal e vegetal.
Fonte: Pixabay.

A manufatura têxtil no Brasil nasceu ainda no período colonial. Ocorreu devido à rentável cultura algodoeira no norte e nordeste no país. A falta de interesse inicial de industrialização por parte dos colonos portugueses deu-se pelo cessar da produção de tecidos pela D. Maria I, rainha de Portugal, em 1785.

A indústria têxtil passou a ganhar espaço a partir de 1844, quando ações foram tomadas para incentivar as atividades econômicas nacionais, por exemplo, com a criação de taxas de 20 a 60% com relação aos produtos importados. A suspensão de tarifas alfandegárias, no fim do século XIX, sobre a importação de maquinário serviu como incentivo para a criação de tecelagens e fiação de algodão. Desta maneira, o desenvolvimento industrial têxtil brasileiro veio à tona.

Um século depois, o Brasil passou de importador para exportador. As adversidades ocorridas durante esse período não foram determinantes para um possível decaimento do avanço de tecelagem, apesar de influenciarem o país.

A competitividade entre as empresas com relação a produtos de diversos tecidos foram se expandindo no decorrer do tempo. A fluidez do consumidor foi proporcionando a difusão da disputa de venda e favoreceu o progresso da moda. Isso estimulou a ampliação de concepções no mundo da moda, deixando de lado tecidos e formas tradicionais. E crescem a liberdade de imaginação, a criatividade na confecção de novas peças bem como novas inspirações, cortes e costuras. A ruptura se tornou necessária para a implementação de novas cores e amostras para se destacarem no abrangente conceito modal.

A sensibilidade na produção de vestes que possuem diferentes texturas, estampas e colorações em sua composição (Figura 2) vem se tornando um fator na escolha de produtos atualmente. A variedade em tonalidades é possível através do desenvolvimento e criação de novas colorações de corantes, tintas, esmaltes entre outros compostos com capacidade de pintura. A **mauveína**, também conhecida como anilina púrpura e malva, é um exemplo de corante sintético (Figura 3).



Figura 2: Tecidos de diferentes cores

Fonte:Pixabay



Figura 3: Mauveína.

Fonte:<http://lqes.iqm.unicamp.br/images/lqes_empauta_novidades_876_mauveina.jpg> Acesso em 9 jul. 2020.

A **mauveína** foi uma descoberta acidental do químico inglês William Perkin, em 1856, na tentativa de produzir a quinina utilizada no tratamento da malária. A falha na produção da substância inicial percebeu a formação de um sólido púrpura que dissolvia no álcool. Seu uso se fez presente na impressão de selos de moeda lilás na Grã-Bretanha em 1881.

A utilização de técnicas de tintura não é nova e começou há milhares de anos.

O surgimento de pigmentação ocorreu através da possibilidade e descoberta do uso de substâncias naturais para o tingimento têxtil extraídas por matéria-prima animal ou vegetal, como por exemplo o

Indigo (Figura 4), coloração típica das calças jeans (Figura 5). Isso só é possível com a solubilidade do corante em algum líquido no qual o produto será mergulhado, desempenhando, então, a tintura desejada.



Figura 4: Ilustração do Indigo.

Fonte: <<https://a.storyblok.com/f/43708/1104x1104/dae8f45c3f/indigo-image-1.jpg>> Acesso em 11 maio 2020.



Figura 5: Calça jeans.

Fonte: Pixabay

O **Indigo** é um dos corantes naturais mais antigos utilizados pelo homem. Foi extraído da planta *Indigofera tinctoria* e da *Isatis tinctoria* (Figuras 6 e 7, respectivamente).

Ele é obtido através de processos químicos que se ligam com o glicosídeo (sem cor) a molécula presente na planta.



Figura 6: *Indigofera tinctoria*

Fonte: <[https://1.bp.blogspot.com/-](https://1.bp.blogspot.com/-G6VhX8zrOY/XXs8YF_cikl/AAAAAAAAAP8/4whQtzARVYcaL8kkJLLid9f4zbpZgb5LwCLcBGAsYHQ/s1600/Indigo%2Bblue%2Bmedicinal%2Bplants%252C%2BNil%2BAwariya%2B%2528Indigofera%2Btinctoria%2529.jpg)

[G6VhX8zrOY/XXs8YF_cikl/AAAAAAAAAP8/4whQtzARVYcaL8kkJLLid9f4zbpZgb5LwCLcBGAsYHQ/s1600/Indigo%2Bblue%2Bmedicinal%2Bplants%252C%2BNil%2BAwariya%2B%2528Indigofera%2Btinctoria%2529.jpg](https://1.bp.blogspot.com/-G6VhX8zrOY/XXs8YF_cikl/AAAAAAAAAP8/4whQtzARVYcaL8kkJLLid9f4zbpZgb5LwCLcBGAsYHQ/s1600/Indigo%2Bblue%2Bmedicinal%2Bplants%252C%2BNil%2BAwariya%2B%2528Indigofera%2Btinctoria%2529.jpg)

Acesso em 11 maio 2020.



Figura 7: *Isatis tinctoria*

Fonte: <[https://iz.wp.com/revistajardins.pt/wp-content/uploads/2017/08/ThinkstockPhotos-](https://iz.wp.com/revistajardins.pt/wp-content/uploads/2017/08/ThinkstockPhotos-472917298.jpg?resize=300%2C225&ssl=1)

[472917298.jpg?resize=300%2C225&ssl=1](https://iz.wp.com/revistajardins.pt/wp-content/uploads/2017/08/ThinkstockPhotos-472917298.jpg?resize=300%2C225&ssl=1)> Acesso em 11 maio 2020.

A classificação de corantes têxteis, por sua vez, depende da sua metodologia de aplicação podendo ser diretos, de tina ou que necessitam de mordentes. Esses grupos se diferenciam pela capacidade de fixação da

cor. O primeiro é capaz de se agregar diretamente às fibras do tecido. Já o segundo provém da aplicação de forma química do composto incolor que, em contato com o ar, é transformado na forma corada. No terceiro grupo são utilizados compostos em conjunto com os corantes que não pode ser aplicado diretamente sobre fibras têxteis.

O avanço na elaboração de corantes sintéticos e colorações de produtos gera um problema: a preservação do meio ambiente. Os diferentes processos de tintura, em geral, possuem múltiplas etapas tendo em comum uma final, a lavagem em banhos correntes. O objetivo principal desse processo é a retirada do excesso de corante original ou não fixado à fibra. A necessidade do cuidado com o descarte e tratamento dessas águas precisam de atenção. O despejo de resíduos em rios causa danos ao sistema natural de microrganismos devido à incapacidade dos mesmos de degradar os compostos descartados. Isso, por sua vez, acarreta poluição e desequilíbrio ambiental do meio.



Figura 8: Rio Cachoeira contaminado após o vazamento da caixa de água da empresa Döhler.

Fonte: [https://meioambiente.joinville.sc.gov.br/noticia/107-](https://meioambiente.joinville.sc.gov.br/noticia/107-Fundema+multa+t%C3%A0xtil+por+vazamento+de+produto+no+rio+Cachoeira.html)

[Fundema+multa+t%C3%A0xtil+por+vazamento+de+produto+no+rio+Cachoeira.html](https://meioambiente.joinville.sc.gov.br/noticia/107-Fundema+multa+t%C3%A0xtil+por+vazamento+de+produto+no+rio+Cachoeira.html)>. Acesso em 10 jul. 2020.

O olhar para as adversidades encontradas por conta dos procedimentos realizados pela coloração de tecidos deve ser, a cada dia

mais, o motivo para que se mantenha estudos visando melhorias e avanços tecnológicos referentes a eles.

A característica natural do corante de colorir possibilita sua observação a olho nu até mesmo em concentrações baixas. Este comportamento em especial possui benefícios e malefícios. Ao mesmo tempo em que embeleza e diferencia os tecidos, é danoso quando se torna um efluente, pela mudança de coloração dos rios (Figura 8). O processo de remoção das inúmeras cores das águas tem se destacado cada dia e é, então, de grande importância ambiental.

As principais técnicas utilizadas para a descoloração aquífera são de **adsorção**, precipitação e degradação química.

A **adsorção** é um processo de adesão molecular de um fluido (adsorvido) à superfície de um sólido (adsorvente) que neste caso são a água corada e o carvão, nesta ordem. O dejetado então, ao passar pelo carvão ativado, é retido pelo mesmo e sua concentração na água, ao fim, diminui em relação a concentração inicial.

Carvão ativado é um adsorvente microporoso que pode ser obtido através de vários materiais com a presença do elemento carbono (C) como madeira, casca de coco, entre outros exemplos.

Na primeira, a remoção do corante é realizada com um material chamado **carvão ativado**. Já a segunda utiliza floculantes inorgânicos, substâncias químicas que aglutinam os corantes, separando-os da mistura aquosa em processos de **floculação e coagulação**. Sua eficácia, no que diz respeito à remoção da cor do efluente têxtil, depende do corante utilizado. O último baseia-se na **reação oxidativa** pelo cloro ou ozônio (Cl_2 e O_3 respectivamente).

Reação oxidativa é um método intermediado pelo radical hidroxila ($\text{OH}\cdot$), extremamente reativo e pouco seletivo. Os radicais são formados a partir de compostos como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), popularmente conhecida como água oxigenada, ou ozônio (O_3).

Todos esses processos demandam não só um alto custo de investimento para o tratamento, mas também um longo prazo. Esses podem ser uma explicação para o descarte incorreto dos fluidos contaminados dos rejeitos têxteis, contra a Lei N^o 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.



A água é o principal material necessário para sobrevivência do ser humano. A falta de conscientização sobre o descarte de poluentes pode causar sérios danos ao meio ambiente e também escassez de água limpa para o consumo. O desperdício de água doce também na limpeza de calçadas, carros, pelo uso de mangueiras, entre outros também contribui para os problemas com o fornecimento de água potável.

Você certamente já ouviu alguém alertando outra pessoa para não beber a água de um certo local, taxada como “suja”. Mas como a água que chega nas residências é limpa? Já se perguntou como é realizado o tratamento dessa água dita como “suja”?

Atualmente, o **tratamento de efluentes** realizado pelas estações de tratamento de água (ETA) são divididos em fases. As etapas consistem em nove métodos, cada um com um rígido controle de dosagem de produtos químicos e acompanhamentos de padrões de qualidade:

Pré-coloração: Fase primária de adição de cloro na água assim que chega à estação;

Pré-alkalinização: Recebimento de cal ou soda para o ajuste de pH. Ou seja, o teor ácido ou básico do fluido;

Coagulação/floculação: Adição de um coagulante que promove um agrupamento de impurezas, formando partículas maiores e mais densas que a água. Assim, elas afundam e se depositam no fundo do recipiente;

Filtração: A água atravessa pedras, areia e carvão antracito para reter as impurezas que restaram na fase anterior;

Pós-alcalinização: A correção final do pH ocorre nesta fase para evitar a corrosão ou incrustação das tubulações;

Desinfecção: Adição de cloro no líquido novamente antes da saída da ETA. O objetivo é a garantia do fornecimento de água sem bactérias e vírus até as casas populacionais; E, por fim,

Fluoretação: Acréscimo de flúor para prevenção de cáries na população.

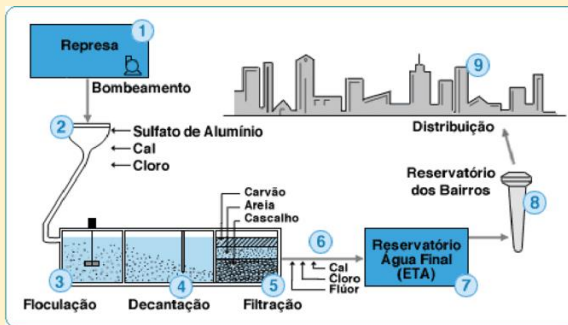


Figura 9: Etapas do tratamento de água.

Fonte: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/image/saneamento/tratamento_agua.png> Acesso em 10 jul. 2020.



Figura 10: Representação macroscópica do diamante.

Fonte: Pixabay.

Você sabia que a degradação de corantes poluentes também pode ocorrer através de compostos a base de diamante?

O diamante é um material especial, conhecido por sua excelência comportamental por suas propriedades estruturais, elétricas, ópticas e mecânicas. A interação desse composto com outros elementos é estudado dentro da nanotecnologia.

Diamante é um sólido duro e transparente na qual os átomos de carbono formam uma rede cristalina.

A nanotecnologia é uma tecnologia que se apresenta em escala nanométrica, ou seja, uma escala que corresponde a 1 bilionésimo do metro. É necessária certa abstração para se imaginar a unidade de medida nano. Por se tratar de uma grandeza tão pequenina e não visível a olho nu, ela não é comum no dia-a-dia.

No cotidiano, a unidade metro (m) é mais adequada para expressar a altura de uma pessoa, por exemplo. Já para o tamanho de uma folha de papel, a medida mais conveniente é o centímetro (cm). Ainda, para a espessura de um parafuso, o mais usado é o milímetro (mm). E o nanometro? Quando essa medida pode ser utilizada no cotidiano?

Um exemplo para ilustrar a escala manométrica é o fio de cabelo. Nosso couro cabeludo tem uma quantidade grande de fios presentes nele.

Quem nunca se desafiou e tentou contar quantos fios de cabelos temos, mas cansou e desistiu?

Isso acontece porque **um fio de cabelo** humano tem entre 80.000 e 100.000 **nm** de espessura, ou seja, é muito fino e para o preenchimento capilar necessita de muitas unidades do mesmo.

Agora imagine a repartição da espessura desse fio para a obtenção de 1nm...

Biossensor é um dispositivo no qual se incorpora uma substância (ex.: uma enzima, um anticorpo, uma proteína, DNA, etc.) para detectar de modo seletivo determinadas substâncias.

Este dispositivo é capaz de interpretar as mudanças químicas produzidas em presença do composto biológico, originando um sinal eletrônico capaz de ser interpretado em poucos minutos.

A nanotecnologia com diamantes (chamados de nanodiamantes) tem diversas aplicações: no auxílio na luta contra o câncer, na composição de cosméticos, de aeronaves, na composição de próteses dentárias e em nanodispositivos eletrônicos. Ela pode ser empregada até na composição de **biossensores**, para a detecção de poluentes que a tecnologia vigente ainda não identifica, por exemplo, contaminantes bacterianos em água e alimentos.

Com tantas possibilidades, não é à toa que pesquisas envolvendo os nanodiamantes são realizadas em diversos países como Japão, Estados Unidos, França e... Brasil!

Os nanodiamantes também têm mostrado eficiência na descoloração de soluções dos corantes como o “preto 210” (AB-210) (Figura 11a), usado para dar cor ao couro; “C.I ácido alaranjado 7” (AO-7) (Figura 11b) e “Vermelho Congo (CR)” (Figura 11c) utilizados em tecidos no geral.

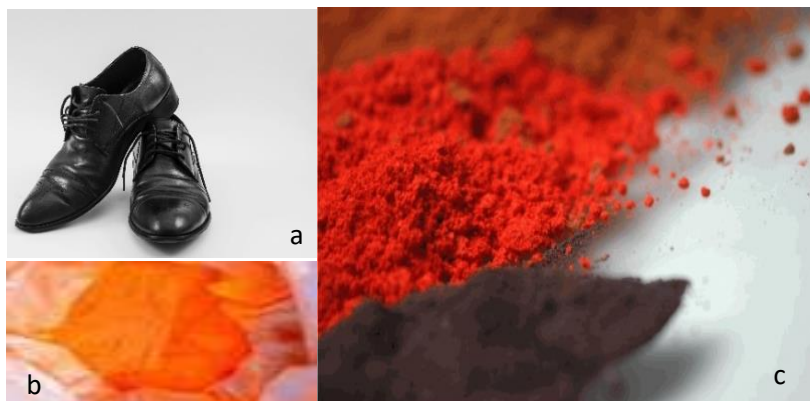


Figura 11: Diferentes materiais coloridos com corantes.

Fonte: (a)Pixabay (b) <<https://image.made-in-china.com/3fzj10GAnQOBmMQKbU/Acid-Orange-7-Acid-Orange-II.webp>> (c) <https://www.interlabdist.com.br/dados/produtos/fotos/it_7524889cc746co4c.jpg> Aesso em 10 jul 2020.

Você sabia que existem várias pesquisas nessa área e uma delas está no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)?



Surgido no início dos anos 1960, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, assim chamado o **INPE**, é um local visado por estudantes que já cursaram sua graduação e estão em busca de um mestrado, doutorado ou pós-doutorado. Possui cursos de ingresso em computação aplicada, engenharia e tecnologia espaciais, geofísica espacial, meteorologia, sensoriamento remoto e astrofísica.

Localizado em São José dos Campos/SP, o instituto tem como objetivo: ampliação e consolidação de competências em ciência, tecnologia e inovação nas áreas espacial e do ambiente terrestre a fim de responder a desafios nacionais, além das previsões de tempo e clima.

É o caso do grupo de pesquisa LABEMAC (Laboratório de Eletroquímica e Materiais Carbonos) coordenado pela Professora Doutora Neidenei Gomes Ferreira.

O **LABEMAC** é coordenado pela Prof^a. Dr^a. Neidenei Gomes Ferreira.

O grupo conta com vários colaboradores externos, mestrandos, doutorandos e pós-doutorandos. Eles trabalham com o desenvolvimento e aplicação de materiais de carbono na medição e monitoramento de variáveis ambientais (como no tratamento de água) e na área aeroespacial.

A utilização de diamante para degradação **eletroquímica** de corantes teve início com o cientista russo Yuri Pleskov e seus colaboradores, no ano de 1987.

A **eletroquímica** é o ramo da química que estuda o uso de reações químicas espontâneas para produzir eletricidade, e como o uso da eletricidade pode forçar reações químicas não-espontâneas acontecerem.

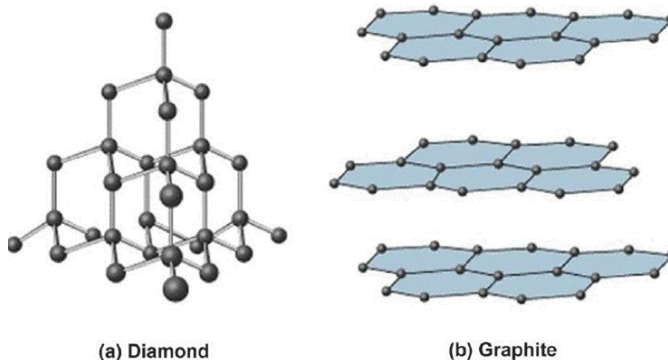


Figura 12: Alotropia do carbono na composição de (a) diamante e (b) grafite.

Fonte:

<https://www.zigya.com/application/uploads/images/drawing1_56e7fd3fefe57.png?t=1458044224099> Acesso em 10 jul. 2020.

No grupo da Profa. Neidenei, filmes de diamante são dopados com átomos de outros elementos químicos.

A dopagem é a incorporação de átomos em uma rede cristalina. A Figura 12a mostra uma representação submicroscópica de como os átomos de carbono se organizam no espaço formando o diamante. Neste caso, a

estrutura resultante da ligação entre os átomos de carbono é denominada rede cristalina. O fato de os átomos de carbono se organizarem dessa forma específica possibilita que enxerguemos o diamante como o da Figura 10. Além disso, também explica diversas propriedades físicas e químicas que tornam o diamante um material tão especial. Se os átomos de carbono se organizarem de outras maneiras, formarão substâncias químicas diferentes, o que é chamado de **alotropia**.

Alotropia é um fenômeno no qual é possível formar substâncias químicas diferentes a partir de um mesmo elemento químico.

Alguns exemplos são: alotropia entre as substâncias oxigênio (O_2) e ozônio (O_3); carbono grafite e carbono diamante; entre outros.

Quando vários cristais de diamante se agrupam, podem formar pó de diamante (Figura 13) ou podem formar uma película em que os cristais se agrupam de forma uniforme, formando então um filme de diamante. Quando o tamanho de cristalito de diamante é da ordem de 10 a 100 nanômetros, estes são chamados filmes de nanodiamante. Para visualizarmos um filme de nanodiamante é necessário usar a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de alta resolução como a imagem apresentada na Figura 14.

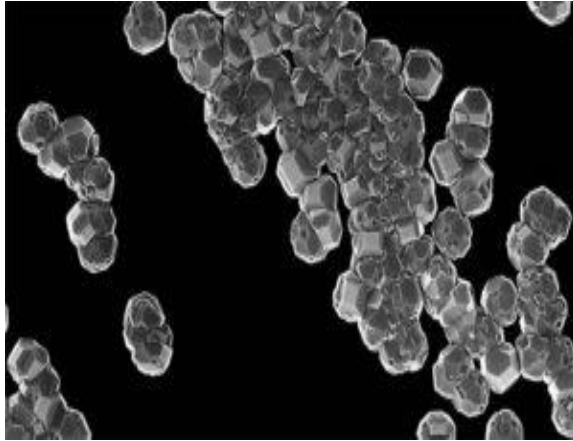


Figura 13: Imagem MEV do pó de cristais de diamante em escala nanométrica.

Fonte: <<http://aluauto.com.br/wp-content/uploads/2019/02/nanodiamantes-1.jpg>> Acesso em 10 jul. 2020.

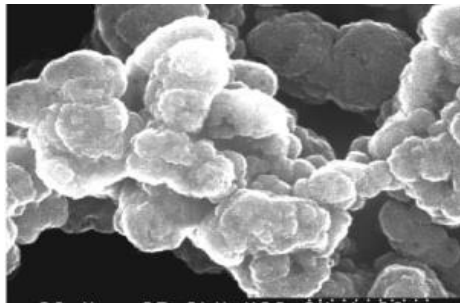


Figura 14: Imagem MEV do filme de nanodiamante.

Fonte: <<http://www.scielo.br/img/revistas/qn/v29n1/27868fic.jpg>> Acesso em 10 jul. 2020.

Esse arranjo dos átomos de carbono leva à constituição de uma grande superfície que permite a formação de ligações fortes com diversos materiais e compostos químicos como, por exemplo, o boro que possui um pequeno tamanho e pode se adentrar com maior facilidade na rede cristalina do diamante. Esse processo de incorporar outros átomos na rede cristalina é chamado de dopagem. Os átomos de boro podem compor a rede cristalina por substituição de algum átomo de carbono ou alojando-se nos interstícios (pequenos espaços) da rede cristalina.

Corrosão é o nome popular para o fenômeno de oxidação. A oxidação refere-se à perda de elétrons por um átomo. Esses elétrons são transferidos para outro átomo o qual se diz que foi reduzido. Muitas reações de oxirredução estão presentes no dia-a-dia. Por exemplo, o enferrujamento da esponja de aço quando deixada molhada sobre a pia, é um exemplo de oxirredução. Nesta reação química, o ferro é oxidado e o oxigênio do ar é reduzido.

Esses filmes de diamante dopados tornam-se condutores elétricos quando então são chamados de eletrodos. Esses eletrodos possuem diversas vantagens como alta dureza; alta condutividade elétrica e térmica e elevada resistência química e eletroquímica. Além disso, eles são bastante resistentes à **corrosão** quando comparados a outros materiais que se comportam como eletrodos, como a grafite.

Utilizando os filmes de nanodiamante dopados como eletrodos, podem ser empregados processos nos quais reações de oxirredução ocorrem para degradar substâncias. Assim, as substâncias químicas presentes nos efluentes, mas não degradadas nas ETA, como é o caso dos corantes das indústrias têxteis, podem ser transformadas em outras substâncias químicas menos nocivas.

Espera-se que você, a partir desse texto, tenha compreendido um pouco sobre o estudo do LABEMAC e alguns conceitos empregados na Química, bem como a importância dela para o cotidiano.

Viu como áreas não antes imaginadas estão presentes no cotidiano e muitas vezes passam despercebidas? E você, gostaria de conhecer mais sobre pesquisas e trabalhos desenvolvidos pelos institutos de pesquisa?



Venha fazer parte da Universidade você também!

As pesquisas científicas são importantes para o desenvolvimento de novas teorias e criação de novas técnicas para melhorar a eficácia de processos industriais e para o cuidado com o meio ambiente.

As universidades e institutos são órgãos públicos destinados à formação de profissionais em diferentes áreas de atuação a partir da pesquisa e da construção de novos conhecimentos.

As áreas de atuação variam entre as diferentes universidades e institutos de ensino e de pesquisa. A formação de novos profissionais ocorre em dois níveis diferentes: a graduação, caracterizada pela primeira formação em nível superior, quando se pode obter uma formação para o exercício de uma profissão. O outro nível é a pós-graduação (mestrado e doutorado) que tem como objetivo uma especialização em alguma área para atuação em pesquisa, principalmente.

Em praticamente todas as universidades e institutos públicos do país existe algo em comum: as inúmeras políticas de auxílio para os estudantes concluírem seus estudos.

Referências

- AZEVEDO, A. F.; FERREIRA, N. Filmes de nanodiamantes para aplicações em sistemas eletroquímicos e tecnologia aeroespacial. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 129, 2006.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.
- BERGAMO, A. O campo da moda. **Revista de Antropologia**, v. 41, n. 2, p. 137-184, 1998.
- Biotecnologia – Biossensores. Disponível em: <<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=90>>. Acesso em: 12 junho 2020.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.
- CANCINO, J.; MARANGONI, V. S.; ZUCOLOTTI, V. Nanotecnologia em Medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 521-526, 2014.

CANCINO, J; MARANGONI, V. S.; ZUCOLOTTO, V. Nanotecnologia em Medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. **Química nova**, v. 37, n. 3, p. 521-526, 2014.

Corantes naturais e sintéticos. Disponível em: <<https://www.stylourbano.com.br/corantes-naturais-vs-corantes-sinteticos-o-paradoxo-da-sustentabilidade/>>. Acesso em: 29 abril 2020.

DE ARAÚJO, M. E. M. Corantes naturais para têxteis-da antiguidade aos tempos modernos. **Conservar patrimônio**, n. 3-4, p. 39-51, 2006.

FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **ModaPalavra e-periódico**, n. 15, p. 153-174, 2015.

GUARATINI, C. C.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

GUILARDUCI, V. V. D. S.; MESQUITA, J. P. D.; MARTELLI, P. B.; GORGULHO, H. D. F. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. **Química nova**, v. 29, n. 6, p. 1226-1232, 2006.

HOLME, I. Sir William Henry Perkin: uma revisão de sua vida, obra e legado. **Tecnologia de Coloração**, v. 122, n. 5, p. 235-251, 2006.

INPE <http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/historia.php>. Acesso em: 07 de março 2019

KON, A.; COAN, D. C. Transformações da indústria têxtil brasileira: a transição para a modernização. **Revista de economia Mackenzie**, v. 3, n. 3, 2005.

Lei Nº 12.305. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 18 maio 2020

Limpeza de efluentes. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>>. Acesso em: 22 maio 2020.

MAIA, D. J.; DE AZAMBUJA BIANCHI, J. C. **Química geral: fundamentos**. Pearson Prentice Hall, 2009.

Mauveína. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2006/lqes_news_novidades_876.html>. Acesso em: 10 maio 2020.

MELO, S. A. S.; TROVÓ, A. G.; BAUTITZ, I. R.; NOGUEIRA, R. F. P. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. **Química nova**, v. 32, n. 1, p. 188-197, 2009.

MIGLIORINI, F. L. Produção e caracterização de eletrodos de diamante dopados com boro crescidos sobre titânio aplicados na degradação de corante têxtil. 2018. Dissertação - Programa de Pós-Graduação do INPE em Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2011.

PEZZOLO, D. B. Tecidos: história, tramas, tipos e usos. Editora Senac São Paulo, 2019.

PELSKOV, Y V. SAKHAROVA, A. Y.; KROTOVA, M. D.; BOUILOV, L. L.; SPITSYN, B. V. Photoelectrochemical properties of semiconductor diamond. **Journal of electroanalytical chemistry and interfacial electrochemistry**, v. 228, n. 1-2, p. 19-27, 1987.

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de corantes e pigmentos de origem vegetal. 2013. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. **Revista Fitos**, v. 3, n. 2, p. 6-24, 2007.

Realização da ciência no Brasil. Disponível em: <<https://www.unifesp.br/reitoria/dci/noticias-antiores-dci/item/3799-universidades-publicas-realizam-mais-de-95-da-ciencia-no-brasil>>. Acesso em: 10 de mar. 2020

Segmentos têxteis no mercado brasileiro. Disponível em: <<https://fcem.com.br/noticias/segmento-textil-os-4-principais-do-mercado-brasileiro/>>. Acesso em: 26 abril 2020.

Tratamento de água pelo processo de floculação. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/eficiencia-floculacao-estacao-tratamento-agua/>>. Acesso em: 17 maio 2020.

VASCONCELOS, V. M.; SOUZA, F. D. L.; GUARALDO, T. T., MIGLIORINI, F. L., BALDAN, M. R., FERREIRA, N. G.; LANZA, M. R. D. V. Oxidação eletroquímica dos corantes reativos preto 5 e azul 19 utilizando um eletrodo de diamante dopado com boro não comercial. *Química Nova*, v. 39, n. 9, p. 1051-1058, 2016

BALDAN, M. R., FERREIRA, N. G.; LANZA, M. R. D. V. Oxidação eletroquímica dos corantes reativos preto 5 e azul 19 utilizando um eletrodo de diamante dopado com boro não comercial. *Química Nova*, v. 39, n. 9, p. 1051-1058, 2016.

Divulgação Científica: Informação e Aprendizado

*Andressa Heloisa Bagatelo
Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza
Ana Cláudia Kasseboehmer*

Você sabe o que faz um químico?

Talvez existam várias respostas para essa pergunta, e estas sejam as mais diversas possíveis. Porém, a que mais se encaixaria seria a de que um químico é um modificador da matéria. Mas o que significa isso?

Para entender o que um químico faz, primeiro é preciso entender o que é **Química**.

A **Química** é uma ciência que estuda a matéria, suas propriedades, constituição, as transformações sofridas por ela durante uma reação química e a energia envolvida nesses processos. Essa área da ciência tem um impacto gigantesco sobre a tecnologia e a sociedade em geral, pois seus estudos exercem um papel fundamental no desenvolvimento de todas as vertentes das ciências. É por meio do estudo da matéria que se pode entender as propriedades desta e suas possíveis transformações.

Segundo Chagas (1997, p. XX): “a Química pode ser conceituada como a atividade do químico. É tudo aquilo que o químico faz e como ele faz”.

Mas, para um químico realizar seu trabalho, ele se pauta sempre em dois aspectos: um prático, relacionado com as reações químicas e as modificações da matéria, e um aspecto teórico, referente a pensar sobre a matéria em si e suas transformações.

A Química está presente de forma abundante em todos os setores. Boa parcela dos avanços tecnológicos, principalmente na área da saúde,

obtidos pela civilização, aconteceu graças ao esforço de químicos em desenvolver novas técnicas para separar, melhorar, modificar e transformar os materiais encontrados na natureza.

O profissional da Química é uma pessoa formada e capacitada para conhecer, pesquisar, entender e também transformar esses materiais, bem como produzir novos, a partir da modificação de **substâncias químicas**.

O químico pode atuar em diversas áreas, dentre elas: ministrar aulas de Química. No ensino básico, em escolas públicas e privadas e no ensino superior, em universidades, faculdades ou institutos. Para isso, o profissional deve ser licenciado, ou seja, cursar uma graduação de Licenciatura em Química.

Um dos principais propósitos da Educação, segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB Lei Nº 9.394/96), é o auxílio à preparação do educando para o desempenho da cidadania. A Química não está fora desse dever; muito pelo contrário, a comunidade de educadores químicos brasileiros em diversas pesquisas e trabalhos acadêmicos e científicos publicados, defende a construção da cidadania como propósito fundamental do ensino dessa ciência.

Ensinar Química vai muito além de apenas ensinar os conteúdos presente em livros e apostilas. Tem como foco principal promover no estudante a capacidade de participar de forma crítica nas questões relacionadas à sociedade.

Por isso, a área da Educação Química é muito mais ampla do que apenas uma sala de aula. Existem doutores em Química que pesquisam na área da Educação, visando a formação de outros professores, a melhora dos processos de ensino e aprendizagem, produção de material didático e de apoio.

Um químico também pode fazer pesquisa em outras áreas, buscando novas soluções para os problemas que prejudicam a sociedade e o

ambiente, dentro de um laboratório ou em uma indústria. Realizando pesquisas na área da Química para encontrar novos inseticidas e adubos, conservantes de alimentos, fibras e tecidos de roupas, plásticos, remédios, tintas etc.

O químico pode trabalhar em laboratório com petróleo, cosméticos, alimentos, medicamentos, biocombustíveis, análises, bebidas, purificação de água. Este profissional terá como instrumento de trabalho, além dos livros e computadores, vidrarias (Figura 1), **reagentes**, e vários equipamentos, como balanças de precisão (Figura 2) e pHmetro (Figura 3).



Figura 1: Vidrarias de laboratório.

Fonte: Pixabay.



Figura 2: Balança de precisão.

Fonte: <<https://www.balancasmundial.com.br/produtos/balanca-analitica/balanca-digital-laboratorio-de-quimica>>. Acesso em 15 jun. 2020.



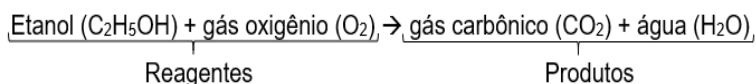
Figura 3: pHmetro.

Fonte: <<https://www.gehaka.com.br/produtos/linha-analitica/phmetro-de-bancada/pg3000>>. Acesso em 15 jun. 2020.

Você sabe o que é um reagente?

As **substâncias** são grupos de moléculas ou partículas iguais com propriedades bem definidas, determinadas e praticamente constantes.

Um **reagente** é uma **substância** química que participa de uma reação química, transformando-se em outra e produzindo os fenômenos observados no dia a dia ou em laboratório. As novas substâncias produzidas são chamadas produtos. Como exemplo, considere a reação de queima do combustível:



Você já viu que a Química além de estar presente em todos os lugares, é muito bonita e extremamente importante, mas, ela tem um grande problema, você consegue imaginar qual é?

Infelizmente existe um pré-conceito a cerca da imagem dos cientistas em geral que interfere diretamente na Química. Sabe por quê?

As pessoas possuem uma visão distorcida do que é um cientista. Normalmente acreditam que são pessoas que já nasceram com o dom da inteligência, pessoas que sabem tudo e nunca erram: “Não é novidade que a imagem popular do cientista seja a de um homem de jaleco e óculos, cabelo desgrenhado, louco, gênio e antissocial”. (REZNIK, et al., 2019). Parte desse pensamento é gerado pela forma com que os cientistas são retratados em filmes e desenhos. O cientista quase sempre aparece como um personagem do sexo masculino, já de mais idade, usando um jaleco branco e óculos, trabalhando sozinho no seu laboratório e fazendo experimentos perigosos. Mas, não é assim que acontece.

Cientistas são pessoas normais, que estudam, tentam e erram diversas vezes, não nasceram dotados de extrema inteligência, mas se dedicam muito aos estudos. Mesmo assim erram milhões de vezes antes de conseguirem chegar em uma resposta aceitável. Ninguém trabalha sozinho, há sempre muitos pesquisadores envolvidos em um único estudo, além disso, os cientistas também possuem vida social, viajam, namoram, têm filhos, não vivem presos dentro do laboratório não!

O mesmo pré-conceito ocorre com as universidades públicas. As pessoas não sabem o que acontece lá dentro, não tomam conhecimento das milhares de pesquisas que são desenvolvidas diariamente. Por muitos anos os estudantes da rede básica de ensino achavam que não podiam ir para uma universidade pública, que só estudava lá quem tinha condições de frequentar escolas e cursinhos particulares.

Hoje essa visão está mudando e para ajudar nesse processo, existe uma área que visa divulgar a ciência que é produzida dentro das universidades, chamada de **Divulgação Científica (DC)**.

A **Divulgação Científica**, também denominada “popularização da ciência” ou “divulgação da ciência”, formula-se em um conjunto de procedimentos voltados à comunicação da ciência, não somente para pessoas que estão envolvidas com pesquisas científicas, mas para o público em geral.

A DC visa aproximar o público, seja ele qual for, da ciência produzida e quem sabe inspirar pessoas a seguir uma carreira científica. Um texto de DC pode ser entendido por um público que está presente neste meio ou por um público geral, que não está familiarizado com a ciência. Possui uma linguagem mais simples e explicativa, de fácil compreensão e de forma a passar suas informações de maneira o mais universal possível.

Fonte: ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Revista Ciência da Informação**. Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639>>. Acesso em: 23 Jun 2020.

SOUZA, D. M. V. Museus de ciências, divulgação científica e informação: reflexões acerca de ideologia e memória. **Revista Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 14, n.2, p. 155-168, maio/agosto, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-99362009000200011&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 Jun 2020.

A DC é importante para as pessoas adquirirem conhecimento sobre ciência de uma maneira fácil de se compreender, além de entenderem quanto conhecimento científico existe ao seu redor, uma informação que muitas vezes não chega à população. Uma das maneiras de expandir o escopo do conhecimento é realizar atividades para divulgar a ciência.

Felizmente, hoje em dia, vocês podem ver a ciência sendo divulgada de forma ampla e em diversos locais. A DC comporta as mais variadas formas de se apresentar, bem como as atividades realizadas por museus (Figuras 4), jardins botânicos, planetários, aquários, teatros (Figuras 5 e 6), e também em universidades.



Figura 4: Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC)
Fonte: <<https://www5.usp.br/extensao/museus/>>. Acesso em 30 jul. 2020.



Figura 5: Evento: Ciência, Teatro e Divulgação Científica no palco.
Fonte: <<http://www.museudavida.fiocruz.br/index.php/noticias/1299-ciencia-e-teatro-em-debate/>>. Acesso em 30 jul. 2020.



Figura 6: VII Encontro de Teatro Científico Oscar Científico! Uma feira de ciências dentro do teatro.
Fonte: <<https://www.facebook.com/teatrocientificocaxiasmaranhao>>. Acesso em 30 jul. 2020.

Em relação à universidade, principalmente as universidades públicas, a DC também tem outros objetivos. Além de divulgar o trabalho que é realizado dentro das mesmas, pelos grupos de pesquisa, ela também visa aproximar a comunidade da universidade. Como? Mostrando que todos os grupos e indivíduos possuem acesso igualitário à universidade pública, afinal, a universidade é para todos!

Você sabia que existem vários grupos de pesquisa que trabalham nessa área e um deles está situado na Universidade de São Paulo - USP?



É o caso do Laboratório de Investigações em Ensino de Ciências Naturais - LINECIN - do Instituto de Química de São Carlos (IQSC), coordenado pela Professora Doutora Ana Cláudia Kasseboehmer (Figura 7), onde uma das vertentes do seu trabalho é a Divulgação Científica.

Um dos projetos de DC realizado por integrantes do grupo foi a confecção de textos de divulgação e apresentação de palestras interativas para alunos do ensino médio de escolas públicas de São Carlos e região. O intuito dessas palestras não era apenas ensinar conteúdos fundamentais de Química, mas também divulgar o trabalho de pesquisadores do IQSC.

Tanto os textos quanto as palestras visavam uma escrita mais simples e de fácil compreensão para que todos de maneira geral pudessem entender e aprender com ele.

As palestras são apresentadas na própria universidade e tem por objetivo criar um ambiente no qual os estudantes se identifiquem com a vida universitária e se percebam como sujeitos que podem e devem ocupar esses locais ao concluírem a educação básica.



Figura 7: Professora Doutora Ana Cláudia Kasseboehmer e seus alunos.

Fonte: Autoria própria.

Além dessa atividade, os alunos têm a oportunidade de conhecer um pouco do campus, das instalações, fazer uma visita a um laboratório, onde aprendem mais sobre os equipamentos e o trabalho ali realizado e podem almoçar no restaurante universitário. Além de participar de uma roda de conversa onde aprendem sobre como é o vestibular para ingressar na

universidade, as bolsas de permanência estudantil oferecidas pela instituição e toda estrutura que estará disponível para eles caso decidam cursar uma universidade pública.

Mas, você deve estar pensando: O que é uma palestra interativa?



Figura 8: Slide inicial de todas as palestras confeccionadas pelo grupo.

Fonte: Autoria própria.

Como o próprio nome diz é uma palestra realizada pensando em promover a interatividade dos estudantes, ou seja, fazer com que eles participem durante toda a atividade.

A mesma é apresentada por dois integrantes do grupo de pesquisa, que ao dar início à atividade deixam claro que os estudantes podem participar, dar sua opinião e tirar suas dúvidas em qualquer momento da palestra (Figura 8). Após as explicações iniciais, a atividade de fato começa a ser realizada. Os apresentadores fazem perguntas e mediam as informações acrescentadas pelos estudantes, tiram dúvidas, inserem exemplos do tema escolhido para incentivar a discussão entre os estudantes, bem como introduzir conceitos químicos relacionados ao

tema, de forma simples e de fácil compreensão. Assim, os estudantes podem entender o que é, como acontece e qual a relação com o grupo de pesquisa que será divulgado, além de dar suas opiniões.

Em determinada parte da palestra, ocorre o momento “Mão Na Massa”, que consiste em uma etapa onde os estudantes, com auxílio dos apresentadores, realizam um experimento relacionado com o tema da palestra em questão. Experimento esse onde eles têm contato com **vidrarias**, **soluções** e **reagentes** e observam reações químicas.



Figura 9: Slide utilizado para o momento mão na massa.

Fonte: Autoria própria.

Para exemplificar, na palestra: “Possíveis Armamentos no Combate à Corrosão” no momento “Mão na Massa” (Figura 9), os estudantes realizam um experimento para entender a **corrosão**. Nesse experimento, os estudantes recebem quatro tubos de ensaio numerados de 1 a 4, um béquer com solução de sulfato de cobre (CuSO_4), um prego de aço, um **prego de aço galvanizado**, um pedaço de palha de aço e um pedaço de papel alumínio.

O que é corrosão?

É um termo químico bastante empregado no cotidiano para se referir ao processo de destruição total, parcial, superficial ou estrutural de determinado material causado pela ação do meio.

Fonte: Tipos de Corrosão. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>>. Acesso em: 30 Jul 2020.

É denominado **galvanização** o processo de aplicação de uma camada protetora de zinco ou outros **metais de sacrifício** em uma superfície de aço ou ferro para evitar/retardar o processo de corrosão do mesmo.

Metal de sacrifício é qualquer metal utilizado em objetos que estão expostos a ambientes oxidantes, com o objetivo de passar pela corrosão no lugar do metal que está protegendo.

Os mesmos devem colocar os itens em cada tubo, como ilustrado na Figura 10, e observar o que acontece, para depois discutir os resultados com os apresentadores e com os colegas de classe.

Momento mão na massa!

Experimentação: Análise da corrosão do aço e alumínio em diferentes meios com e sem proteção

- o Tubo de ensaio 1: solução de $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ + prego de aço;
- o Tubo de ensaio 2: solução de $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ + prego de aço galvanizado;
- o Tubo de ensaio 3: solução de $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ + palha de aço;
- o Tubo de ensaio 4: solução de $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ + papel alumínio.

Figura 10: Slide com o passo a passo a ser seguido pelos alunos.

Fonte: Autoria própria.

Você imagina o que acontece por trás das palestras interativas?

Existe todo um trabalho de diversas pessoas até chegar o dia das palestras.

Integrantes do grupo de pesquisa LINECIN entram em contato com as escolas, explicam o projeto e convidam os professores para levar seus alunos para participar das palestras na universidade. Ao longo de quatro anos de projeto, foram apresentadas mais de 1600 palestras com visitas guiadas.

Para que isso aconteça, tudo começa com a submissão de projetos para as agências de fomento. Até o momento, já foram aprovados 1 projeto no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), 1 projeto na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), 2 projetos na Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e 3 projetos junto à Pré-Reitoria de Graduação da USP. Depois de aprovados, a verba é aplicada para contratação de ônibus para transportar os estudantes, para a compra dos tickets do restaurante universitário para os alunos poderem almoçar ou para a compra de lanches, para a compra de materiais e reagentes e montada toda uma estrutura para desenvolver as palestras.

Mas não é apenas para a divulgação da universidade que as palestras servem não! Ao longo destes anos foi possível verificar contribuições para o aprendizado de pesquisadores, estudantes e para os apresentadores das mesmas. Além disso, parcerias se formaram entre os professores das turmas que visitam a universidade e o grupo LINECIN, gerando novos projetos e iniciativas.

Muitos pesquisadores não achavam ser possível divulgar seus próprios trabalhos de uma forma descomplicada e de fácil compreensão. No entanto, após ler os textos de DC sobre suas linhas de pesquisa, ficaram

surpresos. Alguns deles passaram a contribuir para esta e outras ações de DC.

Para os estudantes, o aprendizado é significativo. Eles aprendem sobre a universidade e a Química, e perdem aquele pré-conceito com ambas. A seguir, o relato de alguns estudantes após participarem das palestras:

- “Ah do jeito que eles explicaram, foi de um jeito assim, dava pra você entender bem, ele explicaram de um jeito gostoso, você sentia vontade de aprender”.

- “Ah eu senti, como posso explicar, importante porque eles explicaram pra gente, porque não foi, não é todo o tempo que tem isso sabe, o convite pra nós participarmos de uma palestra, entender mais sobre a química”.

- “Mais fácil foi entendê-la porque vocês trabalharam bastante com texto jovem só que sem sair do que vocês precisavam passar. Ah me senti feliz por estar aprendendo, porque foi a primeira palestra que eu tive que eu não tive sono, que eu consegui entender, que eu tive prazer de estar ali e vendo vocês explicarem algo que vocês gostam pra gente”.

- “Difícil não teve muita coisa, porque que nem eu falei, eles conseguiram fazer a gente entender tudo na nossa linguagem, assim no nosso dia a dia, então foi assim mais fácil, a gente compreendeu bem tudo que eles quiseram passar pra gente.

Bom, eu sempre fui muito curiosa nessa área, e o meu sonho era fazer biologia, prestar a faculdade e fazer biologia, então quando eu fui lá, e me abriu assim um novo horizonte sabe, de ver que talvez não seja aquilo que eu queria realmente e aí me deu vontade de pesquisar mais a fundo sabe, foi isso”.

Além disso, também aprendem os integrantes do grupo de pesquisa, que são alunos do curso de Licenciatura em Química, que apresentam as palestras. Eles passam por todo um processo onde aprendem sobre a DC, participam da elaboração e escrita dos textos, montam os cronogramas das visitas, preparam todo o equipamento e o ambiente onde será a

apresentação e interação diretamente com os estudantes, acrescentando muito na prática docente deles.

Tudo começou com textos de DC que deram origem às palestras, à exposições museais e ainda vem muita coisa por aí, para gerar conhecimento!

Você acha que acabou por aí?

A Profa. Dra. Ana Cláudia e o LINECIN estão envolvidos em muitos outros trabalhos relacionados à DC. Um deles é projeto de mestrado que originou uma patente, intitulado: “Produção de maquete museal para divulgação de uma pesquisa do Instituto de Química de São Carlos e avaliação da motivação para o aprendizado em Química” desenvolvido por uma aluna do grupo.

O trabalho foi realizado em parceria com o grupo GPEA - Grupo de Processos Eletroquímicos e Ambientais do IQSC. Este grupo pesquisa sobre diferentes processos químicos para realizar a degradação de compostos orgânicos poluentes presentes na água, compostos esses que não são completamente removidos pelo tratamento convencional atual. Esses compostos são corantes, produtos farmacêuticos, entre outros.



Figura 11: Maquete interativa exposta no museu da ciência de São Carlos "Prof. Mário Tolentino"

Fonte: Autoria Própria.



Figura 12: Parte de divulgação do grupo GPEA presente na maquete interativa exposta no Museu da Ciência de São Carlos "Prof. Mário Tolentino"

Fonte: Autoria Própria.

Em suma, a divulgação científica não é só divulgar um trabalho específico, é também informar, ensinar de uma maneira diferente, expandir o conhecimento para além das barreiras científicas, de uma forma que todos possam entender e aprender. Em tempos em que a desinformação se tornou tão perigosa, a melhor solução é mostrar para todos o que a universidade faz de verdade e o quanto é indispensável para a sociedade. E para isso acontecer, é preciso investir em Educação.

Achou interessante? Então imagine o quão importante são esses estudos para que as pessoas, sejam elas de quaisquer idades e níveis escolares, tenham acesso a informações verdadeiras e de qualidade.



Espera-se que com esse texto você tenha aprendido mais sobre o grupo LINECIN orientado pela Professora Doutora Ana Cláudia Kasseboehmer, do IQSC/USP e, mais especificamente, sobre a Divulgação Científica.

Venha pesquisar com a gente!!

A Universidade Pública é para todos vocês e está sempre de portas abertas para receber pessoas interessadas e motivadas a estudar e pesquisar. Enquanto houver problemas precisando de soluções e novas coisas a serem descobertas ou melhoradas, a pesquisa vai sempre existir.

O texto contém:

Conceitos Químicos: Substâncias, Reagentes e Solução, Corrosão, Galvanização e Oxidação-Redução.

Competências e Habilidades BNCC

Competência Específica 3 - (EM13CNT302; EM13CNT303)

Competências e Habilidades ENEM

Competência de área 7 – H21; H22; H23; H24; H25; H26.

Referências

- REZNIK, G.; MASSARANI, L.; MOREIRA, I. C. Como a imagem de cientista aparece em curtas de animação?. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 26, n. 3, p. 753-777, 2019. Acesso em: 26 Nov 2020.
- CHAGAS, A. P. As ferramentas do químico. **Química Nova na Escola**, v. 5, p. 18-20, 1997.
- O que é Química?. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica>>. Acesso em: 18 Jun 2020.
- O que o químico faz?. Disponível em: <<https://www.soq.com.br/conteudos/oquefaz/>>. Acesso em: 18 Jun 2020.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. Química: A Ciência Central. 9ª edição. **Pearson Universidades**, 2004.
- Ensino de química para formar cidadãos. Disponível em: <<https://educador.brasilecola.uol.com.br/trabalho-docente/ensino-quimica-para-formar-cidadaos.htm>>. Acesso em: 23 Jun 2020.
- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Revista Ciência da informação**. Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639>>. Acesso em: 23 Jun 2020.
- SOUZA, D. M. V. Museus de ciências, divulgação científica e informação: reflexões acerca de ideologia e memória. **Revista Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 14, n.2, p. 155-168, maio/agosto, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-99362009000200011&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 Jun 2020.
- OLIVEIRA, D. M. Teatro Científico: a arte como divulgação da ciência Coreia, Coreia: um exercício de teatro científico. **Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fundação Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro, 2010.

MARCOS, A.; CALDERÓN, F. Una teoría de la divulgación de la ciencia. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, v. 3, n. 7, p. 7-40, 2002.

PAVIS, P. A análise dos espetáculos. Trad. Sérgio Sálvia Coelho. 2003.

SOUZA, D. M. V. Museus de ciência, divulgação científica e informação: reflexões acerca de ideologia e memória. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 14, n. 2, p. 155-168, 2009.

Metal de sacrifício. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Metal_de_sacrif%C3%AAdcio>. Acesso em: 30 Jul 2020.

Galvanização. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Galvaniza%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 30 Jul 2020.

SARTORI, E. R.; BATISTA, É. F.; FATIBELLO-FILHO, O. Escurecimento e limpeza de objetos de prata-um experimento simples e de fácil execução envolvendo reações de oxidação-redução. **Química Nova na Escola**, v. 30, p. 61-65, 2008. Disponível em: <<http://www.colegioimpulso.com.br/impulso2016/setembro/11eeq4407fcfc2016.pdf>>. Acesso em: 28 Set 2020.

Sobre os Autores

Ana Carolina da Silva

Licenciada em Ciências Exatas com habilitação em Física pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Durante a graduação participou do PIBID nas áreas de física e química e foi diretora geral do Cursinho Popular CPCEX no campus da USP de São Carlos. Atualmente é professora de Física e Matemática dos ensinos fundamental e médio e aluna de pós-graduação em Data Science na USP de Piracicaba.

Ana Carolina da Silva Steola

Licenciada em Ciências exatas com habilitação em Química em 2014 pelo Instituto de Física de São Carlos IFSC-USP e mestra em Ciências em 2019 pelo Instituto de Química de São Carlos IQSC-USP, atuando com divulgação científica em espaços não formais de educação e a motivação para o aprendizado em Química. Atualmente é aluna de doutorado também pelo IQSC-USP e pedagogia pela Universidade Federal de São Carlos, atua como professora da rede particular de ensino.

Ana Cláudia Kasseboehmer

Bacharel, Licenciada e Mestre em Química e Doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é docente do Instituto de Química de São Carlos IQSC/USP e colaboradora da Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química. Coordena o grupo de pesquisa Laboratório de Investigações em Ensino de Ciências Naturais (LINECIN). Suas Ensino de Ciências e Formação de professores.

Andressa Heloisa Bagatelo

Licenciada em Ciências Exatas pela Universidade de São Paulo (USP). Iniciação Científica em Educação no Laboratório de Investigações em Ensino de Ciências Naturais (LINECIN-IQSC/USP)

Artur de Jesus Motheo

Bacharel em Química (1976), Mestre em Química (1980) e Doutor em Química (1986) pelo Instituto de Física e Química de São Carlos, USP. Atualmente é Professor Titular na USP

(2008), bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1A. Foi professor visitante da Universidad Castilla-La Mancha em 2016. Orientou 22 alunos de doutorado e 29 alunos de mestrado, supervisionou 13 projetos de pós-doutorado e publicou 166 artigos em periódicos científicos.

Caio Marques Neves Nunes

Graduando em Engenharia de Alimentos na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

Daniel Matheus da Silva

Licenciado em Ciências Exatas com habilitação em Química pelo Instituto de Física de São Carlos - IFSC -USP e mestre em Ciências pelo Instituto de Química de São Carlos - IQSC / USP. Atuou com o método investigativo para o desenvolvimento do espírito científico em espaços de educação não-formal. Atualmente é aluno de doutorado também pelo IQSC / USP e atua na área de formação de professores e divulgação científica.

Kathia M. Honório

Graduada em Química, mestre e doutora (Físico-Química) pelo Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da USP. Realizou pós-doutorado no Instituto de Física de São Carlos (USP) e atualmente é professora associada da USP. Atua na área de Química Computacional. Possui artigos científicos, trabalhos em eventos e capítulos de livros publicados. Foi laureada com o Prêmio "Para Mulheres na Ciência", concedido pela L'Oréal, UNESCO e Academia Brasileira de Ciências.

Kenia Naara Parra

Licenciada e bacharel em Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mestre e doutora em Ciências pelo IQSC-USP. Foi professora no Ensino Médio, Superior e Pós-Graduação do Instituto Federal de São Paulo - Campus Catanduva. É gestora de projetos na Brazil Education Fund. Linhas de atuação: motivação para aprendizado, divulgação científica, espaço de educação não formal e formação inicial e continuada de professores de química.

Laís Gimenes Vernasqui

Doutoranda direta (bolsista FAPESP) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais no Programa de Engenharia e Tecnologia Espacial, área de concentração Ciência de Materiais

e Sensores. Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - 2017), participou durante a graduação do programa de Dupla Diplomação, onde cursou Tecnologia Ambiental e Portugal no Instituto Politécnico de Bragança, Portugal (IPB - 2017)

Lanna E. B. Lucchetti

Bacharel em Química Tecnológica pela UFF - Volta Redonda - RJ (2018) e atualmente é aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia/Química da UFABC (2021). Sua pesquisa envolve simulação computacional de materiais que promovam a reação de redução de oxigênio para aplicação em degradação de poluentes, com artigos publicados na Journal of Electroanalytical Chemistry e na Physical Chemistry Chemical Physics.

Lucas Adam Prado Julião

Licenciando em Ciências Exatas com habilitação em Química pela USP, completou três Iniciações Científicas durante o período de graduação, sendo duas delas em Educação.

Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza

Professor Associado do IQSC/USP. Apresenta experiência na formação de recursos humanos especializados em diferentes níveis (iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado) e possui experiência na coordenação de projetos de pesquisa financiados por diferentes agências de fomento, com destaque para a coordenação de um projeto temático da FAPESP. Coordena o Grupo de Processos Eletroquímicos e Ambientais (GPEA) do IQSC, atuando em eletroquímica ambiental.

Prof. Dr. Mauro Coelho dos Santos

Doutorado pelo IQSC/USP e Pós-Doutorado pela UFSCar. Atualmente, é Professor Associado IV da UFABC e Coordenador do LEMN - CCNH - UFABC (2021). Publicou 125 artigos em revistas científicas e é Membro do Corpo Editorial da Revista Electrocatalysis. Prêmio Excelência Acadêmica pela Universidade Federal do ABC (2015) - Área - Química. 2.959 citações no ISI e Índice H 34.

Michell de Oliveira Almeida

Farmacêutico-Bioquímico pela Universidade Paulista, tem mestrado e doutorado em Ciência e Tecnologia/Química pela Universidade Federal do ABC. É pós-doutorando com

bolsa FAPESP na Universidade de São Paulo (Instituto de Química de São Carlos) e atualmente realiza seu pós-doutorado com bolsa BEPE da FAPESP na Universitat de Barcelona. Tem experiência na área de química computacional em metodologias como docking, QSAR-3D, dinâmica molecular, DFT, NBO, QTAIM e IQA.

Neidenei Gomes Ferreira

Licenciada e Bacharel em Física pela Universidade Estadual de Campinas, mestrado em Física pela Universidade Estadual de Campinas e doutorado em Física pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é pesquisadora titular e docente do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada, Ciências dos Materiais e Eletroquímica, atuando principalmente em filmes finos e superfícies.

Rafaela M. Angelo

Graduada em Ciências da Natureza pela USP. Mestre em Ciências pelo programa de Bioquímica e Biologia Molecular da USP. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Teórica Computacional, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino de ciências, câncer, docking molecular, metodologias de QSAR e ontologias. Atualmente é professora de Química. Possui artigos científicos publicados na área de educação e química computacional.

Renata Torres Mattos Paschoalino de Souza

Licenciada e bacharela em Química pela Universidade de Brasília – UnB – e mestre em Química pela Universidade de São Paulo – USP. Atualmente é aluna de Doutorado do Instituto de Química de São Carlos - IQSC / USP. Pesquisa na área de ensino de Química, atuando principalmente nas seguintes áreas: Gamificação como estratégia de ensino de Química; Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no ensino de Química; Divulgação Científica.

Sheila Cruz Araújo

Licenciada em Ciências da Natureza (2008-2012) pela EACH-USP, é mestra (2013-2015) e doutoranda no programa de Ciência e Tecnologia - Química pela UFABC com estágio sanduíche na University of British Columbia, Canadá (2018-2019). Atualmente desenvolve projeto de Doutorado em Química Teórica, atuando nos seguintes temas: química medicinal, computacional e modelagem molecular.

Simone Queiroz Pantaleão

Licenciada e Bacharel em Química com Atribuições Tecnológicas pelo Centro Universitário Fundação Santo André; Especialista em Ciências Forenses pelo Centro de Pós-graduação, Pesquisa e Extensão Oswaldo Cruz; Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia Química pela Universidade Federal do ABC.

Taynara Oliveira Silva

Licenciada em Química pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Foi bolsista CNPq em iniciação científica. Participou como gerente de projetos da Empresa Junior de Química-EJUQUI da UFTM. Atualmente é doutoranda da USP.

A Editora Fi é especializada na editoração, publicação e divulgação de pesquisa acadêmica/científica das humanidades, sob acesso aberto, produzida em parceria das mais diversas instituições de ensino superior no Brasil. Conheça nosso catálogo e siga as páginas oficiais nas principais redes sociais para acompanhar novos lançamentos e eventos.



www.editorafi.org
contato@editorafi.org