



# MODELANDO A QUÍMICA ORGÂNICA

Nova perspectiva para o ensino de reações de adição

Letícia Raquel Amaro dos Santos  
Ronilson Freitas de Souza



# MODELANDO A QUÍMICA ORGÂNICA

Nova perspectiva para o ensino de reações de adição

Letícia Raquel Amaro dos Santos  
Ronilson Freitas de Souza



## Universidade do Estado do Pará

**Reitor**  
**Vice-Reitora**  
**Pró-Reitora de Graduação**  
**Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação**  
**Pró-Reitora de Extensão**  
**Diretor do CCPA**  
**Coordenador do PPGEECA**  
**Coordenadora Adjunta do PPGEECA**

Clay Anderson Nunes Chagas  
Ilma Pastana Ferreira  
Ednalvo Apóstolo Campos  
Jofre Jacob da Silva Freitas  
Vera Regina da Cunha Menezes Palácios  
José Roberto Alves da Silva  
Ronilson Freitas de Souza  
Sinaida Maria Vasconcelos



## Selo Editorial Edições do Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências da Amazônia da Universidade do Estado do Pará

**Editor-Chefe**

Ronilson Freitas de Souza

**Conselho Editorial**

Ademir de Souza Pereira/ UFGD/ Dourados-MS  
Antônio dos Santos Júnior/ IFRO/ Porto Velho-RO  
Alcindo da Silva Martins Junior/ UEPA/ Salvaterra-PA  
Attico Inacio Chassot/ UFRGS/ Porto Alegre-RS  
Andréa Pereira Mendonça/ IFAM/ Manaus-AM  
Bianca Venturieri/ UEPA/ Belém-PA  
Camila Maria Sitko/ UNIFESSPA/ Marabá-PA  
Danielle Rodrigues Monteiro da Costa/ UEPA/ Marabá-PA  
Diego Ramon Silva Machado/ UEPA/ Belém-PA  
Erick Elisson Hosana Ribeiro/ UEPA/ Castanhal-PA  
France Fraiha Martins/ UFPA/ Belém-PA  
Frederico da Silva Bicalho/ UEPA/ Belém-PA  
Fernanda Cátia Bozelli/ UNESP/ Ilha Solteira-SP  
Gildo Giroto Junior/ UNICAMP/ Campinas -SP  
Gilson Cruz Junior/ UFOPA/ Santarém-PA  
Inês Trevisan/ UEPA/ Barcarena-PA  
Ives Solano Araujo/ UFRGS/ Porto Alegre-RS  
Jacirene Vasconcelos de Albuquerque/ UEPA/ Belém-PA  
Jesus de Nazaré Cardoso Brabo/ UFPA/ Belém-PA  
José Fernando Pereira Leal/ UEPA/ Castanhal-PA  
João Elias Vidueira Ferreira/ IFPA/ Tucuruí-PA  
Klebson Daniel Sodré do Rosário/ UEPA/ Paragominas-PA  
Leandro Passarinho Reis Júnior/ UFPA/ Belém-PA  
Leonir Lorenzetti/ UFPR/ Curitiba -PR  
Luciana de Nazaré Farias/ UEPA/ Belém-PA  
Luely Oliveira da Silva/ UEPA/ Belém-PA  
Lucicléia Pereira da Silva/ UEPA/ Belém-PA  
Luis Miguel Dias Caetano/ UNILAB/ Redenção-CE  
Maria Inês de Freitas Petrucci Rosa/ UNICAMP/ Campinas -SP  
Milita Mariane da Mata Martins/ UEPA/ Conceição do Araguaia-PA  
Priscyla Cristinny Santiago da Luz/ UEPA/ Moju-PA  
Sandra Kariny Saldanha de Oliveira/ UERR/ Boa Vista-RR  
Sinaida Maria Vasconcelos/ UEPA/ Belém-PA  
Thiago Antunes-Souza/ UNIFESP/ Diadema-SP  
Vitor Hugo Borba Manzke/ IFSul/ Pelotas-RS  
Wilton Rabelo Pessoa/ UFPA/Belém-PA



# MODELANDO A QUÍMICA ORGÂNICA

Nova perspectiva para o ensino de reações de adição

Letícia Raquel Amaro dos Santos  
Ronilson Freitas de Souza

## Realização

Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia - PPGEECA

## Apoio

Universidade do Estado do Pará – UEPA  
Centro de Ciências Sociais e Educação – CCSE  
Centro de Ciências e Planetário do Pará – CCPPA

### Projeto Gráfico e Diagramação

Leticia Raquel Amaro dos Santos

### Assistente Editorial

Renata do Socorro Moraes Pires

### Revisão Gramatical e Ortográfica

Leticia Raquel Amaro dos Santos

### Revisão Técnica

Ronilson Freitas de Souza  
Sinaida Maria Vasconcelos  
Andréia Francisco Afonso

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com o ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará

S237m Santos, Leticia Raquel Amaro dos

Modelando a química orgânica: nova perspectiva para o ensino de reações de adição / Leticia Raquel Amaro dos Santos; Ronilson Freitas de Souza. — Belém, 2024.  
24f. : color

ISBN: 978-65-85158-51-0

Produto educacional vinculado à dissertação “Ensino fundamentado em modelagem e impressão 3D: análise de uma proposta didática para o ensino de reações de adição” do Programa de Pós- Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia - Universidade do Estado do Pará, Campus I - Centro de Ciências Sociais e Educação, 2024.

1. Modelos. 2. Produto educacional. 3. Química orgânica. 4. Tecnologia 3d. I. Souza, Ronilson Freitas de. II. Título.

CDD 22.ed. 372.7

Elaborada por Priscila Melo CRB2/1345

O conteúdo e seus dados em sua forma e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva de seu(s) respectivo(s) autor(es), inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Edições PPGEECA. Todo conteúdo foi previamente submetido à avaliação pelos membros da banca de dissertação, tendo sido aprovado para a publicação com base em critérios estabelecidos previamente pelo colegiado do PPGEECA.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.



Selo Editorial Edições do Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências da Amazônia da Universidade do Estado do Pará (EDPPGEECA/UEPA)  
Rod. Augusto Montenegro, Km 03, S/Nº - Mangueirão/ Belém-PA/ Brasil  
CEP: 66640-000  
E-mail: ppgeeca@uepa.br  
Fone: (91) 3284-9597  
Site: <https://paginas.uepa.br/ppgeeca/>

# CONHECENDO OS AUTORES



## LETÍCIA RAQUEL AMARO DOS SANTOS

Possui graduação em Licenciatura em Ciências Naturais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestranda em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).



leticiaaquelamaro@gmail.com



8270002167519435



0009-0004-5402-7011



## RONILSON FREITAS DE SOUZA

Possui graduação em Licenciatura em Ciências Naturais com habilitação em Química, mestrado e doutorado em Química Orgânica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é professor do Departamento de Ciências Naturais da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA). Tem experiência na área de Química e Ensino de Ciências.



ronilson@uepa.br



0747461930362318



0000-0002-0463-8584



# DESCRIÇÃO TÉCNICA DO PRODUTO EDUCACIONAL

**Categoria/Tipo:** Material Didático/Guia Didático.

**Nome do produto:** *Modelando a química orgânica: nova perspectiva para o ensino de reações de adição/ Modeling organic chemistry: a new perspective for teaching addition reactions.*

**Origem do Produto:** Trabalho de Dissertação intitulado "Ensino fundamentado em modelagem e impressão 3D: análise de uma proposta didática para o ensino de reações de adição" desenvolvido no Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

**Linha de Pesquisa:** Estratégias educativas para o ensino de Ciências Naturais na Amazônia.

**Público-alvo:** Professores de Ciências Naturais e Química.

**Nível de ensino a que se destina o produto:** Ensino Médio.

**Finalidade:** Contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem de reações de hidratação, hidrogenação e hidroalogenação combinando o Ensino Fundamentado em Modelagem e Impressão 3D.

**Caráter inovador do PE:** Este PE tem alto teor inovador, ao haver novidade na proposta de utilizar Ensino fundamentado em modelagem (EFM) aliado a impressão 3D para ensinar reações de hidratação, hidrogenação e hidroalogenação para alunos da educação básica. Além de apresentar informações consideráveis para o professor compreender, replicar ou adaptar as orientações em contexto de sala de aula.

**Replicabilidade:** Pode ser replicado por professores que atuem no ensino médio nas aulas de Química quando forem abordar reações de adição. Partindo da ideia deste PE, pode-se realizar adaptações e direcionar a estratégia para outros tipos de reações orgânicas.

**Setor da sociedade beneficiado pelo impacto:** Educação.

**Impacto do PE:** O material foi aplicado em turmas da 3ª série do Ensino Médio em uma escola estadual localizada no município de Belém-PA e, também, em duas escolas públicas situadas em Juiz de Fora-MG, com o objetivo de ampliar sua replicabilidade em diferentes contextos regionais e educacionais.

**Forma de avaliação do PE:** Este material foi validado por meio de dois estudos pilotos e aplicado em condições reais de ensino em escolas públicas estaduais e federais localizadas nas cidades de Belém-PA e Juiz de Fora-MG. Sendo avaliado em primeira instância pelos alunos da série regular e, em segunda instância, pela banca avaliadora.

**Organização do Produto:** Este guia está organizado em 2 capítulos. O primeiro capítulo apresenta conceitos importantes que envolvem as reações de adição, procedimentos de modelagem e impressão 3D e o referencial metodológico no qual a proposta se ancora. O segundo capítulo apresenta orientações para a execução da proposta de ensino.

**Registro do Produto:** Biblioteca Paulo Freire do Centro de Ciências Sociais e Educação da UEPA.

**Disponibilidade:** Irrestrita, mantendo-se o respeito aos direitos autorais, não sendo permitido uso comercial por terceiros.

**Divulgação:** Em formato digital.

**Apoio Financeiro:** Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas.

**Idioma:** Português.

**Cidade/País:** Belém/Brasil.

**Ano:** 2025.





## FOLHA DE APROVAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Letícia Raquel Amaro dos Santos

Modelando a Química Orgânica: nova perspectiva para o ensino de reações de adição

Produto Educacional de Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA), da Universidade do Estado do Pará para obtenção do título de Mestra em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia.

Aprovado e validado conforme descrito na ata de exame de defesa da dissertação, ocorrido em 19 de fevereiro de 2025.

### Banca Examinadora

**Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza** (Universidade do Estado do Pará)

**Prof. Dr<sup>a</sup> Sinaida Maria Vasconcelos** (Universidade do Estado do Pará)

**Prof. Dr<sup>a</sup> Andréia Francisco Afonso** (Universidade Federal de Juiz de Fora)

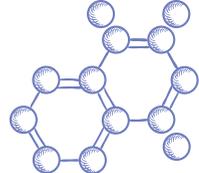
Prof<sup>te</sup> Dr<sup>a</sup> Priscyla L. Santiago da Luz  
Coordenadora  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
e Ensino de Ciências na Amazônia/UEPA

Prof<sup>a</sup>. Dra. Priscyla Cristinny Santiago da Luz  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação  
e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA)

# SUMÁRIO

<b>Apresentação .....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo I: Conceitos Importantes .....</b>	<b>12</b>
<i>Reações de adição</i>	
<i>Modelagem e Impressão 3D</i>	
<i>Referencial Metodológico</i>	
<b>Capítulo II: Proposta didática .....</b>	<b>16</b>
<i>Etapas da proposta didática</i>	
<b>Considerações finais .....</b>	<b>22</b>
<b>Referências .....</b>	<b>23</b>

# APRESENTAÇÃO



## Olá, Professor (a)

Este guia foi elaborado a partir das experiências vivenciadas na pesquisa intitulada “Ensino Fundamentado em Modelagem e Impressão 3D: Análise de uma proposta didática para o ensino de Reações Orgânicas de Adição”.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, observamos que uma das dificuldades para a abordagem da temática se dá por meio de sua compreensão ser mediada por concepções como deslocamento, desaparecimento e modificação de determinadas substâncias. Além disso, a abstração e compreensão da relação entre os níveis de representações são fatores que colaboram para o desafio de ensino desta temática.

Neste contexto, este guia foi criado visando subsidiar a prática de professores que trabalham e encontram dificuldades ao ensinar o conteúdo de reações de adição por meio de uma proposta que combina o Ensino fundamentado em modelagem<sup>1</sup> com tecnologia 3D.

Para isso, organizamos este guia em dois capítulos: O primeiro capítulo apresenta conceitos importantes que envolvem as reações de adição, procedimentos de modelagem e impressão 3D e o referencial teórico-metodológico no qual a proposta se ancora. O segundo capítulo apresenta orientações para a execução da proposta de ensino. Ao longo da apresentação, indicamos também links, vídeos e outros materiais que podem contribuir em suas necessidades formativas.

Este guia é para você, professor (a), que compartilha a responsabilidade com o processo de ensino e aprendizagem por meio de estratégias alternativas, que reconhece as necessidades dos alunos e que quer traçar possibilidades para promover uma formação discente mais participativa.

## Os autores

<sup>1</sup>Método de ensino elaborado por Jhon Gilbert e Rosária Justi.



# CAPITULO I



## CONCEITOS IMPORTANTES

# REAÇÕES DE ADIÇÃO

As reações de adição ocorrem quando dois ou mais compostos se unem formando um único produto. Nesta proposta, abordamos as reações de hidrogenação, hidroalogenação e hidratação em alcenos.

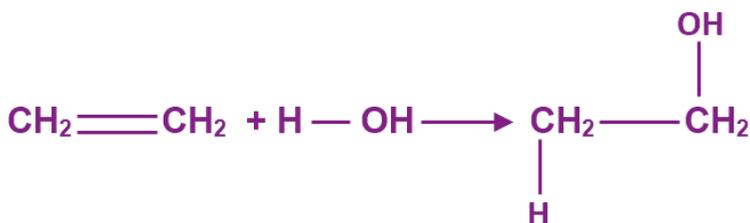
## Reação de hidrogenação



## Reação de hidroalogenação



## Reação de hidratação



Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique aqui para acessar mais informações sobre essas reações.



# MODELAGEM E IMPRESSÃO 3D

A obtenção inicial dos projetos moleculares para a impressão 3D pode ocorrer a partir de duas possibilidades:

**1ª)** Bases de dados pré-existentes, no quais os modelos já se encontram prontos e a necessidade de ajuste é mínima ou inexistente.

**2ª)** Elaboração das estruturas através de programas de desenho e estruturação molecular, aonde se pode criar livremente o projeto do início sem interferência de banco de dados.

Realizada a modelagem dos projetos, seja por base de dados ou modelador, os arquivos deverão ser salvos e exportados para um fatiador, para que seja ajustados os parâmetros de qualidade da peça. A seguir, nos apresentamos a definição dos principais parâmetros gerais para garantir uma boa impressão.

Parâmetros	Definição
<b>Resolução de camada</b>	Altura (espessura) de cada camada que irá compor a peça.
<b>Preenchimento</b>	Densidade e formado que irá preencher a peça.
<b>Suporte</b>	Apoio de base a peças que tenham considerável altura ou ramificações.
<b>Aderência</b>	Fixação da peça a mesa, garantindo a qualidade das primeiras camadas.
<b>Velocidade</b>	Rapidez que será empregada para a construção da peça.

 **SABER MAIS**

Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique aqui para acessar mais informações sobre o tema.

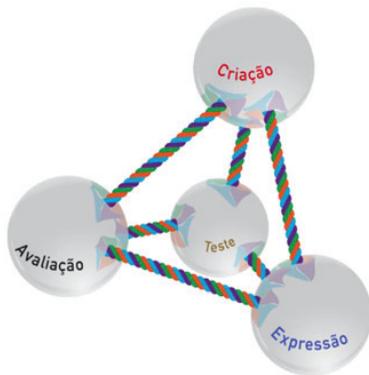


# REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

A proposta didática que vamos apresentar se embasa no Ensino fundamentado em modelagem (EFM), que tem como foco a elaboração, expressão e validação de modelos para estudo de determinado fenômeno e/ou sistema.

Nesta perspectiva, os autores Gilbert e Justi (2016) elaboraram o 'Diagrama Modelo de Modelagem', que indica um procedimento para realizar o EFM, no qual o modelo mental é produzido e expresso, em seguida testado e validado sob determinado contexto em sala de aula. O que possibilita ao estudante a transição entre os níveis microscópico, macroscópico e simbólico para a compreensão de conceitos abstratos.

Observe, no diagrama, a presença de quatro estágios principais que o norteia:



- 1º) o conhecimento do objeto ou sistema a ser estudado, da qual se deriva os modelos mentais;
- 2º) a expressão deste modelo mental;
- 3º) após a expressão, o modelo deverá ser exposto à condução de experimentos de ordens mentais e/ou empíricos;
- 4º) deverá ocorrer à avaliação/validação do modelo.

 **SABER MAIS**

Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique aqui para entender mais sobre o referencial.



## CAPITULO II



**PROPOSTA  
DIDÁTICA**

# VAMOS COMEÇAR

Com o objetivo de desenvolver a temática de maneira progressiva, organizamos a proposta didática sob a perspectiva de Klein (2017), no qual os princípios da Química Orgânica devem ser apresentados de maneira interligada.

Aliado ao EFM, fizemos o uso da tecnologia de impressão 3D com o objetivo de subsidiar as etapas de expressão e validação dos modelos. No decorrer da apresentação das etapas, explicaremos como inserir e desenvolver o uso da tecnologia na proposta didática.

Sugere-se que a proposta seja organizada nas seguintes três etapas:



## 1ª ETAPA

Com o objetivo de proporcionar aos alunos experiências com o conteúdo a ser estudado, ou seja, a temática “reações orgânicas”, sugere-se utilizar um texto de apoio com ao menos uma questão norteadora. A ideia é abordar reações presentes no cotidiano dos alunos a fim de direcionar discussões e estimular a elaboração de modelos mentais iniciais.

### SABER MAIS

Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique no link para acessar a sugestão de material.



## 2ª ETAPA

Para essa etapa, sugere-se que as reações de adição sejam abordadas de maneira mais detalhada. Devido à necessidade de o processo de expressão e validação dos modelos ser refeito algumas vezes, sugere-se que essa etapa seja organizada em três momentos, descritos a seguir.

### 1º Momento

Sugerimos que sejam utilizadas questões abertas sobre as principais reações de adição e suas discussões sejam direcionadas para seus fundamentos. Dessa forma, os estudantes terão a oportunidade de expressar seus modelos mentais ou reformulá-los, caso necessário.

### SABER MAIS

Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique aqui para acessar a sugestão de material.



## 2º Momento

Este momento deve ser direcionado para “testar” os modelos elaborados no momento anterior. Para isso, indicamos o uso do editor de estrutura química **KingDraw**. Ele apresenta algumas ferramentas, como variedades de setas e notação de carga, facilitando a representação dos fundamentos das reações que deverão ser trabalhados pelos alunos.

Sugerimos que os alunos sejam estimulados a fazer esse processo, levando em consideração a coerência dos compostos, das estruturas quanto a ligações e disposição espacial das moléculas.

Os modelos expressos no programa devem ser impressos em três dimensões e levados para discussão em sala de aula no momento posterior. Para este processo, vamos precisar de quatro softwares, sendo eles, **KingDraw**, **OpenBabel**, **Blender** e **Ultimaker Cura**.



*KingDraw*



<https://kingdraw.cn/en/>



*OpenBabel*



<https://openbabel.org>



*Blender*



<https://blender.org>



*UltimakerCura*



<https://Ultimaker.com>



**SABER MAIS**

Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique aqui para acessar o tutorial da modelagem com base de dados.



### 3º Momento

Para este momento, as representações elaboradas pelos estudantes no Kindraw, devem ser impressas em 3D e serem levadas para os alunos manipularem e observarem quais possíveis ajustes ainda são precisos no modelo.

Observadas as possíveis correções, os estudantes devem refazê-las utilizando peças modulares impressas em 3D. Ressalta-se que as peças de encaixe devem ser elaboradas pelo professor, devido apresentar razoável curva de aprendizagem, dificultando sua elaboração pelos alunos.

Para elaborar um projeto de impressão 3D sem utilizar banco de dados, você deve escolher um programa de modelagem 3D. Nesta proposta, vamos utilizar o modelador *3DSMax*, devido sua boa precisão, o que nos ajuda a calcular os ângulos das ligações.

Sendo assim, vamos precisar de dois softwares, sendo eles, 3DSMax e Ultimaker Cura.



*3DSmax*



<https://autodesk.com.br>



*UltimakerCura*



<https://Ultimaker.com>

#### **SABER MAIS**

Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique aqui para acessar o tutorial da modelagem sem base de dados.



## 3ª ETAPA

Esta é a etapa final da proposta didática, nela deve ocorrer a avaliação e consideração do escopo dos modelos. O objetivo deve ser de avaliar a compreensão conceitual sobre a temática e, se necessário, reiniciar o processo de modelagem.

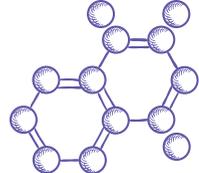
Após a discussão, sugere-se a resolução de questões adaptadas de exames de acesso às universidades que abordam as reações de adição.



Aponte a câmera do seu celular para o QR Code ou clique aqui para acessar a sugestão de material.



# CONSIDERAÇÕES FINAIS



O presente PE tem por base a pesquisa realizada na Dissertação de Mestrado da primeira autora, e foi criado a partir da aplicação da proposta que combina o EFM e tecnologia 3D em uma turma da 3ª série em uma escola pública paraense na expectativa de favorecer o ensino de reações de adição.

Entendemos que o uso de modelos no ensino favorece a (re) construção de conhecimentos necessários para resolução de problemas e estudos de fenômenos abstratos. Quando as formas de representações destes modelos se dão de maneira diversas, porém articuladas, sua contribuição tende a aumentar consideravelmente.

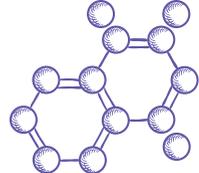
Ressaltamos que, embora a proposta apresentada seja direcionada para a abordagem de reações de adição, a estratégia adotada pode ser adaptada para os demais tipos de reações orgânicas e contextos educacionais.

Nesta perspectiva, esperamos que este guia didático contribua para a abordagem da temática em questão. Apresentando uma possibilidade de estratégia e ferramentas para subsidiar a prática docente e o estudo dos assuntos.

Destacamos que em caso de dúvidas ou demais assuntos referentes a este material, nos colocamos a disposição, podendo você entrar em contato pelo email disponibilizado na apresentação dos autores.



# REFERÊNCIAS

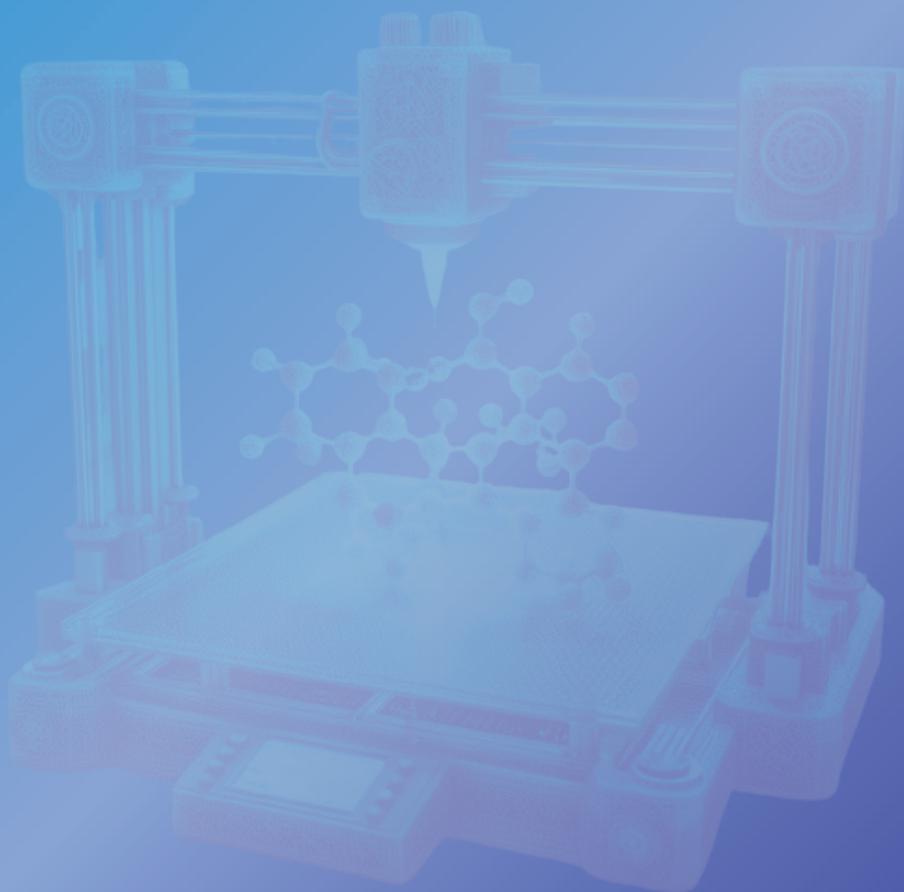


KLEIN, David. Química Orgânica: Uma aprendizagem baseada em solução de problemas. 3ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

GILBERT, John; JUSTI, Rosária. Modelling-based teaching in science education. Basel, Switzerland: Springer international publishing, 2016.



APONTE SUA CAMERA PARA O QR CODE E  
ACESSE O **PRODUTO EDUCACIONAL** DE FORMA  
DIGITAL



**PPG EECA UEPA**  
Programa de Pós-Graduação em  
Educação e Ensino de Ciências  
na Amazônia



**Centro de Ciências  
e Planetário do Pará**  
Universidade do Estado do Pará-UEPA



CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO  
**CCSE**  
UEPA



**UEPA**  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ



**Fapespa**  
Fundação Amazônia de Amparo  
a Estudos e Pesquisas