

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FRANCIELLY FELIX DA SILVA ISAIAS

**USO DE MODELOS 3D DE CÉLULAS EUCARIÓTICAS NO ENSINO INCLUSIVO
DE BIOLOGIA CELULAR PARA DEFICIENTES VISUAIS**

UBERLÂNDIA
2025

FRANCIELLY FELIX DA SILVA ISAIAS

**USO DE MODELOS 3D DE CÉLULAS EUCARIÓTICAS NO ENSINO INCLUSIVO
DE BIOLOGIA CELULAR PARA DEFICIENTES VISUAIS**

Dissertação apresentada para o Programa de Pós-Graduação Em Biologia Celular e Estrutural, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia. Como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia Celular.

Área de concentração: Biotecnologia

Orientação: Pra. Dra. Daniele Lisboa Ribeiro

Coorientação: Pra. Dra. Fabiana Martins Batista

UBERLÂNDIA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

I74u
2025

Isaias, Francielly Felix da Silva, 1995-
Uso de modelos 3D de células eucarióticas no ensino inclusivo de
biologia celular para deficientes visuais [recurso eletrônico] / Francielly
Felix da Silva Isaias. - 2025.

Orientadora: Daniele Lisboa Ribeiro.

Coorientadora: Fabiana Martins Batista.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Estrutural.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5147>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Biologia. I. Ribeiro, Daniele Lisboa, 1981-, (Orient.). II. Batista,
Fabiana Martins, 1976-, (Coorient.). III. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Estrutural.
IV. Título.

CDU: 573

André Carlos Francisco
Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/3408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Estrutural
 Aplicadas
 Rua Piauí, Bloco 2B, Sala 2B218 - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: 34 3225-8484 - ppgbc@icbim.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Biologia Celular e Estrutural Aplicadas				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico , número 04/2025, do PPGBC				
Data:	28 de Março de 2025	Hora de início:	14:02	Hora de encerramento:	17:45
Matrícula do Discente:	12312BCE004				
Nome do Discente:	Francielly Felix da Silva Isaías				
Título do Trabalho:	Uso de modelos 3D de células eucarióticas no ensino inclusivo de Biologia Celular para deficientes visuais				
Área de concentração:	Biologia Celular				
Linha de pesquisa:	Biologia da Reprodução				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se, por Videoconferência, a **Banca Examinadora** designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Estrutural Aplicadas/PPGBC, assim composta: Professoras Doutoras: **Juliana Castro Monteiro Pirovani** - UFES; **Cleida Aparecida de Oliveira** – UFMG; e **Daniele Lisboa Ribeiro** orientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Daniele Lisboa Ribeiro, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à **Discente Francielly Felix da Silva Isaías** a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Daniele Lisboa Ribeiro, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/03/2025, às 17:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliana Castro Monteiro Pirovani, Usuário Externo**, em 28/03/2025, às 17:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cleida Aparecida de Oliveira, Usuário Externo**, em 28/03/2025, às 17:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6207344** e o código CRC **A634438B**.

Dedico esta dissertação à minha orientadora que teve toda a paciência, parceria e profissionalismo em me orientar. Gratidão ao meu marido, meus filhos e a todos os voluntários da pesquisa, pois vocês foram fundamentais para a conclusão desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me guiar e manter a minha fé em acreditar que eu conseguiria chegar até aqui, mesmo com grandes desafios e momentos difíceis.

Ao meu marido Diego pelo companheirismo, pela motivação e por me incentivar e apoiar a ingressar no mestrado na área que eu queria, em uma outra cidade. E assim, conseguimos juntos mais uma conquista.

Ao meu filho Miguel que adorava me acompanhar nas etapas da minha pesquisa, principalmente quando imprimimos os modelos e durante a aplicação do projeto com os deficientes visuais. Isso despertou nele a vontade de ser docente e pesquisador, me mostrou como é gratificante fazer algo que gostamos e consequentemente sermos reflexos para os nossos filhos.

A minha filha Maia que juntas, ainda no meu ventre, apresentamos trabalhos em congresso, assistimos aulas, coletamos dados da pesquisa, viajamos várias vezes. E que mesmo uma bebezinha me deu forças para concluir mais essa etapa na minha vida.

A minha falecida mãe Iara por me demonstrar quando viva a importância de a mulher sonhar, planejar e conquistar o que almeja.

A minha orientadora, Profa Dra. Daniele Lisboa Ribeiro, que mesmo não tendo a Educação como sua linha de pesquisa se dispôs em se desafiar e me orientar de uma forma única. Me deixou livre para poder executar todas as etapas com total profissionalismo e ética. Nesses dois anos passamos alguns obstáculos pessoais e profissionais juntas e considero que ganhei uma pessoa para levar comigo para a vida toda.

Ao diretor do Instituto dos Cegos de Uberaba, e principalmente a psicóloga Rafaela por abrirem as portas da instituição, me possibilitando ter contato com os deficientes visuais. E assim, agradeço imensamente aos deficientes visuais que conseguiram participar do projeto, contribuindo para a coleta de dados e principalmente, ter tornado os dias que passei com eles uma experiência insólita.

Ao diretor do Campus Uberaba do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Prof. Dr Bruno Pereira Garcês, pelo auxílio nas impressões dos modelos tridimensionais e nortes para a execução da coleta de dados. A minha coorientadora Profa Dra Fabiana Martins Batista também pertencente na instituição por ajudar a alcançar os objetivos da pesquisa e ceder momentos de suas aulas de biologia de duas turmas do Primeiro Ano do Ensino Médio para aplicação do projeto para esse público. Aos estudantes dessas turmas que puderam contribuir com o projeto.

A Profa. Dra Aurélia Aparecida de Araújo Rodrigues que se dispôs em nos conduzir nos melhores testes estatísticos e como eles deveriam ser realizados. Além de ter nos demonstrado as melhores formas de aplicar o projeto com os públicos estudados.

A minha querida amiga que fiz durante o mestrado, Julia Eduarda Mesquita Matos, pelo carinho, companheirismo, cuidado e principalmente nossa amizade. Hoje estamos morando em cidades distantes, mas acredito que nossa amizade só se fortalece e quando nos encontramos, nunca falta assunto. Combinamos até na orientadora e planos de vida, temos uma conexão difícil de explicar!

A banca, composta pela Profa. Dra. Juliana Castro Monteiro Pirovani e Profa. Dra. Cleida Aparecida de Oliveira por disporem de tempo para ler, analisar e posteriormente fazer suas arguições durante a defesa desse trabalho, tão importante para mim e para a educação brasileira.

“Não faz sentido ter alunos do século XXI e professores do século XX trabalhando como se fazia no século XIX. Os resultados são um alto nível de evasão, milhões de analfabetos, professores humilhados, violência extrema, crise política e ética”
(José Pacheco, educador, pedagogo, fundador da Escola do Porto - Portugal).

RESUMO

Estima-se que 6,5 milhões de brasileiros possuem alguma deficiência visual e uma parte significativa deles abandonam a escola por dificuldades de inclusão educacional. A utilização de impressoras 3D na confecção de modelos didáticos de células eucariontes representa uma inovação tecnológica com grande potencial educativo e inclusivo. Essa tecnologia aspira suprir a carência de recursos didáticos adaptados para indivíduos deficientes visuais, contribuindo para a democratização do acesso ao conhecimento científico. Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a eficiência no aprendizado de estudantes com deficiência visual e alunos videntes do Primeiro Ano do Ensino Médio a partir da manipulação de modelos tridimensionais táteis de células eucariontes (animal e vegetal). O estudo foi realizado com dois públicos-alvo: 19 deficientes visuais no Instituto dos Cegos de Uberaba e 20 estudantes do Primeiro Ano do Ensino Médio Regular do IFTM *Campus* Uberaba. Os dois públicos responderam a um questionário para verificação do conhecimento sobre células e então, foram divididos em dois grupos: Grupo 1- utilizou os modelos 3D e depois recebeu aula expositiva para consolidação do conteúdo; e o Grupo 2- teve a aula expositiva e depois usou os modelos 3D. Após cada intervenção pedagógica, os grupos responderam questionários para avaliarmos a evolução do conhecimento usando os modelos e/ou a aula expositiva. Os resultados mostram que o conhecimento prévio sobre biologia celular era baixo em ambos os públicos, mais notavelmente entre os deficientes visuais. Os questionários mostraram uma evolução do conhecimento após as práticas pedagógicas em ambos os públicos e grupos, independente da sequência pedagógica abordada. Mas o Grupo 1 de deficientes visuais apresentou melhor desempenho nos questionários ao usar os modelos 3D antes da aula expositiva. Já com os discentes videntes do Ensino Médio regular os modelos aplicados após a aula tradicional se mostraram mais assertivo. Esses resultados demonstram a eficácia do uso de modelos 3D para uma melhor compreensão da biologia celular entre os não videntes e videntes, porém de maneiras distintas. Entre os deficientes visuais, o uso dos modelos 3D foi uma importante ferramenta para eles compreenderem espacialmente a célula e então assimilar melhor o conteúdo expositivo posterior. Esses dados destacam a importância da adoção de estratégias de ensino diferentes das tradicionais para uma aprendizagem mais assertiva da biologia celular e fomentar a discussão sobre a importância da inclusão educacional e consequentemente a redução da evasão escolar.

Palavras-chave: Ensino Médio; Alunos cegos; Citologia; Modelos Tridimensionais; Aprendizagem Significativa; Educação Inclusiva.

ABSTRACT

It is estimated that 6.5 million Brazilians have some form of visual impairment, and a significant portion of them drop out of school due to difficulties in educational inclusion. The use of 3D printers to create didactic models of eukaryotic cells represents a technological innovation with great educational and inclusive potential. This technology aims to address the lack of adapted didactic resources for visually impaired individuals, contributing to the democratization of access to scientific knowledge. The main objective of this study was to evaluate the learning efficiency of students with visual impairment and sighted students in the first year of high school, through the manipulation of tactile three-dimensional models of eukaryotic cells (animal and vegetal). The study was conducted with two target groups: 19 visually impaired students from the Institute for the Blind of Uberaba and 20 first-year high school students from the IFTM Campus Uberaba. Both groups answered a questionnaire to assess their prior knowledge about cells and were then divided into two groups: Group 1 - used the 3D models first and then received a lecture to consolidate the content. Group 2 - Had the lecture first and then used the 3D models. After each pedagogical intervention, the groups answered questionnaires to evaluate knowledge development using the models and/or the lecture. The results indicated that prior knowledge of cell biology was low in both groups of both studied public, especially among the visually impaired students. The questionnaires showed knowledge improvement after the pedagogical practices in both groups, regardless of the teaching sequence applied. However, Group 1 of the visually impaired study performed better in the questionnaires when using the 3D models before the lecture. In contrast, among the sighted high school students, applying the models after the traditional lecture proved to be more effective. These results demonstrate the effectiveness of using 3D models for a better understanding of cell biology among both visually impaired and sighted students, though in different ways. For the visually impaired students, the use of 3D models was a crucial tool for spatially understanding the cell, enabling them to better assimilate the subsequent lecture content. These findings highlight the importance of adopting alternative teaching strategies beyond traditional methods to enhance the learning process in cell biology, promote discussions on the significance of educational inclusion, and consequently reduce school dropout rates.

Keywords: *High School; Blind Students; Cytology; Three-Dimensional Models; Meaningful Learning; Inclusive Education.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelos gráficos para serem utilizados pela impressora.....	34
Figura 2. Modelos impressos.....	36
Figura 3. Fluxograma com as etapas de aplicação de cada grupo.....	41
Figura 4. Modelos 3D impressos com detalhamento e sem proporções	44
Figura 5. Células 3D montadas	46
Figura 6- <i>Box-plot</i> das notas obtidas nos questionários 1, 2 e 3 dos grupos 1 e 2 dos participantes deficientes visuais.....	47
Figura 7. Respostas dos participantes deficientes visuais obtidas para a Questão 11 – Quanto você acredita que esse tipo de metodologia faz diferença na educação dos deficientes visuais?	50
Figura 8. Respostas dos participantes deficientes visuais obtidas para a Questão 12 – Você acredita que o uso de modelos 3D te ajudou na percepção e melhorou a sua compreensão das células?	50
Figura 9. <i>Box-plot</i> das notas obtidas nos questionários 1, 2 e 3 dos grupos 1 e 2 dos alunos do Primeiro Ano do Ensino Médio.	53
Figura 10. Respostas dos discentes do IFTM obtidas para a Questão 11 – Quanto você acredita que esse tipo de metodologia faz diferença na educação básica?.....	56
Figura 11. Respostas dos discentes do IFTM obtidas para a Questão 12 – Você acredita que o uso dos modelos 3D te ajudou na percepção e melhorou a sua compreensão das células?	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tamanhos microscópicos reais das organelas e estruturas celulares baseados em estudos microscópicos e dimensões finais dos modelos.	35
Tabela 2. Relação entre os conteúdos das questões.	38
Tabela 3. Participantes deficientes visuais.....	39
Tabela 4. Participantes do Primeiro Ano do Ensino Médio.....	39
Tabela 5. Teste de <i>Wilcoxon</i> realizado para comparar as notas dos questionários dentro de cada grupo (evolução do conhecimento)	48
Tabela 6. Teste de <i>Mann-Whitney</i> comparando o desempenho entre o Grupo 1 e o Grupo 2 em cada questionário	48
Tabela 7. Ganho de <i>Hake</i> 'g referente as notas dos participantes deficientes visuais	49
Tabela 8. Teste T (dados relacionados) comparando as notas nos questionários dentro de cada grupo.....	54
Tabela 9. Teste T (dados não relacionados) comparando o desempenho entre o Grupo 1 e o Grupo 2 em cada um dos questionários.....	54
Tabela 10. Ganho de <i>Hake</i> 'g referente as notas dos alunos do IFTM	55

LISTA DE SIGLAS

3D	Tridimensional
AEE	Atendimento Educacional Especializado
BCN	Base Curricular Nacional
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CDE	Classe D e E
ECA	Estatuto da Criança e do Adolescente
EM	Ensino Médio
EPD	Estatuto da Pessoa com Deficiência
EPTNM	Educação Profissional Técnica de Nível Médio
FDM	<i>Deposition Modeling</i>
FDM	Filamento fundido
FUNDEB	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Básico
FUNDEF	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICBC	Instituto de Cegos do Brasil Central
IFTM	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LBI	Lei Brasileira de Inclusão
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONCB	Organização Nacional de Cegos do Brasil
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PNE	Plano Nacional de Educação
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde
Q1	Questionário 1 (Pré-teste)
Q2	Questionário 2 (Após a Primeira Intervenção Pedagógica)
Q3	Questionário 3 (Pós-Teste)
SLA	Estereolitografia
SLS	Sinterização seletiva a laser
SLT	<i>Standard Tessellation Language</i>

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1.	Breve histórico sobre a educação brasileira	21
2.2.	Os desafios do ensino-aprendizado na educação básica brasileira do século XXI....	22
2.3.	Educação inclusiva	24
2.4.	Deficientes visuais no âmbito estudantil brasileiro	26
2.5.	O ensino de Citologia para alunos do Ensino Médio.....	28
2.6.	Uso de Impressão Tridimensional na educação	30
3.	OBJETIVOS	32
3.2.	Objetivo Geral.....	32
3.3.	Objetivos Específicos	32
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1.	Construção dos modelos tridimensionais das células eucariontes.....	33
4.2.	Desenvolvimento da sequência didática para a aplicação dos modelos	36
4.3.	Elaboração dos questionários.....	37
4.4.	Aplicação da metodologia.....	38
4.4.1.	Participantes do Instituto dos cegos	38
4.4.2.	Participantes do IFTM	39
4.4.3.	Grupos:	39
4.5.	Análise estatística	41
4.6.	Ganho de <i>Hake</i> 'g	42
5.	RESULTADOS	43
5.1.	Características dos modelos tridimensionais impressos	43
5.2.	Resultados coletados dos voluntários deficientes visuais.....	46
5.2.1.	A prática pedagógica com modelos 3D beneficiou a maioria dos participantes	46
5.2.2.	Aumento significativo no desempenho entre os questionários e diferença estatística entre os grupos estudados.	48
5.2.3.	O ganho de conhecimento foi mais baixo após a aula expositiva no Grupo 2. ..	48
5.2.4.	A utilização dos modelos 3D auxiliou e foi considerada uma estratégia relevante por parte dos participantes deficientes visuais	49
5.2.5.	Percepção dos pesquisadores durante a aplicação dos modelos tridimensionais	51
5.3.	Resultados dos discentes do Primeiro Ano do Ensino Médio	52
5.3.1.	A aplicação dos modelos 3D pode ter nivelado o conhecimento dos alunos.	52
5.3.2.	Aumento progressivo no desempenho entre os questionários apenas no Grupo 2 e diferença entre os grupos estudados.	53
5.3.3.	O uso de Modelos 3D promove um ganho alto de conhecimento entre os alunos do Ensino Médio.....	54
5.3.4.	A utilização dos modelos 3D auxiliou e foi considerada uma estratégia relevante pela maioria dos alunos.	55
5.3.5.	Percepção dos pesquisadores durante a aplicação dos modelos tridimensionais no Ensino Médio Regular	58
6.	DISCUSSÃO	59
7.	CONCLUSÃO.....	63
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (pessoas deficientes visuais) ..	70
	APÊNDICE II - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Ensino Médio).....	72
	APÊNDICE III - Termo de Assentimento (Ensino Médio)	74
	APÊNDICE IV - Parecer consubstanciado do CEP	75
	APÊNDICE V- Instruções para aplicação dos modelos (pessoas deficientes visuais).....	80

APENDICE VI - Instruções para aplicação dos modelos tridimensionais (Ensino Médio)	82
APÊNDICE VII - Questionários aplicados à pessoas deficientes visuais.....	84
APÊNDICE VIII – Questionários aplicados aos alunos do Ensino Médio	91
APÊNDICE IX – Gabarito dos questionários	98

1. INTRODUÇÃO

Tanto a Declaração Universal dos Direitos Humanos quanto a Constituição Federal Brasileira garantem que o direito ao acesso à educação e à aprendizagem é de todos os cidadãos brasileiros, e cabe ao Estado e à família, colocarem em prática essa obrigação. Associado a essa obrigação, em prol da equidade na educação de qualidade independente das necessidades educacionais especiais individuais de cada estudante a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) - Lei nº 9.394/1996 discute no capítulo V sobre a Educação Especial (BRASIL, 1996).

Esse capítulo da LDB estabelece diretrizes na oferta de educação para pessoas com deficiência, transtornos globais de desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação. E o Estatuto da Pessoa com Deficiência (EPD - Lei nº 13.146/2015), também conhecido como Lei Brasileira de Inclusão (LBI) garante os direitos das pessoas com deficiência, incluindo o direito à educação (BRASIL, 2015). Assim, ambas garantem a inclusão escolar, a acessibilidade e a oferta do Atendimento Educacional Especializado (AEE) para os mais de 18,5 milhões de brasileiros que necessitam de acolhimento personalizado (BRASIL, 2024).

Somando-se a isso a educação inclusiva, conforme constava na meta 4 do Plano Nacional de Educação (PNE), instituído pela Lei nº 13.005 de 25 de junho de 2014 pretendia cumprir até o ano de 2024 uma educação efetivamente inclusiva de alunos com necessidades educacionais especiais. Indubitavelmente é notório que essa e outras metas não foram cumpridas em sua totalidade e no prazo estabelecido havendo a necessidade de propor outras possibilidades e prazos em proveito à educação de qualidade (BRASIL, 2014). No entanto, é necessário lembrar que existem variadas singularidades sociais e individuais, bem como peculiaridades de contexto e de habilidades entre os alunos para que se chegue na excelência educacional (GARCIA; BRAZ, 2020).

De acordo com o relatório do Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania de 2024, eram aproximadamente 6,5 milhões de brasileiros deficientes visuais no ano de 2022, abrindo as possibilidades de inclusão para os que possuem cegueira total e baixa visão. Vale enfatizar que essa pesquisa indica que existem cerca de 186 mil crianças e adolescentes com deficiência visual e entre aqueles com 12 e 18 anos esse número é ainda maior, cerca de 227 mil no ano de 2022 (BRASIL, 2024). Ainda, segundo o Censo Escolar de 2024, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), existiam cerca de 89.099 crianças e adolescentes com apenas deficiência visual (baixa visão ou cegueira) matriculados na Educação Especial Brasileira em salas de aula comuns e 4.551 em classes

exclusivas (INEP, 2025). Dessa forma, fica claro que, mesmo com a instituição da lei da inclusão a presença de AEE por todo o Brasil, como o Instituto de Cegos do Brasil Central (ICBC) de Uberaba, são de extrema relevância porque além de auxiliarem alunos individualmente, eles orientam e dão suporte para o Ensino Regular.

Surpreendentemente, os estudos revelam que cerca de 25% das escolas brasileiras não possuem recursos para acessibilidade, ou seja, muitas delas não estão habilitadas a garantir as necessidades específicas de alunos com deficiência visual (CENSO ESCOLAR, 2023). A falta de materiais em formatos acessíveis (braile, áudio-livros), infraestruturas adequadas e apoio psicopedagógico refletem na alta evasão escolar desses estudantes (INSTITUTO RODRIGO MENDES, 2023). Além disso, uma pesquisa realizada pelo Núcleo de Pesquisas em Desigualdades Escolares, vinculado à Faculdade de Educação da UFMG revelou que quase a metade de pessoas com deficiência nos anos iniciais e finais do ensino fundamental em 2013 não concluíram o ano letivo. Esse índice reduziu para 34,9% em 2017, mas ainda representa um índice preocupante de evasão escolar antes mesmo do aluno ingressar no Ensino Médio (UNESCO, 2023).

Dentre as disciplinas da educação básica, alguns conteúdos, como o de citologia, requerem uma interpretação e abstração microscópica por parte dos discentes, exigindo ainda mais do aluno não-vidente. E falar de biologia celular permite que os estudantes entendam como os seres vivos são e funcionam em um nível microscópico, pois a célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os organismos vivos (AMABIS; MARTHO, 2015). Isso é crucial para a compreensão dos processos biológicos que ocorrem no corpo humano, nos animais, nas plantas e em outros organismos fornecendo base científica para o entendimento de outros tópicos biológicos, como a genética.

O uso de ferramentas que vão além do Braille, são estratégias importantes que podem possibilitar uma real inclusão de alunos com deficiência visual, evitando a redução da evasão escolar desse público e impulsionando a formação do sujeito crítico. A exploração dos sentidos, como por exemplo o tato é uma via alternativa para compreensão de informações, permitindo a materialização de conteúdos que podem ser abstratos para muitos alunos. Dessa forma, é fundamental converter informações visuais em aspectos que possam ser sentidos através de relevos e diferentes texturas, a fim de proporcionar uma melhor compreensão e aprendizagem (PRIMO; PERTILE, 2021).

Nesse sentido, a utilização de impressoras tridimensionais (3D) para a criação de modelos didáticos táteis é uma estratégia interessante, pois a impressão tridimensional permite o desenvolvimento de materiais em diferentes formatos precisos, para torná-los tangíveis e que

possam ser manuseados e interpretados pelos estudantes (PINHO, 2021). Para isso, programas virtuais específicos transformam uma figura tridimensional computacional em um objeto idêntico e tátil e então a impressora materializa o projeto.

Em meio aos poucos trabalhos publicados mundialmente sobre a utilização de modelos tridimensionais no ensino de biologia celular, destaca-se o de Dämpel *et al* (2023) que demonstrou o desenvolvimento e a aplicação de modelos didáticos tanto dimensionais quanto tridimensionais de células humanas, bem como um método de avaliação baseado em massa de modelar que foram testados por alunos de escolas públicas, com e sem deficiência visual, para facilitar o aprendizado de citologia. Porém, não utilizou impressoras 3D para a construção de modelos precisos. Em contrapartida, o estudo de Gordy *et al* (2020) apresentam uma atividade de aprendizagem que utiliza modelos tridimensionais feitos a partir de impressoras 3D associado à uma metodologia ativa para ensinar o conceito do *operon lac* dentro da disciplina de Biologia Molecular em cursos de Biologia e Genética. No entanto, esse estudo não avaliou de fato se teve algum ganho no conhecimento de pessoas com deficiência visual.

Ainda, Toledo *et al* (2021) estudaram o uso de modelos confeccionados em impressora 3D com alunos deficientes visuais, objetivando investigar o potencial pedagógico de modelos atômicos táteis 3D como ferramenta didática inclusiva no ensino de Química. Eles também avaliaram através de questionários e entrevistas os modelos com dois professores, um deles com deficiência visual e um aluno com baixa visão. Embora esses estudos tragam resultados positivos, eles não abordam especificamente o conteúdo de citologia e qual o impacto desses modelos para as pessoas deficientes visuais e turmas de videntes do Ensino Médio.

Cabe também falarmos sobre o projeto de extensão, “Formando pesquisadores: a Biologia Celular na prática”, desenvolvido e aplicado pela pesquisadora dra. Karina Carvalho Mancini da Universidade Federal do Espírito Santo, a partir de 2010. Mesmo não tendo a impressão tridimensional como aliada e nem uma análise estatística das aplicações, a ação deve ser mencionada por disponibilizar modelos de biscuit impressionantes de células e tecidos para docentes dos ensinos fundamental e médio das redes públicas e privadas de São Mateus, além de ofertar oficinas e atividades, em prol da qualidade do processo de ensino-aprendizagem (UFES, 2021).

Diante do exposto, evidencia-se a importância de estratégias que melhorem as experiências pedagógica para o público de cidadãos deficientes visuais, tornando-as mais inclusivas e consequentemente promovendo a redução da evasão escolar. Assim, este estudo teve como objetivo principal avaliar a eficiência no aprendizado de estudantes com deficiência

visual e alunos videntes do Primeiro Ano do Ensino Médio a partir da manipulação de modelos tridimensionais táteis de células eucariontes (animal e vegetal).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Breve histórico sobre a educação brasileira

Foi durante a era Vargas que as discussões sobre adequações e direitos sobre a educação brasileira se iniciaram, com a criação do Ministério da Educação e Saúde Pública Brasileiro em 1930. Apenas nesse período que ocorreu a consolidação de universidades e normatizaram a profissão docentes. De lá para o século XXI a educação brasileira avançou em termos de acesso e financiamento, mas ainda enfrentava desafios como qualidade do ensino, formação de professores e desigualdades regionais. E assim, alguns documentos surgiram a fim de estabelecer quais deveres, obrigações e direitos cada cidadão ou autarquia teriam frente à educação (SAVIANI, 2007).

A Declaração Universal dos Direitos Humanos (ONU, 1948) estabelece no Art.26: "Toda pessoa tem direito à educação. A educação será gratuita, pelo menos nos graus elementares e fundamentais. A instrução elementar será obrigatória. A educação técnica e profissional será acessível a todos, bem como a instrução superior, está baseada no mérito." Além da Declaração Universal dos Direitos Humanos, a Constituição Federal de 1988 reafirma no Art. 205 que a educação é direito de todos e dever do Estado e da família: "A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, promovendo o pleno desenvolvimento da pessoa, sua preparação para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho." E o Art. 208 reforça as obrigações do Estado de garantir a educação básica gratuita e universal (BRASIL, 1988).

Em 1961 surgiu a Primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação a fim de regulamentar o sistema educacional brasileiro, estabelecendo princípios e diretrizes da educação, tanto no âmbito público quanto no privado (BRASIL, 1961). Já em 1996, uma nova LDB (Lei 9.394/1996) reestrutura o sistema educacional, garantindo o acesso à educação básica obrigatória e gratuita (BRASIL, 1996). E no mesmo ano, cria-se o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (FUNDEF), para financiamento da educação fundamental. Esse fundo foi substituído pelo Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Básico (FUNDEB) em 2007, ampliando o financiamento para toda a educação básica (BRASIL, 2006).

A implementação do Plano Nacional de Educação (PNE 2001 e 2014), formado por um conjunto de diretrizes e metas para a educação brasileira (com validade de 10 anos), teve como objetivo melhorar a qualidade do ensino e ampliar o acesso à educação em todos os níveis. Desde então, ocorreu a expansão do ensino técnico e profissionalizante com a criação dos

Institutos Federais (IFs) a partir de 2008. As políticas de inclusão e equidade, como o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e a obrigatoriedade do ensino fundamental a partir dos 6 anos (BRASIL, 1990).

2.2. Os desafios do ensino-aprendizado na educação básica brasileira do século XXI

Em 2015, o Brasil tornou-se um dos 193 países que assinaram os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), composto por três pilares: crescimento econômico, inclusão social e proteção ao meio ambiente. Este documento, mesmo não sendo uma lei instituída, prevê que cada país tem a responsabilidade de fornecer meios para que os objetivos sejam alcançados, e tem a responsabilidade de acompanhar o progresso de cada um deles em seu território. Dentre os objetivos, tem-se destaque a Educação de Qualidade (ODS 4) que estabelece a meta de garantir educação de qualidade e oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos até 2030 (ALVES, 2020).

Embora o país tenha feito progressos e investimentos no acesso à escola nos últimos anos, ainda enfrenta desafios consideráveis ao oferecer um ensino de excelência, além de lidar com desigualdades educacionais substanciais. Essas desigualdades são demonstradas pelos resultados do maior ensaio mundial sobre a educação em 2018, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa). Tal avaliação evidenciou que o Brasil está abaixo da média de proficiência em Leitura, Matemática e Ciências, se comparado com outros 78 países avaliados (OLIVEIRA, 2019).

Indubitavelmente, o Brasil enfrenta uma crise educacional em um momento marcado pela chamada 4ª Revolução Industrial, impulsionada pelos avanços da Inteligência Artificial que demanda de uma automação acelerada e substituição crescente do trabalho humano por máquinas, em que carece de jovens qualificados com altas competências intelectuais (COSTIN, 2020). Silva (2022) complementa que ao longo do tempo da pandemia de COVID-19 quando o ensino remoto foi a única forma possível de educação, ocorreu um processo de aprendizado prático, onde os professores desenvolveram habilidades necessárias para o ensino que exigia não apenas conhecimentos sobre computadores e aplicativos, mas também trabalho colaborativo entre pares. Assim, com a inserção da tecnologia na educação pode-se desenvolver metodologias ativas que coloque os alunos como sendo o centro do seu próprio aprendizado.

Diante disso, a Educação Básica brasileira emula o desafio de propiciar um ensino que viabilize o desenvolvimento de competências essenciais, “como resolução colaborativa de

problemas com criatividade, agilidade cultural, adaptabilidade, pensamento crítico e sistêmico, e abertura para o novo” (COSTIN, p. 1, 2020).

Vale salientar que segundo as Bases Curriculares Nacionais (BCNs) é obrigatório o docente objetivar práticas educativas que visam provocar o interesse e a motivação dos discentes. Entre as inúmeras estratégias, podemos destacar as discussões com debates que valorizem as mais variadas opiniões; ou até mesmo as aulas práticas, jogos didáticos, aulas expositivas dialogadas com o uso de animações e construções de maquetes em grupo. Sendo assim, mesmo com todas as dificuldades que os professores encontram, ele tem o dever de auxiliar os seus alunos na busca pelo conhecimento da melhor forma possível e de acordo com as condições de cada instituição (PANISSET, 2000).

No âmbito do ensino de ciências e biologia, todas as metodologias empregadas pelo professor devem ser articuladas com os conteúdos científicos explorados por essa metodologia; bem como com a realidade no contexto escolar e social dos alunos. Nesse sentido, Rosa *et al* destacam (2018, p. 31): “[...] se faz necessário um olhar crítico sobre o tema e como é abordado, para então, explorá-lo cientificamente com os estudantes, trazendo a oportunidade de discutir e refletir sobre o tema num contexto social, econômico e cultural”. Nesse contexto, ter aulas diversificadas e que coloquem os alunos como construtores dos seus próprios pensamentos e conhecimentos, pode tornar as próximas gerações menos manipuláveis frente às inúmeras questões sociais. Claro que essas metodologias ativas não são as soluções para os problemas sociais atuais, porém poderão ser o primeiro e pequeno degrau para a construção de pensamento crítico nos novos seres humanos.

Ao falar da educação no século XXI se faz necessário ter uma reflexão sobre como o ganho de conhecimento é construído de forma significativa e crítica. Segundo a teoria de Ausubel, a aprendizagem se centraliza na interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o conteúdo proposto. Este tipo de retenção do conhecimento demonstra vantagens em relação à aprendizagem meramente memorística, ou seja, mecânica (PELIZZARI *et al*, 2002). Essas vantagens são:

“Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. E, em terceiro, uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte – a “reaprendizagem”, para dizer de outra maneira” (PELIZZARI *et al*, 2002, p. 39-40).

Moreira (2011), faz uma distinção entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, sendo que a primeira acontece quando o aluno memoriza informações sem associá-las aos seus conceitos prévios e a segunda envolve uma relação ativa e consciente entre novas informações e conceitos já adquiridos. Entretanto, vale ressaltar que estas duas formas

de aprendizagem não foram apontadas por Ausubel como lados opostos de uma moeda e sim como um processo contínuo, onde em muitos casos é preciso que ocorra inicialmente uma Aprendizagem Mecânica para que posteriormente se passe para a Aprendizagem Significativa (SOUZA; BARROS; VIANA, 2021).

O professor deve atuar como um facilitador da aprendizagem, criando situações-problema. A avaliação da aprendizagem significativa deve ser contínua e focada em evidências de que o aluno está relacionando novos conhecimentos de maneira substantiva e não arbitrária ao que já sabe. Dessa forma, o estudante deve ter contato com as novas propostas de forma gradual, ao longo do processo instrucional e não em um momento único e novo. A aprendizagem não apenas integra novos conhecimentos, mas também promove uma reflexão crítica sobre eles, incentivando o questionamento de pressupostos, a análise de contextos e a compreensão das implicações sociais e éticas do conhecimento adquirido (MOREIRA, 2006; 2012). Essa abordagem visa formar indivíduos capazes de pensar criticamente e atuar de forma consciente na sociedade.

2.3.Educação inclusiva

Segundo o Ministério dos Direitos Humanos e da cidadania (2024), a população brasileira em 2022 era de 203.080.7656 brasileiros e 9% desses era composta por pessoas com deficiência (18.579.623). Entre os brasileiros de 0 e 18 anos esse número era de 1.663.837 de crianças e adolescentes com alguma necessidade específica que estão dentro das escolas por todo o país. E entre aqueles com 19 e 65 anos esse número era ainda maior, com 9.892.990 brasileiros. Essa pesquisa ainda discute sobre a taxa de distorção idade-série, demonstrando que entre alunos da Educação Especial o índice era 4 vezes maior ao comparar com os discentes da educação básica geral, sendo de 31% e 7%, respectivamente (BRASIL, 2024).

A Constituição Federal de 1988 foi um marco para a educação inclusiva no Brasil, pois passou a garantir o direito à educação para todos os cidadãos, sem discriminação. O artigo 208 define a obrigatoriedade do ensino fundamental e, pela primeira vez, apresenta a necessidade de atendimento especializado para alunos com deficiência: "O dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de: [...] atendimento educacional especializado aos portadores de deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino" (BRASIL, 1988). Assim, intensificou-se a pressão em integrar alunos com deficiência nas escolas regulares, ao invés de segregar as instituições especiais. Segundo os dados do IBGE de 2023, a população brasileira de 2022 era de 203.080.7656 brasileiros que desses, 9% era composto por pessoas com deficiência (18.579.623).

Segundo Mantoan (2006) a educação inclusiva busca garantir que todos os alunos, independentemente de suas condições físicas, sensoriais, cognitivas ou sociais, tenham acesso ao ensino no sistema regular de educação. A escola deve ser adaptada para atender às necessidades de todos os alunos, proporcionando adequações curriculares, acessibilidade física, materiais didáticos especializados e formação de professores para lidar com a diversidade em sala de aula. Mas, será que o Estado garante o suporte necessários para os docentes e essas instituições atenderem esse público? Essa pergunta nos faz refletir sobre a importância dos docentes da educação básica na promoção da inclusão. São eles quem vivem na rotina escolar a necessidade de lidar com o “diferente” dentro das salas de aula, tendo o papel de adequar suas metodologias para evitar a exclusão. Tomo a liberdade de relatar minha experiência quanto a uma aluna que conviveu com colegas de sala com deficiência visual no Primeiro Ano do Ensino Médio. Na época (2010), eu não vi suporte nem para a escola, nem tampouco para esses profissionais.

Já no capítulo V da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - Lei nº 9.394/1996 intitulado "Da Educação Especial" estabelece "A educação especial, para os efeitos desta Lei, é a modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação" (Art. 58, caput). Além de destacar que "O atendimento educacional especializado será oferecido preferencialmente na rede regular de ensino, em aulas comuns ou em aulas, escolas ou serviços especializados, sempre que, em função das condições específicas dos alunos, para mais proteção" (Art. 58, §1º) (BRASIL, 1996).

O Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) também defende a educação inclusiva, garantindo que todas as pessoas com deficiência tenham direito a estudar na rede regular de ensino, desde a educação infantil até o ensino superior. O Inciso I do Art. 28 deixa claro que "O Estado, a sociedade e a família devem garantir à pessoa com deficiência, com prioridade, um sistema educacional inclusivo em todos os níveis e modalidades, evoluindo ao aprendizado ao longo da vida". Mas, também estabelece que a educação especial é um direito garantido dentro do modelo inclusivo. Ela se refere ao atendimento educacional especializado (AEE), oferecido em salas de recursos multifuncionais, aulas especiais ou escolas especializadas, sempre que necessário (BRASIL, 2015).

E de acordo com o Plano Nacional de Educação (PNE) - Lei nº 13.005/2014, que compreendeu o decênio 2014-2024, a meta 4 pretendia promover a educação inclusiva para alunos com deficiência. Sendo esses com deficiência intelectual, física, auditiva, visual, múltiplas, transtorno global do desenvolvimento e altas habilidades no ambiente

estudantil. Uma das formas de atender essa meta é o fornecimento de apoios especializados, como a mediação e a adaptação de materiais por parte dos professores ou monitores, a fim de garantir um processo de ensino-aprendizagem adequado (ALONSO, 2013). Porém, a falta de financiamento, o descompasso entre União, Estados e Municípios, a crise econômica e a ausência de fiscalização eficiente impediram o cumprimento da maioria das metas do PNE, como a de promoção à inclusão. A educação brasileira contínua apresenta desigualdades, baixa capacitação para professores e dificuldades na melhoria da qualidade do ensino (BRASIL, 2014).

A escola inclusiva tem demonstrado ser promissora por adotar caminhos significativos que englobam a diversidade dos alunos na escola e, principalmente, nas salas de aula. Conforme Alonso (2013) questiona, é importante que a escola ofereça uma proposta para o grupo como um todo, ao mesmo tempo em que atende às necessidades individuais de cada aluno. No entanto, a implementação plena de um modelo inclusivo exige investimentos contínuos em infraestrutura, capacitação de professores e recursos pedagógicos, além de uma mudança cultural no tratamento das diferenças no contexto escolar. Um estudo realizado pelo Núcleo de Pesquisas em Desigualdades Escolares, vinculado à Faculdade de Educação da UFMG, revelou que a diferença entre as matrículas de pessoas com deficiência nos anos iniciais e finais do ensino fundamental era de -43,4% em 2013. Essa diferença diminuiu para -34,9% em 2017, mas ainda representa um índice preocupante de evasão escolar (UNESCO, 2023).

2.4. Deficientes visuais no âmbito estudantil brasileiro

Segundo o relatório do Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania (2024), cerca de 3,2% da população brasileira tinha deficiência visual, o equivalente a 6.503.551 de brasileiros no ano de 2022. Além disso, nesse mesmo ano, foram identificados 413.184 pequenos brasileiros entre 0 e 18 anos com deficiência visual e entre 19 e 65 anos esse número salta para 3.636.253 (BRASIL, 2024). A pessoa com deficiência visual tem uma redução significativa da visão, que não pode ser corrigida por meios tradicionais, como óculos ou cirurgia. No Brasil, a Classificação da Deficiência Visual é baseada na Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, na Lei Brasileira de Inclusão (LBI - Lei nº 13.146/2015) e nas diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS). De acordo com essas normativas, a deficiência visual é classificada com base na acuidade visual, considerando cinco categorias diferentes, a deficiência visual leve, a deficiência visual moderada, a deficiência visual grave, a cegueira e a deficiência visual de perto. Vale destacar que das nomenclaturas que iniciam com deficiência visual considera-se essas pessoas com baixa visão, ou seja, ela enxerga um pouco

no seu melhor olho, enquanto que na cegueira, ela não consegue ver. Segundo o relatório da OMS (2019):

“A acuidade visual é uma medida simples e não invasiva da capacidade do sistema visual de discriminar dois pontos de alto contraste no espaço. A acuidade visual ao longe é geralmente avaliada usando um gráfico de visão a uma distância fixa (geralmente 6 metros (ou 20 pés). A linha menor lida no gráfico é escrita como uma fração, em que o numerador se refere à distância em que o gráfico é exibido e o denominador é a distância em que um olho "saudável" é capaz de ler essa linha do gráfico de visão [...] A acuidade visual ao perto é medida de acordo com o menor tamanho de impressão que uma pessoa pode discernir a uma determinada distância de teste. Em pesquisas populacionais, a deficiência visual ao perto é geralmente classificada como uma acuidade visual ao perto inferior a N6 ou 0,8 metros a 40 centímetros, onde N se refere ao tamanho da impressão com base no sistema de pontos usado no ramo da impressão e 6 é uma fonte de tamanho equivalente à impressão de jornal” (OMS, 2019, p. 11).

Além disso, para a definição tanto da deficiência visual grave quanto da cegueira são levados em consideração o grau de constrição do campo visual central no melhor olho; sendo na deficiência visual grave menos de 20 e na cegueira menos de 10 graus. Vale destacar que na infância existe o foco funcional, pois crianças podem não conseguir expressar claramente sua limitação visual (OMS, 2019). Embora não exista um Estatuto específico para deficientes visuais, a legislação brasileira assegura, por meio LBI e outras normas, os direitos das pessoas com deficiência visual. Estas garantias visam promover a igualdade de oportunidades, a acessibilidade e a participação plena dessas pessoas em diversos aspectos da vida social, educacional e profissional. A inclusão de deficientes visuais nas salas de aula foi um processo gradual que passou de uma abordagem de exclusão e segregação para um modelo de educação inclusiva a partir da Constituição de 1988, da LDB de 1996 e da LBI em 2015.

No entanto, apesar dos avanços, a inclusão real dos alunos deficientes visuais nas escolas regulares ainda enfrenta dificuldades práticas que limitam a plena implementação desses direitos. A falta de infraestrutura (sinalização tátil, rampas, banheiros adaptados, computadores adaptados e softwares de leitura) é um exemplo. Além da capacitação insuficiente de educadores, o preconceito da comunidade e barreiras atitudinais podem se traduzir em uma falta de acolhimento, resistência à adaptação curricular, dificultando a participação plena do aluno com deficiência visual nas atividades escolares. Todos esses desafios educacionais podem promover a evasão de deficientes visuais da rede regular de ensino. Para tentar diminuir a evasão desses estudantes o avanço da tecnologia tem sido um grande aliado para a educação de deficientes visuais. Ferramentas como leitores de tela, Braille digital, softwares de áudio-descrição e impressoras em Braille auxiliam na ampliação do acesso ao conteúdo educacional. Muitas escolas têm implementadas essas tecnologias para garantir

que os alunos com deficiência visual possam participar de atividades pedagógicas ao lado de seus colegas (PINHO *et al*, 2023).

O uso de materiais táteis, além do Braille, como os modelos educacionais tridimensionais também são estratégias importantes para os alunos com deficiência visual. O sentido do tato é uma via alternativa para compreensão de informações, permitindo a materialização de conteúdos que podem ser abstratos para muitos alunos, incluindo aqueles com dificuldades de aprendizado. Dessa forma, é fundamental converter informações visuais em aspectos que possam ser sentidos através de relevos e diferentes texturas, a fim de proporcionar uma melhor compreensão e aprendizagem (PRIMO; PERTILE, 2021).

Além disso, as escolas especializadas para deficientes visuais desempenham um papel importante no sistema educacional brasileiro, especialmente quando a inclusão escolar nas escolas regulares não é possível ou adequada para as necessidades específicas desse aluno. Embora a educação inclusiva seja uma meta prioritária nas legislações recentes, as escolas especializadas continuam sendo uma alternativa fundamental, sobretudo para garantir que os estudantes com deficiência visual recebam o atendimento educacional adequado. Ainda, o Censo Escolar de 2024, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 89.099 crianças e adolescentes com apenas deficiência visual (baixa visão ou cegueira) estavam matriculados na Educação Especial Brasileira frequentando salas de aula regulares e cerca de 4.000 em salas de aula exclusivas (INEP, 2025).

Essas escolas especializadas estão localizadas principalmente nas grandes capitais e em centros urbanos de algumas regiões, onde a infraestrutura e os recursos são mais acessíveis. Um exemplo de AEE é o Instituto de Cegos do Brasil Central (ICBC) de Uberaba, Minas Gerais que: “há 75 anos tem como missão melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiência visual, oferecendo meio para o desenvolvimento de suas habilidades e talentos, da promoção de sua cidadania e do atendimento educacional, artístico, cultural e clínico especializado” (<https://www.icbcuberaba.org.br/missao>, 2025).

2.5. O ensino de Citologia para alunos do Ensino Médio

As mudanças ocorridas no Ensino Médio (EM) e na Educação Profissional Técnica de Nível Médio (EPTNM) devido à Lei nº 13.415/2017 são principalmente de natureza curricular. Disciplinas curriculares anteriormente obrigatórias passaram a ser opcionais ao longo de todo o EM, incluindo a Biologia. No entanto, é possível ofertar disciplinas eletivas que envolvam os assuntos tratados dentro da Biologia de forma mais específica e que se relacionem com o cotidiano dos alunos, como a Educação Ambiental e a Saúde humana (Marum & Mèrcher,

2022). No entanto, a Política Nacional de Ensino Médio instituída por meio da Lei nº 14.945/2024 revogou parcialmente a Lei nº 13.415/17 trazendo no documento a destinação de 2.400 horas à Formação Geral Básica, incluindo algumas disciplinas obrigatórias que antes haviam sido retiradas, como Artes, Educação Física e Biologia. Além disso, houve a regulamentação dos itinerários formativos com carga horária mínima de 600 horas, demonstrando uma maior importância desse conteúdo dentro das redes regulares de ensino na disciplina de Biologia ou em optativas (BRASIL, 2024).

Vale evidenciar que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem como objeto principal orientar as competências e habilidades que os estudantes devem desenvolver na área de conhecimento e, consequentemente, na disciplina de Biologia que se enquadra na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Uma das competências descritas pela BNCC após a reformulação do Ensino Médio, no ano de 2018, é que os alunos devem:

“Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas” (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018, p. 9).

Além disso, a formação social do ensino de biologia para adolescentes, jovens e adultos visa expandir a compreensão do indivíduo sobre a sua própria organização biológica, seu papel no meio em que vive e na sociedade, a fim de melhorar a sua qualidade de vida (MORAIS; HENRIQUE, 2021).

Nesse contexto, é necessário abordar a temática sobre citologia no Ensino Médio, seja incluída na própria disciplina de Biologia ou mesmo nas eletivas. Segundo Neto e Lacerda (2022) a Biologia Celular é abordada no Primeiro e no Segundo ano do ensino médio e entender seus fundamentos pode desmistificar crenças e receios comumente observados na sociedade, como por exemplo a resistência à vacinação, compreensão de patologias, funcionamento do corpo humano. Assim, notamos esse conteúdo de extrema importância, motivando a sua compreensão por promover o conhecimento científico, desenvolvendo habilidades de pensamento crítico e raciocínio científico, os alunos aprendem a observar, analisar e formular hipóteses sobre as consequências biológicas. A disciplina oferece uma formação de indivíduos mais preparados para enfrentar problemas científicos e sociais de forma analítica e informada. Esse conhecimento também serve de base para diversas outras áreas da biologia, como genética, fisiologia, ecologia e biotecnologia (AMABIS; MARTHO, 2015).

Vale salientar que o ensino de Citologia depende fortemente da visão, pois envolve conceitos microscópicos e estruturas que normalmente são representadas por imagens, gráficos e diagramas. Para alunos com deficiência visual, compreender células, organelas e processos

celulares pode ser um desafio se o conteúdo não for adaptado (VICENTE; VERASZTO, 2022). A biologia celular, dentre outros conteúdos científicos, permite que esses alunos tomem decisões informadas sobre sua saúde e bem-estar. E oferecer uma base sólida em ciências pode estimular nos deficientes visuais a curiosidade e o pensamento crítico, habilidades importantes para a resolução de problemas. Além disso, garante que eles tenham o mesmo direito de acesso ao conhecimento que seus colegas videntes, promovendo uma educação verdadeiramente inclusiva (BRASIL, 2008).

Além de garantir a acessibilidade ao ensino de Biologia Celular, as escolas e professores podem adotar diversas estratégias e ferramentas para facilitar o aprendizado de alunos com deficiência visual. Destacam-se: livros e materiais em Braille transcrições audiovisuais; softwares de leitura de tela; simuladores de laboratório virtuais; plataformas interativas; grupos de estudo colaborativo e o uso de modelos táteis (VICENTE; VERASZTO, 2022). Os modelos táteis de células e suas organelas segundo Michelotti e Loreto (2019) permitem que os alunos com deficiência visual sintam a estrutura e a disposição dos componentes celulares. Esses podem ser confeccionadas de EVA, argila ou resina, com texturas diferentes para diferenciar as estruturas celulares ou mesmo por impressões 3D que permitem o toque para diferenciar as partes da célula.

2.6. Uso de Impressão Tridimensional na educação

A utilização de impressoras 3D para a criação de modelos educacionais é uma estratégia interessante, seja o aluno portador de alguma necessidade especial ou não. Isso porque muitos discentes da educação básica têm dificuldades em compreender conteúdos de biologia que não são palpáveis, como os que envolvem a biologia celular. Entre os portadores de deficiência, essa barreira é ainda maior. A impressão tridimensional permite o desenvolvimento de materiais didáticos em diferentes formas precisas, para torná-los tangíveis e que possam ser manuseados e interpretados pelos alunos (PINHO, 2021).

A tecnologia de impressão 3D começou a ser desenvolvida na década de 1980, quando o engenheiro *Chuck Hull* inventou a estereolitografia (SLA), uma técnica que permitia criar objetos físicos a partir de modelos digitais. Ao longo das décadas seguintes, novas técnicas, como a fabricação por filamento fundido (FDM) e a sinterização seletiva a laser (SLS), tornaram a impressão 3D mais acessível. Nos anos 2000, com a popularização das impressoras 3D de baixo custo, a tecnologia começou a ser aplicada em diferentes áreas, incluindo a educação (PORSANI, 2017).

No Brasil, a introdução da impressão 3D na educação ocorreu de forma mais lenta devido aos custos elevados e à necessidade de capacitação dos professores. No entanto, a partir de 2015, diversas iniciativas ganharam força, principalmente nas áreas de educação tecnológica e acessibilidade. E em 2023 com a queda dos custos das impressoras e o crescimento dos espaços *makers*, mais escolas começaram a implementar aulas práticas utilizando impressão 3D (ONISAKI; VIEIRA, 2019).

Assim, o uso da impressão 3D na educação, tanto no Brasil quanto no mundo, está crescendo rapidamente e transformando a forma como os alunos aprendem. Essa tecnologia tem um grande potencial para tornar o ensino mais interativo, inclusivo e eficaz, especialmente para deficientes visuais e alunos de áreas científicas. Com investimentos contínuos e capacitação de professores, a impressão 3D poderá revolucionar a educação nas próximas décadas.

3. OBJETIVOS

3.2. Objetivo Geral

Avaliar a eficiência no aprendizado de estudantes com deficiência visual e alunos videntes do Primeiro Ano do Ensino Médio a partir da manipulação de modelos tridimensionais táteis de células eucariontes (animal e vegetal).

3.3. Objetivos Específicos

- Imprimir células eucariontes tridimensionais táteis (animal e vegetal), bem como suas organelas.
- Desenvolver uma sequência didática que padroniza a forma da aplicação dos modelos didáticos.
- Analisar o impacto da estratégia pedagógica para a aprendizagem dos deficientes visuais e alunos videntes do Primeiro Ano do Ensino Médio Regular.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi realizado em duas frentes de investigação: com alunos videntes e regulares do Ensino Médio e com alunos deficientes visuais, além da aplicação da metodologia em locais distintos. O estudo teve a participação de 19 deficientes visuais com idades entre 18 e 65 anos do Instituto de Cegos do Brasil Central (ICBC) de Uberaba, Minas Gerais e 20 alunos videntes do Curso Técnico em Administração Integrado ao Primeiro Ano do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba no ano de 2024. Todos os voluntários ou seus responsáveis legais, quando necessário, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e os adolescentes também assinaram a um Termo de Assentimento, todos esses documentos se encontram nos Apêndices I, II e III, respectivamente. Além disso, a pesquisa foi realizada de acordo com as Normas e Diretrizes Brasileiras que ordenam as pesquisas envolvendo seres humanos com o número do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) 74130623.0.0000.5152 e o parecer do comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia se encontra no Apêndice IV.

Os pesquisadores puderam acompanhar reuniões regulares nas terças e quartas-feiras com os assistidos deficientes visuais do ICBC a fim de propor adequações a esse público do projeto inicial. Também, pode-se recrutar possíveis voluntários para o desenvolvimento da metodologia e aplicação do modelo 3D e assim, cumprir os objetivos propostos e principalmente avaliar o impacto no ensino aprendizado desse público.

4.1. Construção dos modelos tridimensionais das células eucariontes

Foram construídos modelos didáticos das células animal e vegetal utilizando a impressora 3D FDM *Creality 3 PRO* do Agroeduca *Labifmaker* do IFTM - *Campus Uberaba*. O site *Thingiverse*¹ foi utilizado para encontrar moldes pré-fabricados gratuitamente dos constituintes citoplasmáticos já existentes, assim como demonstrado na Figura 1, associado aos softwares *Ultimaker Cura*² e *Thinkercad*³ pode-se ajustar e/ou construir os protótipos dos modelos tridimensionais e virtuais do núcleo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, complexo de Golgi, lisossomos, mitocôndrias, centríolos, vacúolo, ribossomos, cloroplastos e um corte longitudinal da membrana citoplasmática.

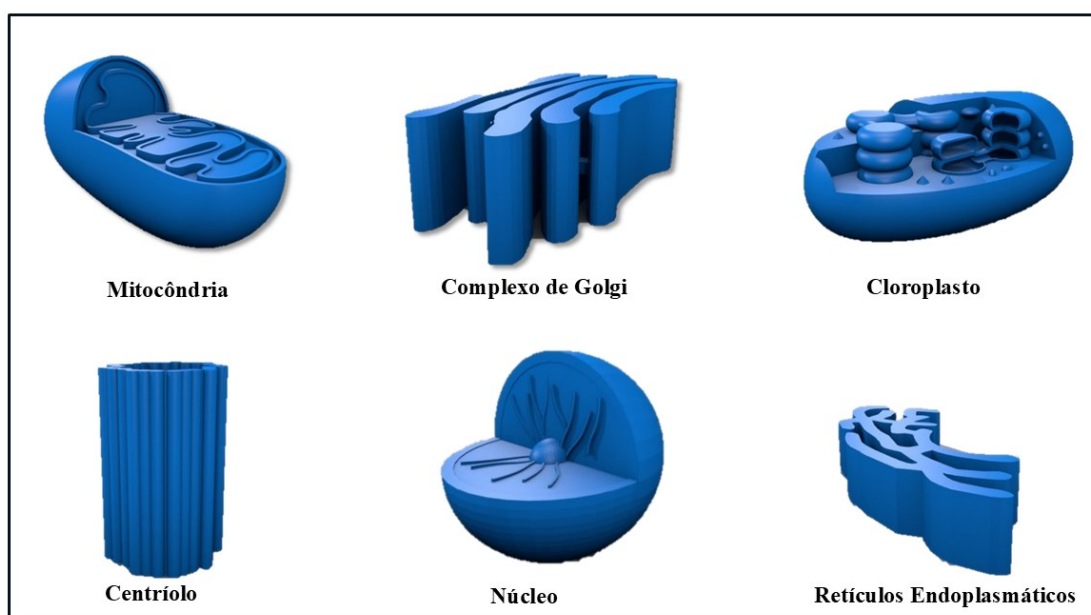
¹ <https://www.thingiverse.com>

² <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura/>

³ <https://www.tinkercad.com>

Assim, os protótipos no formato *Standard Tessellation Language* (SLT) foram conectados na impressora 3D do tipo *Deposition Modeling* (FDM), também conhecida como fusão de filamento. Resumidamente, ela utiliza um método de fabricação aditiva no qual camadas de material são derretidas em um padrão para criar um objeto. O plástico é aquecido até atingir a temperatura de transição vítrea (cerca de 240° C) e, em seguida, extrudado em um padrão próximo ou acima das camadas anteriores, gerado na construção gradual do modelo, camada por camada (PINHEIRO *et al*, 2018). Os filamentos que foram aquecidos e moldaram

Figura 1. Modelos gráficos para serem utilizados pela impressora



Representação gráfica de componentes citoplasmáticos obtidos através do software Thingiverse.

Fonte: Thingiverse

os modelos são constituídos de plásticos biodegradáveis, produzidos a partir de amido de milho, cana-de-açúcar ou outros recursos vegetais, os chamados de Ácido Polilático (PLA) tanto da marca 3D Prime quanto da 3D LAB em várias cores.

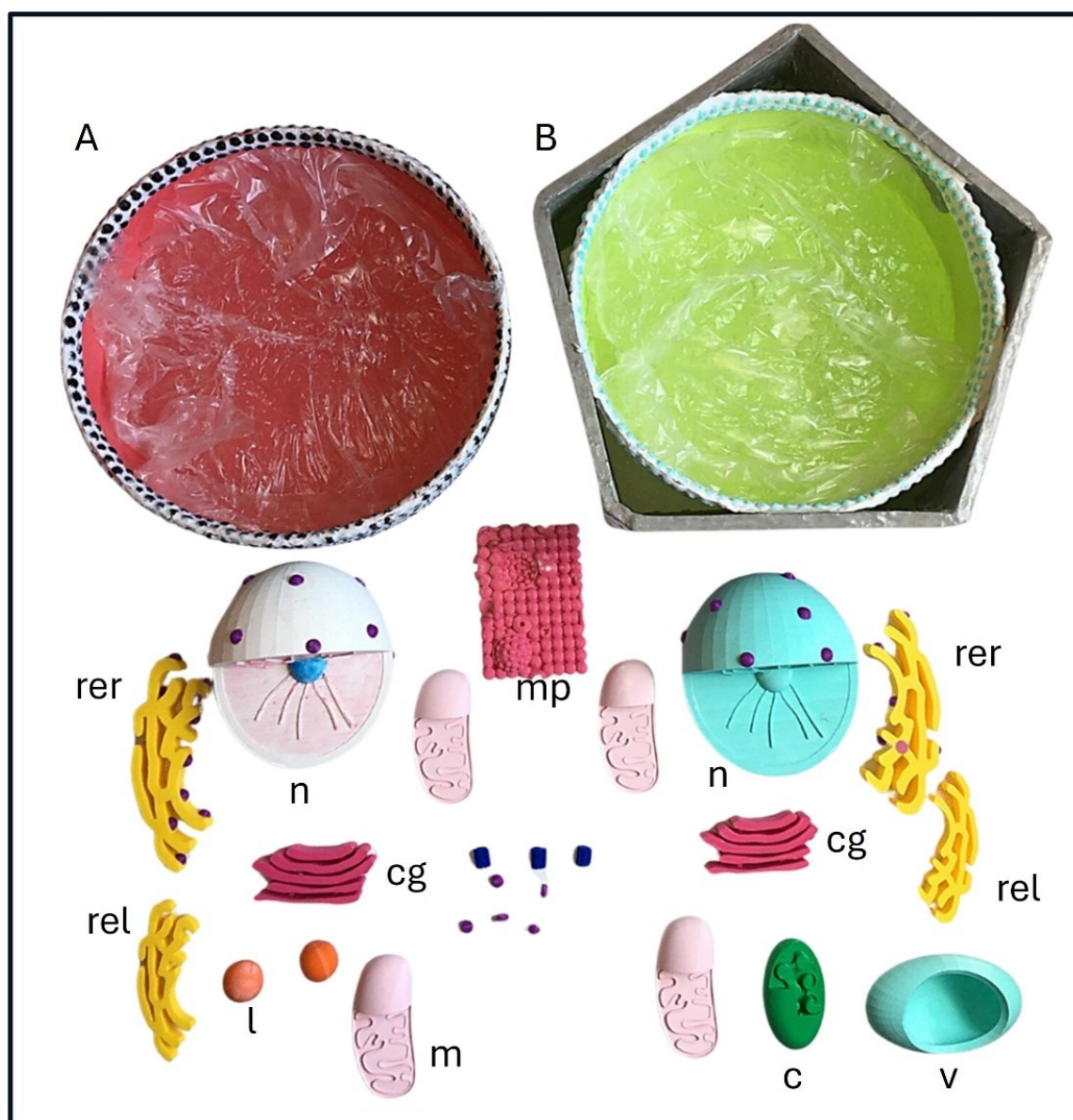
Como o núcleo ocupa de 10 a 50% do espaço de uma célula (ALBERTS, *et al* 2017 e TAIZ; ZEIGER, 2017), ele foi utilizado como referência de tamanho para imprimir todos os outros componentes celulares, segundo demonstrado na Tabela 1. Então, avaliamos o tamanho máximo que a impressora conseguiria imprimir essa estrutura de acordo com as suas proporções entre altura, comprimento e profundidade e, a partir disso, imprimimos um núcleo de 15 cm de comprimento, 15 cm de profundidade e 12 cm de altura. Assim, com essas dimensões e com as proporções de referência, baseadas na literatura, as demais organelas e estruturas celulares foram impressas proporcionalmente.

Tabela 1. Tamanhos microscópicos reais das organelas e estruturas celulares baseados em estudos microscópicos e dimensões finais dos modelos.

Componente celular	Dimensões de referência	Dimensões do modelo impresso (larg x prof x alt)
<i>Núcleo</i>	5 a 10 μm (10 a 50% da célula)	15x15x12cm
<i>Mitocôndria</i>	0,5 a 3 μm de comprimento	4,5x10,5x4cm
<i>Retículo Endoplasmático Rugoso</i>	0,05 a 0,1 μm de espessura (se estendendo pelo citoplasma)	0,5cm espessura 16x4x1,5cm
<i>Retículo endoplasmático Liso</i>	0,05 a 0,1 μm de espessura (se estendendo pelo citoplasma)	0,5cm espessura 11x3x1,5cm
<i>Ribossomo</i>	0,02 a 0,03 μm)	1x1x1cm
<i>Complexo de Golgi</i>	1 a 3 μm	9x4x2,3cm
<i>Lisossomo</i>	0,1 a 1,2 μm	3x3x3cm
<i>Centríolo</i>	Cerca de 0,2 μm de diâmetro \times 0,4 μm de comprimento	1,5x0,9x0,9
<i>Vacúolo</i>	30% a 90% do volume celular	12x6,8x4,5cm
<i>Cloroplasto</i>	4 a 10 μm de comprimento e 2 a 4 μm de espessura	8x5x2,3cm

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

Vale destacar que a impressora tem o tamanho máximo de impressão de 30 cm de largura, 30 cm de profundidade e 40 cm de altura, os envoltórios externos das células vegetal e animal tiveram que ser confeccionados manualmente. Assim, a membrana plasmática não foi impressa, mas sim produzida de forma artesanal, usando um suporte plástico de 30 cm de diâmetro e recoberto com impressões de semicírculos (representando a superfície dos fosfolípidos) e biscoito para dar sustentação. Além disso, para a confecção da representante da parede celular da célula vegetal, foram utilizados cinco retângulos (22cmx15cm) de placas de isopor de 100 mm de espessura que foram fixados e cobertos por massa corrida formando um pentágono. E para uma melhor durabilidade, todas as peças foram envernizadas com verniz incolor. Vale complementar que o citosol foi representado por gel condutor de ultrassom e esses modelos citológicos têm seus componentes “desmontáveis” e táteis, oportunizando um aprendizado para além do visual para qualquer perfil de alunos (videntes ou não), assim como evidenciado na Figura 2 e detalhamentos nos resultados.

Figura 2. Modelos impressos

Modelos tridimensionais da célula animal (A) e vegetal (B) e seus componentes citoplasmáticos produzidos em impressora 3D. n- núcleo; rer- retículo endoplasmático rugoso; rel-retículo endoplasmático liso, cg- complexo de Golgi; m-mitocôndria; l-lisosso. Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

4.2. Desenvolvimento da sequência didática para a aplicação dos modelos

Foi elaborada uma trilha didática para ser utilizada durante a aplicação dos modelos tridimensionais para cada tipo celular. Essa atividade continha perguntas objetivas e descritivas sobre os componentes citológicos, dos quais os alunos tentaram descobrir qual estrutura se enquadra com cada caracterização provocando uma situação-problema que os fizeram pensar em quais respostas cada pergunta tinha. As perguntas eram lidas em voz alta, e

consequentemente, através do tato e/ou dos seus conhecimentos, conseguiam encontrá-los e ir encaixando as organelas e construindo as células. Dessa forma, a aplicação dos modelos tridimensionais pôde ser padronizada em todos os momentos que os modelos foram apresentados para os voluntários. No decorrer da trilha, eles tiveram como objetivo montar tanto uma célula animal quanto vegetal.

Cabe salientar que antes dos alunos entrarem com a prática da atividade pedagógica, eles tiveram uma descrição breve de conceitos introdutórios sobre citologia afim de demonstrar a importância desses. Os documentos completos referentes a cada público aplicado se encontram nos Apêndices V e VI.

4.3. Elaboração dos questionários

Com o objetivo de avaliar o nível de conhecimento prévio sobre as células e como a metodologia de ensino auxiliou ou não no aprendizado dos alunos, três questionários foram confeccionados e aplicados em momentos diferentes a cada sequência pedagógica, como descrito na Figura 3. Os questionários continham 10 questões, cada uma valendo um ponto, sendo os dois primeiros compostos por três questões discursivas e sete questões de múltipla escolha e o terceiro por questões de verdadeiro ou falso. O grupo de pesquisa optou por fazer o último questionário com questões de formato diferente dos dois anteriores para tentar evitar a memorização dos voluntários sobre as alternativas das questões e não conseguirmos avaliar o aprendizado do conteúdo em si. Além disso, o último questionário continha mais 5 questões para os voluntários avaliarem a prática pedagógica aplicada. Para o desenvolvimento de duas dessas perguntas do Questionário 3 foi empregada a escala de *Likert* de cinco pontos. “A Escala de *Likert*, criada em 1932 é uma escala de resposta psicométrica utilizada, na maioria das vezes, em pesquisas de opinião para avaliar o nível de satisfação de clientes” (CAZORLA, SILVA JÚNIOR; SANTANA, 2018, p.362).

Vale salientar que os três questionários tinham o mesmo nível de conteúdo proposto pela BNCC para o Primeiro Ano do Ensino Médio, com palavras sinônimas em questões que relacionavam frases com o mesmo assunto e alternativas apresentadas em ordens diferentes. A Tabela 2 mostra os conteúdos de cada questão nos questionários e suas correlações.

Tabela 2. Relação entre os conteúdos das questões.

Questionário 1	Questionário 2	Questionário 3	Conteúdo
<i>Questão 1</i>	<i>Questão 2</i>	<i>Questão 1</i>	Conceito de células
<i>Questão 2</i>	<i>Questão 1</i>	<i>Questão 2</i>	Importância do estudo das células.
<i>Questão 3</i>	<i>Questão 3</i>	<i>Questão 3</i>	Conceito de organelas e quais tipos celulares as possuem.
<i>Questão 4</i>	<i>Questão 6</i>	<i>Questão 5</i>	Diferenças entre as células procariontes e eucariontes.
<i>Questão 5</i>	<i>Questão 4</i>	<i>Questão 6</i>	Características exclusivas às células vegetais
<i>Questão 6</i>	<i>Questão 5</i>	<i>Questão 4</i>	Características das células procariontes e eucariontes (animal e vegetal).
<i>Questão 7</i>	<i>Questão 9</i>	<i>Questão 10</i>	Características e funções do núcleo.
<i>Questão 8</i>	<i>Questão 10</i>	<i>Questão 9</i>	Características e funções dos ribossomos.
<i>Questão 9</i>	<i>Questão 8</i>	<i>Questão 7</i>	Características e funções das mitocôndrias.
<i>Questão 10</i>	<i>Questão 7</i>	<i>Questão 8</i>	Características, composição e funções da membrana citoplasmática.

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor

Os questionários foram respondidos individualmente e sem consulta, no tempo máximo de 20 minutos, de forma que se o estudante não sabia ele foi orientado a responder “não sei”. No caso dos deficientes visuais, a aplicação do questionário foi de forma oral (os aplicadores liam em voz alta e eles respondiam também em voz alta de forma individual). Os questionários estão disponíveis na íntegra no Apêndice VII e VIII, além de conter também o gabarito desses questionários no Apêndice IX.

4.4. Aplicação da metodologia

4.4.1. Participantes do Instituto dos cegos

No início da aplicação da metodologia proposta pelo projeto, todos os voluntários responderam ao Questionário 1 (Q1) de forma oral e individualmente, dentro do tempo máximo de 20 minutos. Em seguida os participantes foram divididos em dois grupos de forma aleatória. O Grupo 1 - com 8 voluntários (5 com cegueira total e 3 com baixa visão); o Grupo 2 - com 11 voluntários (7 com cegueira total e 4 com baixa visão).

Assim como descrito na Tabela 3, o Grupo 1 era composto por 3 mulheres e 5 homens com idades entre 34 e 65 anos e o 2 por 6 mulheres e 5 homens entre 19 e 65 anos de idade. Além disso, o Grupo 1 tinha 6 voluntários que não concluíram o Ensino Fundamental, 2 que concluíram o Ensino Médio e nenhum que iniciou ou concluiu o Ensino Superior. Já no Grupo 2 tinha 4 voluntários que não concluíram o Ensino Fundamental, 2 que concluíram apenas o Ensino Fundamental, 1 não concluiu o Ensino Médio, 3 que concluíram o Ensino Médio e um que concluiu o Ensino Superior (Bacharel em Direito).

Tabela 3. Participantes deficientes visuais

		Grupo 1	Grupo 2
<i>N</i>		8	11
<i>Idade</i>		34-65	19-65
<i>Gênero</i>	<i>Feminino</i>	3	6
	<i>Masculino</i>	5	5
<i>Grau de deficiência</i>	<i>Cegueira Total</i>	5	7
	<i>Baixa Visão</i>	3	4
<i>Grau de escolaridade</i>	<i>Ensino Fundamental Incompleto</i>	6	4
	<i>Ensino Fundamental Completo</i>	-	2
	<i>Ensino Médio Incompleto</i>	-	1
	<i>Ensino Médio Completo</i>	2	3
	<i>Ensino Superior</i>	-	1

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor

4.4.2. Participantes do IFTM

Primeiramente, um sorteio foi realizado para a escolha de qual grupo cada turma de Primeiros Anos de Ensino Médio participantes iria se encaixar. Assim, ficou decidido que os discentes do Primeiro Ano D pertenciam ao Grupo 1 e os do Primeiro Ano E ao Grupo 2. Como descrito na Tabela 4, 11 alunos do Primeiro Ano D do IFTM compuseram o Grupo 1 (6 meninas e 5 meninos) e 9 alunos do Primeiro Ano E (5 meninas e 4 meninos) formaram o Grupo 2 do estudo realizado com os alunos do Ensino Médio, todos com idades de 15 e 16 anos. Vale destacar que todos esses alunos têm o mesmo grau de escolaridade, Ensino Médio Incompleto, e não têm deficiência até então diagnosticadas ou mesmo declaradas para a Instituição.

Antes da aplicação da prática pedagógica, ambos os alunos dos dois grupos responderam ao Questionário 1 (Q1) individualmente, dentro do tempo máximo de 20 minutos.

Tabela 4. Participantes do Primeiro Ano do Ensino Médio

		Grupo 1	Grupo 2
<i>Turma</i>		1ºD	1ºE
<i>N</i>		11	9
<i>Idade</i>		15-16	15-16
<i>Gênero</i>	<i>Feminino</i>	6	5
	<i>Masculino</i>	5	4

Fonte: Elaborado pelo Primeiro autor

4.4.3. Grupos:

Os dois públicos analisados nesse trabalho tiveram as mesmas sequências didáticas, respeitando as realidades de cada um e o grupo que foi segregado, seja no Grupo 1 ou no Grupo 2, assim como descrito logo mais. Esses grupos foram formados para poder analisar em qual

momento seria mais adequado a aplicação dos modelos táteis (como forma introdutória ao conteúdo - Grupo 1 ou de revisão – Grupo 2) e para oportunizar que todos os participantes (do Instituto dos Cegos ou do IFTM) pudessem ter o contato com todas as etapas pedagógicas do projeto, sem promover a exclusão de alguns.

Grupo 1 (Q1-> modelo 3D-> Q2-> aula tradicional -> Q3)

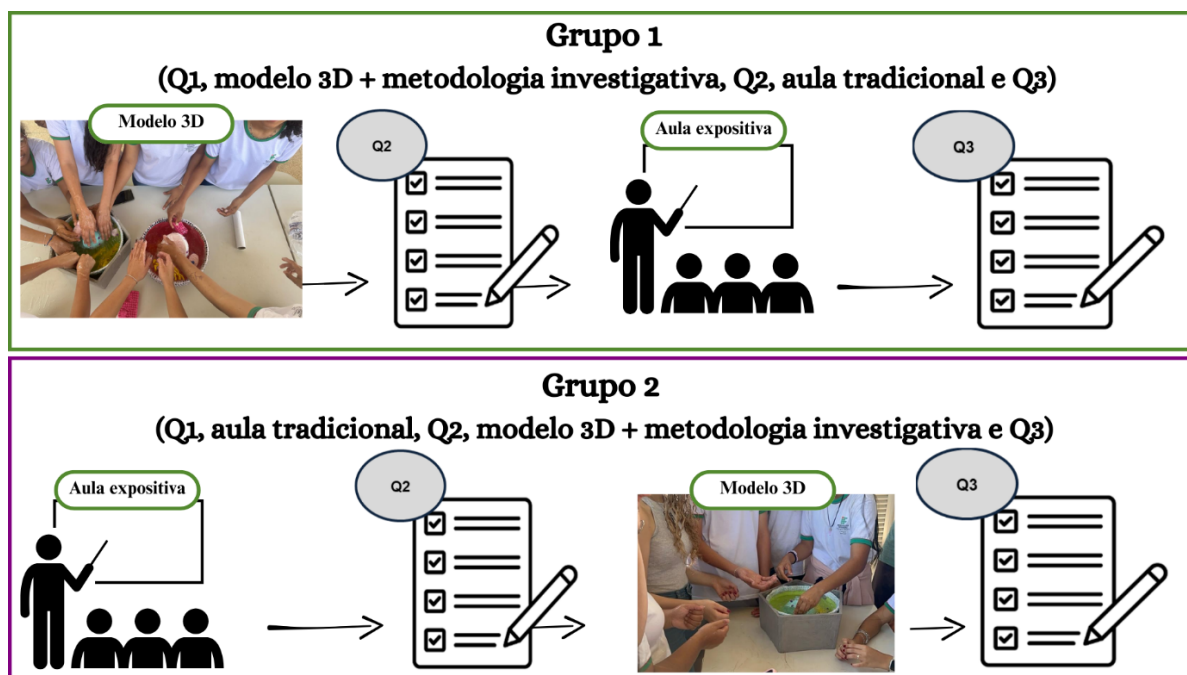
Após responderem ao questionário do pré-teste (Q1), os participantes praticaram a trilha didática que norteou a montagem dos modelos celulares usando as peças 3D das organelas e componentes citoplasmáticos. Logo após a utilização dos modelos, o Questionário 2 (Q2) foi aplicado com as mesmas condições do primeiro.

Em seguida, os voluntários tiveram contato com a teoria sobre a morfologia das células, suas estruturas internas e externas e funções através de aulas expositivas tradicionais. E por fim, responderam ao terceiro e último questionário (Q3) com as mesmas condições dos outros dois questionários (Figura 3).

Grupo 2 (Q1-> aula tradicional -> Q2 -> modelo 3D -> Q3)

Após responderem ao questionário do pré-teste (Q1), esse grupo primeiramente recebeu as aulas expositivas sobre o conteúdo de Biologia Celular. Em seguida, responderam o Q2 com as mesmas condições descritas anteriormente. Então, o grupo iniciou a montagem das células eucariontes utilizando os modelos tridimensionais de acordo com a sequência didática planejada para a aplicação. Ao final dessa prática o Q3 foi aplicado com as mesmas condições descritas acima (Figura 3).

Figura 3. Fluxograma com as etapas de aplicação de cada grupo



Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

Um fato importante a destacar é que tiveram diferenças na execução das atividades pedagógicas entre os dois perfis de públicos aqui estudados. No caso da investigação com as pessoas deficientes visuais, as aulas expositivas foram realizadas imediatamente no início da prática (Grupo 2) ou após o uso dos modelos (Grupo 1), uma vez que os alunos eram voluntários e participavam das reuniões com o grupo exclusivamente para a participação no projeto de pesquisa. Por outro lado, a avaliação da prática pedagógica junto aos alunos do IFTM aconteceu no momento das aulas de Biologia ministradas pela docente Fabiana Martins, disciplina regular do curso. Assim, os Questionários 3 do Grupo 1 e o Questionário 2 do Grupo 2 foram aplicados após toda a oferta do conteúdo de citologia pela docente responsável da disciplina através de aulas expositivas; sendo que esse tempo foi de três e um mês respectivamente.

4.5. Análise estatística

Ao avaliar estatisticamente os resultados dos questionários dos participantes do Grupo 1 e do Grupo 2 em ambos os públicos foi utilizado o *software Bioestat 5.0*⁴. Foram realizados estatística descritiva (*Box plot*) e Teste de normalidade (*Sharipo Wilk*). Os dados dos questionários obtidos com os deficientes visuais não apresentaram distribuição normal e portanto, foram usados testes não paramétricos, sendo estes o *Wilcoxon* de pontos sinalizados para verificar as diferenças significativas entre os questionários de cada grupo separadamente

⁴ <https://bioestat.software.informer.com/5.0/>

e o *Mann-Whitney* para comparar o desempenho dos questionários entre os grupos. Enquanto nas análises dos discentes do Primeiro Ano do Ensino Médio foi aplicado o Teste *T-Student* de amostras pareadas entre os questionários do mesmo grupo e o Teste *T-Student* de amostras independentes para comparar os questionários entre os grupos.

4.6. Ganho de *Hake*'g

Para quantificar o ganho de conhecimento entre os grupos estudados e de cada público separadamente também foi calculado o Ganho de *Hake*'g. O ganho de aprendizado normalizado proposto por Hake em 1998, utiliza o score do trabalho (mediana ou média). A fórmula $g = \frac{Md_{Pós} - Md_{Pré}}{10 - Md_{Pré}}$ para cada grupos, sendo $Md_{Pré}$ e $Md_{Pós}$ as medianas respectivas dos resultados dos questionários Q1 e Q2, Q2 e Q3, Q1 e Q3 e 10 representa a nota máxima que pode ser atingida.

O Ganho de *Hake*'g é uma ferramenta utilizada ao avaliar o ganho de conhecimento em disciplinas que utilizam metodologias interativas. Segundo os critérios de Hake (1998), Araujo *et al.* (2017), e de Silva (2018) os ganhos normalizados podem ser classificados em três classes: Ganho Baixo (menor que 0.3), Ganho Médio (0.3-0.7) e Ganho Alto (maior ou igual a 0.7).

5. RESULTADOS

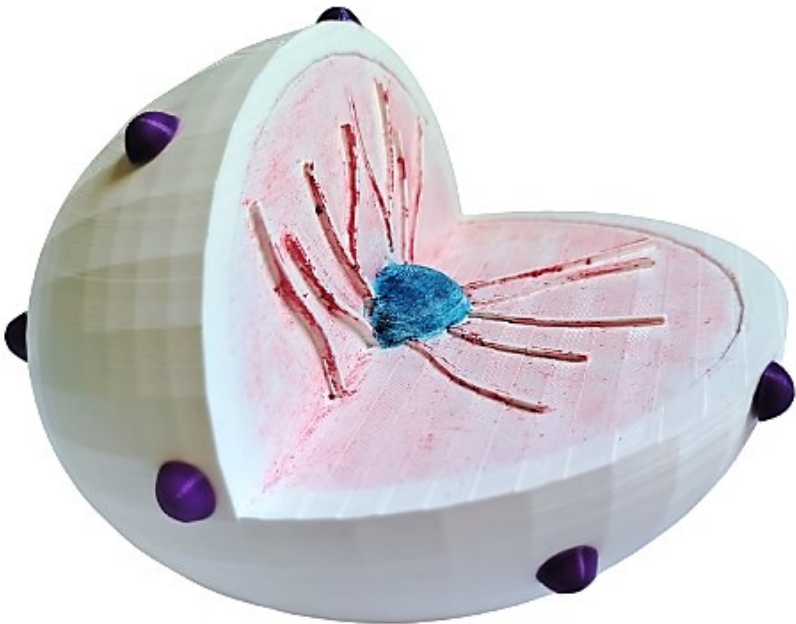




Os estudos tanto para o Grupo 1 quanto para o Grupo 2 incluíram a aplicação de três questionários com o intuito de avaliar a repercussão de diferentes abordagens de ensino e metodologias (uso de modelos 3D e aula tradicional) no conhecimento sobre Biologia Celular de voluntários com deficiência visual e discentes do Primeiro Ano do ensino Médio separadamente. Vale salientar que ambos os públicos não tiveram uma discussão e nem análises estáticas comparativas entre eles, por se tratar de perfis muito distintos de participantes.







Assim, obtivemos resultados do desempenho dos participantes do Grupo 1, Questionário 1 (G1 Q1), Questionário 2 (G1 Q2), Questionário 3 (G1 Q3) e do Grupo 2, Questionário 1 (G2 Q1), Questionário 2 (G2 Q2) e Questionário 3 (G2 Q3) tanto para as pessoas deficientes visuais quanto para os estudantes do Ensino Médio regular, após cada momento do projeto, demonstrados no *Box plot* (Figuras 6 e 9).

5.1. Características dos modelos tridimensionais impressos

Após todo o processo de confecção dos modelos táteis com a impressora 3D pode-se obter o núcleo, o retículo endoplasmático rugoso, o retículo endoplasmático liso, o complexo de Golgi, os lisossomos, as mitocôndrias, os centríolos, o vacúolo, os ribossomos, os cloroplastos e um corte longitudinal da membrana citoplasmática, como evidenciado na Figura 4. Para assim, seguir os passos de aplicação e análise dos dados obtidos com os dois públicos desse estudo. Essas impressões estão disponíveis para serem utilizados pelas redes de ensino das cidades de Uberaba e Uberlândia no acervo da Instituto de Ciências Biomédicas na Universidade Federal de Uberlândia. Além disso, na Figura 5 estão montadas tanto a célula animal quanto vegetal logo após uma aplicação com os voluntários do Instituto dos cegos.

Figura 4. Modelos 3D impressos com detalhamento e sem proporções

	
Núcleo	
	
Mitocôndria	Complexo de Golgi
	
Retículo Endoplasmático Rugoso	Vacúolo vegetal

		
Retículo Endoplasmático Liso	Cloroplasto	
		
Centríolo	Lisossomo	Ribossomo
		
Recorte da membrana citoplasmática		

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

Figura 5. Células 3D montadas



Células eucariontes (animal e vegetal) montadas após a aplicação dos modelos 3D.

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor

5.2. Resultados coletados dos voluntários deficientes visuais

O teste de normalidade *Shapiro-Wilk* apontou que apenas o conjunto de dados referente ao Questionário 3 de G1 não tem uma distribuição normal, $p\text{-valor} = 0.01$. Além disso, dada a condição assimétrica desse dado, a mediana é mais representativa do que a média, proporcionando uma análise estatística mais adequada.

5.2.1. A prática pedagógica com modelos 3D beneficiou a maioria dos participantes

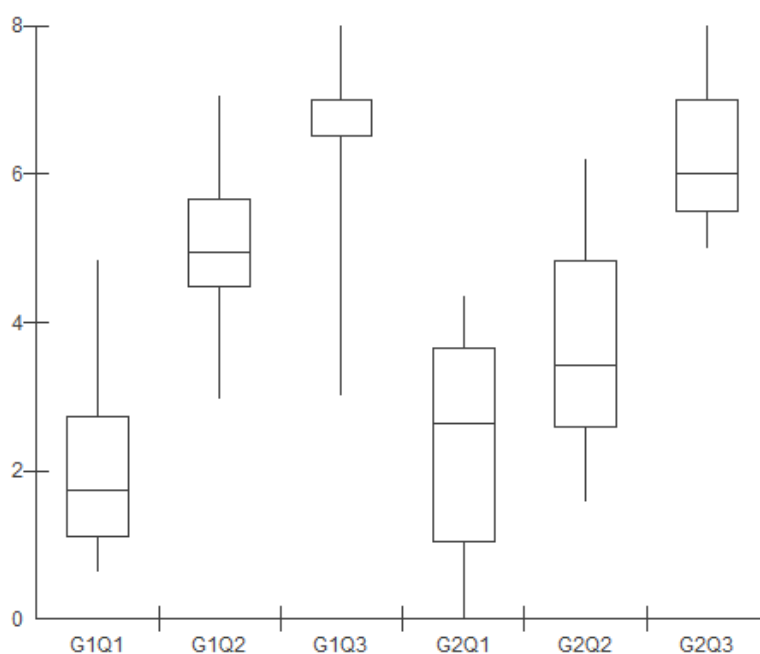
Após a aplicação dos modelos 3D, houve um aumento expressivo de aproximadamente três vezes no desempenho dos participantes deficientes visuais no G1 Q2. E uma ligeira redução no desvio padrão da mediana em comparação ao Questionário 1, sugerindo uma homogeneidade nos resultados, o que pode indicar que o uso de materiais didáticos adaptados ajudou a nivelar o conhecimento do Grupo 1 (Figura 6).

O Questionário final do Grupo 1 (Q3) aplicado após uma aula tradicional revelou uma consolidação ainda maior no aprendizado. No entanto, o desvio padrão aumentou novamente, mostrando que as notas se dispersaram mais. Isso pode indicar que, enquanto a intervenção anterior com modelos 3D beneficiou a maioria dos participantes, alguns podem ter encontrado dificuldades na passagem para a aula expositiva tradicional, gerando diferenças de desempenho (Figura 6).

No Grupo 2, a mediana das notas também reflete uma melhoria de 30% no desempenho geral, mas inferior ao Grupo 1. Após a utilização dos modelos tridimensionais nesse grupo, o resultado no Questionário 3 subiu para 75% o desempenho do grupo. Com notas que variam entre 5 e 8 e um desvio de padrão da mediana mais baixo de todas as análises, como evidenciado na Figura 6 observa-se maior homogeneidade nos dados e indicando que a maioria dos participantes conseguiu atingir um nível mais alto de conhecimento após a metodologia.

Na figura 6 também é possível observar a evolução do desempenho ao longo da ação pedagógica do Questionário 1 para o Questionário 3 nos dois grupos de pessoas deficientes visuais.

Figura 6- *Box-plot* das notas obtidas nos questionários 1, 2 e 3 dos grupos 1 e 2 dos participantes deficientes visuais.



Mediana ± desvio padrão. Fonte: Elaborado pelo primeiro autor

5.2.2. *Aumento significativo no desempenho entre os questionários e diferença estatística entre os grupos estudados.*

O Teste não paramétrico de *Wilcoxon* indicou que tanto para o Grupo 1 quanto para o Grupo 2 de participantes deficientes visuais em todas as relações entre os questionários tiveram diferenças significativas (Q1 x Q2; Q2 x Q3 Q1 x Q3) (Tabela 5). Portanto, houve aumento significativo nas notas a cada etapa do estudo, em ambos os grupos desse público.

Tabela 5. Teste de *Wilcoxon* realizado para comparar as notas dos questionários dentro de cada grupo (evolução do conhecimento)

	GRUPO 1			GRUPO 2		
	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3
<i>Número de pares</i>	8	8	8	11	11	11
<i>p-valor (unilateral)</i>	0.0059	0.0125	0.0059	0.0204	0.0029	0.0017

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor

Quando comparados estatisticamente o Grupo 1 e 2 em cada questionário notamos diferença significativa apenas no Questionário 2, cujos acertos foram maiores no Grupo 1 do que no 2 (Tabela 6). Esse resultado indica que o uso dos modelos 3D antes da aula expositiva teve um impacto maior no ganho de conhecimento dos voluntários deficientes visuais.

Tabela 6. Teste de *Mann-Whitney* comparando o desempenho entre o Grupo 1 e o Grupo 2 em cada questionário

	QUESTIONÁRIO 1		QUESTIONÁRIO 2		QUESTIONÁRIO 3	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
<i>Tamanho da amostra</i>	8	11	8	11	8	11
<i>Mediana</i>	1.7300	2.6500	4.9400	3.4300	7.0000	6.0000
<i>p-valor (unilateral)</i>	0.3399		0.0379		0.2679	

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor

5.2.3. *O ganho de conhecimento foi mais baixo após a aula expositiva no Grupo 2.*

Os resultados do *Hake's g* (Tabela 7) demonstram um ganho médio de 0.3885 entre o Questionário 1 e 2 no Grupo 1 e em contrapartida, no Grupo 2 teve um baixo ganho justamente entre Q1 e Q2 (0.1054). Isso implica dizer que o uso de modelos 3D é mais eficiente no aumento do conhecimento científico e reflete a necessidade de utilização desse tipo de metodologia para o grupo de pessoas deficientes visuais.

Tabela 7. Ganho de *Hake* 'g referente as notas dos participantes deficientes visuais

	GRUPO 1			GRUPO 2		
	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3
<i>Número de pares</i>	8	8	8	11	11	11
<i>Ganho Absoluto</i>	3.2125	2.0575	5.2700	0.7750	2.5750	3.3500
<i>Ganho de Hake (g)</i>	0.3885	0.4068	0.6372	0.1054	0.3916	0.4558
<i>Classificação de g</i>	médio	médio	médio	baixo	médio	médio

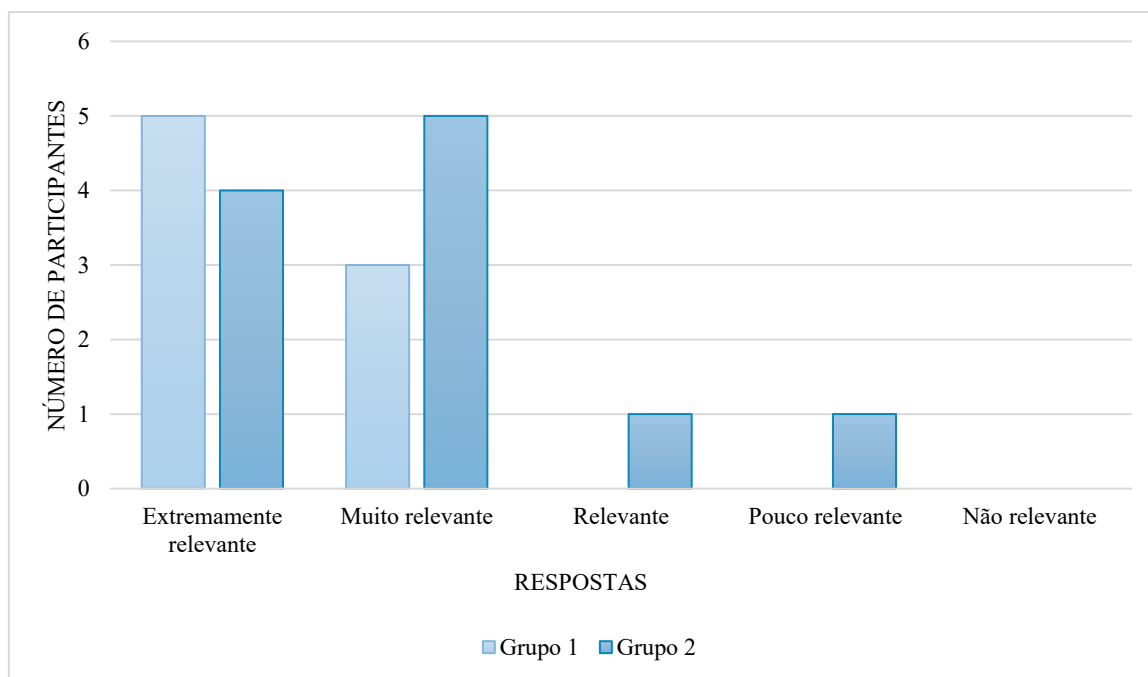
Ganho Absoluto (Pós teste – Pré-teste) e Ganho de Hake 'g no desempenho dos grupos estudados de participantes deficientes visuais. Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

5.2.4. *A utilização dos modelos 3D auxiliou e foi considerada uma estratégia relevante por parte dos participantes deficientes visuais*

Vale salientar que no Questionário 1, muitos voluntários responderam “não sei responder em boa parte das questões. Aproximadamente 51% e 28% (Grupo 1 e Grupo 2, respectivamente) foi todo respondido com essa alternativa, inclusive as questões abertas com a frase “não sei”. Por outro lado, nos Questionários 2 notamos uma redução de respostas “não sei”, para 16 % no G1 e nenhuma resposta dessa para o G2. Enquanto no Questionário 3 do Grupo 1 houve uma redução, para apenas 1,2%, o Grupo 2 aumentou 2%. Esses dados demonstram que mesmo não acertando, os voluntários deficientes visuais pelo menos tentaram responder depois que foi apresentado o conteúdo para eles.

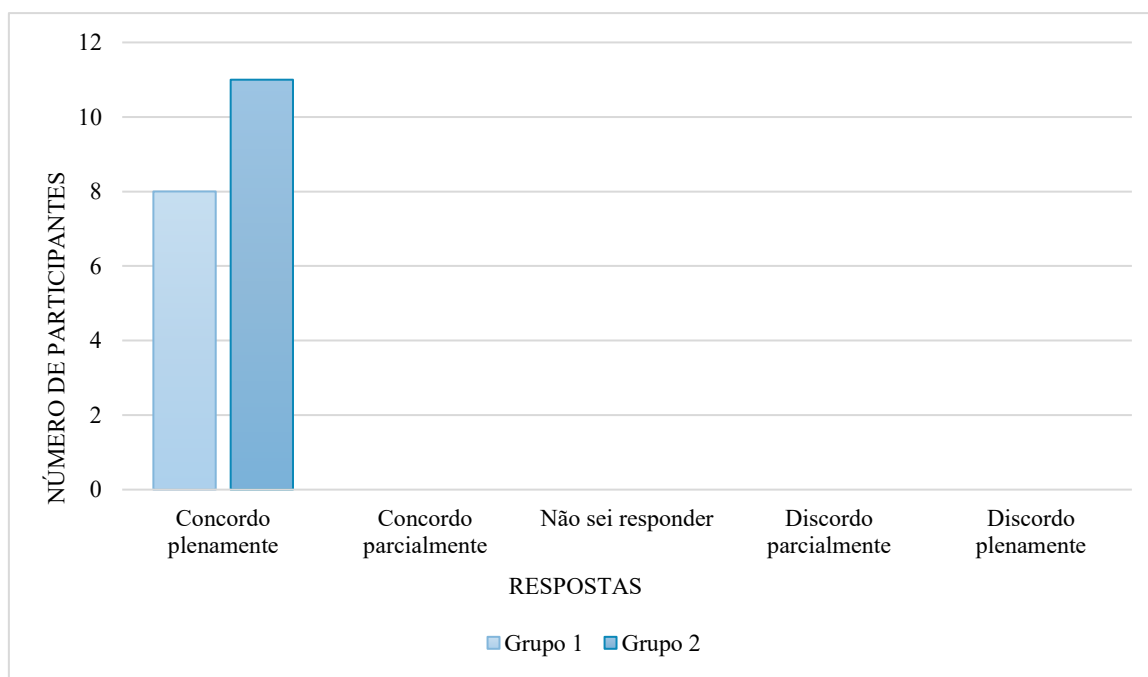
Esse trabalho ainda avaliou no Questionário 3 a opinião pessoal dos alunos deficientes visuais sobre a intervenção pedagógica realizada. As respostas demonstram que todos do Grupo 1 consideram extremamente ou muito relevante esse tipo de intervenção pedagógica. Já, no Grupo 2, dos 11 voluntários 9 consideram extremamente relevante ou muito relevante (Figura 7). Além disso, os participantes dos dois grupos concordaram plenamente que a utilização de modelos tridimensionais os ajudou a compreender melhor o mundo das células (Figura 8).

Figura 7. Respostas dos participantes deficientes visuais obtidas para a Questão 11 – Quanto você acredita que esse tipo de metodologia faz diferença na educação dos deficientes visuais?



Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

Figura 8. Respostas dos participantes deficientes visuais obtidas para a Questão 12 – Você acredita que o uso de modelos 3D te ajudou na percepção e melhorou a sua compreensão das células?



Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

As três últimas questões do Questionário 3 (questões 13, 14 e 15), foram totalmente discursivas e pessoais:

“Você teve dificuldade ou considerou fácil o manuseio e utilização dos modelos 3D?

“Destaque os pontos positivos e negativos do projeto”

“O que você sugere de adequações e melhorias dos modelos 3D e a sua aplicação para utilizações futuras dos deficientes visuais?”

Dentre algumas respostas destacamos que a maioria achou a execução fácil, mas alguns tiveram dificuldade durante a intervenção pedagógica por acharem os nomes das estruturas difíceis:

“Tive dificuldade, porque os nomes eram complicados para guardar”

“Tive um pouco de dificuldade em relacionar o nome das estruturas com os modelos”

“Foi fácil, mas tive algumas dificuldades, esqueci alguns nomes”

“Considerei fácil, porque deu para visualizar a célula, pois quando a professora da escola explicava, ela não conseguia demonstrar como as células são”,

“Considerei fácil o manuseio; porque deu para compreender melhor como é a forma de cada célula”,

“Eu achei fácil, uma novidade; pois ao passar os dedos eu compreendi melhor a célula”

Muitos participantes conseguiram enfatizar pontos positivos na questão 14, demonstrando que eles além de terem compreendido de forma mais coesa o conteúdo, eles gostaram de participar do projeto. Algumas respostas sobre essa questão:

“Me ajudou a ver e entender o que tem nos seres humanos e nas plantas. Consigo me lembrar de todas as peças do modelo, só os nomes que me confundo”;

“Gostaria de ter mais práticas, pois tive contato apenas uma vez com o modelo e queria repetir”.

5.2.5. Percepção dos pesquisadores durante a aplicação dos modelos tridimensionais

Ao aplicar os modelos seguindo a sequência didática já demonstrada anteriormente, pode-se perceber por parte dos pesquisadores alguns comportamentos, frases e relatos dos alunos deficientes visuais. A principal impressão foi a motivação de todos os voluntários em participar de forma efetiva e fazer “certo” todas as etapas. A todo momento eles estavam preocupados em ajudar na melhor forma possível na condução do projeto, com preocupação se responderam certo os questionários, ou mesmo em não se ausentar durante os encontros. E era nítida a empolgação deles ao se sentirem “vistos” e importantes por serem o público-alvo do projeto e não apenas coadjuvantes. Além do acolhimento humano e respeitoso que tivemos por parte deles, dos funcionários e gestores do instituto dos Cegos de Uberaba.

A energia durante as aplicações era contagiante, pois percebemos que eles se divertiram e era nítida a vontade de estar ali presente durante a manipulação dos modelos, com risadas, questionamentos sobre o que estavam tocando, associações da morfologia das estruturas com

objetos de formas parecidas do cotidiano deles. Uma participante, ao tocar com as mãos nas membranas das organelas impressas, comentou: “nossa, parece ter uma textura gelatinosa”. Esse tipo de resposta nos motiva a seguir com a pesquisa, pois mesmo sendo rígidos, os modelos impressos apresentaram um nível de detalhamento tão preciso que as estruturas foram percebidas de forma muito próxima à realidade celular.

Dentre todos esses relatos, destacamos dois voluntários deficientes visuais que afirmaram conseguir “ver” ou “visualizar” a célula ao manipular os modelos tridimensionais. Esse depoimento é de grande relevância, pois evidencia como a prática pedagógica foi fundamental para que eles pudessem “enxergar” a célula a partir de sua própria percepção e compreensão.

5.3. Resultados dos discentes do Primeiro Ano do Ensino Médio

O teste de normalidade Shapiro-Wilk apontou que os dados de todos os questionários de ambos os grupos dos discentes do Primeiro Ano do Ensino Médio tem uma distribuição normal, $p\text{-valor} \geq 0.05$. Sendo assim, pode-se utilizar a média aritmética para avaliação dos dados obtidos nesse estudo.

5.3.1. A aplicação dos modelos 3D pode ter nivelado o conhecimento dos alunos.

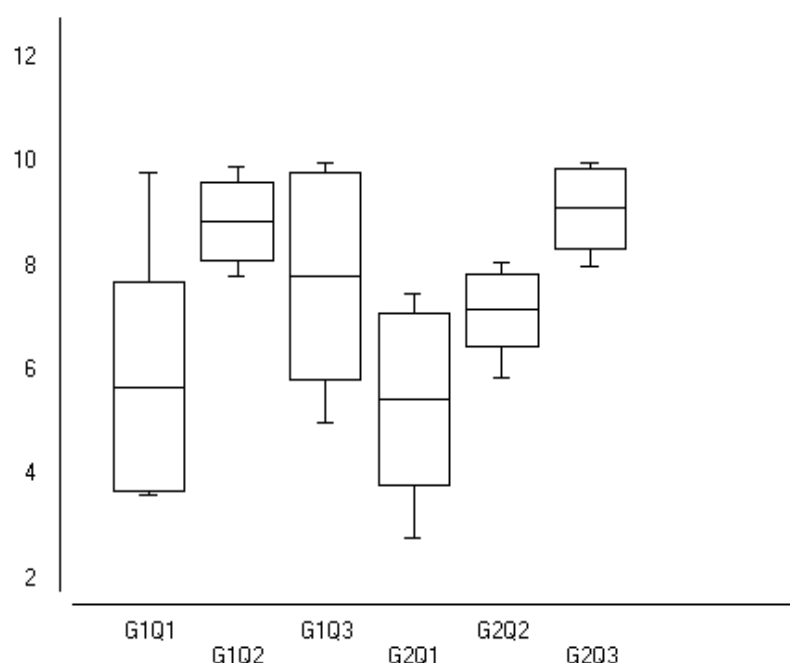
Ao analisar as notas entre os Questionários 1 e 2 do Grupo 1 percebe-se um aumento significativo de 5,7 para 8,9, enquanto após a aula tradicional, no Questionário 3, o desempenho teve uma redução de 12%. Embora o desempenho no Q3 não tenha sido maior que o Q2, ele ainda foi significativamente maior que o Q1. Esses dados sugerem que a metodologia com modelos 3D tenha contribuído para um conhecimento científico mais eficaz do que a aula tradicional para esse público. Além disso, o coeficiente de variação no Q2 foi bem menor que no Q1 e Q3, podendo talvez ter provocado o nivelamento do conhecimento dos estudantes (Figura 9).

Já no Grupo 2, após a aula expositiva, diferentemente do que encontramos no Grupo 1, as notas tiveram aumento significativo de 32%. Isso mostra que embora o desempenho não tenha sido maior que o Grupo 1, a aula tradicional também teve um efeito positivo no conhecimento dos alunos. Após a aplicação dos modelos 3D, no Questionário 3, a média das notas subiu para 9,00, um aumento estatisticamente significativo de 27% em relação ao Q2, com todos os participantes pontuando acima de 8 (Figura 9).

Os resultados mostram que ambos os grupos se beneficiaram das metodologias, mas a prática com os modelos 3D no Grupo 1 foi boa para introduzir o tema e instigá-los a entender a teoria posterior e no Grupo 2 foi eficiente como forma de fixar o conteúdo. Vale destacar que o Grupo 1 conseguiu responder o Questionário 3 apenas três meses após o Q1, enquanto o Grupo 2 o período entre Q1 e Q3 foi de um mês.

Ao analisar o gráfico da Figura 9, nota-se a evolução do desempenho ao longo da ação pedagógica do Questionário 1 para o Questionário 3 nos dois grupos de alunos. Entretanto, isso indica progresso no conhecimento dos discentes apenas do Grupo 2.

Figura 9. Box-plot das notas obtidas nos questionários 1, 2 e 3 dos grupos 1 e 2 dos alunos do Primeiro Ano do Ensino Médio.



Média ± desvio padrão. Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

5.3.2. Aumento progressivo no desempenho entre os questionários apenas no Grupo 2 e diferença entre os grupos estudados.

O Teste T para dados relacionados foi utilizado para analisar se houve diferença estatística entre os questionários de cada grupo separadamente. Observamos que as médias aumentaram significativamente do Q1 para Q2 e do Q1 para Q3 no Grupo 1; enquanto no Grupo 2 nota-se a evolução das notas entre todos os questionários (Tabela 8).

Tabela 8. Teste T (dados relacionados) comparando as notas nos questionários dentro de cada grupo

	GRUPO 1			GRUPO 2		
	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3
<i>Número de pares</i>	11	11	11	9	9	9
<i>p-valor (unilateral)</i>	0.0003	0.0697	0.005	0.0055	0.0006	< 0.0001

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

Quando comparamos o desempenho nos questionários entre os grupos através de Teste T não pareado encontramos diferenças significativas que podem ser vistas na Tabela 9. As notas do Q2 foram significativamente maiores no Grupo 1, enquanto o desempenho no Q3 foi maior no Grupo 2. Esses dados demonstram que entre a aula expositiva e o uso dos modelos, o último foi mais eficiente em melhorar o desempenho dos alunos no segundo questionário. Além disso, nota-se que os alunos tinham o nível de conhecimento inicial parecidos entre os grupos e que após a utilização dos modelos tridimensionais, cada grupo em seu momento, ambos melhoraram seu desempenho.

Tabela 9. Teste T (dados não relacionados) comparando o desempenho entre o Grupo 1 e o Grupo 2 em cada um dos questionários

	QUESTIONÁRIO 1		QUESTIONÁRIO 2		QUESTIONÁRIO 3	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
<i>Tamanho da amostra</i>	11	9	11	9	11	9
<i>p-valor (unilateral)</i>	0.3399		0.0379		0.2679	

Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

5.3.3. O uso de Modelos 3D promove um ganho alto de conhecimento entre os alunos do Ensino Médio

Os resultados do ganho de conhecimento, *Hake's g* (Tabela 10) demonstram um ganho alto entre o Q1 e o Q2 do Grupo 1 ($g = 0.7359$), justamente após a aplicação dos modelos 3D. Além disso, teve um ganho mais alto ainda que o mencionado entre o Q1 e o Q3 do Grupo 2 ($g = 0.8052$) e não houve ganho entre o Questionário 2 e 3 do Grupo 1. Esses dados demonstram que utilizar os modelos como forma de revisão de conteúdo é mais vantajoso para esses discentes do que para o outro público desse estudo.

Tabela 10. Ganho de *Hake*'g referente as notas dos alunos do IFTM

	GRUPO 1			GRUPO 2		
	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3	Q1 x Q2	Q2 x Q3	Q1 x Q3
<i>Número de pares</i>	11	11	11	9	9	9
<i>Ganho Absoluto</i>	3.1705.	-1.0437	2.1268	1.7327	1,9415	3.6742
<i>Ganho de Hake (g)</i>	0.7359	-0.9171	0.4936	0.3797	0.6859	0.8052
<i>Classificação de g</i>	Alto	Baixo	Médio	Médio	Médio	Alto

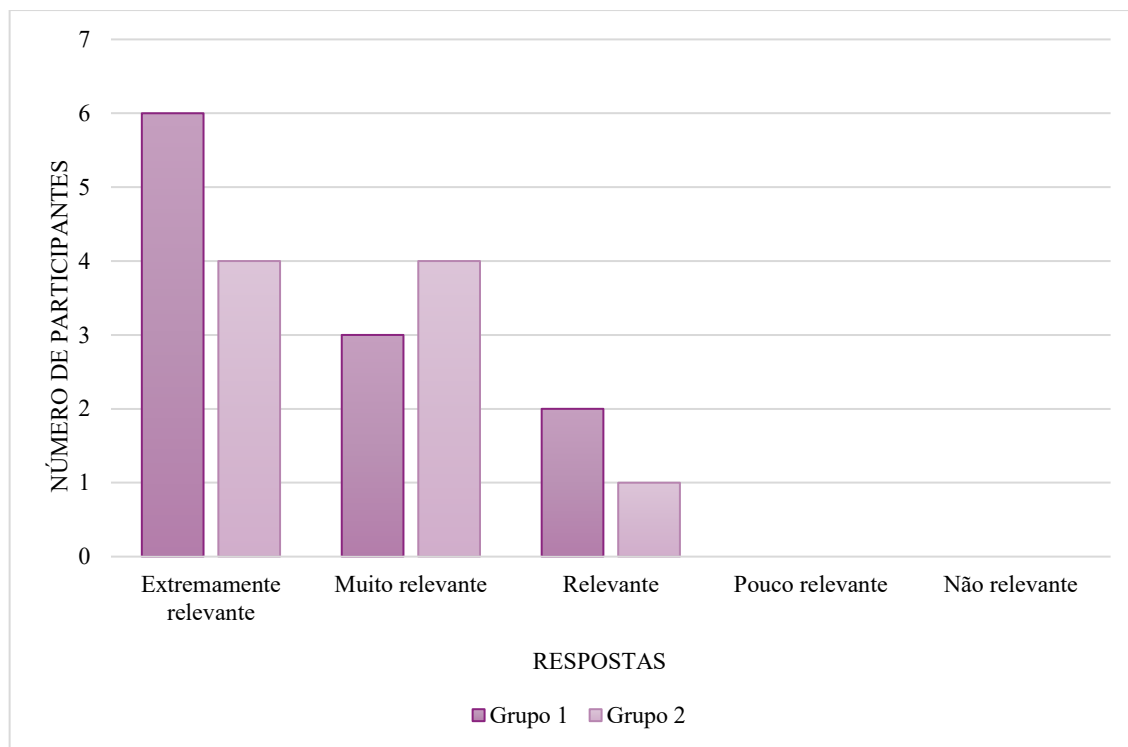
Ganho Absoluto (Pós teste – Pré-teste) e Ganho de Hake'g no desempenho dos grupos estudados de alunos do Primeiro Ano do Ensino Médio. Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

5.3.4. A utilização dos modelos 3D auxiliou e foi considerada uma estratégia relevante pela maioria dos alunos.

Nos grupos de discentes do Ensino Médio aproximadamente 10,9% e 14,4% (G1 e G2 respectivamente) responderam “não sei responder” no Q1. Por outro lado, nos Questionários 2 notamos uma redução de respostas “não sei”, para 0,9% no G1 e para 3,3% no G2. Enquanto no Questionário 3 teve um aumento dessa resposta no Grupo 1, para 5,5% e uma redução no Grupo 2, para 2,2%. Evidenciando que após conhecerem o conteúdo, os alunos, mesmo talvez não tendo acertado, começaram a tentar encontrar as respostas corretas nas questões.

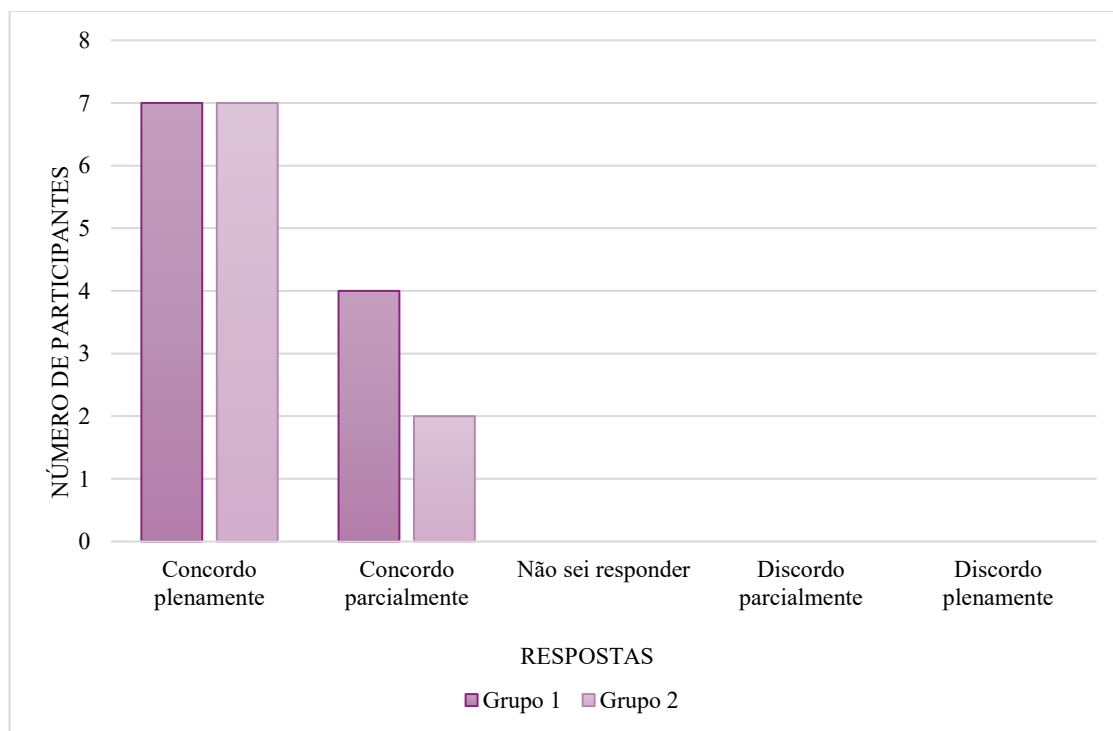
Ao avaliar as opiniões pessoais de cada estudante do Ensino sobre a intervenção pedagógica realizada. As respostas, da pergunta 11, demonstram que dos 11 alunos videntes, nove do Grupo 1 consideram extremamente relevante ou muito relevante esse tipo de intervenção pedagógica. Já, no Grupo 2, dos nove discentes, oito consideram extremamente relevante ou muito relevante esse tipo de metodologia (Figura 10). Ao mesmo tempo que ambos sete participantes dos dois grupos de alunos videntes concordaram plenamente que a utilização de modelos tridimensionais, os ajudou a compreender melhor o mundo das células na Questão 12 (Figura 11).

Figura 10. Respostas dos discentes do IFTM obtidas para a Questão 11 – Quanto você acredita que esse tipo de metodologia faz diferença na educação básica?



Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

Figura 11. Respostas dos discentes do IFTM obtidas para a Questão 12 – Você acredita que o uso dos modelos 3D te ajudou na percepção e melhorou a sua compreensão das células?



Fonte: Elaborado pelo primeiro autor.

Os discentes do Primeiro Ano do Ensino Médio demonstraram que gostaram da prática pedagógica e conseguiram levantar alguns pontos positivos e negativos. Dos pontos positivos podemos destacar:

“O projeto me ajudou bastante a ter um entendimento claro sobre as células, pois eu puder ver como funciona e não ficou só na teoria”.

“Foi super didático e de fácil entendimento, além de divertido”.

“Com o modelo físico a gente entende melhor como a célula funciona”.

“Positivos: termos bastante interação”.

“Positivos: é muito bom ter esses diferentes tipos de aulas, pois dependendo aprende maior”.

Já sobre os pontos negativos, evidenciamos:

“Uma coisa negativa é que não se aprofundou muito nas funções das organelas”.

“Por mais que foi explicado a função e o nome de cada objeto que estava representando o interior da célula, eu ainda tive dificuldade em fixar o que me foi dito”.

“Negativos: com muita gente vira bagunça”.

“Negativos: por ter muita gente a explicação ficou baixa”.

“Para algumas pessoas visualizar ou usar o tato facilita na compreensão, além da boa explicação dá incentivo. No entanto, a quantidade de pessoas juntas atrapalha a visão e no meu caso prefiro as aulas normais, pois entendo melhor, porém algumas pessoas preferem as aulas práticas”.

E além de apontarem alguns procedimentos que podem ser alterados, sugeriram adequações e melhorias interessantes dos modelos 3D e a forma da condução de sua aplicação para utilizações futuras, como:

“Vários minis 3D para os alunos montarem”.

“Placas para indicar o modelo depois da explicação”.

“Fazer a teoria e a prática juntos com o modelo 3D”.

“Em vez de fazer com um número grande de alunos, podem fazer dividindo a sala em quatro grupos”.

“Acho que para melhor compreensão ela explicar como ela fez e logo depois fazer nós mesmos colocar cada coisa em seu lugar para poder saber se entendermos”.

“Uma folha catalogando e descrevendo todas as peças”.

“O uso de um balde transparente pode evitar confusões com cores e permite a melhor visualização”.

Essas respostas nos fazem refletir em melhorias possíveis, como reduzir a quantidade de alunos durante a aplicação e manipulação dos modelos e/ou construir maior quantidade de modelos, sejam eles menores ou não. Além de demonstrar que, embora minoria, nem todos os alunos preferem esse tipo de metodologia para melhorar a compreensão do conteúdo, como o discente que relatou preferir aulas tradicionais.

5.3.5. *Percepção dos pesquisadores durante a aplicação dos modelos tridimensionais no Ensino Médio Regular*

Percebemos que durante a aplicação dos modelos alguns alunos de ambos os grupos estavam um pouco dispersos e agitados, algo comum de se observar nas salas de aula do Primeiro Ano do Ensino Médio. Mas, era nítido que eles se divertiram, notado pela frase de um aluno: “*consegui colocar as mãos dentro do citosol da célula*” e vários outros concordaram. Alguns acharam meio “nojento” o gel, outros queriam até utilizar na pele e a todo momento ficaram cheirando o gel em suas mãos.

Esses alunos tinham um bom conhecimento prévio sobre as células, pois ao praticarem a trilha com perguntas sobre as características de cada estrutura celular, a maioria deles conseguia responder o nome da estrutura correspondente. Eles só tiveram um pouco de dificuldade ao associar o nome com o modelo impresso e ir montando as células.

6. DISCUSSÃO

Esse estudo traz resultados sobre a utilização do uso de modelos 3D no processo de aprendizado de citologia. Mostramos que os alunos se beneficiam quando os modelos são usados antes da aula expositiva, para introduzir o tema com mais assertividade ou, após a aula para auxiliar na fixação do conteúdo. Ainda, esse trabalho mostrou essa ferramenta como uma estratégia interessante a ser usada com participantes deficientes visuais, tornando o assunto mais palpável, compreensível e a aula mais inclusiva.

Uma avaliação do conhecimento prévio dos dois públicos em questões fez necessária para identificar o quanto que cada um conseguiu assimilar o conteúdo. Mas, deve-se levar em consideração que a avaliação do conhecimento prévio dos alunos é fundamental dentro da teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel. Segundo essa abordagem, a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando novos conteúdos estão relacionados aos conhecimentos que o estudante já possui (AUSUBEL, 2003). Também, como Moreira destaca em sua obra que quando o aluno percebe que o novo conhecimento faz sentido dentro do que ele já sabe, há um aumento no interesse e na motivação para aprender. Isso evita a memorização mecânica e favorece uma aprendizagem mais rigorosa (MOREIRA, 2011).

Os resultados do Questionário 1 mostram um baixo conhecimento prévio sobre células em ambos os grupos de alunos deficientes visuais. Entre os discentes do ensino médio, o conhecimento prévio foi maior do que aquele notado no questionário das pessoas deficientes visuais. Além disso, a variação das notas representada pelo desvio padrão da mediana, indica uma distribuição heterogênea entre os participantes, o que sugere um nível de conhecimento inicial desigual. Segundo Silva *et al* (2017), esse baixo conhecimento dos voluntários deficientes visuais pode ser decorrente da falta de infraestruturas das instituições de ensino que eles frequentaram que fomentam, além da evasão escolar, um aprendizado superficial dificultando a inclusão. Destacamos que um ponto fraco da análise com o público de participantes deficientes visuais foi a diversidade de faixa etária e nível de escolaridade deles, cujo conhecimento de assuntos do Ensino Médio era inexistente ou incompleto. No entanto, esse é um reflexo da evasão escolar desse público no cenário atual do Brasil.

O aumento no desempenho dos deficientes visuais e dos discentes do Primeiro Ano do Ensino Médio após a aplicação da metodologia pedagógica usando os modelos 3D foi notável, tanto no Q2 quanto no Q3. Resultado parecido também foi demonstrado no trabalho de Michelotti e Loreto (2019). Nesse trabalho foi evidenciado o bom aproveitamento na utilização de modelos tridimensionais por alunos deficientes visuais e videntes com o conteúdo de

diversidade das formas celulares e do papel das células nos processos de crescimento e cicatrização, evidenciando uma excelente inclusão em salas de aula mista. Esse crescimento revela um impacto positivo da intervenção educativa, contribuindo para uma melhor compreensão do conteúdo. Isso também é apontado por Silva *et al* (2017) ao destacarem que metodologias e materiais didáticos inclusivos, como a gamificação e ferramentas táteis, auxiliam a promoção da aprendizagem para todos.

O aumento no desempenho também pode acontecer durante a apresentação e exposição a novas abordagens de ensino, com materiais didáticos adequados sobre o mesmo assunto (DARLING-HAMMOND *et al*, 2019). Assim como demonstrado no estudo de Rosa *et al* (2019) essa forma de aprendizado permite que os alunos compreendam melhor conteúdos de difícil abstração e conceitos básicos, moldando uma base sólida de conhecimento. Moreira (2012) ainda destaca a necessidade de avaliação contínua, com ferramentas de ensino e avaliação diversificadas sobre o mesmo conteúdo apresentadas gradualmente e assim conseguir inferir se houve um conhecimento significativo desenvolvido em cada participante. Nesse sentido, nosso estudo fez uma avaliação contínua com questionários aplicados após cada intervenção pedagógica. No decorrer de cada avaliação, a cada etapa da pesquisa, cada questionário continha perguntas de formatos diferentes, a fim de diversificar essas formas de avaliar.

Segundo Darroz (2018), a gradação nas notas pode indicar um resultado transitório, pois os voluntários podem se acostumar com a forma de abordagem dos questionários ou mesmo a memorização do conteúdo, sem um aprendizado cognitivo. Se considerarmos os resultados do Q3 dos discentes do grupo 1 do ensino médio, essa ideia pode não ser verdadeira, pois seu desempenho foi inferior a encontrada no questionário anterior, contradizendo a hipótese de que eles podem ter fixado o conteúdo pela repetição. Vale destacar um fato importante e que pode ter interferido nos resultados do Grupo 1 dos alunos videntes, esse grupo (G1) finalizou a prática pedagógica e respondeu ao Questionário 3 apenas dois meses após o início das atividades, enquanto no Grupo 2 isso aconteceu em um mês. Assim, não podemos deixar de considerar que o Grupo 1 pode ter esquecido de alguns conceitos ao longo do tempo, podendo ter interferido no seu desempenho final. Porém, ainda assim, a média final do Grupo 1 é maior que a inicial e demonstra que esses alunos conseguiram reter o conhecimento adquirido por um longo período, assim como preconiza a aprendizagem significativa destacada por Pelizzari *et al* (2002).

Quando comparamos as notas do Q2 do Grupo 1 e 2 em ambos os públicos, as notas foram maiores no Grupo 1. Isso nos mostra que os alunos têm mais dificuldade de compreender o assunto de forma expositiva, mas se beneficiam com uma prática tátil antes da exposição

teórica. Setúbal (2010) destacam que uma educação eficiente promove condições equitativas, reduzindo disparidades educacionais como ocorreu na aula expositiva. Enquanto a utilização dos modelos 3D reduziu o coeficiente de variação dos grupos, alguns deficientes visuais podem ter encontrado dificuldades na passagem para a aula expositiva tradicional, estabilizando as notas a partir do Q2.

Além da avaliação do conteúdo de citologia e a sua importância científica e social, após toda a intervenção pedagógica, os voluntários em seu respectivo público puderam apresentar suas opiniões sobre o projeto. Dentre todos os relatos, dois dos participantes deficientes visuais nos chamam atenção, por eles terem afirmado conseguir “ver” ou “visualizar” a célula. Tornar a célula tangível proporcionou uma experiência mais prazerosa e significativa, facilitando a compreensão de seu funcionamento. E conseguiram propor melhorias tanto da aplicação quanto da construção dos modelos para futuras gerações de videntes e não videntes no ambiente estudantil. Bem como destaca Moreira (2011), além da assimilação de conteúdos, os estudantes devem ser incentivados a analisar, problematizar e compreender o contexto social e ético do conhecimento, promovendo uma educação mais transformadora e crítica.

Mas, vale evidenciar que a utilização dos modelos 3D associados auxiliou ambos os públicos. No entanto, nota-se que o uso do modelo 3D antes da aula expositiva apresenta benefícios ainda maiores no aprendizado dos alunos com deficiência visual. A utilização de recursos didáticos adaptados, como os modelos 3D, pode ser mais eficiente para grupos com necessidades específicas, como as pessoas deficientes visuais, do que abordagens tradicionais. Por outro lado, a aplicação dos modelos tridimensionais após a aula expositiva, como forma de revisão do conteúdo, demonstrou ser mais assertiva para os discentes do Primeiro Ano do Ensino Médio. Tal resultado nos faz questionar acerca de qual o melhor momento para a aplicação da metodologia e evidencia a necessidade de desenvolver o projeto em uma turma de Primeiro Ano do Ensino Médio Regular que tenha os dois públicos juntos. Será que esse projeto promoverá a inclusão nas salas de aula regular? Assim como Rissino *et al* (2020) discutem em seu trabalho que os docentes devem propor métodos acessíveis, como recursos táteis e materiais adaptados, para garantir que alunos cegos ou com baixa visão acompanhem o aprendizado em igualdade de condições e alcançar o nivelamento educacional.

Estudos com essas finalidades podem ser aplicados também em Projetos de Ensino e Extensão dentro das instituições de ensino. Além disso, ele pode ser utilizado por qualquer outro docente ou futuros professores do ensino básico, desde que se adeque o que precisar e siga o passo a passo da metodologia, consultando os Apêndices V e VI desse trabalho. As possibilidades podem ser infinitas e resultados positivos como os que são aqui apresentados

levantam uma discussão importante sobre a necessidade de superar os desafios por parte dos educadores, elaborar estratégias mais assertivas no aprendizado dos alunos com deficiência visual em prol da inclusão em salas de aulas regulares e reduzir a evasão escolar.

7. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que a aplicação e o manuseio dos modelos 3D teve um efeito positivo no aprendizado em ambos os públicos estudados (com ou sem deficiência visual), especialmente em termos de melhora da performance e nivelamento dos conhecimentos. No entanto, nota-se que o uso dos modelos antes da aula expositiva apresenta benefícios ainda maiores no aprendizado dos alunos com deficiência visual. A utilização de recursos didáticos adaptados, como os modelos 3D, pode ser mais eficiente para grupos com necessidades específicas, como deficientes visuais, do que aulas tradicionais. Estudos com essa finalidade e resultados positivos levantam uma discussão importante sobre a necessidade de superar os desafios por parte dos educadores, elaborar estratégias mais assertivas no aprendizado dos alunos com deficiência visual em prol da inclusão e mitigar a evasão escolar.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.* Células e genomas; DNA, cromossomos e genomas; Compartimentos intracelulares e encaminhamento de proteínas. *In*: ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. cap. 1, p. 1–42; cap. 4, p. 173–236 e cap. 12, p. 665–689. ISBN 978-85-8271-422-5.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Origem da vida. *In*: AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia: Biologia das Células**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2015. cap. 1, p. 12–29. ISBN 978-85-16-08831-1.

ARAUJO, A. V. R; SILVA, E. S; DE JESUS, V. L. B; OLIVEIRA A. L. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, e 2401, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0184>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4SsrkHKnBnv4fHnYQWSs5vr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 nov. 2024.

AUSUBEL, D. P. Apresentação da teoria da assimilação da aprendizagem e da retenção significativas. *In*: AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano – Edições Técnicas, 2003. cap. 1. 219 p. ISBN 978-972-707-364-1.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 10 ago. 2024.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 53, de 19 de dezembro de 2006. **Cria o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB)**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc53.htm. Acesso em:

BRASIL. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. **Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 27 dez. 1961. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4024.htm. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 20 dez. 2024.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. **Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA)**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm. Acesso em:

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. **Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 jun. 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/113005.htm. Acesso em: 06 jun. 2023.

BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. **Relatório OEA 2024.** Brasília: MDHC, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mdh/pt-br/navegue-por-temas/pessoa-com-deficiencia/acoes-e-programas/RELATORIOOEA2024PORTUGUES_final.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Relatório de Monitoramento do Plano Nacional de Educação.** Brasília, DF: MEC, 2022. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva.** Brasília: MEC/SECADI, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/educacao-especial>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **O que muda no ensino médio a partir de 2025.** Brasília: MEC, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2024/agosto/o-que-muda-no-ensino-medio-a-partir-de-2025>. Acesso em: 22 abr. 2025.

CAZORLA, I. M; SILVA JÚNIOR, A. V.; SANTANA, E. R. S. Reflexões sobre o ensino de variáveis conceituais na educação básica. **REnCiMa**, v. 2, pág. 354-373, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26843/rencima.v9i2.1674>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335071651_Reflexoes_sobre_o_ensino_de_variaveis_conceituais_na_Educacao_Basica. Acesso em: 15 nov. 2024.

DARLING-HAMMOND, L.; FLOOK, L.; COOK-HARVEY, C.; BARRON, B.; OSHER, D. Implications for Educational Practice of the Science of Learning and Development. **Applied Developmental Science**, p. 1-44, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>. Acesso em: 10 nov. 2024.

DARROZ, L. M. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. **Revista Espaço Pedagógico**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 576-580, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5335/rep.v25i2.8180>. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/8180>. Acesso em: 20 nov. 2024.

DÜMPPEL, R. G; SILVA, A. S; PEREIRA, R. S; DELOU, C; CASTRO, H. C. Who said that we do not see? An inclusion strategy for students with visual impairment using cell models and a modeling-clay-based evaluation method. **British Journal of Visual Impairment**, v. 41, n. 2, p. 363–376, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/02646196211036410>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/home/jvi>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GARCIA, F. M.; BRAZ, A. T. A. M. Deficiência visual: caminhos legais e teóricos da escola inclusiva. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 28, n. 108, p. 622–641, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0104-40362020002802399>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/6D8gzB5Dd7vnLG3FXmvN4bw/>. Acesso em: 05 ago. 2023.

GORDY, C. L.; SANDEFUR, C. I.; LACARA, T. HARRIS, F. R.; RAMIREZ, M. V. Building the lac Operon: A Guided-Inquiry Activity Using 3D-Printed Models. **Journal of Microbiology & Biology Education**, v. 21, n. 1, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i1.2091>. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/jmbe.v21i1.2091>. Acesso em: 15 nov. 2024.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64–74, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.18809>. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1542019>. Acesso em: 23 nov. 2024.

INSTITUTO DE CEGOS DO BRASIL CENTRAL. **Missão**. Disponível em: <https://www.icbcuberaba.org.br/missao>. Acesso em: 05 jan. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Sinopse Estatística da Educação Básica 2024**. Brasília: Inep, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/destatistica/educacao-basica>. Acesso em: 10 maio. 2025.

INSTITUTO RODRIGO MENDES. **Painel de Indicadores: Atualização Censo 2023**. Instituto Rodrigo Mendes, 2023. Disponível em: <https://institutorodrigomendes.org.br/painel-indicadores-atualizacao-censo-2023/>. Acesso em: 10 set. 2024.

MICHELOTTI, A.; LORETO, E. L. S. Utilização de modelos didáticos táteis como metodologia para o ensino de biologia celular em turmas inclusivas com deficientes visuais. **Revista Contexto & Educação**, [S. l.], v. 34, n. 109, p. 150–169, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2019.109.150-169>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/8686>. Acesso em: 18 nov. 2024.

MANTOAN, M. T. E. Definição de inclusão escolar. In: MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** São Paulo: Moderna, 2006. cap. 1, p. 11–29. ISBN 978-85-16-08831-1.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: da Visão Clássica à Visão Crítica**. Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006, e do I Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática, Tandil, Argentina, abril de 2007. Disponível em: <https://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasica/visao critica.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fisicaequimica/relacaodocentes973/texto07-aprendizagem-significativa-um-conceito-subjacente.doc>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MOREIRA, M. A. **O que é, afinal, aprendizagem significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. 1948. Disponível em: <https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights> Acesso em: 15 nov. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório Mundial sobre a Visão**. Genebra: OMS, 2019. ISBN 978-92-4-151657-0. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/328717/9789241516570-por.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

ONISAKI, H. H. C.; VIEIRA, R. M. B. Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais. **Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 5, n. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31417/educitec.v5i10.638>. Disponível em: https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/638?utm_source. Acesso em: 20 jan. 5.

PELIZZARI, A; KRIEGL, M. L.; BARÃO, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel: **Educação Rev. PEC**, Curitiba, v. 1, pág. 37-42, jul. 2001/jul. 2002. HANDLE: <https://bds.unb.br/handle/123456789/1116>. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

PINHEIRO, C. M. P.; MOTA, G. E.; STEINHAUS, C.; de SOUZA, M. Impressoras 3D: uma mudança na dinâmica do consumo. **Signos do Consumo**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 15-22, jan./jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.1984-5057.v10i1p15-22>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3502/350259663002/350259663002.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PINHO, F. V. A. A utilização da impressão 3D na educação de alunos portadores de deficiência visual. **E-book VII CONEDU** (Conedu em Casa), v. 2, p. 506–519, Campina Grande: Realize Editora, 2021. ISBN 978-85-61702-35-9. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/74167>. Acesso em: 22 jun. 2023.

PINHO, F. V. A.; SILVA, R. S.; LIMA, L.; CERQUEIRA, G. S. Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação como ferramentas de ensino e aprendizagem de deficientes visuais: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 18, e023108, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21723/riace.v18i00.16754>. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/16754>. Acesso em: 20 jan. 2025.

PRIMO, C. S; PERTILE, E. B. Ciências e Biologia para alunos cegos: metodologias de ensino. **Insignare Scientia**, Paraná, v. 5, n. 1, p. 256-277, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n1.12501>. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/download/12501/8439>. Acesso em: 21 jun. 2023.

PORSANI, R. N. Revisão teórica da história da manufatura aditiva e das propriedades dos principais insumos e estruturas de preenchimento nas impressoras 3D FDM open material. *In: Anais do Congresso Internacional e Workshop Design & Materiais*, Campinas: Galoá, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5151/dm-2017-001>. Disponível em: <https://proceedings.science/dm/trabalhos/revisao-teorica-da-historia-da-manufatura-aditiva-e-das-propriedades-dos-princip>. Acesso em: 20 jan. 2025.

RISSINO, J. M.; GONZALEZ, L. P. Estratégias metodológicas para a inclusão de alunos deficientes visuais no ensino de Física. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 11, pág. 103-117, nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/alunos-deficientes-visuais>. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/alunos-deficientes-visuais>. Acesso em: 20 nov. 2024.

ROSA, B. R. *et al.* Aprendizado da anatomia hepatobiliar pela mesa anatômica virtual 3D. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Rio de Janeiro, v. 1 Supl. 1, pág. 623-630, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v43suplemento1-20190033>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v43suplemento1-20190033>. Acesso em: 27 nov. 2024.

SAVIANI, D. Educação colonial; Educação republicana; Educação contemporânea. *In*: SAVIANI, D. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2007. cap. 1, p. 15–40; cap. 3, p. 85–120; cap. 5, p. 150–180. ISBN 978-85-7390-231-3.

SETÚBAL, M. A. Equidade e desempenho escolar: é possível alcançar uma educação de qualidade para todos? **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 91, n. 228, p. 577–591, 2010. DOI: <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.91i228.577>. Disponível em: https://emaberto.inep.gov.br/ojs3/index.php/rbep/article/view/2861?utm_source. Acesso em: 20 jan. 2025.

SILVA, J. B; SALES, G. L; CASTRO, J. B. Gamificação de uma sequência didática como estratégia para motivar a atitude potencialmente significativa dos alunos no ensino de óptica geométrica. *In*: **CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**, 29 out.-01 nov. 2018, Fortaleza (CE). Anais... Fortaleza (CE): SBC, 2018. p. 74-83. DOI: <https://doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2018.74>. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/43662>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SILVA, L. F. S; MAGALHÃES, E. B; LIMA, I. P. Dificuldades da ação docente em matemática com alunos deficientes visuais. **Anais do I Seminário de Pós-Graduação IDJ – Novas perspectivas para profissionais do Século XXI**, Fortaleza, v. 1, p. 221-229, 2017. HANDLE: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/45037>. Disponível em: <https://revista.idj.edu.br/index.php/anais>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SOUZA, S. L.; BARROS, B. N.; VIANA, G. S. Aprendizagem significativa: transformando a sala de aula em laboratório para o ensino de ciências. **Revista Insignare Scientia**, v. 4, n. 2, p. 13–22, 5 fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i6.12393>. Disponível em: https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12393?utm_source. Acesso em: 10 dez. 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Estrutura e função celular; Transporte de íons e moléculas; Metabolismo secundário. *In*: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. cap. 1, p. 1–40; cap. 6, p. 150–185; cap. 22, p. 680–715. ISBN 978-85-363-2741-6.

TOLEDO, K. C; RIZZATTI, I. M. Modelos atômicos e a impressora 3D: proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais no ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, p. 473-485, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.3.2-7>. Disponível em: <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNat>. Acesso em: 20 nov. 2024.

UNESCO. **Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education – a tool on whose terms?** Paris: UNESCO, 2023. ISBN 978-92-3-100609-8 (print); ISBN 978-92-1-002866-0 (PDF). DOI: <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000382175.locale=en>. Acesso em: 17 abr. 2025.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Estudos Avançados. **José Francisco de Almeida Pacheco**. São Paulo: IEA-USP, 2018. Disponível em: <https://www.iea.usp.br/pessoas/pasta-pessoaj/jose-francisco-de-almeida-pacheco>. Acesso em: 22 maio 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (UFES). **Projeto cria modelos de biscoito para auxiliar professores de Ciências e Biologia**. 2021. Disponível em: <https://www.ufes.br/conteudo/projeto-cria-modelos-de-biscoito-para-auxiliar-professores-de-ciencias-e-biologia>. Acesso em: 28 abr. 2025.

VICENTE, N. E. F.; VERASZTO, E. V. Ensino de biologia celular para alunos com deficiência visual: uma proposta de inclusão. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 361-376, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.16994>. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8652465.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025.

APÊNDICE I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (pessoas deficientes visuais)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa **Uso de modelos 3D de células eucarióticas no ensino inclusivo de biologia celular para deficientes visuais**, sob responsabilidade de Daniele Lisboa Ribeiro e Francielly Felix da Silva Isaias. Esta pesquisa foi avaliada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Uberlândia-UFU, que tem como função defender os interesses dos participantes das pesquisas, em sua integridade e dignidade, contribuindo para o desenvolvimento da ciência dentro dos padrões éticos.

O estudo tem como objetivo construir células em modelos tridimensionais táteis, bem como suas organelas e desenvolver uma metodologia ativa de aprendizado para avaliar a sua eficiência no aprendizado de alunos deficientes visuais. Ele será inteiramente realizado no Instituto dos Cegos de Uberaba, nas reuniões que acontecem as terças e quartas-feiras. Para isso, você participará de 2 a 3 reuniões com o pesquisador para exposição oral sobre citologia básica. Então, responderá um questionário contendo 6 questões objetivas com apenas uma resposta correta no tempo de 20 minutos. O Questionário será lido pelo pesquisador e respondido de forma oral por você. Após o primeiro questionário, nova reunião acontecerá para a apresentação e uso dos modelos tridimensionais seguido de atividades para aprendizado do conteúdo. Ao final da metodologia, você responderá um novo questionário com o mesmo número de questões e tempo de resolução, de forma oral com auxílio do pesquisador. Assim, teremos um panorama do conhecimento sobre células antes da metodologia e saberemos se ela colaborou na melhora do seu aprendizado ao final da pesquisa. Os resultados da pesquisa serão todos apresentados aos participantes em uma reunião de encerramento.

Você não terá custo nenhum ao participar da pesquisa e tem o direito de solicitar esclarecimentos sobre os procedimentos, antes e durante a realização da pesquisa. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Essa pesquisa tem importância social, uma vez que existe uma carência de políticas educativas inclusivas e também dificuldade dos educadores em ensinar determinados assuntos da biologia, em especial as células. Os resultados da pesquisa trarão benefícios para a comunidade de deficientes visuais por trazer uma metodologia de ensino que pode estimular a maior curiosidade do aluno e envolvê-lo no seu aprendizado, além de contribuir com um aprendizado mais eficiente.

Os dados resultantes deste estudo serão apresentados em: Dissertação, Relatório de Atividades Docente, Eventos científicos, e Artigo científico) observando os princípios éticos da pesquisa científica e seguindo procedimentos de sigilo e discrição. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Os questionários serão identificados apenas com as siglas do seu nome e os resultados não serão divulgados com a sua identificação pessoal. Todos os dados coletados dos questionários serão armazenados em HD externo e pessoal do pesquisador para prevenir o vazamento dos dados e, por consequência, a identificação do participante. Não haverá benefícios ou contribuições financeiras sobre os resultados decorrentes da pesquisa.

Você receberá uma via deste termo no qual constam o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Dessa forma, você foi esclarecido sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos que serão utilizados e riscos. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Você está ciente do direito assegurado de não participar, ou de interromper a participação no momento que achar necessário, além da garantia

de indenização por eventuais danos decorrentes da participação nessa pesquisa, nos termos da legislação civil (Código Civil Lei 10.406 de 10/01/2002).

Para obter orientações quanto aos direitos dos participantes de pesquisa acesse a cartilha no link: https://conselho.saude.gov.br/imagem/comissoes/conep/imp/boletins/Cartilha_Direitos_Participantes_de_Pesquisa_2020.pdf.

Vocês também poderão entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos CEP, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, campus Santa Mônica Uberlândia/MG, 38408-100; pelo telefone (34) 3239-4131 ou pelo e-mail cep@propp.ufu.br

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do aluno na pesquisa e concordo com a sua participação.

Local e data _____, _____ de _____ de 20__

Nome do participante: _____

Assinatura do participante da pesquisa

(assinatura)

Pesquisador Responsável

Nome: Francielly Felix da Silva Isaias

Endereço: Rua Oditi Antunes de Abreu, 243. Elza Amui II

Uberaba -MG

Tel: (34) 9939-3998

E-mail: franciellyisaiasbio@gmail.com

(assinatura)

Orientador

Prof.^a Dr.^a Daniele Lisboa Ribeiro

Endereço: Rua Piauí - s/n - Bloco 2B - Sala 2B244 - Bairro Umuarama

Uberlândia - MG

Tel: (34)32258481

E-mail: dl_ribeiro@yahoo.com.br

OBS.: Termo apresentado em duas vias, uma destinada ao participante e a outra ao pesquisador. Todas as páginas devem ser rubricadas pelo participante ou representante legal e pelo pesquisador (a)

APÊNDICE II - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Ensino Médio)

O aluno _____, da turma _____ está sendo convidado para participar da pesquisa **Uso de modelos 3D de células eucarióticas no ensino inclusivo de biologia celular**, sob responsabilidade de Daniele Lisboa Ribeiro e Francielly Felix da Silva Isaias. Esta pesquisa foi avaliada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Uberlândia-UFU, que tem como função defender os interesses dos participantes das pesquisas, em sua integridade e dignidade, contribuindo para o desenvolvimento da ciência dentro dos padrões éticos.

O estudo tem como objetivo construir células em modelos tridimensionais táteis, bem como suas organelas e desenvolver uma metodologia ativa de aprendizado para avaliar a sua eficiência no aprendizado de alunos com ou sem deficiência visual. Ele será inteiramente realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba, nas aulas de Biologia. Inicialmente o aluno responderá um questionário no tempo de 20 minutos. Após o primeiro questionário, ele terá as aulas do conteúdo de biologia celular na disciplina de Biologia ou será apresentado aos modelos tridimensionais seguido de atividades para aprendizado do conteúdo (a depender do grupo que ele estiver inserido). Ao final das duas metodologias, ele responderá outros dois novos questionários com o mesmo número de questões e tempo de resolução. Assim, teremos um panorama do conhecimento sobre células antes das metodologias e saberemos se elas colaboraram na melhora do seu aprendizado ao final da pesquisa. Os resultados da pesquisa serão todos apresentados aos participantes e responsáveis em uma reunião de encerramento.

O aluno e o responsável não terão custo nenhum ao participar da pesquisa e terão o direito de solicitar esclarecimentos sobre os procedimentos, antes e durante a realização da pesquisa. A qualquer momento o aluno e o responsável podem desistir de participar e retirar seus consentimentos. Suas recusas não trarão nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador, professores ou com a instituição.

Essa pesquisa tem importância social, uma vez que existe uma carência de políticas educativas inclusivas e também dificuldade dos educadores em ensinar determinados assuntos da biologia, em especial as células. Os resultados da pesquisa trarão benefícios para a comunidade de deficientes visuais por trazer uma metodologia de ensino que pode estimular a maior curiosidade do aluno e envolvê-lo no seu aprendizado, além de contribuir com um aprendizado mais eficiente.

Os dados resultantes deste estudo serão apresentados em: Dissertação, Relatório de Atividades Docente, Eventos científicos, e Artigo científico) observando os princípios éticos da pesquisa científica e seguindo procedimentos de sigilo e descrição. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar a identificação do aluno. Os questionários serão identificados apenas com as siglas do nome do aluno e os resultados não serão divulgados com a identificação pessoal dele. Todos os dados coletados dos questionários serão armazenados em HD externo e pessoal do pesquisador para prevenir o vazamento dos dados e, por consequência, a identificação do aluno. Não haverá benefícios ou contribuições financeiras sobre os resultados decorrentes da pesquisa.

Você receberá uma via deste termo no qual constam o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e a participação do aluno, agora ou a qualquer momento.

Dessa forma, você foi esclarecido sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos que serão utilizados e riscos. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a participação do aluno. Você está ciente do direito assegurado de

não autorizar a participação do aluno, ou de interromper a participação no momento que achar necessário, além da garantia de indenização por eventuais danos decorrentes da participação nesta pesquisa, nos termos da legislação civil (Código Civil Lei 10.406 de 10/01/2002).

Para obter orientações quanto aos direitos dos participantes de pesquisa acesse a cartilha no link:

https://conselho.saude.gov.br/imagem/comissoes/conep/imp/boletins/Cartilha_Direitos_Participantes_de_Pesquisa_2020.pdf

Vocês também poderão entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos CEP, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, campus Santa Mônica Uberlândia/MG, 38408-100; pelo telefone (34) 3239-4131 ou pelo e-mail cep@propp.ufu.br

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do aluno na pesquisa e concordo com a sua participação.

Local e data _____, _____ de _____ de 20__

Nome do(a) participante: _____

Assinatura do(a) responsável do aluno

(assinatura)

Pesquisadora Responsável

Nome: Francielly Felix da Silva Isaias

Endereço: Rua Oditi Antunes de Abreu, 243. Elza Amui II

Uberaba -MG

Tel: (34) 9939-3998

E-mail: franciellyisaiasbio@gmail.com

(assinatura)

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Daniele Lisboa Ribeiro

Endereço: Rua Piauí - s/n - Bloco 2B - Sala 2B244 - Bairro Umuarama

Uberlândia - MG

Tel: (34)32258481

E-mail: dl_ribeiro@yahoo.com.br

OBS.: Termo apresentado em duas vias, uma destinada ao participante e a outra ao pesquisador. Todas as páginas devem ser rubricadas pelo participante ou representante legal e pelo pesquisador (a)

APÊNDICE III - Termo de Assentimento (Ensino Médio)

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa **Uso de modelos 3D de células eucarióticas no ensino inclusivo de biologia celular**. Sua participação é importante, porém, você não deve aceitar participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça, se tiver dúvidas, qualquer pergunta.

Neste estudo pretendemos construir células em modelos tridimensionais táteis, bem como suas organelas e desenvolver uma metodologia ativa de aprendizado para avaliar a sua eficiência no aprendizado de biologia celular. Ele será inteiramente realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba, durante as aulas de Biologia. Inicialmente você responderá um questionário no tempo de 20 minutos. Após o primeiro questionário, você terá as aulas de biologia celular ou será apresentado aos modelos tridimensionais seguido de atividades para aprendizado do conteúdo (a depender do grupo que você estiver inserido). Ao final das duas metodologias, você responderá outros dois novos questionários com o mesmo número de questões e tempo de resolução. Assim, teremos um panorama do conhecimento sobre células antes da metodologia e saberemos se ela colaborou na melhora do seu aprendizado ao final da pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão todos apresentados aos participantes em uma reunião de encerramento. Os dados dessa pesquisa não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Os questionários serão identificados apenas com as siglas do seu nome e os resultados não serão divulgados com a sua identificação pessoal. Você não terá custo nem ganho ao participar da pesquisa e tem o direito de solicitar esclarecimentos sobre os procedimentos, antes e durante a realização da pesquisa.

Para participar deste estudo, você será informado sobre qualquer aspecto que desejar e o responsável por você deverá autorizar a sua participação assinando um termo. Caso seu responsável autorize a sua participação, mesmo assim, você poderá negar, estando livre para participar ou não. Você e/ou o seu responsável poderão deixar de participar a qualquer momento, sem nenhum problema.

Este termo encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma ficará com o pesquisador responsável e a outra será entregue a você.

Eu, _____, data de nascimento ____/____/____ declaro que concordo em participar desse estudo.

_____, ____ de _____ de 20 ____.

Assinatura do(a) PARTICIPANTE

Assinatura do Pesquisador responsável pelo assentimento

Pesquisador Responsável

Nome: Francielly Felix da Silva Isaías

Endereço: Rua Oditi Antunes de Abreu, 243. Elza Amui II. Uberaba -MG

Tel: (34) 9939-3998. **E-mail:** franciellyisaiasbio@gmail.com

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar: Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos CEP, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, campus Santa Mônica Uberlândia/MG, 38408-100; pelo telefone (34) 3239-4131 ou pelo e-mail cep@propp.ufu.br

APÊNDICE IV - Parecer consubstanciado do CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Uso de modelos 3D de células eucarióticas no ensino inclusivo de biologia celular para deficientes visuais

Pesquisador: DANIELE LISBOA RIBEIRO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 74130623.0.0000.5152

Instituição Proponente: Instituto de Ciências Biomédicas

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.319.893

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos “Apresentação do Projeto”, “Objetivo da Pesquisa” e “Avaliação dos

Riscos e Benefícios” foram retiradas dos documentos Informações Básicas da Pesquisa nº 2182309 e Projeto Detalhado (projeto_detalhado.docx), postados em 12/09/2023.

INTRODUÇÃO

“Esse projeto será conduzido com estudantes portadores de diferentes tipos de deficiência visual, visuais inscritos no Instituto dos Cegos do Brasil Central (ICBC), localizado na cidade de Uberaba. Serão utilizados 20 participantes com deficiência visual, com idade entre 18 e 65 anos”.

METODOLOGIA

- (A) Pesquisa/Estudo – A amostra será não probabilística por conveniência. Os participantes serão convidados a participar da pesquisa de forma voluntária e assinarão um TCLE. Toda a pesquisa será realizada de acordo com as Normas e Diretrizes Brasileiras. A metodologia será dividida em etapas: recrutamento dos participantes, confecção dos modelos tridimensionais de células, confecção dos questionários, elaboração de metodologia ativa de ensino para uso dos modelos; reuniões para apresentação da teoria antes e depois da utilização da metodologia de ensino.
- (B) Tamanho da amostra - 20.
- (C) Recrutamento e a abordagem dos participantes – “O recrutamento de participantes voluntários será realizado nas reuniões que normalmente acontecem com os deficientes visuais inscritos no Instituto dos Cegos- do Brasil Central, situado em Uberaba/MG. Antes do início da pesquisa, os participantes serão informados sobre toda a sequência de procedimentos a ser realizada. Se decidir participar da pesquisa, firmará acordo com a equipe, através de assinatura do TCLE previamente submetido e aprovado pelo CEP UFU. [...] Serão recrutados no máximo 20 voluntários para participar desta pesquisa. Este é um projeto piloto, e não sabemos quantos voluntários aceitarão participar desta pesquisa, por isso, 20 participantes representa uma amostra não probabilística por conveniência.
- (D) Local e instrumento de coleta de dados / Experimento – As reuniões e atividades de ensino/aprendizado propostas com os deficientes visuais acontecerão no Instituto dos Cegos em Uberaba. Os modelos tridimensionais das células serão confeccionados no Agroeduca Labifmaker do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba. Parte do projeto também será na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), onde os questionários e atividades de ensino serão elaborados, bem como a análise dos resultados, no Instituto de Ciências Biomédicas (ICBIM).

Construção dos modelos tridimensionais das células eucariontes: Para construir os modelos didáticos das células animais e vegetais tridimensionais serão utilizadas as impressoras 3D *Deposition Modeling* (FDM), também conhecida como fusão de filamento. Primeiramente será realizada a confecção dos protótipos dos modelos pelo *Tinker Cad*, bem como todos os constituintes citoplasmáticos tanto das células vegetal quanto animal separadamente (núcleo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, complexo de Golgi, lisossomos, mitocôndrias, centríolos, vacúolo, ribossomos e cloroplastos). E assim serão montados quatro modelos (dois de células animais e dois de células vegetais) de forma que quando eles forem utilizados os deficientes visuais terão uma noção básica de como os constituintes celulares se encontram dentro das células.

Desenvolvimento da metodologia investigativa: Para ter uma aplicabilidade que une a utilização dos modelos 3D das células eucariontes a uma metodologia ativa de aprendizado, será desenvolvido uma abordagem investigativa que despertará nos alunos o pensamento crítico, tornando-os reflexivos e que os leve a hipotetizar solução para o entendimento e compreensão sobre o conteúdo de citologia (GORDY et al, 2020). Será elaborada uma trilha investigativa para cada tipo celular que terá perguntas com descrições dos componentes citológicos, dos quais os voluntários terão de descobrir qual estrutura se enquadra com as caracterizações e através do tato encontrá-las. Assim, com o decorrer do caminho da trilha eles montarão as células.

Confecção dos questionários: Os questionários serão confeccionados e aplicados em 2 momentos: antes e depois do uso dos modelos tridimensionais. O questionário inicial terá 9 questões objetivas com apenas uma resposta correta e os alunos terão 20 minutos para realizá-la de forma oral para o pesquisador. Ao final da abordagem experimental, o mesmo questionário será reaplicado com as mesmas condições acima descritas, acrescido de mais 2 questões sobre a experiência do uso dos modelos no grupo 2. Os questionários serão identificados apenas com as iniciais de cada aluno e não serão divulgados de forma individual.

Execução da metodologia de ensino: Os deficientes visuais serão divididos em 2 grupos, com 10 participantes por grupo. Serão realizadas, uma média de 2 a 3 reuniões no Instituto dos Cegos de Uberaba nos grupos de adultos para exposição oral sobre citologia básica. Depois, cada participante terá um momento de forma individual com o pesquisador para realizar o questionário de forma oral e a coleta dos dados sobre o conhecimento prévio de células.

Os participantes serão divididos em Grupo 1: para 10 participantes, aplicação do questionário sobre conhecimentos de citologia. Grupo 2: os outros 10 participantes farão uso dos modelos 3D das células animais e vegetais juntamente com a sua abordagem investigativa proposta.

Grupo 1, formado por 10 participantes que apenas responderão o questionário descrito anteriormente. Grupo 2: que utilizará a metodologia investigativa e o uso dos modelos confeccionados. Esse grupo será formado por 10 participantes que, após o recolhimento dos questionários, farão uso dos modelos 3D das células animais e vegetais, bem como suas organelas juntamente com a sua abordagem investigativa proposta. O voluntário deverá explorar o modelo tridimensional e fazer a sua compreensão sobre o tema, sempre guiado pela pesquisadora e equipe do Instituto. Consecutivamente, os voluntários deverão novamente responder o mesmo questionário, com ordens diferentes das perguntas e alternativas de respostas, tendo também os 20 minutos para responder, a fim de identificar se as metodologias foram eficientes para este público em questão.

(E) Metodologia de Análise de Dados - “As análises estatísticas dos dados coletados envolverão comparações entre as respostas dos pré-teste e pós-teste de cada indivíduo e também entre o grupo 1 e 2. Para isso, será utilizado o teste *t-Student* do *GraphPad Prism Software*. As diferenças estatísticas serão consideradas significativas quando $p < 0,05$.”

(F) Desfecho Primário - “Eficácia do uso de modelos 3D no ensino para melhor aprendizado de biologia celular entre alunos com deficiência visual.”

(G) Desfecho Secundário - “Ampliar a discussão sobre ensino inclusivo dentro das Instituições educacionais e governamentais; Fornecer dados que auxiliem os educadores na escolha de melhores estratégias para o ensino/aprendizado de citologia.”

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO - Deficientes Visuais com idade entre 18 e 65 anos.

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO - Indivíduos sem deficiência visual; idade inferior a 18 anos ou superior a 65 anos.

CRONOGRAMA - O Recrutamento dos participantes com início 01/11/2023 e fim 20/12/2023; O início da Coleta de dados será dia 29/01/2024; término dia 07/06/2024. A Submissão do relatório final ao CEP será de 01/02/2025 a 20/02/2025.

ORÇAMENTO - Financiamento próprio R\$ 380,00.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO - Construir células eucariontes tridimensionais táteis, bem como suas organelas e desenvolver uma aplicabilidade que se enquadre em uma metodologia ativa de aprendizado e avaliar a sua eficiência para o ensino-aprendizado em alunos deficientes visuais.

OBJETIVOS SECUNDÁRIOS - Construir células animais e vegetais que possam ser exploradas de forma tátil por deficientes visuais na sala de aula; Desenvolver práticas pedagógicas ativas pensadas no público alvo para utilizá-la concomitante a aplicação do modelo; Aplicar testes de conhecimento sobre as células antes e depois do uso dos modelos tridimensionais; Analisar se o modelo didático-pedagógico auxiliou de alguma forma o ensino e aprendizado dos alunos com deficiência visual.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS - “Trata-se de uma pesquisa observacional, portanto, não há riscos à saúde do participante. Pode haver o risco de constrangimento por parte do participante em responder o questionário de forma oral por vergonha, desconhecimento das respostas corretas. Nesse sentido, a equipe executora assegurará o sigilo dos dados e anonimato na divulgação dos resultados, além de esforço para que todos os participantes se sintam confortáveis na resolução dos questionários. Há ainda o risco da identificação do participante da pesquisa. Este risco mínimo de identificação pessoal será claramente descrito no TCLE, embora a identidade das pacientes será preservada. A equipe executora se compromete com o sigilo absoluto da sua identidade, pois os dados publicados só serão referentes ao sucesso da metodologia de ensino.”

BENEFÍCIOS - “Os benefícios da presente proposta serão melhora no aprendizado de biologia celular e a inclusão de deficientes visuais no processo de ensino/aprendizado. Além disso, essa pesquisa contribuirá para divulgar e apresentar uma forma mais consistente do ensino de células, beneficiando toda a sociedade.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Após a análise do CEP/UFU não foram encontradas pendências.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Constam no Protocolo de Pesquisa: – Folha de Rosto; – Formulário Plataforma Brasil; – Projeto Detalhado; – Termo de Compromisso e Confidencialidade da Equipe Executora; – Instrumento de coleta dos dados/Questionário a ser realizado antes da metodologia / Questionário a ser realizado após o uso da metodologia; – Declaração da Instituição coparticipante (Instituto dos egos do Brasil Central); – Lattes de Daniele Lisboa Ribeiro (atualizado em 31/05/2023); – Lattes de Francielly Felix da Silva Isaias (Última atualização do currículo em 20/01/2023); – TCLE para participantes com deficiência visual.

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após a análise do CEP/UFU não foram observados óbices éticos nos documentos do estudo. De acordo com as atribuições definidas nas Resoluções CNS nº 466/12, CNS nº 510/16 e suas complementares, o CEP/UFU manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa. Prazo para a entrega do Relatório Final ao CEP/UFU: FEVEREIRO/2025.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP/UFU LEMBRA QUE QUALQUER MUDANÇA NO PROTOCOLO DE PESQUISA DEVE SER INFORMADA, IMEDIATAMENTE, AO CEP PARA FINS DE ANÁLISE ÉTICA.

O CEP/UFU alerta que:

- a) Segundo as Resoluções CNS nº 466/12 e nº 510/16, o pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;
- b) O CEP/UFU poderá, por escolha aleatória, visitar o pesquisador para conferência do relatório e documentação pertinente ao projeto;
- c) A aprovação do protocolo de pesquisa pelo CEP/UFU dá-se em decorrência do atendimento às Resoluções CNS nº 466/12 e nº 510/16 e suas complementares, não implicando na qualidade científica da pesquisa.

ORIENTAÇÕES AO PESQUISADOR:

- O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização e sem prejuízo (Resoluções CNS nº 466/12 e nº 510/16) e deve receber uma via original do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, na íntegra, por ele assinado.
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado pelo CEP/UFU e descontinuar o estudo após a análise, pelo CEP que aprovou o protocolo (Resolução CNS nº 466/12), das razões e dos motivos para a descontinuidade, aguardando a emissão do parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Resolução CNS nº 466/12). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro); e enviar a notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) apresentando o seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, destacando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. No caso de projetos do Grupo I ou II, apresentados à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador também deve informá-la, enviando o parecer aprobatório do CEP, para ser anexado ao protocolo inicial (Resolução nº 251/97, item III.2.e).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2182309.pdf	12/09/2023 20:42:47		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_detalhado.docx	12/09/2023 20:42:25	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito

TCLE / Termos de Assentimento /	TCLE.docx	11/08/2023 15:42:48	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito
---------------------------------	-----------	------------------------	------------------------	--------

Justificativa de Ausência	TCLE.docx	11/08/2023 15:42:48	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito
Outros	Instrumento_de_coleta_de_dados.docx	03/08/2023 17:56:44	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito
Outros	CURRICULO_LATTES_DA_EQUIPE.docx	03/08/2023 17:55:53	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito
Outros	Declaracao_Coparticipacao.pdf	03/08/2023 17:55:13	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito
Outros	Termo_de_compromisso.pdf	03/08/2023 17:53:40	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito
Folha de Rosto	folha_rosto.pdf	03/08/2023 17:50:56	DANIELE LISBOA RIBEIRO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

UBERLANDIA, 23 de Setembro de 2023

Assinado por:
ALEANDRA DA SILVA FIGUEIRA SAMPAIO
(Coordenador(a))

APÊNDICE V- Instruções para aplicação dos modelos (pessoas deficientes visuais)

Esse é um guia que norteia uma sequência didática desenvolvida para pessoas deficientes visuais que deverá ser aplicada juntamente com os modelos didático pedagógico tridimensionais de células animal e vegetal de forma individual ou em duplas.

Primeiramente, o aplicador deverá dispor sobre a mesa da aplicação as impressões pertinentes à célula animal ou vegetal de frente aos voluntários, de forma que os mesmos consigam manipulá-las com as mãos e que o arcabouço contendo a membrana celular (se for a célula animal) ou membrana celular e parede celular (se for a célula vegetal) fique de frente aos participantes.

Deve-se fazer um panorama geral sobre conceitos básicos do que são células e diferenças entre as células eucariontes e procariontes.

A célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os seres vivos, ou seja, todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células (comentar sobre os vírus). Sendo assim, até o momento, se descobriu dois tipos de células distintas as células procariontes e as células eucariontes. As células procariontes são representadas pelo reino Monera, as bactérias, elas apresentam uma morfologia mais simples, não contêm o material genético envolto por membrana e a maioria das organelas típicas das células eucariontes são ausentes, têm-se apenas os ribossomos. Enquanto que as células eucariontes são representadas pelo reino Animalia, Plantae, Fungi e todos os outros seres vivos. Elas são mais complexas, têm o material genético envolto por uma dupla membrana, a carioteca, formando o núcleo e são encontradas inúmeras organelas fundamentais para o funcionamento da célula, ou seja, são os maquinários dela.

Agora, o pesquisador deverá anunciar o nome de cada componente citoplasmático encontrado nas células eucariontes que foi impresso e ir entregando nas mãos dos participantes a fim deles tocarem e já irem se familiarizando com os modelos e entender de qual componente eles estão manipulando. Assim, recomenda-se que o aplicador leve as mãos dos participantes até o arcabouço contendo a membrana celular (se for a célula animal) ou membrana celular e parede celular (se for a célula vegetal) e mergulhar as mãos no gel que simula o citoplasma celular.

Observação: mantenha papel toalha próximo para ajudar a limpar as mãos dos participantes sempre que solicitado ou se vê necessidade.

Como os voluntários são pessoas deficientes visuais, o pesquisador deverá ler os próximos passos para os participantes, a fim deles tentarem desvendar qual componente citoplasmático as dicas a seguir poderão indicar.

Vamos montar uma célula?

Dica 1: Vocês conhecem que conteúdo gelatinoso é esse que vocês estão tocando dentro da célula? Se sim, qual é?

Dica 2: O que vocês sentem ao redor desse gel, que estrutura celular é essa, percebe as elevações em toda essa estrutura? Além disso, na parte externa, vocês conseguem tocar essas outras elevações? Se sim, o que é? Vocês conseguem perceber se essa célula é uma célula animal ou vegetal?

Dica 3: Qual componente citoplasmático guarda todo o material genético da célula? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

Dica 4: Qual componente celular está intimamente ligado ao núcleo e está associado a síntese de proteínas? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

O que está ancorado nele e que também pode ser encontrado disperso dentro do citoplasma? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula.

Dica 5: Qual componente citoplasmático participa da produção de lipídeos? Qual a principal diferença estrutural entre ele e o Retículo Endoplasmático Rugoso ou tocá-los? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

Dica 6: Qual componente celular tem a função de transportar, selecionar e endereçar substâncias oriundas desses Retículos, tanto Rugoso quanto Liso que acabamos de mencionar? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

Dica 7: Qual componente citoplasmático participa da respiração celular e tem papel fundamental na produção de energia? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

Dica 8: Qual componente celular contribui para a separação do material genético da divisão celular e tem a capacidade de formar cílios e flagelos? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

Dica 9: Qual componente citoplasmático atua na digestão intracelular, garantindo a degradação de materiais capturados pela célula? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

E agora, o que tem na célula vegetal?

O interessante seria agora apenas ir enunciado as organelas já encontradas anteriormente para montar a célula animal de forma que os participantes com o tato as encontrem e montem a célula vegetal, dando ênfase no que se encontra em comum entre essas duas células e o que as tornam células eucariontes. Assim, as organelas específicas para as células vegetais podem ser procuradas, de forma que o voluntário entenda também as especificidades da célula vegetal.

Dica 10: O que vocês sentem de diferente ao redor do citoplasma que vocês tocaram na célula animal? Como se chama essa estrutura a mais?

O aplicador deverá pronunciar os componentes citoplasmáticos e solicitar que os participantes os procurem e os coloquem dentro da célula vegetal: Núcleo, Retículo Endoplasmático Rugoso, Ribossomo, Retículo Endoplasmático Liso, Complexo de Golgi, Mitocôndrias e Centríolos.

Dica 11: Qual componente citoplasmático participa da fotossíntese? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

Dica 12: Qual componente celular dentre todas as suas funções, desempenha o papel de controlar a entrada e a saída de água por osmorregulação? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês sentem ao tocá-los.

APENDICE VI - Instruções para aplicação dos modelos tridimensionais (Ensino Médio)

Esse é um guia que norteia uma sequência didática que deverá ser aplicado juntamente com os modelos pedagógico tridimensionais de células animal e vegetal de forma individual, em duplas ou em grupos de no máximo 15 alunos. Devido aos resultados encontrados, sugerimos reduzir o limite de alunos por grupo para no máximo 10.

Primeiramente, o aplicador deverá dispor sobre a mesa da aplicação as impressões pertinentes à célula animal e vegetal de frente aos grupos de voluntários, de forma que eles consigam manipulá-los com as mãos e que o arcabouço contendo a membrana celular da célula animal fique de frente aos participantes, esconda o da célula vegetal, para que o momento de montar ela seja surpresa.

Assim, deve-se fazer um panorama geral sobre conceitos básicos do que são células e diferenças entre as células eucariontes e procariontes, assim como o descrito abaixo.

A célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os seres vivos, ou seja, todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células (comentar sobre os vírus). Sendo assim, até o momento, se descobriu dois tipos de células distintas: as células procariontes e as células eucariontes. As células procariontes são representadas pelo reino Monera, as bactérias, elas apresentam uma morfologia mais simples, não contêm o material genético envolto por membrana e a maioria das organelas típicas das células eucariontes são ausentes, têm-se apenas os ribossomos. Enquanto que as células eucariontes são representadas pelo reino Animalia, Plantae, Fungi e todos os outros seres vivos. Elas são mais complexas, têm o material genético envolto por uma dupla membrana, a carioteca, formando o núcleo e são encontradas inúmeras organelas fundamentais para o funcionamento da célula, ou seja, são os maquinários dela.

Agora, o pesquisador apenas pronunciará e demonstrará cada componente citoplasmático das células eucariontes que foi impresso a fim deles observarem e já irem se familiarizando com os modelos e entender de qual componente eles estão manipulando. Assim, recomenda-se que o aplicador anuncie quem do grupo irá ser o líder para eles decidirem quais pessoas irão manipular ativamente os modelos (seria interessante, todos do grupo) leve as mãos dos participantes até o arcabouço contendo a membrana celular (se for a célula animal) ou membrana celular e parede celular (se for a célula vegetal) e mergulhar as mãos no gel que simula o citoplasma celular.

Observação: mantenha papel toalha próximo para ajudar a limpar as mãos dos participantes sempre que solicitado ou se vê necessidade.

O pesquisador deverá ler os próximos passos para os participantes, a fim deles tentarem desvendar qual componente citoplasmático as dicas a seguir poderão indicar.

Vamos montar uma célula?

Dica 1: Vocês conhecem que conteúdo gelatinoso é esse que vocês estão tocando dentro da célula? Se sim, qual é?

Dica 2: O que vocês sentem ao redor desse gel, que estrutura celular é essa, percebe as elevações em toda essa estrutura? Além disso, na parte externa, vocês conseguem tocar essas outras elevações? Se sim, o que é? Vocês conseguem perceber se essa célula é uma célula animal ou vegetal?

Dica 3: Qual componente citoplasmático guarda todo o material genético da célula? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

Dica 4: Qual componente celular está intimamente ligado ao núcleo e está associado a síntese de proteínas? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

O que está ancorado nele e que também pode ser encontrado disperso dentro do citoplasma? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula.

Dica 5: Qual componente citoplasmático participa da produção de lipídeos? Qual a principal diferença estrutural entre ele e o Retículo Endoplasmático Rugoso ou tocá-los? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

Dica 6: Qual componente celular tem a função de transportar, selecionar e endereçar substâncias oriundas desses Retículos, tanto Rugoso quanto Liso que acabamos de mencionar? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

Dica 7: Qual componente citoplasmático participa da respiração celular e tem papel fundamental na produção de energia? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

Dica 8: Qual componente celular contribui para a separação do material genético da divisão celular e tem a capacidade de formar cílios e flagelos? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

Dica 9: Qual componente citoplasmático atua na digestão intracelular, garantindo a degradação de materiais capturados pela célula? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

E agora, o que tem na célula vegetal?

O interessante seria agora apenas ir enunciado as organelas já encontradas anteriormente para montar a célula animal de forma que os participantes as encontrem e montem a célula vegetal, dando ênfase no que se encontra em comum entre essas duas células e o que as tornam células eucariontes. Assim, as organelas específicas para as células vegetais podem ser procuradas, de forma que o voluntário entenda também as especificidades da célula vegetal.

Dica 10: O que vocês observam de diferente ao redor do citoplasma em relação a célula animal? Como se chama essa estrutura a mais?

O aplicador deverá pronunciar os componentes citoplasmáticos e solicitar que os participantes os procurem e os coloquem dentro da célula vegetal: Núcleo, Retículo Endoplasmático Rugoso, Ribossomo, Retículo Endoplasmático Liso, Complexo de Golgi, Mitocôndrias e Centríolos.

Dica 11: Qual componente citoplasmático participa da fotossíntese? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

Dica 12: Qual componente celular dentre todas as suas funções, desempenha o papel de controlar a entrada e a saída de água por osmorregulação? Procurem-no e coloquem-no dentro da nossa célula, tentem descrever as suas características morfológicas que vocês observam.

APÊNDICE VII - Questionários aplicados à pessoas deficientes visuais

Siglas do nome:		Idade:	Data: / / 2024
Sexo:	Etnia:	Cidade de residência:	
Início da deficiência visual:		Grau da deficiência visual:	
Motivo da deficiência visual:			
Grau de escolaridade:			
Motivos pelos quais concluiu ou não concluiu a educação básica;			

Questionário 1 - Pré-teste

1. O que é uma célula?

2. Por que precisamos estudar as células?

3. O que são organelas? Todas as células possuem organelas?

4. As células procariontes e eucariontes possuem algumas diferenças, dentre elas, sabe-se que as células eucariontes têm organelas citoplasmáticas e as procariontes não, além disso, o que caracteriza uma célula eucarionte?

- a) Ter a membrana citoplasmática permeável para qualquer substância.
- b) Ter o material genético disposto em círculo, numa fita simples de DNA.
- c) Ter o material genético disperso no citoplasma.
- d) Ter o material genético dentro de um núcleo delimitado por uma membrana, denominada carioteca.
- e) **Não sei responder.**

5. Tanto as células animais quanto as vegetais são células eucariontes, porém há algumas características que apenas as células vegetais têm e que auxiliam as plantas a desenvolverem várias funções, como a fotossíntese. Então, o que tem nas células vegetais e não tem nas células animais?

- a) Parede celular de celulose, cloroplastos e ribossomos.
- b) Parede celular de celulose, cloroplastos e vacúolo citoplasmático.
- c) Parede celular de fosfolípidios, cloroplastos e Complexo de Golgi.

- d) Retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso e mitocôndrias.
e) **Não sei responder.**

6. Marque um "X" nas características presentes em cada tipo celular, células procariontes, células eucariontes, (animal e vegetal).

	Células procariontes	Células eucariontes	
		Células animais	Células vegetais
Mitocôndrias			
Carioteca			
Vacúolo			
Parece celular			
Material genético			
Membrana plasmática			
Organelas			
DNA circular			

Não sei responder.

7. Por conter o material genético, ou seja, o DNA da célula dentro dele, qual a função do núcleo?
- Síntese de proteínas.
 - Obtenção de energia.
 - Comandar todas as funções celulares.
 - Síntese de glicose.
 - Não sei responder.**
8. O retículo endoplasmático rugoso tem em suas membranas vários ribossomos que lhes confere um aspecto de "irregular" a essa organela e que exerce algumas funções essenciais para o funcionamento das células em geral. Os ribossomos também podem ser encontrados dispersos no citoplasma, sem associação com alguma membrana. Pensando nessa estrutura, qual a principal função dos ribossomos?
- Síntese de lipídeos.
 - Síntese de proteínas.
 - Síntese de glicose.
 - Síntese de aminoácidos.
 - Não sei responder.**
9. Qual organela citoplasmática que forma cristas pelo dobramento da sua membrana interna e participa da obtenção de energia para a célula desenvolver as suas funções?
- Retículo endoplasmático rugoso.
 - Mitocôndrias.
 - Ribossomos.
 - Complexo de Golgi.
 - Não sei responder.**
10. "A membrana plasmática é uma estrutura celular que atua delimitando as células, separando o interior celular do ambiente externo e funcionando como uma barreira que seleciona o que entra e o que sai." Qual a composição química da membrana citoplasmática encontrada nas células eucariontes?
- Principalmente por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - Apenas por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - Apenas por fosfoproteínas, glicoproteínas e lipídios.
 - Principalmente por fosfolipídios, dissacarídeos e ribose.
 - Não sei responder.**

Questionário 2 - Após-primeira intervenção

Siglas do nome:	Idade:	Data: / / 2023
-----------------	--------	----------------------

1. Por que precisamos estudar as células?

2. O que é uma célula?

3. O que são organelas? Todas as células possuem organelas?

4. Nas células vegetais, existem determinadas características exclusivas que as diferenciam das células animais. Dentre as alternativas abaixo, qual contém essas características exclusivas da célula vegetal?

- Parede celular de fosfolípidios, cloroplastos e Complexo de Golgi.
- Reticulo endoplasmático rugoso, reticulo endoplasmático liso e mitocôndrias.
- Parede celular de celulose, cloroplastos e ribossomos.
- Parede celular de celulose, cloroplastos e vacúolo citoplasmático.
- Não sei responder.**

5. Marque um “X” nas características presentes em cada tipo celular, células procariontes, células eucariontes (animal e vegetal).

	Células eucariontes		
	Células procariontes	Células animais	Células vegetais
Carioteca			
Membrana Plasmática			
Organelas			
DNA circular			
Material genético			
Mitocôndria			
Vacúolo			
Parede celular			

Não sei responder.

6. As células procariontes são menores, menos complexas e desprovidas de organelas, enquanto que a célula animal é geralmente maior, complexa e possui organelas citoplasmáticas. Além disso, o que tem na célula eucarionte e que não é visualizado na célula procarionte?

- Ter a membrana citoplasmática permeável para qualquer substância.
- Ter o material genético disperso no citoplasma.

- c) Ter o material genético dentro de um núcleo delimitado por uma membrana, denominada carioteca.
 - d) Ter o material genético disposto em círculo, numa fita simples de DNA.
 - e) **Não sei responder.**
7. As células têm uma fronteira que separa o que tem dentro do que tem de fora delas, além de selecionar as substâncias que podem entrar ou sair, denominada membrana citoplasmática e que nas células eucariontes têm uma composição química específica. Que composição química é essa?
- a) Apenas por fosfoproteínas, glicoproteínas e glicolípídeos.
 - b) Principalmente por fosfolípídios, glicoproteínas e glicolípídeos.
 - c) Apenas por fosfolípídios, glicoproteínas e glicolípídeos.
 - d) Principalmente por fosfolípídios, dissacarídeos e ribose.
 - e) **Não sei responder.**
8. Existe uma organela celular que forma cristas internas pelo dobramento da sua membrana interna e que está envolvida na produção de energia para impulsionar as funções celulares. Que organela é essa?
- a) Mitocôndrias.
 - b) Ribossomos.
 - c) Complexo de Golgi.
 - d) Retículo endoplasmático rugoso.
 - e) **Não sei responder.**
9. O núcleo contém o DNA da célula dentro dele, melhor dizendo, a informação genética qual a função do núcleo?
- a) Comandar todas as funções celulares.
 - b) Síntese de proteínas.
 - c) Obtenção de energia.
 - d) Síntese de glicose.
 - e) **Não sei responder.**
10. Os ribossomos podem ser encontrados associados ao retículo endoplasmático rugoso ou livres no citoplasma e que desempenham uma função essencial para o crescimento, reparo e manutenção celular. Qual a principal função dos ribossomos?
- a) Síntese de glicose.
 - b) Síntese de aminoácidos.
 - c) Síntese de lipídeos.
 - d) Síntese de proteínas.
 - e) **Não sei responder.**

Questionário 3 - Após-segunda intervenção

Siglas do nome:	Idade:	Data: / / 2023
-----------------	--------	------------------------

Nas próximas 10 questões você deverá julgar se as afirmações são verdadeiras ou falsas.

1. A célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os seres vivos, portanto, todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
2. As organelas são estruturas compostas por membranas internas, com formas e funções diferentes e encontradas no citosol das células. E tanto as células procariontes quanto as células eucariontes, sejam elas animais ou vegetais possuem organelas.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
3. Compreender o funcionamento das células é entender como os seres vivos funcionam por completo possibilitando, em alguns anos, por exemplo, tratamentos eficientes para problemas e doenças que, até o momento, são grandes desafios para a ciência.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
4. Tanto as células animais quanto vegetais que são eucariontes possuem mitocôndria, carioteca, membrana plasmática, organelas e material genético, porém apenas as células vegetais possuem parede celular e vacúolo.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
5. As células eucariontes são caracterizadas por possuírem diversas organelas celulares, tais como mitocôndrias e retículo endoplasmático liso e dentre outras que desempenham funções específicas dentro delas. Além disso, as células eucarióticas têm o material genético contido dentro do núcleo, enquanto as procariontes ele fica disperso no citosol.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
6. As células vegetais adquiriram características exclusivas durante a evolução dos seres vivos que permitem às mesmas realizarem a fotossíntese e a principal organela específica das células vegetais responsável por esse processo é o Complexo de Golgi.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
7. As mitocôndrias participam da obtenção de energia para as células, são esféricas e possuem uma membrana externa e uma membrana interna que se dobra em direção ao interior da organela formando cristas.
 - a) Verdadeiro.

- b) Falso.
c) **Não sei responder.**
8. A membrana citoplasmática age como uma barreira que separa o ambiente interno celular do meio externo e que não permite a passagem de nenhuma substância para dentro ou fora da célula.
a) Verdadeiro.
b) Falso.
c) **Não sei responder.**
9. Os ribossomos são responsáveis pela síntese de proteínas nas células, essencial para diversas funções celulares. Eles podem ser encontrados livres no citoplasma ou associados ao retículo endoplasmático rugoso que o configura um aspecto irregular, por isso o nome rugoso.
a) Verdadeiro.
b) Falso.
c) **Não sei responder.**
10. O núcleo desempenha o papel de controle de todas as atividades celulares por conter o material genético, ou seja, o DNA cercado por uma dupla membrana, denominada carioteca.
a) Verdadeiro.
b) Falso.
c) **Não sei responder.**
-
11. Quanto você acredita que esse tipo de metodologia faz diferença na educação dos alunos com deficiência visual?
a) Extremamente relevante.
b) Muito relevante.
c) Relevante.
d) Pouco relevante.
e) Não relevante.
12. Você acredita que o uso dos modelos 3D te ajudou na percepção e melhorou a sua compreensão das células?
a) Concordo plenamente.
b) Concordo parcialmente.
c) Não sei responder.
d) Discordo parcialmente.
e) Discordo plenamente.
13. Você teve dificuldade ou considerou fácil o manuseio e utilização dos modelos 3D?
-
-
-
-
14. Destaque os pontos positivos e negativos do projeto.
-
-
-
-

15. O que você sugere de adequações e melhorias dos modelos 3D e a sua aplicação para utilizações futuras dos deficientes visuais?

APÊNDICE VIII – Questionários aplicados aos alunos do Ensino Médio

Questionário 1 - Pré-teste

Siglas do nome:		Idade:	Data: / / 2024
Sexo:	Etnia:	Turma:	

1. O que é uma célula?

2. Por que precisamos estudar as células?

3. O que são organelas? Todas as células possuem organelas?

4. As células procariontes e eucariontes possuem algumas diferenças, dentre elas, sabe-se que as células eucariontes têm organelas citoplasmáticas e as procariontes não, além disso, o que caracteriza uma célula eucarionte?

- a) Ter a membrana citoplasmática permeável para qualquer substância.
- b) Ter o material genético disposto em círculo, numa fita simples de DNA.
- c) Ter o material genético disperso no citoplasma.
- d) Ter o material genético dentro de um núcleo delimitado por uma membrana, denominada carioteca.
- e) **Não sei responder.**

5. Tanto as células animais quanto as vegetais são células eucariontes, porém há algumas características que apenas as células vegetais têm e que auxiliam as plantas a desenvolverem várias funções, como a fotossíntese. Então, o que tem nas células vegetais e não tem nas células animais?

- a) Parede celular de celulose, cloroplastos e ribossomos.
- b) Parede celular de celulose, cloroplastos e vacúolo citoplasmático.
- c) Parede celular de fosfolípidios, cloroplastos e Complexo de Golgi.
- d) Retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso e mitocôndrias.
- e) **Não sei responder.**

6. Marque um “X” nas características presentes em cada tipo celular, células procariontes, células eucariontes, (animal e vegetal).

		Células eucariontes	
	Células procariontes	Células animais	Células vegetais
Mitocôndrias			
Carioteca			
Vacúolo			
Parede celular			
Material genético			
Membrana plasmática			
Organelas			
DNA circular			

Não sei responder.

7. Por conter o material genético, ou seja, o DNA da célula dentro dele, qual a função do núcleo?
 - a) Síntese de proteínas.
 - b) Obtenção de energia.
 - c) Comandar todas as funções celulares.
 - d) Síntese de glicose.
 - e) **Não sei responder.**

8. O retículo endoplasmático rugoso tem em suas membranas vários ribossomos que lhes confere um aspecto de "irregular" a essa organela e que exerce algumas funções essenciais para o funcionamento das células em geral. Os ribossomos também podem ser encontrados dispersos no citoplasma, sem associação com alguma membrana. Pensando nessa estrutura, qual a principal função dos ribossomos?
 - a) Síntese de lipídeos.
 - b) Síntese de proteínas.
 - c) Síntese de glicose.
 - d) Síntese de aminoácidos.
 - e) **Não sei responder.**

9. Qual organela citoplasmática que forma cristas pelo dobramento da sua membrana interna e participa da obtenção de energia para a célula desenvolver as suas funções?
 - a) Retículo endoplasmático rugoso.
 - b) Mitocôndrias.
 - c) Ribossomos.
 - d) Complexo de Golgi.
 - e) **Não sei responder.**

10. "A membrana plasmática é uma estrutura celular que atua delimitando as células, separando o interior celular do ambiente externo e funcionando como uma barreira que seleciona o que entra e o que sai." Qual a composição química da membrana citoplasmática encontrada nas células eucariontes?
 - a) Principalmente por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - b) Apenas por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - c) Apenas por fosfoproteínas, glicoproteínas e lipídios.
 - d) Principalmente por fosfolipídios, dissacarídeos e ribose.
 - e) **Não sei responder.**

Questionário 2 - Após-primeira intervenção

Siglas do nome:	Idade:	Data: / / 2024
-----------------	--------	------------------------

1. Por que precisamos estudar as células?

2. O que é uma célula?

3. O que são organelas? Todas as células possuem organelas?

4. Nas células vegetais, existem determinadas características exclusivas que as diferenciam das células animais. Dentre as alternativas abaixo, qual contém essas características exclusivas da célula vegetal?

- a) Parede celular de fosfolípidios, cloroplastos e Complexo de Golgi.
- b) Retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso e mitocôndrias.
- c) Parede celular de celulose, cloroplastos e ribossomos.
- d) Parede celular de celulose, cloroplastos e vacúolo citoplasmático.
- e) **Não sei responder.**

5. Marque um "X" nas características presentes em cada tipo celular, células procariontes, células eucariontes (animal e vegetal).

		Células eucariontes	
	Células procariontes	Células animais	Células vegetais
Carioteca			
Membrana Plasmática			
Organelas			
DNA circular			
Material genético			
Mitocôndria			
Vacúolo			
Parede celular			

Não sei responder.

6. As células procariontes são menores, menos complexas e desprovidas de organelas, enquanto que a célula animal é geralmente maior, complexa e possui organelas citoplasmáticas. Além disso, o que tem na célula eucarionte e que não é visualizado na célula procarionte?

- a) Ter a membrana citoplasmática permeável para qualquer substância.
- b) Ter o material genético disperso no citoplasma.
- c) Ter o material genético dentro de um núcleo delimitado por uma membrana, denominada carioteca.

- d) Ter o material genético disposto em círculo, numa fita simples de DNA.
 - e) **Não sei responder.**
7. As células têm uma fronteira que separa o que tem dentro do que tem de fora delas, além de selecionar as substâncias que podem entrar ou sair, denominada membrana citoplasmática e que nas células eucariontes têm uma composição química específica. Que composição química é essa?
- a) Apenas por fosfoproteínas, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - b) Principalmente por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - c) Apenas por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - d) Principalmente por fosfolipídios, dissacarídeos e ribose.
 - e) **Não sei responder.**
8. Existe uma organela celular que forma cristas internas pelo dobramento da sua membrana interna e que está envolvida na produção de energia para impulsionar as funções celulares. Que organela é essa?
- a) Mitocôndrias.
 - b) Ribossomos.
 - c) Complexo de Golgi.
 - d) Retículo endoplasmático rugoso.
 - e) **Não sei responder.**
9. O núcleo contém o DNA da célula dentro dele, melhor dizendo, a informação genética qual a função do núcleo?
- a) Comandar todas as funções celulares.
 - b) Síntese de proteínas.
 - c) Obtenção de energia.
 - d) Síntese de glicose.
 - e) **Não sei responder.**
10. Os ribossomos podem ser encontrados associados ao retículo endoplasmático rugoso ou livres no citoplasma e que desempenham uma função essencial para o crescimento, reparo e manutenção celular. Qual a principal função dos ribossomos?
- a) Síntese de glicose.
 - b) Síntese de aminoácidos.
 - c) Síntese de lipídeos.
 - d) Síntese de proteínas.
 - e) **Não sei responder.**

Questionário 3 - Após-segunda intervenção

Siglas do nome:	Idade:	Data: / / 2024
-----------------	--------	------------------------

Nas próximas 10 questões você deverá julgar se as afirmações são verdadeiras ou falsas.

1. A célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os seres vivos, portanto, todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
2. As organelas são estruturas compostas por membranas internas, com formas e funções diferentes e encontradas no citosol das células. E tanto as células procariontes quanto as células eucariontes, sejam elas animais ou vegetais possuem organelas.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
3. Compreender o funcionamento das células é entender como os seres vivos funcionam por completo possibilitando, em alguns anos, por exemplo, tratamentos eficientes para problemas e doenças que, até o momento, são grandes desafios para a ciência.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
4. Tanto as células animais quanto vegetais que são eucariontes possuem mitocôndria, carioteca, membrana plasmática, organelas e material genético, porém apenas as células vegetais possuem parede celular e vacúolo.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
5. As células eucariontes são caracterizadas por possuírem diversas organelas celulares, tais como mitocôndrias e retículo endoplasmático liso e dentre outras que desempenham funções específicas dentro delas. Além disso, as células eucarióticas têm o material genético contido dentro do núcleo, enquanto as procariontes ele fica disperso no citosol.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
6. As células vegetais adquiriram características exclusivas durante a evolução dos seres vivos que permitem às mesmas realizarem a fotossíntese e a principal organela específica das células vegetais responsável por esse processo é o Complexo de Golgi.
 - a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
7. As mitocôndrias participam da obtenção de energia para as células, são esféricas e possuem uma membrana externa e uma membrana interna que se dobram em direção ao interior da organela formando cristas.

- a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
8. A membrana citoplasmática age como uma barreira que separa o ambiente interno celular do meio externo e que não permite a passagem de nenhuma substância para dentro ou fora da célula.
- a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
9. Os ribossomos são responsáveis pela síntese de proteínas nas células, essencial para diversas funções celulares. Eles podem ser encontrados livres no citoplasma ou associados ao retículo endoplasmático rugoso que o configura um aspecto irregular, por isso o nome rugoso.
- a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**
10. O núcleo desempenha o papel de controle de todas as atividades celulares por conter o material genético, ou seja, o DNA cercado por uma dupla membrana, denominada carioteca.
- a) Verdadeiro.
 - b) Falso.
 - c) **Não sei responder.**

11. Quanto você acredita que esse tipo de metodologia faz diferença na educação básica?

- a) Extremamente relevante.
- b) Muito relevante.
- c) Relevante.
- d) Pouco relevante.
- e) Não relevante.

12. Você acredita que o uso dos modelos 3D te ajudou na percepção e melhorou a sua compreensão das células?

- a) Concordo plenamente.
- b) Concordo parcialmente.
- c) Não sei responder.
- d) Discordo parcialmente.
- e) Discordo plenamente.

13. Você teve dificuldade ou considerou fácil o manuseio e utilização dos modelos 3D?

14. Destaque os pontos positivos e negativos do projeto.

15. O que você sugere de adequações e melhorias dos modelos 3D e sua aplicação para utilizações futuras de novos alunos?

APÊNDICE IX – Gabarito dos questionários

Questionário 1 - Pré-teste

1. O que é uma célula?

Respostas parecidas com: a célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os seres vivos, ou seja todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células que desempenham várias funções.

2. Por que precisamos estudar as células?

Respostas parecidas com: compreender o funcionamento das células é entender como os seres vivos funcionam por completo possibilitando, em alguns anos, por exemplo, tratamentos eficientes para problemas e doenças que, até o momento, são grandes desafios para a ciência.

3. O que são organelas? Todas as células possuem organelas?

Respostas parecidas com: as organelas são estruturas compostas por membranas internas, com formas e funções diferentes fundamentais para o funcionamento da célula e encontradas no citosol das mesmas. Não, pois as células procariontes são desprovidas de organelas típicas encontradas nas células eucariontes.

4. As células procariontes e eucariontes possuem algumas diferenças, dentre elas, sabe-se que as células eucariontes têm organelas citoplasmáticas e as procariontes não, além disso, o que caracteriza uma célula eucarionte?

- a) Ter a membrana citoplasmática permeável para qualquer substância.
- b) Ter o material genético disposto em círculo, numa fita simples de DNA.
- c) Ter o material genético disperso no citoplasma.
- d) Ter o material genético dentro de um núcleo delimitado por uma membrana, denominada carioteca.**
- e) **Não sei responder.**

5. Tanto as células animais quanto as vegetais são células eucariontes, porém há algumas características que apenas as células vegetais têm e que auxiliam as plantas a desenvolverem várias funções, como a fotossíntese. Então, o que tem nas células vegetais e não tem nas células animais?

- a) Parede celular de celulose, cloroplastos e ribossomos.
- b) Parede celular de celulose, cloroplastos e vacúolo citoplasmático.**
- c) Parede celular de fosfolípidios, cloroplastos e Complexo de Golgi.
- d) Retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso e mitocôndrias.
- e) **Não sei responder.**

6. Marque um “X” nas características presentes em cada tipo celular, células procariontes, células eucariontes, (animal e vegetal).

	Células procariontes	Células eucariontes	
		Células animais	Células vegetais
Mitocôndrias		X	X
Carioteca		X	X
Vacúolo			X
Parede celular			X
Material genético	X	X	X
Membrana plasmática	X	X	X

		Células eucariontes	
	Células procariontes	Células animais	Células vegetais
Mitocôndrias		X	X
Carioteca		X	X
Organelas		X	X
DNA circular	X		

Não sei responder.

7. Por conter o material genético, ou seja, o DNA da célula dentro dele, qual a função do núcleo?
 - a) Síntese de proteínas.
 - b) Obtenção de energia.
 - c) Comandar todas as funções celulares.**
 - d) Síntese de glicose.
 - e) Não sei responder.

8. O retículo endoplasmático rugoso tem em suas membranas vários ribossomos que lhes confere um aspecto de "irregular" a essa organela e que exerce algumas funções essenciais para o funcionamento das células em geral. Os ribossomos também podem ser encontrados dispersos no citoplasma, sem associação com alguma membrana. Pensando nessa estrutura, qual a principal função dos ribossomos?
 - a) Síntese de lipídeos.
 - b) Síntese de proteínas.**
 - c) Síntese de glicose.
 - d) Síntese de aminoácidos.
 - e) Não sei responder.

9. Qual organela citoplasmática que forma cristas pelo dobramento da sua membrana interna e participa da obtenção de energia para a célula desenvolver as suas funções?
 - a) Retículo endoplasmático rugoso.
 - b) Mitocôndrias.**
 - c) Ribossomos.
 - d) Complexo de Golgi.
 - e) Não sei responder.

10. "A membrana plasmática é uma estrutura celular que atua delimitando as células, separando o interior celular do ambiente externo e funcionando como uma barreira que seleciona o que entra e o que sai." Qual a composição química da membrana citoplasmática encontrada nas células eucariontes?
 - a) Principalmente por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.**
 - b) Apenas por fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídeos.
 - c) Apenas por fosfoproteínas, glicoproteínas e lipídios.
 - d) Principalmente por fosfolipídios, dissacarídeos e ribose.
 - e) Não sei responder.

Questionário 2 - Após-primeira intervenção

1. Por que precisamos estudar as células?

Respostas parecidas com: compreender o funcionamento das células é entender como os seres vivos funcionam por completo possibilitando, em alguns anos, por exemplo, tratamentos eficientes para problemas e doenças que, até o momento, são grandes desafios para a ciência.

2. O que é uma célula?

Respostas parecidas com: a célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os seres vivos, ou seja todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células que desempenham várias funções.

3. O que são organelas? Todas as células possuem organelas?

Respostas parecidas com: as organelas são estruturas compostas por membranas internas, com formas e funções diferentes fundamentais para o funcionamento da célula e encontradas no citosol das mesmas. Não, pois as células procariontes são desprovidas de organelas típicas encontradas nas células eucariontes.

4. Nas células vegetais, existem determinadas características exclusivas que as diferenciam das células animais. Dentre as alternativas abaixo, qual contém essas características exclusivas da célula vegetal?

- a) Parede celular de fosfolípidios, cloroplastos e Complexo de Golgi.
- b) Retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso e mitocôndrias.
- c) Parede celular de celulose, cloroplastos e ribossomos.
- d) Parede celular de celulose, cloroplastos e vacúolo citoplasmático.**
- e) Não sei responder.

5. Marque um “X” nas características presentes em cada tipo celular, células procariontes, células eucariontes (animal e vegetal).

	Células procariontes	Células eucariontes	
		Células animais	Células vegetais
Carioteca		X	X
Membrana Plasmática	X	X	X
Organelas		X	X
DNA circular	X		
Material genético	X	X	X
Mitocôndria		X	X
Vacúolo			X
Parede celular			X

Não sei responder.

6. As células procariontes são menores, menos complexas e desprovidas de organelas, enquanto que a célula animal é geralmente maior, complexa e possui organelas citoplasmáticas. Além disso, o que tem na célula eucarionte e que não é visualizado na célula procarionte?

- a) Ter a membrana citoplasmática permeável para qualquer substância.
- b) Ter o material genético disperso no citoplasma.
- c) Ter o material genético dentro de um núcleo delimitado por uma membrana, denominada carioteca.**
- d) Ter o material genético disposto em círculo, numa fita simples de DNA.
- e) Não sei responder.

7. As células têm uma fronteira que separa o que tem dentro do que tem de fora delas, além de selecionar as substâncias que podem entrar ou sair, denominada membrana citoplasmática e que nas células eucariontes têm uma composição química específica. Que composição química é essa?
- a) Apenas por fosfoproteínas, glicoproteínas e glicolípídeos.
 - b) Principalmente por fosfolípídios, glicoproteínas e glicolípídeos.**
 - c) Apenas por fosfolípídios, glicoproteínas e glicolípídeos.
 - d) Principalmente por fosfolípídios, dissacarídeos e ribose.
 - e) **Não sei responder.**
8. Existe uma organela celular que forma cristas internas pelo dobramento da sua membrana interna e que está envolvida na produção de energia para impulsionar as funções celulares. Que organela é essa?
- a) Mitocôndrias.**
 - b) Ribossomos.
 - c) Complexo de Golgi.
 - d) Retículo endoplasmático rugoso.
 - e) **Não sei responder.**
9. O núcleo contém o DNA da célula dentro dele, melhor dizendo, a informação genética qual a função do núcleo?
- a) Comandar todas as funções celulares.**
 - b) Síntese de proteínas.
 - c) Obtenção de energia.
 - d) Síntese de glicose.
 - e) **Não sei responder.**
10. Os ribossomos podem ser encontrados associados ao retículo endoplasmático rugoso ou livres no citoplasma e que desempenham uma função essencial para o crescimento, reparo e manutenção celular. Qual a principal função dos ribossomos?
- a) Síntese de glicose.
 - b) Síntese de aminoácidos.
 - c) Síntese de lipídeos.
 - d) Síntese de proteínas.**
 - e) **Não sei responder.**

Questionário 3 - Após-segunda intervenção

Nas próximas 10 questões você deverá julgar se as afirmações são verdadeiras ou falsas.

1. A célula é a unidade estrutural e funcional básica de todos os seres vivos, portanto, todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células.
a) **Verdadeiro.**
b) Falso.
c) **Não sei responder.**
2. As organelas são estruturas compostas por membranas internas, com formas e funções diferentes e encontradas no citosol das células. E tanto as células procariontes quanto as células eucariontes, sejam elas animais ou vegetais possuem organelas.
a) Verdadeiro.
b) **Falso.**
c) **Não sei responder.**
3. Compreender o funcionamento das células é entender como os seres vivos funcionam por completo possibilitando, em alguns anos, por exemplo, tratamentos eficientes para problemas e doenças que, até o momento, são grandes desafios para a ciência.
a) **Verdadeiro.**
b) Falso.
c) **Não sei responder.**
4. Tanto as células animais quanto vegetais que são eucariontes possuem mitocôndria, carioteca, membrana plasmática, organelas e material genético, porém apenas as células vegetais possuem parede celular e vacúolo.
a) **Verdadeiro.**
b) Falso.
c) **Não sei responder.**
5. As células eucariontes são caracterizadas por possuírem diversas organelas celulares, tais como mitocôndrias e retículo endoplasmático liso e dentre outras que desempenham funções específicas dentro delas. Além disso, as células eucarióticas têm o material genético contido dentro do núcleo, enquanto as procariontes ele fica disperso no citosol.
a) **Verdadeiro.**
b) Falso.
c) **Não sei responder.**
6. As células vegetais adquiriram características exclusivas durante a evolução dos seres vivos que permitem às mesmas realizarem a fotossíntese e a principal organela específica das células vegetais responsável por esse processo é o Complexo de Golgi.
a) Verdadeiro.
b) **Falso.**
c) **Não sei responder.**
7. As mitocôndrias participam da obtenção de energia para as células, são esféricas ou elípticas e possuem uma membrana externa e uma membrana interna. Esta última se dobra em direção ao interior da organela formando cristas.
a) **Verdadeiro.**
b) Falso.
c) **Não sei responder.**

8. A membrana citoplasmática age como uma barreira que separa o ambiente interno celular do meio externo e que não permite a passagem de nenhuma substância para dentro ou fora da célula.
- a) Verdadeiro.
 - b) Falso.**
 - c) Não sei responder.
9. Os ribossomos são responsáveis pela síntese de proteínas nas células, essencial para diversas funções celulares. Eles podem ser encontrados livres no citoplasma ou associados ao retículo endoplasmático rugoso que o configura um aspecto irregular, por isso o nome rugoso.
- a) Verdadeiro.**
 - b) Falso.
 - c) Não sei responder.
10. O núcleo desempenha o papel de controle de todas as atividades celulares por conter o material genético, ou seja, o DNA cercado por uma dupla membrana, denominada carioteca.
- a) Verdadeiro.**
 - b) Falso.
 - c) Não sei responder.