

MATERIAL MENDELIANO: UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

Luana Antunes Bragança Falcão¹

Raphaella Karoliny Antunes Bragança Falcão²

Jeyson Césary Lopes³

Elisa Queiroz Garcia⁴

1 INTRODUÇÃO

Na maioria das escolas de ensino médio, os livros didáticos muitas vezes são os únicos recursos disponíveis para os professores de Biologia. No entanto, esses recursos estão limitados a textos e ilustrações que nem sempre conseguem apresentar de forma compreensível os processos biológicos. Nesse contexto, dado que o conteúdo de genética é complexo, os livros didáticos por si só são insuficientes para a sua ensinagem, tornando necessário buscar por metodologias alternativas (MOURA *et al.*, 2013).

Dentre as metodologias alternativas, destacam-se a gamificação, as aulas práticas, o *design thinking*, entre outras. Independentemente do tipo de metodologia adotada, o objetivo fundamental de qualquer estratégia de ensino é criar um ambiente de aprendizado e, para tanto, é necessário que os discentes estejam motivados e desejem aprender. A falta de recursos didáticos nas aulas é uma das principais dificuldades relacionadas à falta de interesse dos alunos pela matéria (NASCIMENTO; ALENCAR, 2019).

Independente da metodologia utilizada, é fundamental que o aluno adquira, no mínimo, um conhecimento básico sobre a matéria. Para isso, contamos com os materiais didáticos, que representam recursos de apoio, suporte e estímulo no processo de ensino. Esses materiais podem variar desde jogos, livros, mapas, filmes até modelos didáticos, ou seja, qualquer instrumento que desempenhe um papel como recurso no processo de ensino (NICOLA; PANIZ, 2017).

O uso de modelos didáticos tem aumentado ao longo do tempo, desempenhando um papel crucial na construção do conhecimento e na conexão do pensamento com a realidade. Esses materiais proporcionam uma representação lúdica e interativa do conteúdo (GAMA; LANDELL, 2021). Portanto, torna-se essencial o desenvolvimento de modelos e ferramentas didáticas que possam demonstrar de forma tangível um conteúdo predominantemente cognitivo. O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um modelo didático destinado ao processo de ensino de genética no ensino médio.

¹ Discente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: luanafalcao@unipam.edu.br.

² Discente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: raphaellakabf@unipam.edu.br.

³ Docente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: jeysoncl@unipam.edu.br.

⁴ Docente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: elisaqg@unipam.edu.br.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 CENÁRIO ATUAL

Já vivenciamos três revoluções industriais ao longo da história, e a cada início de uma nova revolução, todos os setores enfrentam transformações significativas. Atualmente, estamos imersos na Quarta Revolução Industrial, que teve início na primeira década do século XXI. Esse período é marcado por avanços tecnológicos digitais notáveis, bem como a ascensão do metaverso (CAMARGO; LUZ, 2021).

Com esses avanços, o mercado de trabalho adapta suas necessidades, e os profissionais precisam ajustar-se e atender a essas novas demandas. Isso inclui a educação, cuja missão é preparar os indivíduos para a vida, e, portanto, deve estar em constante evolução, seguindo as exigências do mercado de trabalho (AIRES; MOREIRA; FREIRE, 2017).

Portanto, é essencial que tenhamos alunos e profissionais capazes de lidar com a vasta quantidade de informações provenientes principalmente da tecnologia, física, química e biologia. Algumas dessas disciplinas já são abordadas em sala de aula, porém muitas vezes de forma isolada, o que não reflete a realidade da vida, onde tudo está interconectado, e é fundamental ter pelo menos um conhecimento básico em diversas disciplinas para compreender notícias e resolver problemas do cotidiano (CAMARGO; LUZ, 2021).

Outro ponto importante, é que nem todas as escolas conseguem abordar, é a questão tecnológica, muitas vezes devido a restrições orçamentárias. Como resultado, boa parte da população brasileira não consegue se adaptar ao novo mundo digital. Além disso, educadores enfrentam desafios nesse cenário no qual a informação chega em grande velocidade e quantidade, acessível a qualquer pessoa, embora nem sempre seja confiável. Nesse contexto, o papel do professor passa por uma transformação, evoluindo de mero transmissor de conhecimento para se tornar um guia e um motivador dos processos de investigação e criação (CAETANO, 2015).

2.2 BIOLOGIA E O ENSINO DE GENÉTICA

A disciplina de Ciências do ensino fundamental é dividida a partir do ensino médio em três áreas distintas: Física, Química e Biologia, que, quando combinadas, constituem as Ciências da Natureza. Esse enfoque tem como objetivo proporcionar uma compreensão mais aprofundada de cada uma dessas áreas. A Biologia no nível do ensino médio abrange o estudo dos seres vivos e sua composição, abordando desde os componentes celulares até as interações entre os seres vivos.

No campo da Biologia, frequentemente nos deparamos com uma abundância de termos científicos, e os alunos muitas vezes se concentram excessivamente na memorização desses termos para exames e trabalhos, esquecendo-se de compreender os processos subjacentes. Esse é um equívoco que também pode ser cometido pelos professores, que tendem a se concentrar no ensino do conteúdo que será avaliado em exames como o ENEM e vestibulares, muitas vezes negligenciando a dinâmica da aula e

a importância do entendimento dos processos pelos alunos (MASCARENHAS *et al.*, 2016).

Para uma compreensão eficaz dos processos biológicos, é fundamental contar com materiais didáticos. Na maioria das vezes, o recurso disponível para os professores é o livro didático. Embora os livros sejam úteis, nem sempre são suficientes. Portanto, é crucial ter alternativas, como aulas práticas em laboratórios, ensino invertido em sala de aula, modelos didáticos e outros métodos que permitam aos alunos vivenciar na prática os processos biológicos.

O ensino da genética é subdividido em duas áreas principais: a genética molecular e a genética mendeliana. A genética molecular concentra-se no estudo dos cromossomos e do DNA, enquanto a genética mendeliana explora os conceitos de genes, alelos e o processo de transmissão hereditária de características (COSTA; FERREIRA, 2022).

O conteúdo de genética está no auge, com discussões constantes sobre tópicos como transgênicos, clonagem, reprodução assistida e manipulação genética. Esse conteúdo é abordado na disciplina de Biologia no 3º ano do ensino médio. De acordo com pesquisas, a genética é percebida como altamente complexa pelos estudantes (BELMIRO; BARROS, 2017).

Na maioria das escolas, especialmente nas instituições de ensino público, o ensino de genética frequentemente se restringe a aulas expositivas, nas quais o professor assume o papel de detentor do conhecimento, enquanto os alunos desempenham o papel de receptores passivos. Esse método requer um alto grau de abstração por parte dos alunos, o que pode resultar em consideráveis dificuldades de compreensão (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Para uma compreensão mais eficaz do conteúdo genético, é essencial a incorporação de aulas práticas, vídeos, jogos e modelos didáticos que possam materializar os conceitos apresentados nas aulas teóricas. Esse processo de consolidação do conhecimento é de extrema importância para desenvolver a capacidade do indivíduo de formular opiniões críticas e construtivas sobre o assunto (GOMES; LIMA; SOARES, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODO

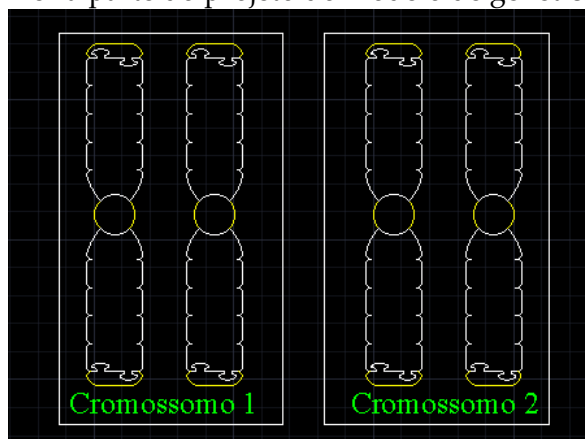
Foi desenvolvido um modelo didático para o ensino de genética mendeliana, o qual foi fabricado no FabLab - Laboratório de Fabricação do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM, localizado na cidade de Patos de Minas. O material principal utilizado na construção desse modelo é o *Medium Density Fiberboard* (MDF). O projeto foi concebido no *software* AutoCAD e posteriormente cortado utilizando a máquina de corte a laser DS4, fazendo uso de retalhos de MDF de 3mm e 6mm disponíveis no FabLab.

Os retalhos utilizados no FabLab são provenientes de projetos de alunos da UNIPAM. Além dos retalhos, foram empregados outros materiais, incluindo cola para madeira da Acrilex, papel adesivo PVC monomérico da Imprimax, elástico chato de 5mm e sacos plásticos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro passo na produção do material de genética mendeliana envolveu a criação de uma placa baseada na imagem de dois cromossomos, com aberturas para a inserção dos alelos. Na Figura 1, as linhas em branco indicam as linhas de corte, as linhas em amarelo representam as linhas de marcação, e o texto em verde destaca as áreas preenchidas. O corte, marcação e preenchimento são realizados pela máquina de corte a laser, utilizando o MDF de 3mm. Os cromossomos foram projetados de forma a apresentar simetria bilateral na parte externa, tornando mais fácil a construção e posterior inserção dos alelos. Os cromossomos 1 e 2 possuem as mesmas dimensões.

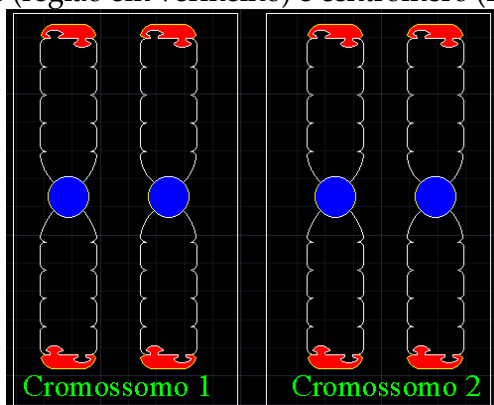
Figura 1: Primeira parte do projeto do modelo de genética mendeliana



Fonte: arquivo dos autores, 2022.

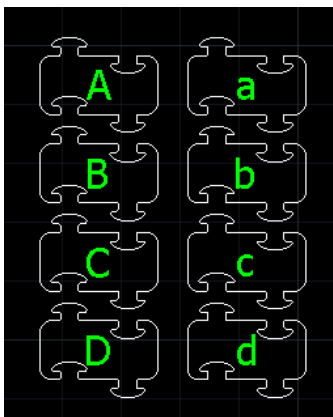
Na Figura 2, as áreas destacadas em vermelho e azul representam, respectivamente, os telômeros e o centrômero. Essas regiões foram projetadas de forma que não seja possível encaixar alelos nelas. Os alelos são inseridos através das aberturas nos cromossomos, e cada cromossomo contém 16 espaços para encaixar alelos. Os pontos de encaixe coincidem com as extremidades dos telômeros, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 2: Projeto dos cromossomos com demarcação das regiões dos telômeros (região em vermelho) e centrômero (região em azul)



Fonte: arquivo dos autores, 2022.

Figura 3: Projeto das peças dos alelos, cada letra representa um alelo e foram utilizadas letras maiúsculas para os alelos dominantes e letras minúsculas para os alelos recessivos

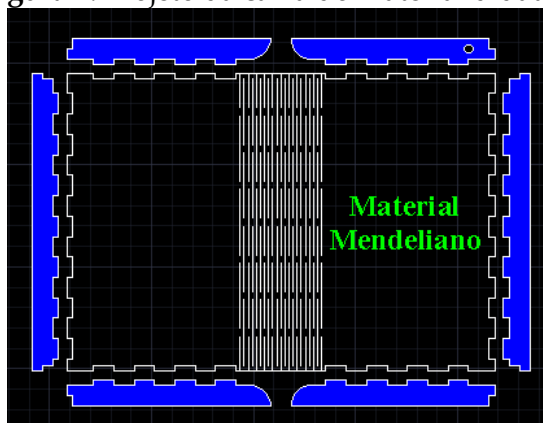


Fonte: arquivo dos autores, 2022.

Foram utilizadas as letras de A a D para distinguir os modelos de alelos, sendo cortadas 8 unidades de cada modelo, sendo 4 dominantes (letras maiúsculas) e 4 recessivos (letras minúsculas). Essa quantidade foi necessária para abranger as diversas variantes genótípicas que podem ser exploradas no estudo das Leis de Mendel. Os modelos de alelos possuem um encaixe padrão entre si, o que é essencial para que o professor possa utilizá-los em qualquer ordem no modelo do cromossomo. Os modelos de alelos foram confeccionados em MDF de 6mm, tornando-os mais altos que o cromossomo para facilitar o manuseio durante as aulas.

Foi produzida uma caixa para armazenar os alelos e o cromossomo, conforme ilustrado na Figura 4. Essa caixa foi cortada em MDF de 3mm e possui um sistema de dobra no meio. Para mantê-la fechada, há uma peça circular no canto superior direito, na qual foi fixado um elástico que envolve a caixa e a mantém fechada.

Figura 4: Projeto da caixa do material didático

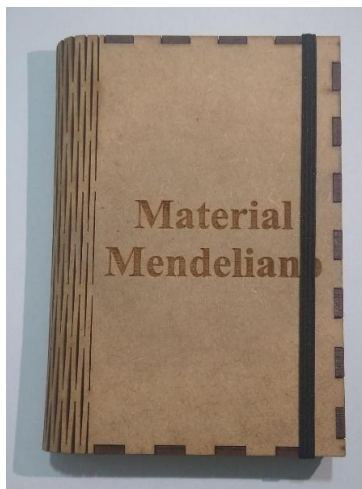


Fonte: arquivo dos autores, 2022.

Após a conclusão do projeto, as peças foram cortadas utilizando MDF de 3mm e 6mm, aproveitando retalhos disponíveis no Laboratório de Fabricação do UNIPAM - FabLab. Posteriormente, todas as peças foram fixadas em suas posições correspondentes

utilizando cola de madeira. Quanto aos alelos, foram revestidos com papel adesivo de cores diferentes para melhor compreensão dos alunos e acondicionados em sacos plásticos. Na Figura 5, é possível visualizar o material mendeliano após sua conclusão, pronto para ser utilizado em sala de aula.

Figura 5: Vista da caixa fechada do material Mendeliano



Fonte: arquivo dos autores, 2022.

O material foi projetado para ser de uso individual, o que o torna compacto e facilmente transportável em uma bolsa ou mochila. Quando fechado, possui dimensões de 14,5cm de comprimento, 10cm de largura e 2,75cm de altura. Na Figura 6, é possível visualizar a parte interna da caixa, que contém os dois cromossomos onde o aluno poderá alocar os alelos de acordo com as instruções do professor. Cada cromossomo possui 16 espaços para a colocação dos alelos, de acordo com as necessidades da aula.

Figura 6: Vista da caixa aberta do material mendeliano, sem os alelos



Fonte: arquivo dos autores, 2022.

Foram criados 4 tipos de alelos, identificados pelas letras de A a D, para distingui-los, conforme ilustrado na Figura 7. Para diferenciar entre alelos dominantes e

recessivos, utilizou-se letras maiúsculas e minúsculas, juntamente com cores distintas aplicadas sobre o MDF. Os alelos dominantes apresentam uma coloração mais escura, enquanto os recessivos têm uma coloração mais clara.

A fim de manter o material organizado, cada tipo de alelo foi armazenado em sacos plásticos individuais. A caixa foi projetada com altura suficiente para acomodar todo o material, conforme demonstrado na Figura 8. O elástico na parte superior serve para manter a caixa fechada durante o transporte, garantindo a segurança dos componentes.

Figura 7: Alelos do material Mendeliano, armazenados separadamente em sacos plásticos



Fonte: arquivo dos autores, 2022.

Figura 8: Caixa aberta do material Mendeliano



Fonte: arquivo dos autores, 2022.

O material de genética mendeliana aborda tópicos como as Leis de Mendel, variações nas proporções mendelianas, alelismo múltiplo e genes ligados. Seu custo é de R\$1,90, considerando todos os materiais usados, excluindo o valor do trabalho da máquina de corte a laser. Além disso, é um material leve, pesando apenas 164,5g.

O desenvolvimento de materiais didáticos alternativos desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem, especialmente no ensino de diversas áreas da Biologia (SILVA, 2018). Este modelo busca envolver ativamente os alunos, pois é

projetado para ser usado individualmente. Ele apresenta um sistema de encaixe semelhante ao encontrado em quebra-cabeças e peças coloridas, estimulando os alunos a montar os modelos propostos e, assim, promovendo uma maior compreensão dos conceitos de genética.

O material de genética mendeliana foi desenvolvido com o intuito de auxiliar os professores no ensino das Leis de Mendel. De acordo com Fabrício *et al.* (2006), tanto alunos do ensino médio quanto do ensino superior enfrentam dificuldades nesse tema. Ao disponibilizar um material que chame a atenção do aluno, pode-se aumentar o interesse dele em aprender o assunto.

A literatura acadêmica apresenta uma variedade de modelos didáticos feitos com diversos materiais. Por exemplo, Andrade, Santos e Alvarenga (2016) propuseram o “Jardim de Mendel” como um material barato e de fácil confecção, utilizando madeira e outros materiais. Mori, Pereira e Vilela (2011) desenvolveram uma prática que envolve o uso de massa de modelar, e Sales e Nagashima (2016) criaram um cromossomo feito de espuma de piscina de macarrão. Esses exemplos demonstram a diversidade de abordagens que visam melhorar o ensino das Leis de Mendel.

A utilização de retalhos de MDF na construção do modelo é uma abordagem inteligente, pois mostra a capacidade de reutilizar peças que, de outra forma, seriam descartadas. Além disso, o MDF é um material acessível em termos de custo, resistente e amplamente utilizado em jogos e quebra-cabeças disponíveis para compra. Exemplos como o Tangram da Jott Play, o quebra-cabeça mapa do Brasil da Tralalá e o Matemática divertida da Maninho Brinquedos demonstram que o MDF é um material seguro e adequado para fins didáticos. Esses jogos e *puzzles* são projetados para desenvolver o raciocínio lógico, o que reforça a ideia de que o MDF é uma escolha acertada para a construção de materiais didáticos.

5 CONCLUSÃO

O material mendeliano aborda uma série de tópicos importantes, incluindo as Leis de Mendel, variações nas proporções mendelianas, alelismo múltiplo e genes ligados. Sua concepção visa proporcionar uma concretização eficaz do processo de aprendizagem, requerendo que o aluno já tenha uma base teórica sólida para usar o material. Sua característica de ser um recurso individual, compacto e leve o torna uma opção valiosa para escolas e professores que desejam enriquecer o ensino de genética no ensino médio com materiais didáticos alternativos.

REFERÊNCIAS

AIRES, R. W. do A.; MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. de S. Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da Quarta Revolução Industrial. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO*, 7., 2017, Florianópolis. **Proceedings [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. p. 01-15. Disponível em: <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/314>.

ANDRADE, L. A. B.; SANTOS, N. M. dos; ALVARENGA, G. de F. P. de. O Jardim de Mendel: material didático para uso de videntes e não videntes no processo ensino aprendizagem da 1ª Lei de Mendel. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 366-371, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2016.249>.

BELMIRO, M. S.; BARROS, M. D. M. de. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Práxis**, Volta Redonda, v. 9, n. 17, p. 95-102, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.47385/praxis.v9.n17.771>.

CAETANO, L. M. D. Tecnologia e educação: quais os desafios?. **Revista Educação (UFSM)**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 295-309, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1984644417446>.

CAMARGO, L. N.; LUZ, L. E. da. Os impactos da Quarta Revolução Industrial na educação: contribuições de Byung-Chul Han. **Revista Paranaense de Filosofia**, União da Vitória, v. 1, n. 1, p. 01-12, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33871/27639657.2021.1.1.5894>.

COSTA, M. G.; FERREIRA, D. C. Uso de animações de genética molecular nas aulas iniciais de genética mendeliana. **Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 10, n. 1, p. e22003, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26571/reamec.v10i1.12979>.

FABRÍCIO, M. de F. L. *et al.* A compreensão das Leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 83-103, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172006080106>.

GAMA, C.; LANDELL, M. O lúdico no ensino de genética molecular: uma abordagem que estimula os estudantes e favorece a aprendizagem. **Revista Internacional Educon**, [S. l.], v. 2, n. 1, e20011025, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.47764/e20011025>.

GOMES, J. V.; LIMA V. M. de; SOARES, M. A. M. **Modelo didático no processo ensino aprendizagem**: mapeamento genético. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://rima.im.ufrj.br:8080/jspui/handle/1235813/3008>.

MASCARENHAS, M. de J. O. *et al.* Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 21, n. 2, p. 5-24, 2016. Disponível em: https://ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/view/1216.

MORI, L.; PEREIRA, M. A. Q. R.; VILELA, C. R. Meiose e as Leis de Mendel. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2011.113>.

MOURA, J. *et al.* Biologia/genética: o ensino de Biologia, com enfoque na genética, das escolas públicas no Brasil: breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 167, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2013v34n2p167>.

NASCIMENTO, E. O. do; ALENCAR, N. L. M. Uso de metodologias alternativas no processo de ensino aprendizagem por professores de Biologia de uma escola da rede estadual do município de Crateús - CE. *In*: CONGRESSO NACIONAL DA EDUCAÇÃO, 6., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: CONEDU, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD4_SA16_ID9154_26092019193115.pdf.

NICOLA, J.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de Ciências e Biologia. **InFor**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2017. Disponível em: <https://ojs.ead.unesp.br/index.php/need/article/view/infor2120167>.

OLIVEIRA, H. T. de A. S. de *et al.* Metodologias alternativas para o ensino de genética em um curso de licenciatura: um estudo em uma universidade pública de Minas Gerais. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Betim, v. 15, n. 1, p. 497-507, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v15i1.2790>.

SALES, V. O.; NAGASHIMA, L. A. Desenvolvimento de material didático com foco no ensino de ciências naturais para educação básica. *In*: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UNESPAR, 2., 2016, Paranavaí. **Anais [...]**. Paranavaí: Universidade Estadual do Paraná, 2016. Disponível em: <https://iniciacaocientifica.unespar.edu.br/index.php/eaic/iieaic/paper/view/4195>.

SILVA, A. A. S. **Proposta de modelos didáticos para o processo de ensino-aprendizagem sobre a estrutura dos cromossomos e a meiose**. 2018. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas), Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2018. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/28919>.