UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



UMA ADAPTAÇÃO DE UM MODELO EM IMPRESSÃO 3D PARA O ENSINO DE DIVISÃO CELULAR

RAYANE LIMA DA SILVA

Recife 2024

RAYANE LIMA DA SILVA

UMA ADAPTAÇÃO DE UM MODELO EM IMPRESSÃO 3D PARA O ENSINO DE DIVISÃO CELULAR

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr° Edgar Corrêa Amorim filho

Recife 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S586a	 Silva, Rayane Lima da. Uma adaptação de um modelo em impressão 3d para ensino de divisão celular / Rayane Lima da Silva Recife 2024. 56 f.; il. 		
	Orientador(a): Edgar Corrêa Amorim Filho.		
	Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, BR-PE, 2025.		
	Inclui referências.		
	1. Impressão tridimensional. 2. Ciclo celular - Estudo e ensino. 3. Didática. 4. Ciências da vida - Estudo e ensino 5. Citologia . I. Amorim Filho, Edgar Corrêa, orient. II. Título		
	CDD 574		

UMA ADAPTAÇÃO DE UM MODELO EM IMPRESSÃO 3D PARA O ENSINO DE DIVISÃO CELULAR

Aprovado em: 04/10/2024

Comissão Avaliadora:

Prof^o Dr^o Edgar Corrêa Amorim filho UFRPE Orientador

Prof^a Dr^a Nara Suzy Aguiar Freitas UFRPE Titular

Prof^o Dr^a Carmen Roselaine de Oliveira Farias UFPE Titular

> Recife 2024

DEDICATÓRIA

ESTE TRABALHO É DEDICADO, EM ESPECIAL, À MINHA FILHA SOFIA LOBO E A TODOS QUE CONTRIBUÍRAM PARA A MINHA TRAJETÓRIA DURANTE A GRADUAÇÃO.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão a todos os professores da banca por dedicarem seu tempo à avaliação do meu Trabalho de Conclusão de Curso. Sei que a revisão e análise detalhada demandam um esforço considerável, e estou verdadeiramente grata pelo comprometimento em fornecer um feedback construtivo.

Agradeço especialmente pela orientação valiosa que recebi ao longo deste processo dos professores Edgar Amorim e Lorena Brizza. Suas sugestões foram fundamentais para o aprimoramento deste trabalho, e sou extremamente grata pela contribuição.

Também gostaria de expressar minha gratidão aos meus amigos de curso, Bruno Jacinto e Rita Fernanda, por me apoiarem ao longo desta jornada.

Agradeço a Aureliano Guedes, pai da Sofia, por todo apoio e incentivo. Seu encorajamento e apoio moral foram essenciais para superar os desafios e alcançar este marco.

Agradecer a Evellyn Basílio e Jhonatan Ramos por todas as conversas e pela ajuda que contribuíram na elaboração do TCC, assim como ao Programa de Educação Tutorial - PET Conexões de Saberes, A Ciranda da Ciência, por proporcionar os recursos e o ambiente propício para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho adapta um modelo existente sobre divisão celular para desenvolver modelos didáticos impressos em 3D, integrando placas em braille como uma abordagem inovadora para o ensino do ciclo celular, alinhada às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O estudo investiga a evolução histórica do conhecimento sobre o ciclo celular e descreve suas principais fases: intérfase, mitose e meiose. A inclusão das placas em braille tem como objetivo tornar esses conceitos mais acessíveis, oferecendo uma experiência educativa que é visual, tátil e interativa. Adicionalmente, o trabalho detalha o processo de impressão 3D, abrangendo a seleção de materiais e as etapas de fabricação dos modelos didáticos, além de destacar as vantagens dessa tecnologia no ambiente educacional. O planejamento e a impressão de modelos representando as fases do ciclo celular foram realizados com a intenção de fundamentar atividades práticas futuras, que visam avaliar a eficácia dessa ferramenta como recurso pedagógico inclusivo. Embora a atividade ainda não tenha sido implementada, os modelos 3D demonstram potencial para melhorar a compreensão dos alunos, proporcionando um aprendizado mais dinâmico e interativo em biologia celular. Essa metodologia inovadora pode transformar o ensino de conceitos complexos, incentivando a adoção de tecnologias emergentes e criando um ambiente educacional mais acessível e envolvente para todos os estudantes.

Palavra-chave: Impressão 3D, Ciclo Celular, Modelo Didático, Educação, Ensino.

ABSTRACT

This work adapts an existing model of cell division to create 3D printed didactic models, incorporating braille plates as an innovative approach to teaching the cell cycle, in accordance with the guidelines of the National Common Curricular Base (BNCC). The study analyzes the historical evolution of knowledge about the cell cycle and describes its main phases: interphase, mitosis, and meiosis. The inclusion of braille plates aims to make these concepts more accessible, providing an educational experience that is visual, tactile, and interactive. Additionally, the work details the 3D printing process, including material selection and the stages of manufacturing the didactic models, and highlights the advantages of this technology in the educational context. The planning and printing of models representing the phases of the cell cycle were carried out with the intention of laying the groundwork for future practical activities, which aim to assess the effectiveness of this tool as an inclusive pedagogical resource. Although the activity has not yet been implemented, the 3D models have the potential to enhance students' understanding, providing a more dynamic and interactive learning experience in cellular biology. This innovative methodology can transform the teaching of complex concepts, promoting the adoption of emerging technologies and creating a more accessible and engaging educational environment for all students.

Keywords: 3D Printing, Cell Cycle, Teaching Model, Education, Instruction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da intérfase	18
Figura 2 - Fases da mitose	19
Figura 3 - Fases da meiose I	21
Figura 4 - Fases da meiose II	22
Figura 5 - Diferença entre PETG, PLA e ABS	28
Figura 6 - Impressão em resina	28
Figura 7 - impressão de jóias	29
Figura 8 - impressão em DLP	
Figura 9 - Impressora utilizada	30
Figura 10 - Processo de impressão 3D	33
Figura 11 - Fatiador Prussa Slicer	35
Figura 12 - Modelo original	36
Figura 13 - Importação do modelo para o prussa	36
Figura 14 - Objeto sem face colada na mesa	
Figura 15 - Objeto com face colada na mesa	
Figura 16 - Corte do modelo	37
Figura 17 - Modelo dividido em partes	
Figura 18 - Nome em inglês selecionado	
Figura 19 - Braille selecionado	
Figura 20 - Aplicando corte na posição	
Figura 21 - Corte aplicado	39
Figura 22 - Modelo fatiado sem mudança de cor	40
Figura 23 - Modelo com mudança de cor e fatiado	41
Figura 24 - Tempo estimado	41
Figura 25 - Adicionar caixa	42
Figura 26 - Dimensões da caixa	42
Figura 27 - Adição de texto	43
Figura 28 - Informações da fonte	43
Figura 29 - Fatiamento com alteração de cor	43
Figura 30 - Tempo estimado	44
Figura 31 - modelo 1 adaptado	44
Figura 32 - Adição do nome	45
Figura 33 - Fatiamento	45

Figura 34 - Tempo estimado	46
Figura 35 - Configuração padrão	46
Figura 36- Nome em braille	46
Figura 37- Arquivo STL	47
Figura 38 - Tempo estimado	47
Figura 39 - Modelo 2 adaptado	48

SUMÁRIO

1.	INT	TRODUÇÃO	12
2.	FU	NDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
	2.1	Base Nacional Comum Curricular - BNCC	13
	2.2	2 Desenvolvimento Histórico do Ciclo Celular	15
	2.3	3 Ciclo Celular	17
	2.4	O ciclo Celular no cotidiano dos alunos	22
	2.5	A importância da abordagem didática do ciclo celular utilizando mode	elos em
	imp	pressos em 3D	23
3.	MA	ATERIAL E MÉTODO	25
	3.1	Impressão 3D	25
	3.2	Surgimento	26
	3.3	Tipos de Impressora 3D e suas aplicações	27
	3.4	Materiais utilizados na impressão 3D	30
	3.5	Etapas de Fabricação de uma Peça por Meio da Impressora 3D	32
4.	RE	ESULTADO	34
	4.1	Planejamento e impressão do modelo didático	34
	4.2	2 Etapas da impressão do modelo didático	35
5	. ATI	VIDADES PROPOSTAS	48
	5.1	Proposta de Atividade 1	48
	5.2	Proposta de Atividade 2	50
6.	CC	NCLUSÃO	52
7.	RE	FERÊNCIA	53

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o engajamento dos alunos do Ensino Médio no processo de aprendizagem enfrenta diversos desafios, que podem ser atribuídos a múltiplos fatores. Entre eles, destacam-se a falta de métodos pedagógicos inovadores em sala de aula, a inadequação da infraestrutura de muitas escolas, o excesso de alunos por turma, a insuficiência de formação contínua para os professores e, em alguns casos, o desinteresse dos próprios estudantes.

De acordo com os resultados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2022 (1), o Brasil ficou abaixo da média em ciências, obtendo 403 pontos, uma pontuação inferior às alcançadas por países como Chile, Uruguai e Colômbia. Esses dados ressaltam a necessidade urgente de melhorias no sistema educacional brasileiro, que podem ser alcançadas por meio de reformas legislativas e investimentos significativos para aprimorar a qualidade da educação oferecida aos estudantes do ensino médio.

No campo da biologia, o conteúdo relacionado à genética apresenta desafios significativos para a assimilação de muitos estudantes, resultando em uma compreensão limitada e, consequentemente, em uma percepção de desinteresse em relação ao tema (2). Com o objetivo de promover uma compreensão mais sólida dos conceitos genéticos entre os alunos do ensino médio, este trabalho propõe explorar o conteúdo de Divisão do Ciclo Celular, pois é a partir desse conteúdo que são introduzidos conceitos fundamentais como cromossomos e centríolos. Essa abordagem visa fornecer uma base mais sólida para que os estudantes avancem para tópicos mais complexos relacionados à genética.

O objetivo deste trabalho é a adaptação de um modelo didático desenvolvido por meio da impressão 3D, com o intuito de proporcionar aos alunos a oportunidade de aprender de forma mais lúdica e realista.

Esse material se mostra vantajoso, pois oferece uma experiência tangível que vai além das ilustrações encontradas nos livros didáticos. A impressão 3D permite a criação de modelos tridimensionais que representam de maneira mais concreta conceitos abstratos, como moléculas, estruturas celulares e formas geométricas

complexas. Esses modelos podem ser manipulados pelos alunos, permitindo uma compreensão mais profunda dos temas estudados.

Além disso, a utilização da impressão 3D no contexto educacional promove interatividade e engajamento dos estudantes, tornando as aulas mais dinâmicas. Ao explorar os modelos 3D por conta própria, os estudantes têm a oportunidade de facilitar o processo de aprendizagem e melhorar a retenção de informações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção, abordaremos um pouco da história do ciclo celular, com base na BNCC, e inovações metodológicas em sala de aula, como o uso de modelos didáticos impressos em 3D.

2.1 Base Nacional Comum Curricular - BNCC

A estrutura educacional do Brasil é orientada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (3), um documento elaborado com a colaboração de especialistas de diversas áreas do conhecimento, seu propósito é garantir os direitos educacionais dos estudantes, conforme estabelecido no § 10 do Artigo 1° da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei no 9.394/1996) (4). Homologada em 2017, a BNCC tem como objetivo promover a equidade, qualidade e integralidade da educação no país.

A responsabilidade pela implementação recai sobre os sistemas de ensino, escolas e professores, que devem ajustar seus currículos e práticas pedagógicas de acordo com os princípios e diretrizes do documento, visando contribuir para a melhoria da qualidade da educação no Brasil e atender às demandas da sociedade contemporânea. A BNCC apresenta características fundamentais. Primeiramente, destaca-se como Base Comum ao estabelecer os conhecimentos, competências e habilidades que todos os alunos têm o direito de desenvolver, independentemente de sua origem, condição social ou regional. Além disso, incorpora o princípio da diversidade, considerando aspectos culturais, étnico-raciais, de gênero, religiosos, entre outros, visando promover uma educação inclusiva que respeite as diferenças. Sua flexibilidade permite adaptações curriculares para atender às especificidades locais e regionais, mantendo a essência da base comum. Sua integração curricular busca promover uma abordagem mais contextualizada e interdisciplinar.

Quando relacionada ao ciclo celular, a BNCC, no contexto do Ensino Médio em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, estabelece a competência geral de compreender os princípios fundamentais da biologia, associando as características dos seres vivos aos processos celulares, incluindo o ciclo celular, a mitose e a meiose. De acordo com a BNCC, o estudo da divisão celular é abordado principalmente nos componentes curriculares de ciências no ensino fundamental e de biologia no ensino médio. As habilidades e competências relacionadas a esse tema visam o desenvolvimento do pensamento científico e a compreensão dos processos biológicos.

A seguir, algumas das habilidades e competências relacionadas ao estudo da divisão celular:

ENSINO FUNDAMENTAL - CIÊNCIAS (Anos Finais)				
EF08C108	Compreender e explicar a estrutura e função das células, identificando organelas relacionadas ao ciclo celular e aos processos de divisão celular (meiose e mitose).			
EF08C109	relacionar a reprodução celular com crescimento e desenvolvimento dos organismos multicelulares, bem como a regeneração de tecidos e cicatrização.			
EF08CI10	Interpretar a importância da divisão celular para a manutenção da vida, incluindo a hereditariedade e a variabilidade genética.			

Fonte: BNCC

ENSINO MÉDIO - Biologia				
EM13CN303	Analisar e interpretar a função das divisões celulares (mitose e meiose) em diferentes contextos, incluindo crescimento, regeneração, reprodução, variabilidade genética e manutenção da espécie.			
EM13CN304	Compreender a importância do ciclo celular para o crescimento e a manutenção da vida, assim como sua relação com mutações genéticas e doenças, com câncer.			

Fonte: BNCC

COMPETÊNCIAS GERAIS			
Pensamento científico, crítico e criativo	Utilizar o conhecimento sobre divisão celular para resolver problemas relacionados à biologia celular genética, interpretando fenômenos biológicos e propondo soluções criativas.		
Trabalho e projeto de vida	Aplicar o conhecimento sobre divisão celulares em discussões sobre saúde, reprodução e biotecnologia, conectando o aprendizado com questões da vida cotidiana.		

Fonte: BNCC

Essas habilidades visam capacitar os alunos a compreender os processos biológicos essenciais, dentro de um contexto mais amplo de funcionamento dos organismos e suas implicações para a saúde e a ciência.

2.2 Desenvolvimento histórico do ciclo celular

Em 1665, o cientista inglês Robert Hooke fez uma das descobertas mais significativas da biologia ao observar, pela primeira vez, células. Utilizando um microscópio de sua própria criação, Hooke examinou uma fina lâmina de cortiça, um tecido vegetal retirado da casca de árvores. Ele notou que a cortiça era composta por pequenas cavidades, semelhantes a compartimentos, que chamou de "células", devido à semelhança com as celas de um mosteiro. No entanto, ele observou apenas as paredes celulares de células mortas, já que a cortiça é formada por células vegetais que perderam seu conteúdo interno. Hooke documentou suas observações na obra "Micrographia" (5), onde não apenas introduziu o conceito de "célula" na ciência, mas também demonstrou o potencial do microscópio como ferramenta científica. A obra influenciou profundamente outros cientistas ao revelar o mundo invisível das estruturas microscópicas. Em meados do século XIX, os

botânicos alemães Karl Wilhelm von Nägeli e Hugo von Mohl realizaram as primeiras observações detalhadas da divisão celular em plantas. Nägeli foi pioneiro ao identificar a formação de estruturas semelhantes a filamentos durante a divisão celular, que correspondem aos cromossomos conhecidos atualmente. Hugo von Mohl complementou esses estudos ao descrever a formação da placa celular, que separa as células-filhas durante a citocinese (6). Essas observações foram fundamentais para a compreensão inicial da divisão celular e contribuíram para o desenvolvimento subsequente da biologia celular.

A Teoria Celular, proposta por Matthias Schleiden e Theodor Schwann entre 1838 e 1839, estabeleceu um dos pilares da biologia moderna. A teoria afirmava que todos os organismos vivos são compostos por células, que são as unidades fundamentais da vida, e que todas as células surgem de outras preexistentes, introduzindo a ideia de continuidade celular (7). Inicialmente, a teoria focava na estrutura e origem das células, mas foi posteriormente expandida para incluir a noção de que as células são a unidade funcional e genética dos organismos, integrando conceitos de hereditariedade e bioquímica celular. Em 1878, o biólogo alemão Walther Flemming fez uma contribuição decisiva ao descrever pela primeira vez o processo de mitose em detalhes. Utilizando corantes para visualizar os cromossomos, Flemming observou como esses filamentos se dividem e são distribuídos igualmente entre as células-filhas durante a mitose. Ele cunhou o termo "mitose", derivado do grego "mitos", que significa "fio", em referência à aparência filamentosa dos cromossomos. A descrição detalhada de Flemming consolidou o entendimento da divisão celular e revelou o mecanismo pelo qual as células se replicam. O século XX foi marcado por avanços na compreensão do ciclo celular. O detalhamento dessas fases permitiu uma compreensão mais profunda dos processos de replicação e divisão celular, esclarecendo como as células se preparam e executam a divisão. A identificação de proteínas reguladoras, como ciclinas e quinases dependentes de ciclinas (CDKs), foi crucial para entender o controle do ciclo celular. Essas descobertas proporcionaram novas estratégias para o estudo e tratamento de doenças, como o câncer, onde a regulação do ciclo celular é frequentemente alterada (8).

Na próxima seção, detalharemos o ciclo celular e sua importância, explorando como essas descobertas influenciam a biologia celular e suas aplicações práticas.

2.3 Ciclo Celular

O ciclo celular é o intervalo que vai desde o surgimento até a divisão de uma célula. Ele é essencial para o crescimento, desenvolvimento e manutenção dos organismos, garantindo que as células se reproduzam de forma controlada, o que é crucial para a formação de tecidos, órgãos e gametas. Este ciclo pode envolver diferentes tipos de células: células somáticas, que são diplóides, e células germinativas, que são células embrionárias que dão origem aos gametas masculinos e femininos.

O ciclo celular é dividido em duas etapas principais: **intérfase**: A fase mais longa do ciclo celular, que compreende três etapas distintas: G1 (crescimento celular), S (síntese de DNA) e G2 (preparação para a divisão) e **divisão Celular**: Inclui dois processos principais, mitose e meiose, que são responsáveis pela divisão efetiva das células (9).

FASES DA INTÉRFASE

- FASE G1 (crescimento da célula) Nessa fase verifica-se a síntese de moléculas de RNA, as quais são subsequentemente direcionadas ao citoplasma. Além disso, ocorre um aumento no volume celular e na produção de proteínas destinadas a desempenhar papel crucial no processo de multiplicação do material genético. É pertinente citar que determinadas células, exemplificadas pelas células nervosas e musculares, persistem indefinidamente na fase G1 ao longo da vida, caracterizando-se assim na chamada fase G0, indicativa de um estado de repouso celular.
- FASE S (Síntese de DNA) Nessa fase os cromossomos passam por um processo de duplicação de natureza semiconservativa, destacando-se como um período de mais criticidade e importância. Ao término desse processo, os cromossomos se configuram como estruturas compostas por duas cromátides

idênticas, reconhecidas como cromátides irmãs.

FASE G2 (Segundo intervalo) - Nesta fase, observa-se um incremento no volume celular, bem como a síntese de proteínas destinadas à posterior divisão celular. Enzimas desempenham a função de revisar as sequências de nucleotídeos, e na identificação de erros, as células são direcionadas ao processo de apoptose, a fim de evitar a multiplicação de células com defeitos. Adicionalmente, eventos bioquímicos de relevância para a divisão celular são conduzidos durante essa fase.



Fonte: autoria própria

FASES DA DIVISÃO CELULAR

MITOSE

A mitose é um processo fundamental de divisão celular, é peculiar às células somáticas, desempenhando um papel crucial na formação de todos os tecidos e órgãos dos humanos. Classificada como equacionar, a mitose preserva o número cromossômico da célula mãe.

O processo mitótico transcorre em quatro fases distintas: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

 PRÓFASE - A fase inicial da mitose se caracteriza pela iniciação da 18 condensação cromossômica, formação das fibras polares, deslocamento dos cromossomos e pela desintegração da carioteca, resultando na liberação dos cromossomos no citoplasma.

- METÁFASE Nesta fase os cromossomos chegam na máxima condensação, caracterizada pelo ponto em que os cromossomos se tornam mais visíveis, emerge a formação das fibras cromossômicas, desempenhando um papel crucial no alinhamento dos cromossomos.
- ANÁFASE A separação das cromátides-irmãs se concretiza por intermédio do encurtamento das fibras cromossômicas.
- TELÓFASE Essa fase é delineada como a última etapa da mitose, na qual observa-se o retorno da carioteca e do nucléolo, a descondensação dos cromossomos e a ocorrência da citocinese, processo que culmina na separação do citoplasma. A citocinese ocorre tanto em células animais quanto vegetais. Na citocinese animal, a divisão transcorre de forma centrípeta, com a separação iniciando-se na periferia e progredindo em direção ao centro. Por outro lado, na citocinese vegetal, esse processo se desenrola de maneira centrífuga, com a divisão se iniciando no centro e se estendendo em direção à periferia (11).



Figura 2 - Fases da Mitose

Fonte: autoria própria

MEIOSE

A meiose é um processo de divisão celular que ocorre em células germinativas (células reprodutivas) e tem o objetivo de produzir gametas (células 19

sexuais) com metade do número de cromossomos da célula original. Essa redução é essencial para manter constante o número de cromossomos de uma geração para outra. A meiose assume uma função fundamental na reprodução sexual ao fomentar a variabilidade genética. Os gametas gerados durante esse processo apresentam diferentes combinações de genes provenientes de ambos os progenitores (pai e mãe). Essa diversidade genética desempenha um papel crucial nos processos evolutivos e na capacidade adaptativa das espécies ao longo do tempo. A meiose compreende um processo intricado de divisão celular, subdividido em duas etapas consecutivas denominadas meiose I e meiose II. Cada uma dessas fases, que compartilha similitudes com os estágios da mitose, engloba as etapas fundamentais de prófase, metáfase, anáfase e telófase. A distinção fundamental entre a meiose e a mitose reside na duplicação inicial dos cromossomos por célula-mãe durante a fase S do ciclo celular. Posteriormente, esses cromossomos sofrem segregação em duas rodadas distintas de divisão celular, culminando na produção de quatro células filhas haplóides, cada uma portadora da metade do número original de cromossomos(18).

Meiose I - A meiose I é a primeira fase do processo de meiose, responsável pela formação de células sexuais ou gametas. Esta etapa inclui a prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I, cada uma com eventos específicos. O desfecho da meiose I consiste na geração de células haplóides contendo combinações genéticas únicas, o que contribui para a variabilidade genética nas populações.

- Prófase I Na prófase I da meiose, os cromossomos se organizam e se emparelham, formando pares chamados bivalentes. Durante esse processo, ocorre algo chamado crossing-over, onde segmentos de DNA trocam de lugar entre os cromossomos. Essa troca de material genético contribui para a diversidade genética. A membrana nuclear também se desintegra, facilitando a mistura de genes. No final da fase I, temos células haplóides com combinações genéticas únicas. Essa fase é essencial para criar variabilidade genética nas futuras células sexuais.
- Metáfase I Na metáfase I da meiose, os cromossomos se organizam em pares no meio da célula, formando uma linha chamada placa equatorial.

Nesse momento, os microtúbulos do fuso meiótico conectam-se aos cromossomos. Isso é importante para garantir que, na próxima etapa, os cromossomos se separam corretamente. O alinhamento adequado na placa equatorial assegura que as células filhas recebam a quantidade certa de cromossomos, o que contribui para a diversidade genética.

- Anáfase I os cromossomos que estavam juntos se separam e vão para lados opostos da célula. Isso acontece porque as conexões entre eles se rompem. Cada célula filha acaba recebendo metade dos cromossomos da célula original, o que é importante para criar células com material genético diverso.
- Telófase I os cromossomos que foram separados durante a anáfase I chegam aos polos opostos da célula. Nesse estágio, ocorre a reorganização das células, incluindo a formação de duas novas membranas nucleares ao redor dos conjuntos de cromossomos. Em alguns casos, a citocinese, que é a divisão física da célula, também pode ocorrer nessa fase, resultando na formação de duas células haploides distintas. A telófase I completa a primeira divisão meiótica, preparando o caminho para a meiose II, que culminará na formação final de células haplóides (11).



Fonte: Autoria Própria

MEIOSE II - Após a meiose I, a meiose II ocorre sem uma nova duplicação de DNA e é semelhante à mitose. Durante a meiose II, cada uma das duas células haplóides resultantes da meiose I passa por uma segunda divisão celular, que gera quatro células filhas haplóides com cromossomos consistindo em cromátides individuais.



Dado o caráter complexo do ciclo celular, no próximo tópico será destacada a importância dos modelos didáticos, especialmente os modelos em impressão 3D, para facilitar a compreensão dos alunos sobre este conteúdo(11).

2.4 O Ciclo no Cotidiano dos Alunos

O estudo do ciclo celular é fundamental, pois ele permite aos alunos compreenderem processos biológicos essenciais que possuem aplicações práticas no cotidiano. Ao entenderem como as células se multiplicam para formar novos tecidos, os estudantes conseguem relacionar o ciclo celular com o crescimento do corpo e a regeneração de lesões, como a cicatrização de cortes e feridas. Esse conhecimento pode desencadear hábitos saudáveis, como por exemplo uma alimentação adequada, que são importantes para a regeneração celular e para a manutenção de sua saúde.

Além disso, o aprendizado sobre o controle do ciclo celular e os mecanismos que evitam a divisão desordenada de células permite que compreendam melhor o que é o câncer e como ele se desenvolve. Essa compreensão é essencial para que eles identifiquem fatores de risco, como a exposição excessiva ao sol e a ingestão de substâncias cancerígenas, levando-os a adotar hábitos preventivos.

O ciclo celular também permite uma introdução ao entendimento de mutações genéticas e doenças hereditárias. Ao aprenderem sobre a replicação e verificação do DNA, os estudantes podem compreender como algumas doenças genéticas

surgem e são transmitidas. Outro aspecto importante é a sua relação com o campo da biotecnologia. Compreender esse processo biológico básico é essencial para o entendimento de técnicas modernas, como clonagem e terapia gênica, que estão revolucionando áreas da saúde e da agricultura. Esse conhecimento aproxima os alunos das ciências aplicadas e das soluções tecnológicas que impactam diretamente o cotidiano, como os alimentos geneticamente modificados e as terapias personalizadas para doenças.

O estudo do ciclo celular também contribui para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio científico, incentivando os alunos a observarem, analisarem criticamente e interpretarem processos biológicos complexos. Essas habilidades não apenas fortalecem o aprendizado em biologia, mas também aprimoram o pensamento crítico dos estudantes, algo essencial para interpretar informações e tomar decisões conscientes em várias esferas de suas vidas.

Por fim, o ciclo celular permite uma melhor compreensão da saúde sexual e reprodutiva, pois abrange a meiose, um processo crucial para a formação de gametas e a reprodução. Esse entendimento pode facilitar discussões sobre hereditariedade, métodos contraceptivos e doenças sexualmente transmissíveis, promovendo uma educação em saúde mais abrangente.

O conhecimento sobre o ciclo celular vai além do conteúdo acadêmico, oferecendo aos alunos ferramentas para um entendimento mais profundo de seu próprio corpo, de sua saúde e de temas científicos relevantes para a sociedade.

2.5 A importância da abordagem didática do ciclo celular utilizando modelos impressos em 3D

A compreensão do ciclo celular é fundamental para o estudo da biologia, mas sua complexidade abstrata representa um dos principais desafios no ensino desse conteúdo. Muitos eventos do ciclo celular são em escala microscópica e não podem ser observados diretamente, dificultando a compreensão dos diferentes estágios pelos alunos. Além disso, os professores enfrentam restrições de tempo em sala de aula devido a currículos sobrecarregados, o que limita a capacidade de explorar o ciclo celular e conceitos relacionados de maneira aprofundada.

Outro desafio significativo é a variedade de estilos de aprendizagem dos alunos, que exige abordagens eficazes para uma ampla gama de formas de assimilação de conteúdo.

A disponibilidade limitada de recursos, como materiais de laboratório e tecnologias educacionais, em algumas escolas também dificulta o processo de ensino, apesar dessas dificuldades, os livros didáticos seguem uma estrutura que visa facilitar a compreensão do ciclo celular. Geralmente, eles apresentam uma introdução que contextualiza a importância do ciclo celular na reprodução e na manutenção da vida, seguida de uma explanação dos conceitos básicos, como DNA, cromossomos, e células somáticas e germinativas, em seguida, detalham as fases do ciclo celular e incluem atividades práticas para reforçar o entendimento dos alunos. A abordagem específica pode variar conforme o autor, e o enfoque do livro didático, permitindo adaptação conforme o público-alvo e garantindo uma compreensão abrangente e coerente do tema.

Diante desse cenário, é essencial que os professores se mantenham atualizados com os últimos avanços na biologia celular para garantir a precisão e a relevância do conteúdo que ensinam. Uma estratégia inovadora nesse contexto é a utilização de modelos didáticos impressos em 3D, que têm mostrado eficácia em tornar as aulas mais participativas e acessíveis aos estudantes. Ao adotar abordagens diferenciadas e motivadoras, os professores podem superar os desafios e manter os alunos engajados, proporcionando um ambiente de aprendizado mais dinâmico e estimulante.

O estudo do ciclo celular no contexto educacional é crucial não apenas pela sua centralidade nos processos celulares, mas também por suas implicações em genética, hereditariedade, biotecnologia e saúde. Compreender o ciclo celular é essencial para o estudo de doenças, como o câncer, e para o desenvolvimento de terapias mais eficazes. Além disso, o tema estimula o pensamento crítico dos alunos, desafiando-os a se engajarem em uma análise científica aprofundada. Em termos de aplicação prática em sala de aula, a integração de métodos práticos, como experimentos, simulações e modelagens 3D, enriquece a compreensão dos

24

alunos sobre o ciclo celular. Estudos, como o da National Training Laboratory (2019), mostram que atividades práticas têm uma eficiência de 75% no processo de ensino e aprendizagem, em comparação com 10% da leitura e 90% do ensino mútuo entre alunos. Isso evidencia a necessidade de reestruturar o modelo de ensino tradicional, baseado na memorização, para incluir mais atividades práticas (12).

Neste contexto, o uso de impressoras 3D como ferramenta pedagógica se apresenta como uma proposta inovadora e eficaz, promovendo a união entre teoria e prática e transformando os alunos em participantes ativos na construção do conhecimento (13 (19).

3 MATERIAL E MÉTODO

Nesta seção, descreveremos os materiais e métodos utilizados na impressão de modelos didáticos 3d.

3.1 Impressão 3D

A impressão tridimensional (3D) emerge como uma ferramenta de extrema relevância no âmbito educacional, conferindo uma série de benefícios que transcende a mera transmissão de conhecimento. Essas vantagens englobam desde a promoção do aprendizado prático até o estímulo à criatividade e ao interesse nas disciplinas relacionadas à Ciência e Tecnologia. A impressão 3D também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de habilidades técnicas, permitindo que os aprendizes adquiram proficiência desde o design digital até o entendimento intrínseco das complexidades operacionais das impressoras 3D. Esse fator é crucial na preparação dos estudantes para futuras carreiras nas áreas de tecnologia e engenharia. Além disso, a tecnologia possibilita a inovação e a prototipagem rápida, facilitando a experimentação e refinamento eficiente de ideias e conceitos, sendo particularmente valiosa em contextos de projetos de design e empreendedorismo. A inserção da impressão 3D na educação não apenas enriquece o processo de aprendizado, mas também contribui para a formação de 25

indivíduos mais capacitados e adaptáveis em um cenário global cada vez mais orientado pela tecnologia. Além disso, a acessibilidade crescente dessa tecnologia promove a democratização do acesso ao conhecimento, independente das limitações orçamentárias das instituições educacionais. Em síntese, a impressão 3D na educação assume um papel significativo, conectando de maneira sinérgica teoria e prática, estimulando a criatividade e fomentando habilidades essenciais para o século XXI (14).

3.2 Surgimento

A impressão tridimensional, ou impressão 3D, constitui uma modalidade de tecnologia de manufatura aditiva que viabiliza a produção de objetos tridimensionais mediante a sobreposição progressiva de camadas sucessivas. Esse processo é guiado por um modelo digital. Este procedimento surgiu no final da década de 1980 e é executado por uma impressora 3D, a qual interpreta um arquivo de design digital e emprega materiais diversificados, para a construção do objeto em questão. A tecnologia de impressão 3D apresenta múltiplas vantagens, incluindo a capacidade de rápida prototipagem, personalização de produtos e a minimização de desperdícios materiais. As aplicações da impressão 3D abrangem diversos setores, tais como manufatura, medicina, arquitetura e design de produtos,educação, entre outros.

A origem da construção de objetos por camadas está associada a duas áreas específicas: a topografia e a fotoescultura. Na topografia, Blanther é reconhecido como pioneiro, implementando esse método por volta de 1890. Na época, discos de cera eram criados para representar as curvas de nível em cartas topográficas, unindo-se para formar superfícies tridimensionais desejadas. A abordagem de Blanther inspirou projetos subsequentes que seguiram o mesmo princípio, utilizando diversos materiais, como papel e placas transparentes. Atualmente, a construção por camadas é uma ferramenta valiosa na topografia, possibilitando a criação de Modelos Digitais Terrestres (DTM) e Modelos de Superfície (DSM) para aplicações como cartografia, planejamento urbano, gestão de

26

recursos naturais e resposta a desastres. Além disso, essa técnica é empregada na produção de maquetes topográficas personalizadas para projetos específicos, como construção de rodovias, barragens e outras estruturas.

Quanto à fotoescultura, uma técnica que combina fotografia, escultura e tecnologia para criar réplicas tridimensionais de objetos a partir de imagens digitais, foi desenvolvida por François Willème em 1860. Ele posicionou 24 câmeras fotográficas ao redor do objeto desejado, capturando seu contorno para que um artista pudesse esculpir cada porção cilíndrica da figura. Em 1951, Ralph Munz introduziu uma abordagem que aplicava um polímero fotossensível sobre uma superfície plana, expondo-o a uma imagem tridimensional desejada. As partes expostas endureciam, e o polímero não exposto era removido, resultando na estrutura tridimensional desejada. Embora as técnicas de manufatura aditiva que conhecemos hoje tenham suas raízes nos processos da fotoescultura e topografia, elas foram impulsionadas significativamente em 1987 com a introdução dos dispositivos de estereolitografia, conhecidos como SLA (stereolithography apparatus). A estereolitografia é uma tecnologia de impressão 3D amplamente utilizada para criar peças, modelos e protótipos(14).

3.3 Tipos de impressora 3D e suas aplicações

Com diferentes métodos de impressão disponíveis, é crucial entender as especificidades de cada tecnologia para selecionar a mais adequada para cada aplicação. A seguir iremos explorar os principais tipos de impressoras 3D e suas aplicações, destacando as vantagens e desvantagens de cada uma.

- FDM (Fused Deposition Modeling) Utiliza filamentos de plástico (como PLA, ABS, PETG) que são derretidos e extrudados camada por camada para formar o objeto, também é o mais utilizado para aplicações domésticas.
 - Vantagens: custo acessível, ampla disponibilidade de materiais e fácil de usar e configurar.
 - Desvantagens: resolução e precisão menores em comparação com outras tecnologias, acabamento superficial menos suave e sujeito a

problemas de aderência e warping.

Aplicações Específicas: prototipagem rápida, educação, hobby, produção de peças funcionais e modelos arquitetônicos.

Figura 5 - Diferença visual entre os materiais



Fonte: https://www.nouvelleecole.fr

- SLA (Stereolithography) Utiliza um laser UV para curar resina líquida camada por camada, criando objetos com alta precisão e detalhes finos.
 - ◆ Vantagens: alta resolução e precisão, excelente acabamento superficial, capacidade de imprimir detalhes finos.
 - Desvantagens: custo mais alto do equipamento e materiais, pós-processamento necessário (lavagem e cura UV) e menos opções de materiais.
 - Aplicações Específicas: joalheria, odontologia, protótipos de alta precisão e modelos de engenharia detalhados.



Figura 6 - Impressão em resina

Fonte: https://www.filimprimante3d.fr

- SLS (Selective Laser Sintering) Utiliza um laser para fundir partículas de pó de nylon ou outros materiais, camada por camada.
 - ◆ Vantagens: não requer estruturas de suporte, permite a criação de geometrias complexas e produz peças funcionais e duráveis.
 - Desvantagens: custo elevado, acabamento superficial pode requerer

pós-processamento e ambiente de impressão precisa ser controlado (temperatura, umidade)

Aplicações Específicas: produção de peças funcionais, prototipagem industrial, engenharia e peças automotivas e produção de pequenas séries.

Figura 7 - Impressão de jóias



Fonte: Materiais de impressão 3D industrial e resinas

- **DLP (Digital Light Processing)** Similar ao SLA, mas usa um projetor digital para curar a resina líquida, solidificando camadas inteiras de uma vez.
 - Vantagens: alta resolução e precisão, geralmente mais rápido que o SLA e excelente acabamento superficial.
 - Desvantagens: custo relativamente alto, pós-processamento necessário e menos opções de materiais em comparação com FDM.
 - Aplicações Específicas: joalheria, odontologia, protótipos de alta precisão e modelos de engenharia detalhados.



Figura 8 - impressão em DLP

Fonte: https://i.servimg.com

Neste trabalho, utilizamos a impressora Creality Ender 3. Essa impressora é baseada na tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling). As impressoras da série Ender são renomadas por sua acessibilidade, facilidade de uso e capacidade de produzir impressões de alta qualidade. Com uma variedade de modelos disponíveis, 29

a série Ender pode atender a uma ampla gama de necessidades, desde a educação até a prototipagem rápida e a produção de peças funcionais. Possui um volume de impressão de 220 x 220 x 250 mm, plataforma aquecida removível, fonte de alimentação protegida e semi-montada, preço acessível e boa qualidade de impressão. No entanto, requer montagem e ajuste manual, e a plataforma pode precisar de nivelamento frequente.

Figura 9 - Impressora utilizada



Fonte: www.mercadolivre.com.br/creality-3d-ender

Cada tipo de impressora 3D possui suas próprias vantagens e desvantagens, bem como aplicações específicas nas quais pode se destacar. A escolha da impressora depende das necessidades específicas do projeto, do tipo de material, do orçamento e do uso final das peças impressas.

3.4 Materiais utilizados na impressão 3D

O material comumente empregado na impressão 3D FDM assume a forma de um filamento contínuo que é alimentado para dentro do bico. Esse filamento é submetido a pressão e aquecimento, resultando na sua expulsão através do bico calibrado, os filamentos mais comuns incluem:

 Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) - Este filamento, derivado do petróleo, destaca-se pela resistência a altas temperaturas e pelo custo acessível. Disponível em várias cores no mercado, o ABS é amplamente utilizado na produção de peças para brinquedos LEGO, componentes automotivos e eletrodomésticos. Poliácido Láctico (PLA) - Produzido a partir de fontes renováveis como amido de milho ou cana-de-açúcar, o PLA é reconhecido por sua usabilidade simplificada, tornando-o popular na impressão 3D.

 Ethylenetereftalato com GlicoL - (PETG) - O filamento tem se destacado como uma alternativa ao ABS na impressão 3D, tanto no mercado brasileiro quanto internacional. O PETG é apreciado por suas propriedades de resistência térmica e mecânica que se assemelham às do ABS, permitindo, em muitos casos, a dispensa do uso de mesa aquecida durante o processo de impressão.

A escolha do PLA para produzir as peças com a impressora Creality Ender 3 Pro foi baseada em uma análise cuidadosa de suas propriedades e benefícios, particularmente em um contexto educacional e na criação de modelos didáticos. O PLA destaca-se por ser um material biodegradável, fabricado a partir de fontes renováveis como amido de milho e cana-de-açúcar, o que o torna uma opção ecologicamente mais sustentável do que outros materiais como o ABS, que é derivado do petróleo. Essa sustentabilidade do PLA é especialmente relevante para instituições educacionais que desejam promover práticas ambientalmente conscientes.

Além do seu aspecto ecológico, o PLA é amplamente reconhecido pela sua facilidade de manuseio e impressão. Por ter uma baixa propensão a deformações, o PLA oferece maior estabilidade durante o processo de impressão, o que reduz a necessidade de ajustes constantes e facilita a produção de peças com alta precisão. Isso é particularmente importante no ambiente educacional, onde a facilidade de uso permite que os alunos obtenham resultados satisfatórios mesmo com pouca experiência em impressão 3D.

Outro benefício chave do PLA é a qualidade do seu acabamento superficial. Comparado a outros filamentos, o PLA oferece um resultado final mais suave, com detalhes nítidos e bem definidos. Isso é crucial para a produção de modelos didáticos complexos, como os utilizados neste projeto, onde a precisão e a clareza dos detalhes são essenciais para a compreensão dos conceitos de biologia abordados, como o ciclo celular. O PLA também está disponível em uma vasta gama de cores, o que permite a personalização dos modelos, tornando-os visualmente atraentes e didaticamente eficazes.

Por todos esses motivos, o uso do PLA na impressora Creality Ender 3 Pro não só atende às exigências técnicas do projeto, como também se alinha aos princípios de sustentabilidade, segurança e acessibilidade, essenciais para a aplicação da impressão 3D no contexto educacional.

3.5 Etapas de fabricação de uma peça por meio da impressão 3d

Aqui estão as etapas básicas de como funciona a preparação de um modelo de impressão.

Aquisição de Modelo 3D: O processo começa com a criação de um modelo digital usando programas de design como Tinkercad, Blender, Fusion 360 ou outros softwares de CAD, ou ainda, utilizando modelos prontos disponíveis em repositórios como Thingiverse

Preparação do Arquivo: O modelo digital é salvo em um formato que a impressora 3D consegue entender. O formato mais comum é o arquivo STL.

Fatiamento e Configuração para Impressão:

- Importação do Arquivo STL: O arquivo STL criado é aberto em um software de fatiamento. Esse software converte o modelo 3D em instruções para a impressora. O software utilizado neste trabalho foi o Prusa Slicer, que é gratuito.
- Configuração da Impressora: No Prusa Slicer, é preciso escolher o perfil da impressora que será usada. No caso, selecionamos a Creality Ender 3 Pro. Isso inclui informações sobre o tamanho da área de impressão e outras características específicas da impressora.
- Configuração de Impressão: Nessa etapa, ajustamos várias configurações importantes, como:
 - Altura da Camada: Define a espessura de cada camada impressa. Camadas mais finas resultam em mais detalhes, mas levam mais

tempo.

- **Temperatura do Bico:** A temperatura usada para derreter o filamento.
- **Temperatura da Mesa:** A mesa de impressão pode ser aquecida para ajudar na aderência do material durante a impressão.
- **Preenchimento:** Controla se o interior da peça será oco ou preenchido com algum padrão, o que afeta a resistência do objeto.
- Suportes: Se o modelo tiver partes que ficam no ar, pode ser necessário adicionar suportes temporários que serão removidos depois.
- Mudança de Cor: Caso seja necessário usar mais de uma cor de filamento.
- 4. Fatiamento: Depois de configurar tudo, o software fatiador divide o modelo 3D em camadas, gerando um arquivo chamado G-code. Esse arquivo contém todas as instruções para a impressora, como onde o bico deve se mover, quando depositar material e como controlar a temperatura.

Salvamento do G-code: O arquivo G-code é salvo em um cartão SD ou pen drive, que será inserido na impressora.

Impressão Camada por Camada: A impressora começa a construir o objeto, depositando uma camada de material por vez, seguindo as instruções do G-code.

Conclusão da Impressão: Quando todas as camadas forem impressas, o objeto está pronto para ser removido da plataforma de impressão.

A imagem a seguir demonstra de forma ilustrativa as etapas citadas:



Figura 10- Processo de impressão 3D

Fonte: VOLPATO, N. Manufatura aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D.

No processo de fabricação, a intervenção do operador é necessária apenas na preparação da máquina. Isso inclui a reposição do material que será utilizado 33 para criar a peça e o ajuste dos parâmetros da máquina. Além disso, ao final do procedimento para retirar a peça criada e realizar a limpeza, também há a necessidade de intervenção do operador. Por essa razão, uma característica notável nas tecnologias de manufatura aditiva é a facilidade de automação.

4 RESULTADO

Nesta seção, apresentaremos os resultados obtidos a partir da abordagem dos modelos didáticos sobre divisão celular adaptado de um modelo similar.

4.1 Planejamento e impressão do modelo didático

Este planejamento descreve como escolhemos e adaptamos o modelo de divisão celular para impressão 3D. O processo envolveu o uso do software Prusa Slicer (versão 2.7.1, para Windows) para preparar e fatiar os modelos.

1. Instalação e Configuração Inicial do Software:

- Após instalar o Prusa Slicer, abrimos o software e configuramos a impressora. Selecionamos a Ender 3 Pro (com bico de 0,4 mm) e escolhemos o filamento PLA no formato STL, que é compatível com as necessidades da impressão.
- Em seguida, definimos o modo de visualização do software. Como a impressão que planejamos era relativamente simples, optamos pelo modo simples, que exibe as configurações mais comuns e fáceis de ajustar para impressão 3D convencional.

2. Importação e Configuração do Modelo:

- Após essa configuração inicial, importamos o modelo 3D de divisão celular, que já estava disponível em formato STL, para dentro do Prusa Slicer.
- Nas configurações da impressora, selecionamos novamente a impressora Creality Ender 3 Pro, utilizada no laboratório e de uso

pessoal do orientador. Ajustamos a temperatura do bico para 180°C, uma configuração adequada para o filamento PLA que tínhamos disponível.

3. Finalização e Fatiamento:

- Com todas as configurações prontas e o modelo ajustado, o software fatiador converteu o objeto em camadas, gerando o arquivo G-code, que contém todas as instruções para a impressora 3D.
- A partir desse momento, o modelo estava pronto para ser enviado à impressora, e o processo de impressão pôde ser iniciado.

Isso garantiu que todas as configurações fossem feitas de forma eficaz, permitindo que a impressão do modelo didático de divisão celular fosse bem-sucedida e ajustada às necessidades educacionais.





Fonte: autoria própria

4.2 Etapas de Impressão do Modelo Didático

1.Escolha do modelo:

 Escolha de um modelo existente obtido no repositório Thingiverse, acessível pelo endereço <u>https://www.thingiverse.com/thing:6090256</u> (16). Este modelo foi selecionado para adaptação por ser o que mais se aproxima do que o trabalho propõe.

Figura 12- Modelo Original



Fonte: https://www.thingiverse.com/thing:6090256

2. Importação do modelo 3D:

 O primeiro passo no processo de fatiamento da adaptação do modelo foi acessar o "Prusa Slicer" em seguida o menu "Arquivo". Em seguida, dentro do menu, selecione a opção "Importar" e depois clique em "Importar arquivo STL". Esse processo permite trazer para o software o modelo tridimensional previamente existente.



3. Exibição do modelo na mesa de trabalho:

 Após a importação, o modelo aparecerá na mesa de trabalho do Prussa. No entanto, ele não está exibindo a face corretamente. Isso ocorre devido à falta de orientação correta do objeto no espaço. Para corrigir isso, acesse o menu "Colocar uma face", localizado no lado esquerdo da interface do software Prusa e clica na parte que vai ficar colada na mesa. Ao fazer esse ajuste, você conseguirá posicionar corretamente o modelo 3D, permitindo que ele seja manipulado e fatiado de forma adequada para impressão.



Figura 14 - Objeto sem face colada na mesa







4. Posicionamento e corte do modelo:

 Após posicionar corretamente o objeto na mesa de trabalho, clique no modelo para selecioná-lo. Em seguida, no menu "Cortar", localizado no lado esquerdo da interface, escolha a opção "Cortar objeto em partes". Esse comando permitirá remover os elementos indesejados, que nesse caso são os nomes em inglês e o braille presentes no modelo original.



Figura 16 - Corte do modelo

5. Edição das partes separadas do modelo:

• Após utilizar o comando "Cortar objeto em partes", o modelo foi dividido em dois: Objeto A (verde) e Objeto B (amarelo). O objeto A foi mantido intacto, pois ele se refere ao processo de divisão celular, que deve ser preservado.





6. Seleção dos nomes em braille

• Para o objeto B, que contém as letras em inglês e o braille, foi necessário clicar no menu de "Configuração" e, em seguida, no menu "Dividir". Selecionamos as letras em inglês e as deletamos. Após isso, repetimos o processo para remover as inscrições em braille, deixando o modelo pronto para impressão.



Figura 18 - Nomes em inglês selecionado

Fonte: autoria própria

Figura 19 - Braille selecionado



Fonte: Autoria Própria

7. Corte de posição:

 Após a edição, clicamos novamente no menu "Cortar" com o objetivo de ajustar a posição do modelo, sem alterar a estrutura do objeto. A intenção era fatiar uma placa por vez, mantendo o objeto A intacto e excluindo o objeto B. Ao final, clicamos em "Aplicar o corte", o que garantiu que ambos os objetos permanecessem corretamente posicionados na mesa de trabalho, prontos para o processo de fatiamento e impressão.



Figura 20 - Aplicando corte na posição

Fonte: autoria própria





Fonte: autoria própria

8. Fatiamento do modelo:

 Após aplicar o corte de posição e garantir que o objeto esteja ajustado na mesa de trabalho, o próximo passo é o fatiamento. Para isso, clique no botão "Fatiar" localizado no lado direito . O software irá processar o modelo, dividindo-o em camadas para a impressão 3D. Após o fatiamento, visualize o resultado para garantir que todas as partes do modelo foram processadas corretamente e que não há falhas. Nesse caso foi necessário adicionar mudança de cor.



Figura 22 - Modelo fatiado sem mudança de cor

Fonte: autoria própria

9. Configuração de parâmetros de impressão:

 Para ajustar os parâmetros essenciais da impressão, acesse o "menu de configurações de impressão", que fica localizado no canto superior esquerdo da interface do software. Dentro desse menu, é possível modificar diversas configurações que garantem o ótimo estado das peças.

10. Adição de mudança de cor:

• Durante a visualização do fatiamento, identificou-se a necessidade de adicionar duas mudanças de cor no modelo. Para fazer isso, localize a "régua" que aparece ao lado do modelo, no lado direito da interface do software. Para adicionar uma nova cor, clique no sinal de "+" na régua, que permite inserir uma pausa na impressão para trocar o filamento e aplicar uma nova cor. Caso precise remover uma mudança de cor já inserida, basta clicar no mesmo local, mas desta vez no ícone de "x" para desfazer a alteração. Após adicionar as mudanças de cor nas camadas desejadas, revise o fatiamento novamente para garantir que as pausas para a troca de filamento acontecerão no momento correto, sem comprometer a integridade do modelo.

Figura 23 - Modelo com mudança de cor e fatiado



fonte: autoria própria

11. Exportação do arquivo G-code:

 Após configurar os parâmetros de impressão e revisar o fatiamento, clique em "Exportar" para salvar o arquivo G-code. Esse arquivo será enviado para a impressora 3D e contém as instruções necessárias para a impressão. Salve o G-code em um cartão SD ou envie diretamente para a impressora.

C !	A T	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
FIGUES 7	/I IAMNA	A ADR MITSO	avnortacao		nara cada ni	202
i iuuia zi		Collinauo C	CADUIIaLaU	uu u-cuue	Dala Caua Di	aua

Informações fatiadas		
Filamento utilizado (g)	4,96	
Filamento utilizado (m)	1,66	
Filamento utilizado (mm³)	4002,01	
Custo	0,12	
Tempo estimado de impressão - modo normal	»: 33m	
Exportar G-code		
Fonte: autoria própria		

Todos esses processos foram aplicados para a impressão de todas as placas relacionadas a divisão

PLACAS COM O NOME

- 1. Adicionar uma forma de caixa:
 - Na tela inicial do Prusa, clique com o botão direito do mouse para abrir o menu contextual. Selecione a opção "Adicionar forma" e, em

seguida, clique em "**Caixa**". Isso permitirá que você insira uma forma de caixa na mesa de trabalho.



Fonte: autoria própria

2. Ajustar as dimensões da caixa:

 Após adicionar a forma de caixa na mesa de trabalho, você pode ajustar suas dimensões no canto inferior direito da interface do Prusa. Utilize as opções disponíveis para modificar a largura, altura e profundidade da caixa conforme necessário. Essas alterações garantirão que a caixa atenda às suas necessidades específicas para suportar ou organizar o modelo 3D.



Figura 26 - Dimensões da caixa



3. Adicionar texto à caixa:

 Com a caixa selecionada, clique com o botão direito do mouse para abrir o menu. Selecione a opção "Adicionar texto" digite o texto desejado na caixa de entrada que aparece e ajuste as configurações de fonte, tamanho e posição conforme necessário.





Fonte: autoria própria





Fonte:autoria própria

4. Fatiamento e Mudança de Cor

Após ajustar a posição e aplicar o corte, realizamos o fatiamento do modelo.
 Durante o processo, aplicamos a mudança de cor nas camadas desejadas do objeto.



Figura 29 -Fatiamento com alteração da cor

Fonte: autoria própria

5. Replicação do processo para outras caixas:

 Todas as demais caixas com nomes foram criadas seguindo o mesmo processo detalhado anteriormente, garantindo uniformidade na adaptação e configuração dos modelos. Cada uma das caixas passou pelo ajuste de posição e aplicação de mudança de cor, o tempo total de impressão para todas as caixas foi o mesmo.

Figura 30 - Tei	mpo estimado
Informações fatiadas	
Filamento utilizado (g)	3,08
Filamento utilizado (m)	1,03
Filamento utilizado (mm³)	2481,83
Custo	0,08
Tempo estimado de impressão: - modo normal	22m
Ехро	rtar G-code

Fonte: autoria própria

6. Modelo 1 Pronto Para Impressão

 Com o fatiamento completo e as cores configuradas, tínhamos o primeiro modelo adaptado totalmente pronto para ser impresso, com todas as modificações aplicadas de acordo com o objetivo.





Fonte: autoria própria

MODELO 2

- 1. Utilização do mesmo modelo com nomes em português e braille
- Utilizamos o mesmo modelo citado na etapa anterior, mas nesta versão, inserimos nomes em português e adicionamos também a escrita em braille também adaptada para o português. O processo de ajuste de posição, corte e fatiamento seguiu os mesmos passos descritos anteriormente, garantindo que o modelo fosse adaptado corretamente para os novos elementos.
- 2. Adicionar nome em português às fases
- Após aplicar o corte nas placas, restando apenas uma, selecionamos essa placa. Em seguida, clicamos em "Adicionar" e escolhemos a opção "Texto". Dessa forma, inserimos o nome de cada fase do ciclo celular em português, diretamente na placa, garantindo que os títulos estejam corretamente posicionados e visíveis.



Figura 32 - Adição do nome

Fonte: autoria própria

3. Fatiamento sem mudança de cor

 Após adicionar os nomes em português, realizamos o fatiamento do modelo. Neste caso, não foi necessário adicionar mudança de cor, pois o modelo estava adequado com as características desejadas para impressão em uma única cor. Todas as placas levaram em média o mesmo tempo para serem impressas.



-		
Informações fatiadas		
	5.21	
Filamento utilizado (g)	5,21	
Filamento utilizado (m)	1,75	
Filamento utilizado (mm ³)	4203,27	
Custo	0,13	
Tempo estimado de impressão:		
- modo normal	37m	
Exportar G-code		

Figura 34 - Tempo estimado

Fonte: autoria própria

4. Produção das placas em braille

• Para produzir as placas em braille, utilizamos o seguinte site: <u>Text2Braille3d</u>. Mantivemos as configurações padrão oferecidas pelo site, garantindo a consistência do modelo.

Figura 35 - Configuração padrão	
Parāmetros:	
Texto	Olá Mundo
	4
Maiúsculo	
Altura do ponto [default: 0.75mm]:	
Diâmetro do ponto [default: 1.9mm]:	
Espessura da placa (mm):	2
Margem da placa (mm):	5
Gerar canto de referência ?	
Gerar apoios para impressão ?	
Gerar modelo 3D	

Fonte: Texto para placa Braille 3D (cta-ifrs.github.io)

- 5. Inserção dos nomes e download do arquivo em braille:
- Em seguida, inserimos os nomes referentes às fases do ciclo celular em letras minúsculas, garantindo que o texto em braille fosse gerado corretamente para a impressão. Após verificar o texto em braille, fizemos o download do arquivo em formato STL diretamente da ferramenta online, para que o modelo pudesse ser utilizado na impressão 3D.



Figura 36 - Nome em braille

- 6. Importação e ajuste do modelo em braille no Prusa
- Após realizar o download do arquivo STL, abrimos o Prusa e importamos o arquivo STL (como já foi explicado anteriormente). Em seguida, colocamos uma das fases na mesa de trabalho e ajustamos a escala para que o modelo ficasse no tamanho ideal, adequado para o processo de fatiamento e impressão. Certificamo-nos de que o modelo estava bem posicionado e com as proporções corretas antes de seguir para o próximo passo.



Figura 37 - Arquivo STL

Fonte: autoria própria

Figura 38 - Tempo estimado

Informações fatiadas		
Filamento utilizado (g)	0,81	
Filamento utilizado (m)	0,27	
Filamento utilizado (mm³)	650,05	
Custo	0,02	
Tempo estimado de impressão:		
- modo normal	8m	
Exportar G-code		

Fonte: autoria própria

- 7. Adaptação do segundo modelo com nomes em português e braille
- Dessa forma, adaptamos o segundo modelo com os nomes em português impressos nas placas e as placas em braille geradas separadamente. Isso permite que as placas sejam usadas de forma independente, caso seja necessário, oferecendo uma opção acessível com a versão em braille.

Figura 39 - modelo 2 adaptado



Fonte: autoria própria

5 ATIVIDADES PROPOSTAS

5.1 Proposta de Atividade 1

Atividade 1 : Utilizando a adaptação 1 do modelo

Título da Atividade: Reconstruindo a Divisão Celular Usando Modelos 3D

Objetivo da Atividade: Desenvolver a compreensão das fases da mitose e meiose através da reconstrução das etapas da divisão celular utilizando modelos 3D, sem a presença de rótulos ou identificações explícitas.

Público-Alvo: Estudantes do Ensino Médio (1º ano).

Duração da Atividade: 2 aulas de 50 minutos cada.

Materiais Necessários: Modelos 3D impressos das fases da mitose e meiose (sem rótulos), fichas de reconstrução e descrição, cartolinas, canetas coloridas, e colas, computadores ou tablets (opcional, para pesquisa e visualização de informações adicionais)e quadro branco e marcadores

Desenvolvimento da Atividade:

Primeira Aula:

1. O professor apresentará o objetivo da atividade: reconstruir e descrever as fases da divisão celular usando modelos 3D sem rótulos. Explicar que os

alunos precisarão usar suas observações e conhecimentos prévios para identificar e organizar as fases corretamente.

- A turma será dividida em grupos de 3 a 4 pessoas. Cada grupo receberá uma coleção de modelos 3D representando diferentes fases da mitose e meiose, mas sem rótulos.
- 3. Organização dos Modelos: Cada grupo deve organizar os modelos em uma sequência lógica que representa a divisão celular completa (mitose ou meiose). Os alunos preenchem fichas de reconstrução descrevendo as características observadas em cada modelo e como essas características ajudam a identificar a fase. Eles devem também escrever uma breve explicação do que acontece em cada fase com base na observação dos modelos.

Segunda aula:

- Organização da apresentação: Cada grupo apresenta sua sequência de modelos 3D, explicando a ordem em que organizaram as fases e por quê. Os alunos devem destacar as características observadas em cada fase e como essas características os levaram a identificar e ordenar os modelos. Durante a apresentação, cada grupo deve descrever:
- Características Visuais: O que foi observado nos modelos (por exemplo, alinhamento dos cromossomos, formação do fuso mitótico, etc.).
- Eventos Chave: Quais eventos de cada fase foram identificados (por exemplo, separação dos cromossomos na anáfase).
- Desafios: Quais dificuldades encontram ao tentar identificar e organizar as fases e como as superaram.
- Conclusão: O professor fará um resumo das correções e dos pontos-chave discutidos durante as apresentações, reforçar as características definidoras de cada fase da divisão celular e como os modelos 3D ajudam a visualizar e entender esses processos.
- Feedback: Será solicitado aos alunos que escrevam uma breve reflexão sobre como a atividade ajudou a identificar e entender as fases da divisão celular e como os modelos 3D contribuíram para a visualização do processo.

5.2 Proposta de Atividade 2

Atividade 2: Utilizando a adaptação do modelo 2

Título da Atividade: Análise e Compreensão das Fases da Divisão Celular com Modelos 3D

Objetivo da Atividade: Facilitar a compreensão das fases da mitose e meiose, utilizando modelos 3D para visualizar e discutir as principais etapas do processo de divisão celular.

Público-Alvo: Estudantes do Ensino Médio (1° ano)

Duração da Atividade: 2 aulas de 50 minutos cada.

Materiais Necessários: Modelos 3D impressos das fases da mitose e meiose, fichas de observação e discussão, computadores ou celulares (opcional, para visualização de vídeos ou animações) e quadro branco e marcadores

Desenvolvimento da Atividade:

Primeira Aula:

- O professor apresentará os modelos 3D das fases da mitose e meiose, explicando as principais etapas e eventos de cada fase. Além disso, mostrará os modelos impressos e permitirá que os alunos manuseiem cada um deles. O professor explicará a função das estruturas envolvidas, como cromossomos, centrossomas e outras, em cada fase da divisão celular.
- 2. Divisão em Grupos e Exploração dos Modelos (10 minutos): A turma será dividida em grupos de 3 a 4 pessoas. Cada grupo receberá um conjunto de modelos 3D representando diferentes fases da mitose e meiose. Cada grupo deve explorar os modelos e identificar as principais características de cada fase, discutindo o papel de cada estrutura no processo de divisão celular.
- 3. Atividade de Observação e Registro (30 minutos): Observação dos Modelos: Solicite que cada grupo observe atentamente os modelos 3D e preencha uma ficha de observação com informações sobre as características e eventos de cada fase. As fichas podem incluir perguntas como:
- Quais estruturas estão presentes em cada fase?

- Como as estruturas mudam ao longo do processo?
- Qual é a função de cada estrutura na fase específica?

4. Discussão em Grupo: Após preencherem as fichas, os grupos devem discutir suas observações e comparar suas respostas com as dos outros grupos.

Segunda Aula:

- Comparação das Fases: Os grupos se reúnem para compartilhar suas observações e discutir as semelhanças e diferenças entre as fases da mitose e meiose.
- Conclusão : O professor recapitula os principais aprendizados sobre a divisão celular e a importância de visualizar as fases com modelos 3D.
- Feedback: Será solicitado aos alunos que escrevam uma breve reflexão sobre como a atividade ajudou a entender as fases da divisão celular e como os modelos 3D contribuíram para a visualização do processo.

CONCLUSÃO

Embora a proposta de atividade deste trabalho não tenha sido aplicada, o estudo evidencia o potencial e a relevância da utilização de tecnologias inovadoras, como a impressão 3D, no ensino de conceitos biológicos complexos, como o ciclo celular. Ao propor o uso de modelos tridimensionais, a intenção é oferecer aos estudantes uma experiência de aprendizado mais prática e interativa, que lhes permita visualizar e manipular os diferentes estágios da divisão celular de maneira dinâmica e envolvente. Essa abordagem, além de promover maior compreensão e memorização dos conteúdos, incentiva o engajamento por meio de uma metodologia lúdica e imersiva.

Mesmo sem a aplicação prática da atividade, a análise teórica aponta que a personalização e adaptação dos modelos didáticos impressos em 3D podem atender às necessidades específicas de diferentes turmas, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e individualizada. Acredita-se que essa estratégia tem o potencial de transformar a experiência educacional, tornando-a mais rica e eficaz.

Portanto, este trabalho espera inspirar outros educadores a adotarem abordagens inovadoras, como a impressão 3D, no ensino de biologia e outras disciplinas, promovendo um ambiente educacional mais acessível e atrativo para os alunos.

REFERÊNCIAS

 RANKING DA EDUCAÇÃO: BRASIL ESTÁ NAS OLTIMAS POSIÇÕES NO PISA 2022; VEJA NOTAS DE 81 PAÍSES EM MATEMÁTICA, CIÊNCIAS E LEITURA. G1, 05 dez. 2023. Disponível em: https://g1.globo.com/educacao/noticia/2023/12/05/ranking-da-educacao-brasil

-esta-nas-ultimas-posicoes-no-pisa-2022-veja-notas-de-81-paises-em-matem atica-ciencias-e-leitura.ghtml. Acesso em: 16 jun. 2024.

- MOURA, Joseane; DEUS, Maria do Socorro Meireles de; GONÇALVES, Nilda Masciel Neiva; PERON, Ana. 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, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 167, 19 dez. 2013. Universidade Estadual de Londrina. http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2013v34n2p167.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2018
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 08 jun. 2024.

- DIAS, Prof. José Antônio. Um Olhar Sobre a Micrografia de Robert Hooke.
 2016. Disponível em: https://profjabiorritmo.blogspot.com/2016/10/um-olhar-sobre-micrografia-de-ro bert.html. Acesso em: 27 maio 2024.
- KARL Wilhelm von Nägeli. Disponível em: https://www.britannica.com/ttps://www.britannica.com/biography/Karl-Wilhelmvon-Nageli. Acesso em: 28 maio 2024.
- 7. **PANORAMA HISTÓRICO DA TEORIA CELULAR.** Universidade Federal do Paraná: História da Ciência e do Ensino, v. 14, n. 18, 12 out. 2016. Disponível

em: https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/23734. Acesso em: 11 fev. 2024.

- ROBERT A. WEINBERG. A biologia do câncer. Porto Alegre: Artmed, 2008. Disponível em: https://archive.org/details/abiologiadocancer1aed/page/n1/mode/2up. Acesso em: 15 out. 2024.
- 9. ALBERTS, Bruce et al. **Fundamentos da biologia celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- 10. ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA AO ENSINO DA TEORIA CELULAR EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA. Paraná: Renbio, v. 16, 22 nov. 2023.
- 11. SOUZA, Paulo Roberto Eleutério de et al. **Genética Geral Para Universitários**. Recife: Universitária da Ufrpe, 2015. 158 p.
- A pirâmide de aprendizagem. 2024. Disponível em: https://www.educationcorner.com/the-learning-pyramid/#. Acesso em: 15 jul. 2024.
- 13. AVALIAÇÃO DE MODELOS 3D COMO RECURSO EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE BIOLOGIA: UMA REVISÃO DA LITERATURA. São Paulo:

Rencima, v. 13,n.2,28 abr.2022.Disponível em:

file:///C:/Users/aurel/Downloads/Avaliacao_de_modelos_3D_como_recurso_e ducacional_p%20(1).pdf. Acesso em: 16 ago. 2024.

- 14. VOLPATO, N. Manufatura Aditiva: Tecnologia e aplicações da impressão3D. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2017.
- 15. Tipos de impressora 3D. Disponível em:

https://www.printit3d.com.br/post/tipos-de-impressora-3d. Acesso em: 15 ag. 2024.

16. Modelos prontos de mitose. Disponível em:

https://www.thingiverse.com/thing:6090256. Acesso em: 05 mar. de 2024

17. O USO DA IMPRESSORA 3D NO PROCESSO DE ENSINO E

APRENDIZAGEM. Espírito Santo: Sala de Aula em Foco, v. 20, n. 14, 2019.
Disponível em: https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1377/891. Acesso em: 17 jun. 2024.

- SANTIAGO, Sônia Aparecida et al. A Fragilidade do Ensino da Meiose.
 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/6WBLbC9WnqzZY4ZRMjHdskC/?format=pdf&I ang=pt. Acesso em: 15 abr. 2024.
- 19. SILVA, Karla Suzana Tiburcio dos Santos. Impressão 3D como recursos didáticos para o ensino do poliedros de Platão. 2023. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, Ufrpe, Recife, 2023.