

## PRODUÇÃO DE UM MODELO DIDÁTICO PARA O ENSINO DAS MUTAÇÕES CROMOSSÔMICAS ESTRUTURAIS

Hilda Maria de Santana Silva <sup>1</sup>

Vitor Gabriel Pedro da Silva <sup>2</sup>

Ana Cristina Lauer Garcia <sup>3</sup>

### RESUMO

As mutações cromossômicas estruturais são rearranjos que alteram a morfologia dos cromossomos, contemplando as deleções, duplicações, inversões e translocações. As deleções e duplicações são rearranjos gênicos não balanceados, ocasionando mudanças no tamanho do genoma e no balanço gênico. Nas deleções uma parte de um segmento cromossômico é perdido, resultando na falta de genes. Nas duplicações, uma parte de um cromossomo apresenta genes em doses extras. Os rearranjos gênicos balanceados incluem as inversões e as translocações e são aqueles que não levam à mudança no tamanho do genoma. Nas inversões um segmento cromossômico sofre duas quebras, gira 180° e se fixa novamente ao cromossomo. Nas translocações recíprocas ocorre troca de material genético entre cromossomos não homólogos. Todas essas mutações são importantes em processos evolutivos e em doenças genéticas que afetam os seres vivos. Por se tratar de alterações que só podem ser verificadas do ponto de vista macroscópico e submicroscópico, o uso de modelos didáticos para o aprendizado deste tema se torna uma ferramenta facilitadora para o ensino. Aqui apresentamos um modelo didático tridimensional voltado ao ensino das mutações cromossômicas estruturais. Para tal, distintos tipos de cromossomos foram representados com flutuadores de piscina de diferentes cores. Nos flutuadores foram aderidas fitas adesivas coloridas e letras para representar os genes. As letras também foram impressas em braille, buscando tornar o modelo acessível para deficientes visuais. Os centrômeros foram representados por desgastes realizados com estilete nos flutuadores. Foram realizados cortes em diferentes regiões dos flutuadores e, nas regiões cortadas, foram aderidos imãs, a fim de permitir seu encaixe em diferentes posições dos flutuadores ou remoção, possibilitando a representação das mutações estruturais. Espera-se que este modelo didático resulte em uma experiência de aprendizado mais interativa e significativa para os alunos, facilitando a compreensão de diferentes conceitos de genética.

**Palavras-chave:** Deleções, duplicações, inversões, genética, translocações.

### INTRODUÇÃO

Considerando o contexto sobre o ensino de ciências e biologia nas escolas brasileiras, fica evidente que muitas lacunas são deixadas ao longo da formação dos estudantes na Educação Básica e no Ensino Médio. Em muitos casos isso se deve ao alto nível de abstração exigida para a aprendizagem de diferentes conteúdos, o que torna

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco-PE, Centro Acadêmico de Vitória, [hilda.maria@ufpe.br](mailto:hilda.maria@ufpe.br);

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco - PE, Centro Acadêmico de Vitória [vitor.gabrielsilva@ufpe.br](mailto:vitor.gabrielsilva@ufpe.br)

<sup>3</sup> Professora da Universidade Federal de Pernambuco, PE, Centro Acadêmico de Vitória [anacristina.garcia@ufpe.br](mailto:anacristina.garcia@ufpe.br)

complexa a construção de conhecimentos pelos discentes. A isto se soma a ausência de estratégias efetivas de ensino pelo docente em contraponto ao aumento da população com algum tipo de deficiência em idade escolar (Medeiros; Rodrigues, 2012; Silva; Freire; Bustamante, 2024). Essas dificuldades ficam ainda mais evidentes no âmbito do ensino de genética, área que exige uma ampla associação de conceitos que envolvem o aprendizado acerca de estruturas microscópicas e submicroscópicas, que se não forem bem explicadas pelos professores não se tornarão “palpáveis” para os estudantes, dificultando a compreensão desta área do conhecimento (Moreno, 2007).

A genética é a área das ciências biológicas que estuda como o material hereditário se transmite ao longo das gerações, o modo como ele é expresso e como pode ser alterado ao longo do tempo, o estudo desta área envolve o conhecimento dos cromossomos e suas alterações (Griffiths *et al.*, 2022). As mutações que resultam em alterações na morfologia dos cromossomos são conhecidas como “mutações estruturais” e abrangem as deleções, duplicações, inversões e translocações (Cunha, 2015; Alves *et al.*, 2021). Estas reorganizações do material genético estão associadas com síndromes e com a evolução dos seres vivos, sendo um tema importante no ensino de genética e de evolução nas escolas (Maia; Cardoso; Menezes, 2023).

Embora relevante para a formação dos estudantes, o ensino das mutações cromossômicas estruturais, muitas vezes não é abordado nos espaços escolares, mesmo sendo obrigatório pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Outra dificuldade é a abordagem, muitas vezes dissociada entre os assuntos de genética e da evolução nas escolas, dificultando a construção de conhecimento dentro destes eixos temáticos que são relevantes para a compreensão de muitas doenças, assim como a diversificação das populações e das espécies (Brasil, 2018; Aguilar-Aleixo, 2021; Griffiths *et al.*, 2022).

A importância dos modelos didáticos como ferramentas facilitadoras de ensino é cada vez mais reconhecida no ensino de genética (Farias *et al.*, 2016; Boese *et al.*, 2022; Aguilar-Aleixo, 2024). O uso destes recursos torna a aprendizagem ativa, dinâmica e efetiva por meio da prática e da ludicidade, contribuindo para facilitar a compreensão de termos e processos microscópicos e submicroscópicos, tão comuns na área da genética e que se não forem bem ensinados se tornam abstratos para os estudantes (Medeiros; Rodrigues, 2012).

Uma das limitações dos modelos didáticos tradicionais é que muitos desses recursos não são adaptados para atender às necessidades de estudantes com deficiência, especialmente aqueles com deficiência visual ou baixa visão (Nascimento; Bocchiglieri, 2019). Neste contexto é importante que haja maior inclusão desses estudantes nas atividades escolares, sendo importante que o acolhimento não se restrinja apenas à ocupação de vagas em escolas onde faltam materiais pedagógicos adaptados às suas necessidades (Mantoan, 2011). Nepomuceno e Zander (2015) enfatizam que há escassez de ferramentas voltadas à educação inclusiva no ensino de ciências e biologia.

No presente trabalho apresentamos a proposta de um modelo didático sobre as mutações cromossômicas estruturais, o qual foi adaptado para as necessidades de estudantes com deficiência visual. A proposta foi pensada para que esse tema possa ser lecionado de forma lúdica e facilite a compreensão de termos microscópicos, muitas vezes mal assimilados pelos estudantes.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A genética é essencial na compreensão de processos biológicos que permeiam o nosso cotidiano (Justina; Ferla, 2006). Geralmente explorada nos anos finais do ensino médio, os conhecimentos desta área possibilitam que os estudantes tenham contato com

temáticas como DNA, hereditariedade, divisão celular e engenharia genética, os quais envolvem uma gama de abordagens socioculturais, éticas e biológicas (Araújo; Gusmão, 2017). No entanto, é consenso que os conteúdos de genética são considerados de difícil compreensão pelos discentes (Nascimento, 2013).

Os cromossomos resultam da associação do DNA, o ácido desoxirribonucleico, e proteínas. Quando ocorrem alterações na estrutura dos cromossomos essas mudanças podem resultar em síndromes genéticas, mas também são importantes no contexto evolutivo (Guerra, 1998; Snustad; Simmons, 2017; Gonçalves; Karasawa, 2021). Deste modo, essas alterações são denominadas de “mutações cromossômicas” e são classificadas em deleções, duplicações, inversões e translocações.

Segundo o Currículo de Pernambuco e as habilidades para Ciências da Natureza e suas Tecnologias da BNCC, as mutações cromossômicas estruturais devem ser abordadas já na Educação Básica (Brasil, 2018; Pernambuco, 2021). Neste sentido, é necessário desenvolver nos estudantes uma fundamentação acadêmica que permita que eles conceituem os cromossomos, saibam onde se inserem nas células e quais funções apresentam, a fim de que possam compreender para abordagens mais complexas (Aguilar-Aleixo, 2021).

Abordagens de ensino que utilizam modelos didáticos muitas vezes andam de mãos dadas com a teoria construtivista em que o conhecimento é produzido pelo próprio estudante, mas sem excluir a necessidade de uma mediação docente, tomando como ponto de partida os seus conhecimentos prévios (Temp; Carpilovsky; Guerra, 2011; Justina; Ferla, 2006; Mascarenhas et. al, 2016). As representações em três dimensões com cores e relevos desenvolve a criatividade e desperta o interesse dos estudantes, além disso, cria caminhos para uma maior inclusão de alunos, nos quais também devem ser acolhidos aqueles com deficiência visual ou baixa visão (Barros, 2013). Vale destacar que, de acordo com a Lei de Diretrizes e Base da Educação, os alunos que possuem alguma deficiência visual têm direito acesso à educação regular no Brasil (Brasil, 1996), o qual não deve ser restrito apenas aos alunos com visão normal (Ferreira; Rodrigues; Costa, 2012).

Embora eficientes, os modelos didáticos capazes de superar as barreiras do abstrato são escassos ou indisponíveis nas salas de aula brasileiras, dificultando o aprendizado de diversos conteúdos e, de forma especial os assuntos de genética (Lopes, Almeida; Amado, 2012). Modelos didáticos adaptados a uma abordagem tátil e com o uso do sistema de escrita em braile, são essenciais para que haja maior inclusão dos estudantes com deficiência visual nos espaços de ensino (Silva et. al, 2022; Medeiros, 2022).

## **METODOLOGIA**

O modelo didático foi produzido manualmente utilizando materiais de baixo custo, a fim de facilitar sua reprodução nos ambientes escolares. Para a produção do recurso didático foram utilizados três flutuadores de piscina, sendo dois deles de tonalidades próximas (amarelo e laranja) usados para representar um par de cromossomos homólogos, enquanto o terceiro flutuador, de cor azul foi utilizado na representação de um cromossomo não homólogo. Os flutuadores de tonalidades amareladas foram cortados na metade, sendo cada um dos pedaços usados para representar as cromátides-irmãs de cada cromossomo. Do flutuador azul também foram cortados pedaços de mesmo tamanho, mas comparativamente menores em relação ao par de cromossomos homólogos, a fim de representar um cromossomo de tamanho diferente.

Em todos os pedaços de flutuadores utilizados para a construção do modelo foram realizados desgastes na porção central, com um estilete, para simbolizar a constrição primária (centrômero). Posteriormente, os pedaços de flutuadores da mesma cor (simbolizando as cromátides irmãs) foram unidos na região centromérica por fios de lã. Ao longo das cromátides foram aderidas fitas coloridas com a indicação de letras em papel simbolizando segmentos gênicos. Foram feitos vários cortes com estilete em diversas regiões entre os segmentos cromossômicos representados ao longo dos flutuadores. Nesses cortes foram aderidos imãs para possibilitar o encaixe e o desencaixe destas regiões, possibilitando representar as mutações cromossômicas estruturais do tipo deleção, duplicação, inversão e translocação.

Para tornar o modelo didático mais acessível a alunos com deficiência visual, foi adotada uma abordagem inclusiva ao adaptar as letras do alfabeto feitas de papel, que simbolizam diferentes segmentos gênicos. Essas letras foram texturizadas com pérolas para representar o braille, permitindo a leitura tátil. Além disso, toda a estrutura cromossômica foi envolvida com fios de lã, oferecendo uma textura diferenciada que facilita a compreensão por meio do toque. Desta forma, este público, ao manusear o modelo terá oportunidade de identificar os distintos rearranjos cromossômicos e, conseqüentemente, terão uma experiência mais enriquecedora de ensino que contemplará suas especificidades.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

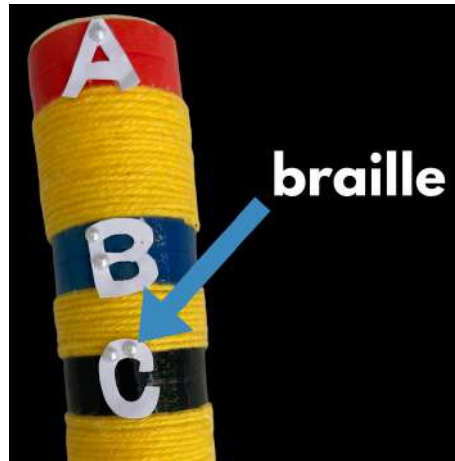
Foi produzido um modelo didático com três representações tridimensionais de cromossomos, adaptadas para pessoas com deficiência visual. Foi representado por um par de cromossomos homólogos, contendo a mesma morfologia e posição de genes. Um terceiro cromossomo foi construído com morfologia e seqüência gênica diferentes para representar um cromossomo não homólogo (Figura 1).



**Figura 1.** Representação de um par de cromossomos homólogos (cromossomo laranja e amarelo) e de um cromossomo não homólogo (cromossomo azul), construídos com flutuadores de piscina. As letras sobre os cromossomos representam diferentes seqüências gênicas.

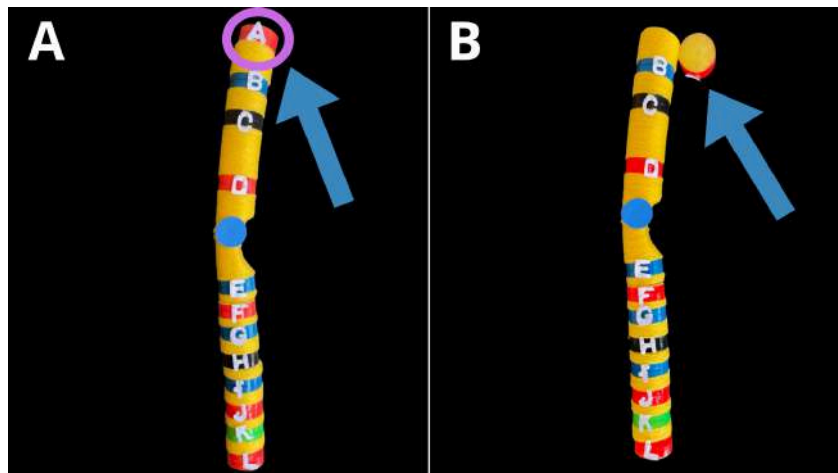
Tanto os cromossomos homólogos quanto o não homólogo apresentam características que permitem sua diferenciação pela morfologia, cores e pela seqüência dos genes, representados por fitas coloridas e letras. Para alunos com deficiência visual,

foram adaptadas letras do alfabeto braille na representação dos segmentos cromossômicos (Figura 2).

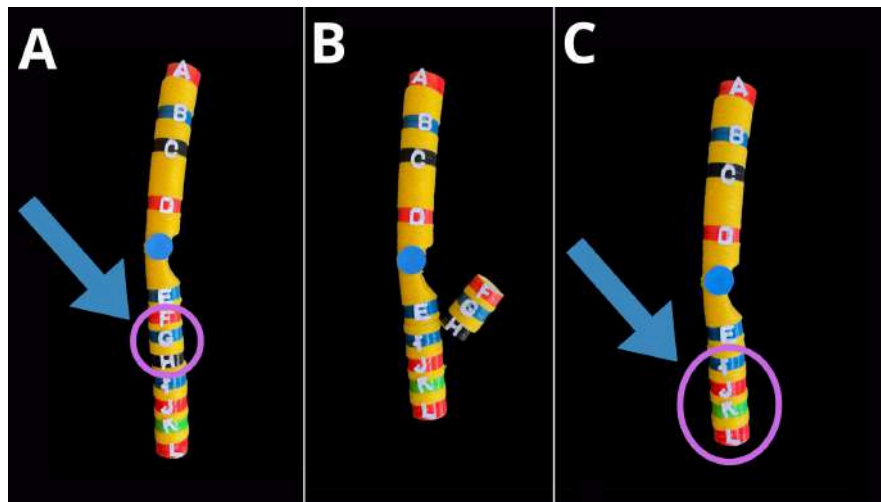


**Figura 2.** Representação de um cromossomo construído com flutuador de piscina. A porção destacada enfatiza os segmentos gênicos representados pelas fitas coloridas e letras do alfabeto, as pérolas acima das letras possibilitam a leitura da sequência gênica em braille para os deficientes visuais.

A deleção ocorre pela perda de um fragmento cromossômico (Souza et al., 2015). A representação de uma deleção terminal, por exemplo, é possível com o modelo proposto através da retirada da porção final de uma das cromátides de um dos cromossomos (Figura 3), sendo também possível representar outros tipos de deleção, como a deleção intercalar (Figura 4).

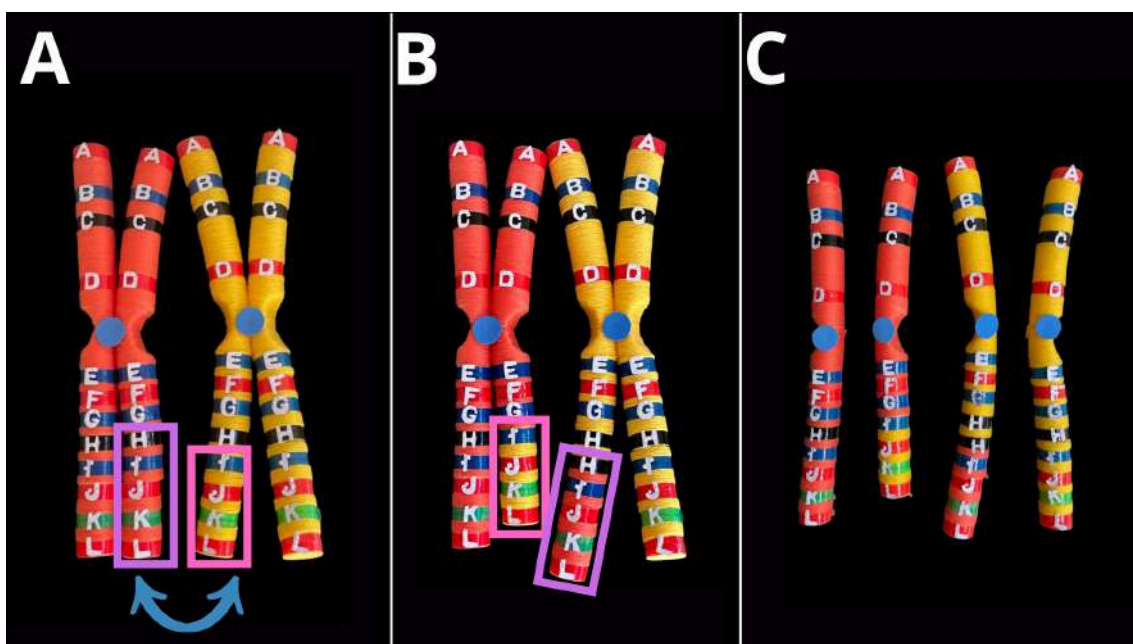


**Figura 3.** Representação de um cromossomo com o padrão gênico normal (A) e com uma deleção terminal (B). As letras sobre os cromossomos representam diferentes sequências gênicas. Os círculos azuis sobre os cromossomos indicam a região centromérica .



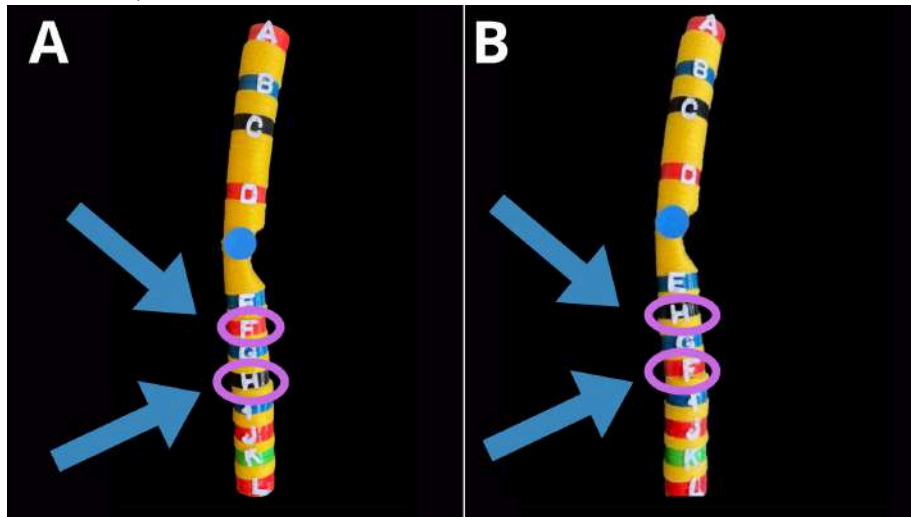
**Figura 4.** Representação de um cromossomo com a ordem gênica normal (A) e com uma deleção intercalar (B e C). As letras representam diferentes sequências gênicas. Os círculos azuis sobre os cromossomos indicam a região centromérica.

As deleções e duplicações podem ser originadas pelo crossing over desigual, o que também pode ser ilustrado pelo modelo didático aqui apresentado. Para tal, apenas necessita-se parar de forma não alinhada os dois cromossomos homólogos e trocar porções gênicas entre as cromátides não-irmãs destes cromossomos, resultando em um desalinhamento do crossing over. Após a troca é possível verificar a deleção gênica em uma das cromátides e uma duplicação gênica em outra (Figura 5). Com isso, o docente pode debater com os estudantes os efeitos das deleções e das duplicações que dependerão dos genes envolvidos (Souza et al., 2015). De modo geral, tanto as duplicações quanto as deleções podem causar anomalias genéticas sendo, na maioria das vezes, os efeitos mais prejudiciais ocasionados pelas deleções. No entanto, o professor deverá explorar também que essas mutações cromossômicas têm importância biológica, por exemplo os genes das globinas humanas resultaram de processos de duplicação gênica ao longo do processo evolutivo (Griffiths et al., 2022).

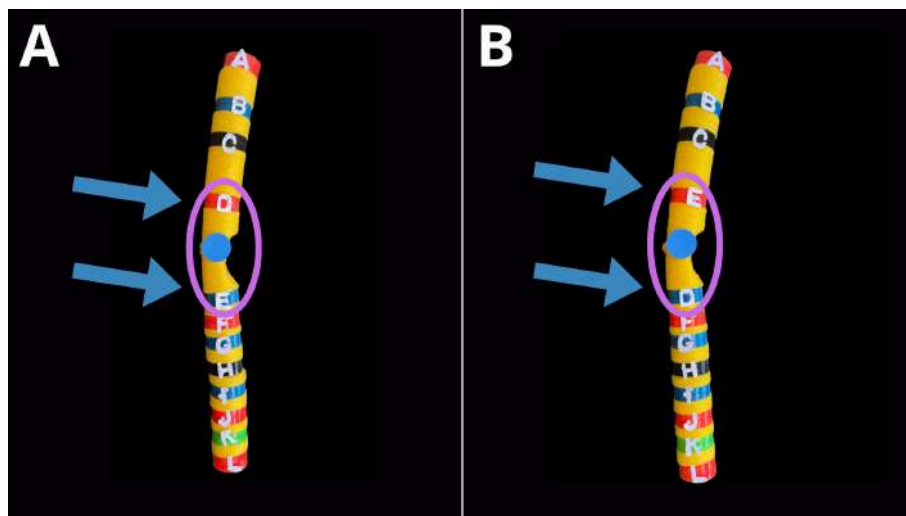


**Figura 5.** Representação de um par de cromossomos homólogos com pareamento desalinhado durante a prófase meiótica (A). O resultado do crossing over desigual é ilustrado nas Figuras B e C, nas quais é possível observar uma cromátide com deleção do gene “I” e outra com duplicação do gene “H”. Os círculos azuis sobre os cromossomos indicam a região centromérica.

As inversões podem ser representadas através da remoção de pedaço de segmento de um cromossomo com posterior religação neste mesmo cromossomo em ordem invertida, após sofrer rotação de 180°. O modelo didático apresentado permite representar tanto a inversão paracêntrica (Figura 6), na qual o segmento invertido não inclui o centrômero, quanto a pericêntrica, na qual o centrômero está incluindo no segmento invertido (Figura 7). É possível mostrar aos estudantes que por se tratar de uma mutação do tipo balanceada, não haverá mudanças na quantidade de material genético nas inversões. Apesar disso, os indivíduos, portadores de inversões poderão apresentar problemas na formação dos gametas, quando são heterozigotos para inversões e apresentam crossing-over dentro do segmento invertido durante a meiose (Souza et al., 2015).

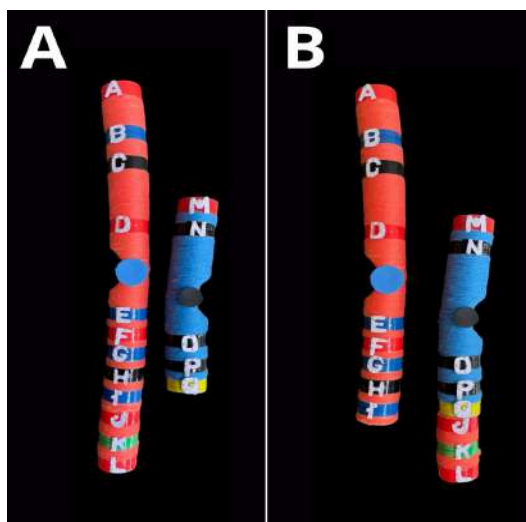


**Figura 6.** Representação de um cromossomo com uma sequência gênica normal (A) e com uma inversão paracêntrica (B), envolvendo os segmentos gênicos F, G e H. Os círculos azuis sobre os cromossomos indicam a região centromérica.

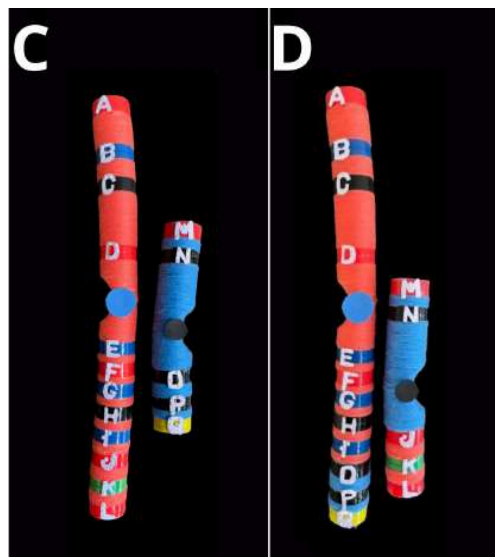


**Figura 7.** Representação de um cromossomo com uma sequência gênica normal (A) e com uma inversão pericêntrica (B), envolvendo os segmentos gênicos D e E. Os círculos azuis sobre os cromossomos indicam a região centromérica.

O modelo permite tanto a representação de translocações simples (Figura 8) quanto de translocação recíproca (figura 9), envolvendo troca de segmentos entre cromossomos não-homólogos. Estas representações permitem contextualizar em sala de aula as doenças cromossômicas associadas a essas reorganizações no material genético, como o Linfoma de Burkitt e a Leucemia Mielóide Crônica, bem como a importância dos eventos de translocação até mesmo no surgimento da nossa linhagem evolutiva (Griffiths et al., 2022).



**Figura 8.** Representação de dois cromossomos não homólogos (A) e do resultado de uma translocação simples entre eles (B). Os círculos azuis e pretos sobre os cromossomos indicam a região centromérica e as letras as sequências gênicas.



**Figura 9.** Representação de dois cromossomos não homólogos (A) e do resultado de uma translocação recíproca entre eles (B). Os círculos azuis e pretos sobre os cromossomos indicam a região centromérica e as letras as sequências gênicas.

A utilização de modelos didáticos nas aulas de biologia torna o aprendizado mais envolvente, interessante e significativo para os estudantes, permitindo a melhor concretização de saberes (Castoldi, 2006). Porém é imprescindível além de rever as estratégias e a prática pedagógica para o ensino de Ciências e Biologia, atender as demandas específicas dos estudantes, principalmente daqueles que não tem o sentido da visão ou o tem subdesenvolvido, para que deste modo as dificuldades desse grupo



também sejam superadas e todos sejam contemplados com as metodologias de ensino propostas pelo docente (Santos; Ferreira; Ferreira, 2024).

Assim pode-se dizer que o uso de estratégias que envolvam modelos táteis pode ser um caminho favorável à aprendizagem de estudantes com Deficiência Visual (Andrade *et al.*, 2019). Dessa maneira Costa *et al.* (2019), corrobora com a eficácia desses recursos ao constatar melhora no processo de aprendizagem ao proporcionar o contato do estudante com deficiência visual com representações concretas do conteúdo no campo da Biologia Molecular.

Além disso, Lima *et al.* (2017), conseguiram atestar que a aplicação das aulas com recurso didático faz com que os estudantes consigam obter um elevado grau de compreensão quando comparado com a aula meramente expositiva pois facilita o processo de aprendizagem do estudante com ou sem deficiência, tendo em vista que a manipulação de materiais concretos oportuniza momentos ativos de aprendizagem e contribui para desenvolver habilidades cognitivas e motoras (Souza, 2007; Silva; Freire; Bustamante, 2024).

Dessa forma, por meio de modelos que oportunizam a exploração tátil, é possível realizar uma integração social em sala de aula minimizando a exclusão e trazendo contribuições significativas na compreensão de conteúdos abstratos como Genética (Farias *et al.*, 2016). Ademais, esse tipo de estratégia também oportuniza o estudante não vidente a desenvolver autonomia quando utilizado o sistema de leitura em braille proporcionando uma aprendizagem ativa, que pode ainda ser complementada a audiodescrição feita pelo docente, utilizando da capacidade multisensorial deste processo de ensino-aprendizagem (Santos; Ferreira; Ferreira, 2024).

A versatilidade nas abordagens de conteúdos voltados à genética, proporcionada pelo uso de um modelo didático inclusivo, se apresenta como alternativa favorável à prática docente. Apesar de ser produzido com objetivo de facilitar a compreensão sobre as mutações cromossômicas estruturais o modelo pode ser utilizado pelo docente para o ensino sobre a morfologia dos cromossomos e ciclo celular, explorando a mitose e a meiose, conceitos microscópicos da genética, possíveis casos clínicos e evolutivos relacionados às alterações em segmentos de cromossomos envolvendo abordagens de conceitos relacionados às síndromes, não se restringindo portanto, a um único conteúdo de Genética e Biologia Molecular.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os modelos de cromossomos didáticos tridimensionais representam uma ferramenta valiosa para o ensino de conceitos genéticos, especialmente no contexto da inclusão de alunos com deficiência visual. A adaptação desses modelos para contemplar diferentes formas de aprendizagem e necessidades específicas dos estudantes é um passo significativo em direção a um ambiente educacional mais inclusivo e acessível, resultando em uma ferramenta com uma versatilidade crucial para a mediação do ensino. Ao proporcionar uma representação tangível e tátil dos conceitos abstratos da genética, os modelos não apenas facilitam a compreensão dos alunos, mas também estimulam sua participação ativa e significativa no processo de aprendizagem, uma vez que o manuseio do recurso em partes que podem ser removidas e reposicionadas, possibilita melhor eficiência nas orientações e esclarecimento de dúvidas entre o docente e o estudante com relação às mudanças estruturais e suas consequências para indivíduos e no processo evolutivo. A utilização de materiais de baixo custo e a explicação detalhada sobre sua construção torna o recurso didático apresentado mais fácil de ser reproduzido em diferentes espaços escolares. Desse modo, espera-se que a

proposta elaborada enriqueça o ensino de genética, promovendo uma experiência de aprendizado mais envolvente e inclusiva.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR-ALEIXO, L. CROMOSSOMOS, SEGREDOS E MISTÉRIOS: METODOLOGIA ALTERNATIVA NO ENSINO DE CITOGENÉTICA. **Revista Extensão & Cidadania**, v. 9, n. 15, p. 110–118, 2021.

AGUILAR-ALEIXO, L. Diversificação das estratégias no ensino e aprendizagem de citogenética. **Revista Triângulo**, Uberaba - MG, v. 14, n. 3, p. 1–20, 2021. DOI: 10.18554/rt.v14i3.5867. Disponível em: <https://seer.uftm.edu.br/revistaelectronica/index.php/revistatriangulo/article/view/5867>. Acesso em: 1 jul. 2024.

AGUILAR-ALEIXO, Luciana. Cromossomos, segredos e mistérios: metodologia alternativa no ensino de citogenética. **Revista Extensão & Cidadania**, v. 9, n. 15, p. 110-118, 2021.

ALVES, Raíssa Zimmermann et al. Alterações citogenéticas associadas à infertilidade humana. **Brazilian Applied Science Review**, v. 5, n. 1, p. 542-557, 2021.

APARECIDA SANTOS SILVA, L.; FREIRE, A.; BUSTAMANTE, F. Fluxo da informação gênica: recurso didático para o ensino de genética com foco na inclusão de estudantes com deficiência visual e auditiva: O fluxo da informação gênica. **Educação em Foco**, v. 27, n. 51, p. 1–20, 2024.

ARAUJO, Adriano Bruno; GUSMÃO, Fabio Alexandre Ferreira. As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira. **Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2017.

BARROS, Gabriela Dutra. O uso de um recurso didático como subsídio para o ensino de genética. 2013.

BOESE, Jessica Correia et al. Recursos didáticos no ensino de genética para pessoa com deficiência visual: uma revisão sistemática de literatura. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 1-18, 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018

CASTOLDI, R; POLINARSKI, C. A. A utilização de Recursos didático pedagógicos na motivação da aprendizagem. In: II **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIENCIA E TECNOLOGIA**.

CUNHA, Kelly de Paula. **Aplicação de mapas auto-organizáveis na classificação de aberrações cromossômicas utilizando imagens de cromossomos humanos submetidos à radiação ionizante**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DA HORA FARIA, Mauro Luiz et al. É possível ensinar a genética para alunos cegos?. *Conhecimento & Diversidade*, v. 8, n. 16, p. 84-99, 2016.

DA SILVA COSTA, Alessandra Françoso; VINHOLI JÚNIOR, Airton José; GOBARA, Shirley Takeco. Ensino de biologia celular por meio de modelos concretos: um estudo de caso no contexto da deficiência visual. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, v. 14, n. 1, p. 50-62, 2019.

DE ANDRADE, Léia et al. Projeto democratização do ensino de Ciências Morfológicas: promovendo acessibilidade a pessoas com deficiências visuais. *Extensio: Revista Eletrônica de Extensão*, v. 16, n. 32, p. 154-166, 2019.

DE SOUZA, Salete Eduardo; DE GODOY DALCOLLE, Gislaine Aparecida Valadares. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. *Arq Mudi. Maringá, PR*, v. 11, n. Supl 2, p. 110-114p, 2007.

DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida; FERLA, Marcio Ricardo. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética-exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. *Arquivos do MUDI*, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

FERREIRA, Thalita Cássia Rodrigues Paiva; RODRIGUES, Amanda Séllos; DA COSTA, Flávia Lage Pessoa. Análises e discussões acerca do uso de um material didático tátil para o ensino do tema padrões de herança a estudantes com deficiência visual. *Benjamin Constant*, v. 2, n. 61, p. 24-41, 2020.

GONÇALVES, Tiago Maretti Gonçalves Tiago Maretti; KARASAWA, Marines Marli Gniech. "MUTA-AÇÃO: A PROPOSTA DE UM JOGO LÚDICO SOBRE MUTAÇÕES E SÍNDROMES GENÉTICAS NAS DISCIPLINAS DE BIOLOGIA MOLECULAR E GENÉTICA CLÁSSICA. *Arquivos do Mudi*, v. 25, n. 1, p. 44-65, 2021.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética*. 22.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022.

GUERRA, M. S. *Introdução à Citogenética Geral*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

LOPES, Natielle Rangel; ALMEIDA, Lorena Alves; AMADO, Manuella Villar. Produção e análise de recursos didáticos para ensinar alunos com deficiência visual o conteúdo de mitose: uma prática pedagógica no ensino de ciências biológicas. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, v. 2, n. 02, p. 103-111, 2012.

MAIA, F. Érica da S.; CARDOSO, A. G. de M.MENEZES, M. da C. V. de A. Sequência didática sobre mutações: proposta para o estudo de genética no Ensino Médio. *Práticas Educativas, Memórias e Oralidades - Rev. Pemo*, [S. l.], v. 5, p. e510425, 2023. DOI: 10.47149/pemo.v5.e510425. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/revpemo/article/view/10425>. Acesso em: 1 jul. 2024.

MANTOAN, M. T. E. **O DESAFIO DAS DIFERENÇAS NAS ESCOLAS**. [s.l: s.n.].

MASCARENHAS, Marcia de Jesus Oliveira et al. Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. *Pesquisa em foco*, v. 21, n. 2, 2016.

MEDEIROS, Erica Gomes. **Materiais didáticos de biologia para alunos com deficiência visual: uma revisão bibliográfica dos últimos cinco anos (2018-2022)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

MEDEIROS, K. C. R.; RODRIGUES, F. M. Análise da Eficiência do Uso de um Modelo Didático para o Ensino de Citogenética. **Revista EVS - Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, Goiânia, Brasil, v. 39, n. 3, p. 311–319, 2013. DOI: 10.18224/est.v39i3.2644. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/2644>. Acesso em: 7 maio. 2024.

MORENO, A. B. Genética no ensino médio: dos Parâmetros Curriculares Nacionais à sala de aula. **UERJ–Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes**, 2007.

NASCIMENTO, Juliana Macedo Lacerda et al. **Conceito de mutação biológica: influências e potencialidades no ensino de ciências**. 2013. Tese de Doutorado.

NASCIMENTO, L. M. M.; BOCCHIGLIERI, A.. Modelos didáticos no ensino de Vertebrados para estudantes com deficiência visual. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, n. 2, p. 317–332, abr. 2019.

NEPOMUCENO, Taiana Aparecida Ribeiro; ZANDER, Leiza Daniele. Uma análise dos recursos didáticos táteis adaptados ao ensino de ciências a alunos com deficiência visual inseridos no ensino fundamental. **Benjamin Constant**, v. 1, n. 58, 2015.

REZENDE, Leandro Pereira; GOMES, Sâmea Cristina Santos. Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. **Revista de Educação, ciências e matemática**, v. 8, n. 2, 2018.

SANTOS, Sarah Lorena Silva; FERREIRA, Welberth Santos; FERREIRA, Suelen Rocha Botão. Utilização de modelo didático no ensino de DNA com acessibilidade a deficientes visuais. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, p. e14938-e14938, 2024.

SILVA, Josana Carla Gomes et al. Ensino de Ciências para alunos com deficiência visual. **Benjamin Constant**, v. 28, n. 65, p. 1-22 e286503, 2022.

SILVA, Larissa Aparecida Santos; FREIRE, Anna; BUSTAMANTE, Fernanda. Fluxo da informação gênica: recurso didático para o ensino de genética com foco na inclusão de estudantes com deficiência visual e auditiva: o fluxo da informação gênica. **Educação em Foco**, v. 27, n. 51, p. 1-20, 2024.

SNUSTAD, D. P. & SIMMONS, M. J. **Fundamentos de Genética**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

**SOUZA, P. R. E. et al. Genética geral para universitários. 2015**

