

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LORENA HOFFMAM

DESENVOLVIMENTO DE LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E DE
APLICATIVO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

CURITIBA

2022

LORENA HOFFMAM

DESENVOLVIMENTO DE LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E DE
APLICATIVO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de Concentração: Ensino de Biologia
Orientador: Prof. Dr. Francisco Filipak Neto

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Hoffmam, Lorena.

Desenvolvimento de laboratório virtual de aprendizagem e de aplicativo para o ensino de Biologia Celular. / Lorena Hoffmam. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Francisco Filipak Neto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

1. Ambientes virtuais compartilhados. 2. Aplicativos – Recursos eletrônicos de informação. 3. Biologia celular. 4. Estruturas Celulares. 5. Moodle (Programa de computador). 6. Biologia – Estudo e ensino. I. Título. II. Filipak Neto, Francisco. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **LORENA HOFFMAM** intitulada: **DESENVOLVIMENTO DE LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E DE APLICATIVO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR**, sob orientação do Prof. Dr. FRANCISCO FILIPAK NETO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 12 de Agosto de 2022.

Assinatura Eletrônica

15/08/2022 13:11:23.0

FRANCISCO FILIPAK NETO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

15/08/2022 11:21:28.0

GABRIEL MATHIAS CARNEIRO LEAO

Avaliador Externo (INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

15/08/2022 12:59:25.0

ODISSÉA BOAVENTURA DE OLIVEIRA

Avaliador Externo (55001149)

Dedico à minha mãe por toda uma vida de trabalho e esforço para criar e educar seus filhos, por todo cuidado e amor a mim dedicados e pelo incentivo constante aos estudos e à conquista de uma profissão.

RELATO DA MESTRANDA

Instituição: Universidade Federal do Paraná
Mestranda: Lorena Hoffmam
Título do TCM: DESENVOLVIMENTO DE LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E DE APLICATIVO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR
Data de Defesa: 12/08/2022 - 9h.
<p>Conhecendo minhas limitações e potencialidades, cursar um mestrado em si já se configurava um grande desafio. Nesse período de pouco mais de dois anos, situações inesperadas, mas inerentes à vida foram surgindo e aumentando um pouquinho mais as barreiras a serem transpostas.</p> <p>Nossa turma do PROFBIO 2020 teve apenas duas aulas presenciais e as demais foram online devido às necessidades de combate à COVID 19. A pandemia instituída nos trouxe novos desafios, novas demandas, novas cobranças, muito trabalho a ser feito e muito a aprender em diferentes aspectos. Mas essa foi a “parte fácil”. O mais difícil foi, em meio a tudo isso, acompanhar a jornada da minha mãe na luta pela vida. Estar ali em todos os momentos difíceis e dolorosos, dar conta de manter a saúde física e emocional para lutar junto, lado a lado. Manter o controle e não desistir foi muito difícil.</p> <p>A conclusão do curso só foi possível graças às pessoas que compuseram uma rede de apoio essencial, à excelente orientação do professor Francisco Filipak Neto e também à inestimável contribuição de todos os professores dedicados ao PROFBIO. As atualizações, os novos conhecimentos e a troca de experiências que eles proporcionaram, contribuiu de forma significativa em minha prática.</p> <p>Linha de chegada, finalmente. Quanto aprendido, quanta experiência o PROFBIO aportou em minha vida profissional e pessoal. Obrigada à CAPES, por possibilitar que pessoas como eu, afastadas do mundo acadêmico, mas com um grande desejo de melhorar para si e para o outro, consigam cursar um Mestrado. Esta importante qualificação nos permite estudar, crescer, aprender e principalmente, aplicar e multiplicar todo o crescimento e conhecimento adquiridos. Sou muito grata.</p>

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Dona Laura, uma mulher extraordinariamente forte e batalhadora. Agradeço a ela, que por circunstâncias da vida não chegou a concluir a quarta série, mas sempre acreditou na educação como ferramenta de transformação social. Por todo trabalho, dedicação e esforço para nos permitir estudar. Minha maior sorte na vida é tê-la como mãe, sempre presente, cuidando e incentivando em cada passo dessa jornada. Não existem palavras para significar tamanha gratidão por tudo e por tanto. Obrigada mãe.

Ao meu orientador, professor Francisco Filipak Neto, por sua paciência, serenidade e competência. Pelos momentos de orientação sempre eficientes e produtivos. Por sua extrema dedicação no auxílio à resolução dos problemas que surgiram no decorrer do projeto. Seu direcionamento assertivo foi imprescindível para a conclusão deste trabalho.

Ao meu companheiro de vida, Sidney Schmitz, por toda ajuda e apoio. Sua parceria foi fundamental, tanto tecnicamente quanto emocionalmente, sempre ao meu lado durante os momentos difíceis, previstos e imprevistos que surgiram nessa caminhada.

As minhas colegas de grupo, Fernanda Borba, Rosana Wichineski e Thais B. dos Santos, por todo apoio, força e incentivo, pelo exemplo de dedicação e comprometimento e principalmente, pela sensibilidade e empatia.

Ao meu colega de mestrado Ronaldy Giapeto por permitir a compilação do aplicativo na versão paga do Clickteam Fusion.

Ao Departamento de Informática da UFPR, ao Professor Doutor Marco A. Zanata Alves, administrador do Moodle.

Ao PROFBIO, a seus mentores e colaboradores, por criarem e desenvolverem este programa que oportuniza a qualificação de professores que estão diariamente em sala de aula, e que viabiliza a estes profissionais a obtenção do título de Mestres em Educação.

A Universidade Federal do Paraná e seus professores, que lutaram para trazer e desenvolver este programa. Por mediarem a formação de tantos Mestres em Ensino de Biologia que hoje atuam na educação básica. Tenham a certeza que todo o trabalho e dedicação de vocês reverbera nas escolas e na sociedade como um todo.

Este trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) foi desenvolvido no Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Filipak Neto e contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RESUMO

Os conteúdos relacionados à Biologia Celular são abstratos e de difícil compreensão para muitos estudantes. Já, para os professores, propiciar práticas que permitam uma aprendizagem significativa desses conteúdos é um grande desafio. A carência de materiais, espaço adequado e equipamentos necessários, são alguns obstáculos a serem transpostos para que os docentes cumpram seus objetivos. Dessa forma, o presente trabalho desenvolveu e disponibilizou um AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem), utilizando a plataforma *Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment)*. Neste ambiente, está inserido um LVA (Laboratório Virtual de Aprendizagem) onde foram reunidos objetos educacionais, (animações, vídeos, simuladores e atividades) direcionados para o ensino dos conteúdos de Biologia Celular. Além disso, foi desenvolvido um aplicativo envolvendo a morfologia e as funções desempenhadas pelas estruturas celulares. Esta ferramenta foi criada com a utilização dos *softwares BioRender e Clickteam Fusion*. O aplicativo permite que o estudante interaja durante as animações, explorando as estruturas internas da célula. Por fim, com o objetivo de estreitar relações entre a construção do conhecimento dos processos biológicos e a sua aplicação para a resolução de problemas, foi elaborada uma sequência didática investigativa que envolve a utilização dos recursos disponibilizados no LVA e o uso do aplicativo. Esta sequência busca relacionar os processos desempenhados pelas estruturas celulares com determinadas doenças que podem afetar a homeostase do organismo. As ferramentas foram desenvolvidas com o objetivo de contribuir para o enriquecimento do processo de ensino e aprendizagem, buscando motivar os estudantes e atribuir significado aos conteúdos de Biologia Celular dentro do contexto escolar.

Palavras-chave: Ambiente Virtual. Aplicativo. Biologia Celular. Estruturas Celulares. Sequência Didática Investigativa.

ABSTRACT

The topics of Cell Biology are abstract and many students have difficulty in understanding them. Conversely, for teachers, is a great challenge to provide practices that allow a meaningful learning of these topics. The lack of educational materials and adequate structure in the schools are some obstacles that must be overcome for teachers to fulfill their goals. Thus, the present work developed and made available a VLE (Virtual Learning Environment), using the Moodle platform (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). In this environment, there is an LVA (Virtual Learning Laboratory) where educational objects (animations, videos, simulators and activities) aimed at teaching Cell Biology topics were gathered. In addition, an application was developed involving the morphology and functions performed by cellular structures. This tool was created using BioRender platform and Clickteam Fusion software. The application allows the student to interact during the animations, exploring the cell's internal structures. Finally, in order to strengthen the relationship between the construction of knowledge of biological processes and its application to solve problems, an investigative didactic sequence, which involves the use of resources available in the LVA and the use of the simulator, was developed. This sequence aims to relate the processes performed by cellular structures with certain diseases that can affect the homeostasis of the organism. The tools were developed with the aim of contributing to the enrichment of the teaching and learning process, seeking to motivate the students and assign meaning to Cell Biology topics within the school context.

Keywords: Virtual Environment. Application. Cell Biology. Cellular Structures. Investigative Didactic Sequence.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PLATAFORMA <i>MOODLE</i> UFPR.....	32
FIGURA 2 – SISTEMA EDITOR DE EVENTOS DO CLICKTEAM FUSION.....	34
FIGURA 3 – FRAMES DA APLICAÇÃO SOBRE A MEMBRANA PLASMÁTICA	35
FIGURA 4 – ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO ABORDADA PELA PROPOSTA DE SDI.....	37
FIGURA 5 – TÓPICOS CONSTITUINTES DO LVA.....	38
FIGURA 6 – LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (LVA)	39
FIGURA 7 – TÓPICO ATIVIDADES.....	40
FIGURA 8 – ATIVIDADE 01	41
FIGURA 9 – ATIVIDADE 02	41
FIGURA 10 – ATIVIDADE 03	42
FIGURA 11 – ATIVIDADE 04	43
FIGURA 12 – ATIVIDADE 05	43
FIGURA 13 – GLOSSÁRIO DE BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR.....	44
FIGURA 14 – VÍDEOS.....	45
FIGURA 15 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA.....	46
FIGURA 16 – TELA DE ABERTURA DO APLICATIVO	47
FIGURA 17– EXPLORANDO A CÉLULA I.....	47
FIGURA 18 – ORIENTAÇÕES.....	48
FIGURA 19 – EXPLORANDO A CÉLULA II.....	48
FIGURA 20 – ABERTURA: LISOSSOMO	51
FIGURA 21 – CARACTERÍSTICAS DO LISOSSOMO	51
FIGURA 22 – PERGUNTA: FUNÇÃO.....	51
FIGURA 23 – FUNÇÃO DO LISOSSOMO	51
FIGURA 24 – ACIDEZ DO LISSOSSOMO	51
FIGURA 25 – DIGESTÃO DE MOLÉCULAS.....	51
FIGURA 26 – AUTOFAGIA	51
FIGURA 27 – HETEROFAGIA	51
FIGURA 28 – ABERTURA: NÚCLEO.....	54
FIGURA 29 – FUNÇÕES: NÚCLEO.....	54
FIGURA 30 – REPLICAÇÃO DO DNA I	54

FIGURA 31 – REPLICAÇÃO DO DNA II	54
FIGURA 32 – TRANSCRIÇÃO – INÍCIO.....	54
FIGURA 33 – TRANSCRIÇÃO – FINAL	54
FIGURA 34 – TRADUÇÃO: CONCEITO.....	54
FIGURA 35 – TRADUÇÃO: COMPONENTES	54
FIGURA 36 – INÍCIO DA TRADUÇÃO.....	55
FIGURA 37 – AMINOÁCIDOS IGUAIS	55
FIGURA 38 – TRADUÇÃO: LEITURA.....	55
FIGURA 39 – TRADUÇÃO: PROTEÍNA	55
FIGURA 40 – ABERTURA: PEROXISSOMO	56
FIGURA 41 – FUNÇÕES DO PEROXISSOMO	56
FIGURA 42 – IDENTIFICAÇÃO: PEROXISSOMO	57
FIGURA 43 – DEGRADAÇÃO DO ÁLCOOL I.....	57
FIGURA 44 – DEGRADAÇÃO DO ÁCOOL II.....	57
FIGURA 45 – DEGRADAÇÃO DO ÁLCOOL III	57
FIGURA 46 – DEGRADAÇÃO DO H ₂ O ₂	57
FIGURA 47 – AÇÃO DA ENZIMA CATALASE.....	57
FIGURA 48 – ABERTURA: CITOESQUELETO	59
FIGURA 49 – FUNÇÕES DO CITOESQUELETO.....	59
FIGURA 50 – IDENTIFICANDO FILAMENTOS I	59
FIGURA 51 – IDENTIFICANDO FILAMENTOS II.....	59
FIGURA 52 – DESCRIÇÃO: MICROTÚBULO	59
FIGURA 53 – IDENTIFICANDO: MICROTÚBULO.....	59
FIGURA 54 – DESCRÇÃO: ACTINA.....	59
FIGURA 55 – FILAMENTO INTERMEDIÁRIO	59
FIGURA 56 – POLIMERIZAÇÃO I	60
FIGURA 57 – POLIMERIZAÇÃO II.....	60
FIGURA 58 – DESPOLIMERIZAÇÃO I.....	60
FIGURA 59 – DESPOLIMERIZAÇÃO II	60
FIGURA 60 – ABERTURA: MEMBRANA	63
FIGURA 61 – FUNÇÕES CORRETAS	63
FIGURA 62 – CONSTITUINTES DA MEMBRANA.....	63
FIGURA 63 – NOMES DAS ESTRUTURAS	63

FIGURA 64 – MAPA CONCEITUAL I.....	63
FIGURA 65 – MAPA CONCEITUAL II.....	63
FIGURA 66 – DIFUSÃO SIMPLES I.....	63
FIGURA 67 – DIFUSÃO SIMPLES II.....	63
FIGURA 68 – DIFUSÃO FACILITADA I.....	64
FIGURA 69 – DIFUSÃO FACILITADA II.....	64
FIGURA 70 – TRANSPORTE ATIVO I.....	64
FIGURA 71 – TRANSPORTE ATIVO II.....	64
FIGURA 72 – TRANSPORTE ATIVO III.....	64
FIGURA 73 – TRANSPORTE ATIVO IV.....	64
FIGURA 74 – TRANSPORTE ATIVO V.....	64
FIGURA 75 – TRANSPORTE ATIVO VI.....	64
FIGURA 76 – ABERTURA: RETÍCULO E C. GOLGI.....	67
FIGURA 77 – LOCALIZAÇÃO REG.....	67
FIGURA 78 – LOCALIZAÇÃO REL.....	67
FIGURA 79 – LOCALIZAÇÃO C. GOLGI.....	67
FIGURA 80 – FUNÇÕES DO C. GOLGI.....	67
FIGURA 81 – FUNÇÕES DO REG.....	67
FIGURA 82 – FUNÇÕES REL.....	67
FIGURA 83 – PROCESSAMENTO: PROTEÍNA I.....	67
FIGURA 84 – PROCESSAMENTO: PROTEÍNA II.....	68
FIGURA 85 – PROCESSAMENTO: PROTEÍNA III.....	68
FIGURA 86 – PROTEÍNA CHEGA AO C. GOLGI.....	68
FIGURA 87 – MODIFICAÇÕES NO C. GOLGI.....	68
FIGURA 88 – “EMPACOTAMENTO”.....	68
FIGURA 89 – “ENDEREÇAMENTO”.....	68
FIGURA 90 – ABERTURA: MITOCÔNDRIA.....	70
FIGURA 91 – ESTRUTURAS INTERNAS.....	70
FIGURA 92 – PROCESSOS: MITOCÔNDRIA.....	70
FIGURA 93 – SELEÇÃO DE PROCESSOS.....	70
FIGURA 94 – QUESTIONAMENTO.....	70
FIGURA 95 – PRODUÇÃO DE ATP.....	70
FIGURA 96 – MOLÉCULAS CORRETAS.....	70

FIGURA 97 - OXIDAÇÃO DA GLUCOSE	70
FIGURA 98 – ORGANOGRAMA: SDI.....	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RECURSOS DISPONIBILIZADOS NO LVA.....	39
--	----

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AVA	AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM
BNCC	BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR
DCE	DIRETIZES CURRICULARES ORIENTADORAS DA EDUCAÇÃO BÁSICA
DCNEM	DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO
LVA	LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM
MEC	MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
<i>MOODLE</i>	<i>MODULAR OBJECT ORIENTED DYNAMIC LEARNING ENVIRONMENT</i>
SDI	SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA
SEED	SECRETARIA DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTE
UFPR	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	METODOLOGIAS DE ENSINO	22
2.2	O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	24
2.3	O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR E AS DIRETRIZES CURRICULARES	25
2.4	O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	28
2.5	O LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	28
2.6	OS ESTUDANTES DO ENSINO NOTURNO	29
3	OBJETIVO GERAL	31
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
4	METODOLOGIA	32
4.1	AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (AVA) E O LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (LVA)	32
4.2	LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (LVA)	33
4.3	APLICATIVO: A CÉLULA	33
4.4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI) COM O USO DO APLICATIVO COMO SUGESTÃO PRÁTICA PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR NO ENSINO MÉDIO	36
5	RESULTADOS	38
5.1	CRIAÇÃO DO AVA E DESENVOLVIMENTO DO LVA	38
5.2	DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	46
5.2.1	Lisossomo	48
5.2.2	Fluxo da informação gênica (núcleo)	52
5.2.4	Citoesqueleto	57
5.2.5	Membrana plasmática	60

5.2.6	Retículo endoplasmático (granular e liso) e Complexo de Golgi	65
5.2.7	Mitocôndria	68
5.3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA: ESTRUTURAS CELULARES	71
5.3.1	Doenças Relacionadas à Disfunção das Estruturas Celulares	74
6	DISCUSSÃO	78
7	CONCLUSÃO	84
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICES	94
	APÊNDICE 1 – CARTÃO: OBSERVAÇÃO E PROBLEMA	94
	APÊNDICE 2 – CARTÃO: CONTEXTUALIZAÇÃO	94
	APÊNDICE 3 – CARTÃO: REGISTRO DE HIPÓTESES	95
	APÊNDICE 4 – PISTAS: DE 01 A 04	96
	APÊNDICE 5 – PISTAS: DE 05 A 08	98
	APÊNDICE 6 – PISTAS: DE 09 A 12	100
	APÊNDICE 7 – PISTAS: DE 13 A 14	102
	APÊNDICE 8 – CARTÃO: TRANSPOSIÇÃO DE RESULTADOS	103

APRESENTAÇÃO

Sou professora da rede pública de ensino há 13 anos. Quando iniciei a longa jornada para cursar uma faculdade, vieram em mente duas áreas: Biologia e Educação Física. Em meio a dúvida a respeito da área do conhecimento, havia a certeza de que queria ser professora. Na época, estava claro, também por influência de alguns professores, que a educação e o esporte têm o poder de transformar a vida das pessoas, assim como aconteceu comigo. Decidi por Biologia. Esta foi a decisão mais assertiva, exceto pelas aulas de dissecação animal. Estudar a Vida, conhecer e contemplar o quanto ela é extraordinária. Descobrir as singularidades deste fenômeno que é tanto complexo quanto encantador, onde ao mesmo tempo que parece caótico, se revela perfeito.

Depois de alguns anos de persistência e muito trabalho, concluí o curso de Biologia e tornei-me professora. Sonho realizado. Sempre que percebo estar fazendo a diferença, mesmo que pequena e sutil em mais um dia comum de um estudante, seja através do conhecimento compartilhado, seja através da empatia ou da reciprocidade que minha sensibilidade permite, sinto a certeza que estou no lugar certo.

1 INTRODUÇÃO

A educação concebida como prática social está inserida no espaço e tempo contemporâneo, devendo acompanhar os progressos e contribuir para que não haja retrocessos sociais e ambientais ao longo da história. Tida como um instrumento de transformação, a educação é considerada o alicerce para o desenvolvimento social, político, econômico e tecnológico. Neste contexto, o ensino de Biologia, como disciplina curricular da educação básica, tem um papel fundamental na formação do cidadão.

A formação biológica contribui para que o indivíduo seja capaz de utilizar seus conhecimentos na tomada de decisões de interesse individual e coletivo, dentro de um contexto ético que leve em conta o papel do humano na Biosfera (KRASILCHIK, 2008, p.11).

Por representar uma atividade educativa que incorpora uma reflexão sobre o mundo, o ensino de Biologia tem a responsabilidade de desenvolver e estimular o raciocínio lógico, crítico e ético nos estudantes. Além disso, atender às demandas atuais exige uma reflexão profunda sobre os conteúdos abordados e sobre os encaminhamentos metodológicos propostos nas situações de ensino (BORGES et al., 2005).

O ensino de Biologia não deve se limitar à mera descrição de conteúdos teóricos, mas sim oferecer condições para que o estudante possa construir seus conhecimentos através de atividades práticas, preferencialmente a partir da valorização da natureza interdisciplinar da ciência (SILVA; LANDIM, 2012). Todavia, cumprir todos os objetivos propostos para o ensino de Biologia requer muito trabalho, pesquisa e reflexão.

Os desafios enfrentados pelos docentes perpassam pela estruturação curricular, pelo ambiente escolar e pela cultura que envolve os discentes e comunidade. A vasta gama de conceitos e processos relacionados ao estudo da vida, a fragmentação do conhecimento, a estrutura física precária das escolas, e o baixo valor atribuído à educação pela comunidade, são fatores que afetam a motivação dos docentes, o que reflete em práticas ineficientes, onde o ensino de Biologia muitas vezes não ocorre de forma efetiva e satisfatória. Para Santos et al. (2017), no ensino das Ciências, estas questões são refletidas na dificuldade do estudante em relacionar conteúdos teóricos trabalhados em sala com a realidade a sua volta, e pelo fato de ele não reconhecer a transposição do conhecimento científico em situações do seu cotidiano.

Dentre as áreas do conhecimento contempladas pela Biologia, o estudo da célula e os seus processos, é desafiador, pois aborda estruturas microscópicas e processos altamente abstratos.

Os conteúdos relacionados à Biologia Celular são apresentados geralmente no primeiro ano do ensino médio, logo os estudantes passam pela transição de um nono ano do ensino fundamental, onde o processo de ensino e aprendizagem em Ciências é fundamentado no estudo da Física e da Química, para o estudo da estrutura celular e seus processos. Nesse contexto, muitas vezes, os estudantes são submetidos à memorização de termos técnicos, reações complexas, morfologia de estruturas abstratas (organelas), as quais não visualizam ou relacionam com o que já conhecem. Sendo assim, o primeiro contato com a disciplina de Biologia acaba trazendo, na visão deles, muitos “nomes esquisitos” de difícil assimilação e desconexos da realidade. Esta abstração a respeito das organelas e a complexidade dos processos bioquímicos, acabam sendo vistos como conteúdos que não fazem sentido para a vida destes estudantes.

Como professora, uma das estratégias que busco utilizar em minha prática para chamar a atenção sobre a importância do estudo da Biologia, é estabelecer a relação dos conceitos a serem estudados com a saúde do organismo. Os conteúdos relacionados à saúde, com temas como o corpo humano, sexualidade e prevenção de doenças, são os assuntos preferidos dos estudantes de ensino médio, no que se refere ao componente curricular Biologia (DURÉ et al.,2018). Uma das dificuldades nesta estratégia para o ensino da Biologia Celular é o acesso a ferramentas didáticas adequadas, que despertem o interesse dos estudantes e que utilizem uma linguagem introdutória básica. Assim, faz-se importante o desenvolvimento de recursos que tenham o potencial de tornar esse mundo microscópico menos abstrato aos olhos dos estudantes e que permitam estreitar e significar a relação entre célula, organelas, saúde, vida e cotidiano.

Outra questão importante para refletir é como o ensino é abordado com os estudantes do período noturno, os quais apresentam algumas especificidades. São estudantes faltosos, devido à carga horária de trabalho e/ou ao traslado entre o local de trabalho e a escola, o que gera também atrasos e ausências no primeiro horário das aulas. O tempo das aulas é reduzido, enquanto no período diurno o tempo das aulas é de 50 min, no ensino noturno o tempo médio é de 40 min. Não é disponibilizado material de apoio aos estudos fora do ambiente escolar, pois os livros didáticos não são entregues a esses estudantes. Estas são algumas particularidades que devem ser consideradas a fim de permitir uma abordagem didática com práticas dinâmicas, otimizadas e que forneçam recursos de aprendizagem para apoio aos estudantes.

Em decorrência das necessidades mencionadas, optou-se por desenvolver recursos didáticos utilizando TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) que sejam acessíveis, funcionais e de fácil compartilhamento, para o ensino de Biologia Celular. Estes recursos, disponíveis de forma online, facilitam o acesso aos professores e estudantes, tanto em suas residências como nas escolas. Nota-se uma certa resistência por parte dos professores em utilizar novas tecnologias com os estudantes no cotidiano. Este fato ocorre muitas vezes devido a descrença das contribuições da tecnologia ao processo de ensino e aprendizagem (ASSMANN, 2000). A pesquisa desenvolvida por Silva e Cruz (2017) revela que os professores acreditam que as TICs podem inovar o processo de ensino-aprendizagem, mas também manifestam a necessidade de uma melhor formação docente de modo que tais recursos possam contribuir significativamente na construção dos conhecimentos científicos pelos estudantes.

Desenvolver as ferramentas apresentadas neste trabalho foi desafiador, visto que foi necessário “sair da zona de conforto”, expandir meu repertório tecnológico e desenvolver habilidades para criação e uso de ferramentas digitais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 METODOLOGIAS DE ENSINO

As metodologias utilizadas pelos profissionais da educação são bastante diversificadas. Jogos didáticos, aulas expositivas, aulas práticas e de campo, ensino por investigação, uso de simuladores, animações e aplicativos, experimentos demonstrativos, construção de modelos didáticos, dramatização, debates, análise de filmes e documentários, dentre outras. Metodologias diferenciadas podem permitir a utilização da imaginação e da criatividade, estimulando diferentes sentidos nos estudantes, que passam a enxergar os conteúdos sob uma nova perspectiva (LEÃO, 2018). São inúmeras as ferramentas que podem ser utilizadas para ensinar. Porém, não é possível afirmar qual delas é a melhor ou mais adequada, pois não existe somente uma forma de pensar e de aprender.

A partir da investigação de como os conteúdos de Biologia Celular são abordados nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), Ferreira (2018) constatou que é preciso, com urgência, sistematizar os conteúdos, promover formação continuada para professores, atualizar os materiais didáticos, e inovar o trabalho pedagógico, diversificando as estratégias didáticas a fim de facilitar a compreensão dos conceitos.

Vertentes como a História da Ciência, resolução de problemas e contextualização também são discutidas pelos autores consultados. Teófilo et al. (2011) defendem que o uso correto da História e Filosofia da Ciência pode facilitar o entendimento de conteúdos científicos que carecem de melhor contextualização. Os autores apontam que devido ao fato do ensino da Biologia Celular exibir tanto as células quanto seus componentes de modo demasiadamente descritivo, esta pode ser uma área beneficiada por tal abordagem.

A fundamentação dos conteúdos baseados na resolução de problemas permite ao estudante a possibilidade de empregar em seu cotidiano o que aprendeu durante a sua formação, bem como suas reflexões sobre a temática da Biologia Celular (SANTOS; CORTELAZZO, 2013). Esta visão é também compartilhada no Plano Curricular Nacional (PCN), que descreve que para promover um aprendizado ativo que realmente transcenda a memorização de nomes de organismos, sistemas ou processos, é importante que os conteúdos se apresentem como problemas a serem resolvidos com os estudantes (BRASIL, 2009).

A contextualização no processo de ensino também é imprescindível. A educação descontextualizada da realidade acaba desmotivando o estudante, que perde o interesse em aprender. A importância da contextualização do ensino surgiu a partir da crítica ao

distanciamento existente entre os conteúdos curriculares do ensino básico e a realidade dos estudantes (DURÉ et al., 2018). Para uma abordagem contextualizadora em Biologia Celular, Paiva et al. (2018) sugerem que temas como câncer, doenças genéticas, transgenia, dentre outros, devem ser abordados na educação escolar, pois favorecem a reflexão crítica sobre questões que fazem parte do dia a dia e estão intimamente relacionadas aos debates que envolvem bioética, saúde e tomada de decisões. Segundo os autores, esses conhecimentos também têm um papel na construção de uma sociedade democrática, uma vez que podem ser aplicados para entender e participar de debates relacionados a diversos temas (PAIVA et al., 2018).

A prática docente deve ser voltada a ofertar recursos cognitivos que permitam aos estudantes compreender e aprender os conceitos de forma significativa, estabelecendo relações verdadeiras, bem como relativizar, criar hipóteses e simular situações teóricas que envolva os conteúdos direta ou indiretamente (TANAJURA, 2017).

Considerando que a educação deve ser pensada, discutida e estruturada, observando e considerando o contexto social e tecnológico no qual os estudantes estão inseridos, não distanciando esse olhar das questões sociais, éticas e políticas, Pinheiro et al. (2007) ressaltam a importância do enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) perante os questionamentos críticos e reflexivos acerca do contexto científico-tecnológico e social e, em especial, sua relevância para o Ensino Médio. Para que os estudantes identifiquem a importância e os impactos da ciência na sociedade, é necessário que eles compreendam o processo de construção dos conhecimentos científicos. Mais do que fornecer informações, é fundamental que o ensino da Biologia se volte ao desenvolvimento de competências que permitam ao estudante lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las e refutá-las, quando for o caso (LEÃO, 2018).

O presente trabalho focou no uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), visto que elas têm contribuído de maneira significativa para o redimensionamento das estratégias do processo de ensino-aprendizagem, proporcionando diferentes ferramentas e artefatos (GARCIA et al., 2011). O uso de TICs no ensino permite às escolas uma reestruturação do currículo e novas definições das pedagogias do ensino, com grande potencial de transformação da educação (OLIVEIRA, 2013). Várias TICs podem ser utilizados para fins educacionais, tais como os AVAs (Ambientes Virtuais de Aprendizagem), as Redes Sociais (*Facebook* e *WhatsApp*), *Blogs*, Aplicativos e *Sites* (WOIDÉLLIA, 2019).

2.2 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Apesar de existir uma tendência em abordar como algo recente, o ensino por investigação tem uma longa história na educação em ciências, que remonta ao século XIX (BAPTISTA, 2010). Para alguns autores, não faz sentido situar historicamente o nascimento do ensino por investigação, pois se trata de uma abordagem fundamental para compreensão do mundo, onde a curiosidade, característica natural do ser humano, guia todas as suas atividades mediadas pela investigação (RODRIGUES; TARCISO, 2008). Mas existe uma preocupação entre os educadores a respeito deste tipo de colocação, pois pode tornar trivial as iniciativas do ensino de ciências por meio da investigação. Tal preocupação deriva de uma profunda reflexão relacionada às discussões que permeiam os campos da filosofia, sociologia e história da ciência bem como no campo dos estudos do currículo (MUNDFORD; LIMA, 2007).

Há um mito recorrente de que esta forma de ensino é o mesmo que realizar investigações na ciência, reproduzindo a atividade dos cientistas (SCARPA; CAMPOS, 2018). Para além da simples reprodução, o ensino por investigação constitui uma orientação que enfatiza o questionamento, resolução de problemas, descoberta e comunicação, utilizando processos investigativos que refletem o modo como os cientistas trabalham e fazem ciência (BAPTISTA, 2010). Tal abordagem pode possibilitar aos estudantes o acesso a práticas, de forma a aproximá-los da natureza da ciência e promover sua alfabetização científica (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

Para Solino et al. (2015) o ensino investigativo não está diretamente associado a uma estratégia metodológica específica, mas se configura como formas de agir e interagir que o professor utiliza em sala de aula para promover a abordagem de temas com seus estudantes.

O ensino por investigação é baseado na observação, no questionamento, no levantamento e teste de hipóteses, na experimentação e na discussão, como etapas no processo de ensino e aprendizagem, onde o estudante é o sujeito ativo na construção do seu conhecimento (VIEIRA, 2012). Esta estratégia auxilia na compreensão dos conceitos teóricos abstratos dos fenômenos biológicos aprendidos em aulas teóricas e proporciona a aproximação dos estudantes com a natureza da ciência (ALMEIDA; TRIVELATO, 2015).

Por ocasionar uma mudança de atitude do estudante com a ciência, o ensino por investigação constitui-se em uma abordagem de ensino que o ajuda a avançar em seus sistemas explicativos, pois propicia segurança no envolvimento com práticas científicas, podendo levá-lo a resolver uma situação-problema de forma não superficial (BRITO;

FIREMAN, 2016). Aprender a investigar envolve aprender a observar, planejar, levantar hipóteses, realizar medidas, interpretar dados, refletir e construir explicações de caráter teórico (OLIVEIRA, 2015).

Diferentes trabalhos sobre sequências didáticas que utilizam a abordagem investigativa relatam a sua competência em aproximar os estudantes da vivência do método e da alfabetização científica, bem como de estimular o pensamento crítico, a elaboração de hipóteses e o desenvolvimento de autonomia do estudante (BRITO; FIREMAN, 2016; MOREIRA; SOUZA, 2016; SCARPA; CAMPOS, 2018). O método científico teve influência significativa na forma de produzir e validar o conhecimento e, principalmente, nos modos de compreensão de como ocorre a construção do conhecimento junto aos indivíduos, pelo ensino (MARSULO; SILVA, 2005). Através da prática investigativa, o estudante busca por si e pela interação com seus pares o conhecimento, interagindo com colegas, professores e o ambiente, adquirindo o hábito de pesquisar, refletir, questionar e buscar soluções para um dado problema (COBALCHINI, 2016).

O distanciamento entre a ciência praticada na escola e aquela praticada pelos cientistas tem contribuído para reforçar uma visão desumanizada da ciência, na qual o estudante não é conduzido a estabelecer conexões entre o que é aprendido em sala com a vida cotidiana (PIRES, 2010). O ensino por investigação incorpora o pensamento científico ao contexto da sala de aula, possibilitando a compreensão de como ocorre a construção do pensamento científico e o desenvolvimento de competências e habilidades próprias da metodologia científica, adquirindo assim a potencialidade de fomentar o pensamento científico e a criticidade dos estudantes (OLIVEIRA; BIZERRA, 2020).

2.3 O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR E AS DIRETRIZES CURRICULARES

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) são elaborados pelo Governo Federal e funcionam como uma diretriz nacional que orienta o ensino médio no Brasil. Neste documento, o conteúdo de Biologia Celular fundamenta-se no estudo da célula. Os descritores contemplam a diversidade da vida e o funcionamento celular nos processos metabólicos; a síntese proteica; o material genético; a hereditariedade; a divisão celular; os fenômenos físico-químicos que ocorrem no interior das células e a teoria celular (VIGÁRIO; CICLINI, 2019). Ferreira (2018) destaca que os Parâmetros Curriculares Nacionais defendem

que a Biologia deve ampliar a compreensão dos alunos sobre as situações diárias, assim como os próprios fenômenos biológicos, a fim de que sejam orientados para que interpretem, deduzam e vivenciem melhor a sua cidadania.

Em dezembro de 2017 foi homologada pelo MEC (Ministério da Educação) a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (BRASIL, 2018). Este documento propõe eixos temáticos dentro da área de Ciências da Natureza para o Ensino Médio, etapa na qual essa área normalmente se desmembra em Biologia, Física e Química.

De acordo com a BNCC, o estudo da Biologia Celular está incluído em competências específicas, sob as quais o estudante deverá ser capaz de construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis. Nesse contexto, podem ser mobilizados os conhecimentos relacionados à Biologia Celular, como o estudo das biomoléculas, genética, hereditariedade, respiração celular, fotossíntese, organização celular, entre outros (BRASIL, 2021).

O Ensino Médio no Brasil está passando por mudanças com o objetivo de tornar esta etapa do ensino mais próxima das necessidades pessoais e profissionais dos jovens. A implementação dessas mudanças compreende diversas ações articuladas em torno da Lei nº 13.415/2017, das novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) e da BNCC (PARANÁ, 2021). Entre essas ações encontra-se a elaboração do Referencial Curricular do Ensino Médio, documento de referência obrigatória para a reformulação dos currículos de todas as redes e escolas do Sistema Estadual de Ensino (PARANÁ, 2021). No Paraná, este documento foi elaborado por muitas mãos, e em fevereiro de 2021, foi submetido para consulta à comunidade.

Diante do cenário instituído pela pandemia do Coronavírus em 2020, o Paraná também desenvolveu um documento denominado “Caderno Currículo Priorizado”, que elenca os conteúdos essenciais para cada etapa da Educação Básica e direciona o trabalho docente a partir de 2020 (PARANÁ, 2021). Este documento apresenta quadros organizadores por série contendo “Conteúdos estruturantes”, “Conteúdos básicos” e “Conteúdo específicos”. Os conteúdos estruturantes e básicos são comuns a todos os níveis de ensino. Já os conteúdos específicos diferem na organização do primeiro, do segundo e do terceiro ano do ensino médio.

Os conteúdos estruturantes de Biologia compreendem tópicos referentes à organização dos seres vivos, mecanismos biológicos, biodiversidade e manipulação genética (PARANÁ, 2021). Os conteúdos específicos compreendem a classificação dos seres vivos, os sistemas biológicos, os mecanismos celulares (biofísicos e bioquímicos), as teorias evolutivas, a dinâmica dos ecossistemas, os mecanismos do desenvolvimento embriológico, os organismos geneticamente modificados e a transmissão das características hereditárias (PARANÁ, 2021).

Segundo o Caderno Currículo Priorizado, a abordagem dos conteúdos relacionados ao ensino da Biologia Celular deve ocorrer no primeiro ano do Ensino Médio, e abordar os seguintes tópicos: a descoberta das células, microscopia, partes fundamentais da célula, Teoria Celular, célula procarionte e eucarionte, modelo atual da célula animal e vegetal, estudo da membrana plasmática/celular, transporte através de membrana e estudo do citoplasma. Quanto ao metabolismo energético, aborda o estudo do ATP (adenosina trifosfato), quimiossíntese, fermentação, respiração celular, fotossíntese e endossimbiose. Esta etapa do ensino contempla também o estudo do núcleo, síntese proteica, divisão celular (mitose e meiose) e o estudo da composição química da vida (água, sais minerais, vitaminas, carboidratos, lipídios, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos) (PARANÁ, 2021).

O Caderno Currículo Priorizado está pautado nas Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica do Estado do Paraná (DCE) e no Caderno de Expectativas de Aprendizagem, que visam contemplar a disciplina de Biologia como um todo (PARANÁ, 2020). Com o intuito de nortear o trabalho docente, dando suporte ao planejamento pedagógico, o objetivo final é que o estudante esteja alfabetizado cientificamente em Biologia, e com isso, além de compreender os conceitos básicos da Biologia, seja capaz de pensar independentemente, adquirir e avaliar informações, aplicando seus conhecimentos no cotidiano (PARANÁ, 2020).

Vigario e Cicillini (2019) acreditam que a Biologia Celular permanece nos currículos da educação básica mais pela força acadêmica do que pela natureza interdisciplinar e pela fluidez em conduzir a construção do conhecimento sobre a vida e os seres vivos. Mesmo diante de tal constatação, os autores compreendem a importância da Biologia Celular como forma de transcender a fragmentação curricular, permitindo assim que o estudante explore uma Biologia do perceptível, onde vivencie de fato uma aprendizagem significativa sobre a diversidade da vida.

2.4 O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

Em termos conceituais, o ambiente virtual de aprendizagem (AVA) consiste em mídia que utiliza o ciberespaço para veicular conteúdos e permitir interação entre os atores do processo educativo (PEREIRA et al., 2007, p.4). Dentre os ambientes virtuais de aprendizagem disponíveis, o *Moodle* destaca-se por ser um *software* consolidado e de expressiva aceitação pelos usuários (PRESTES et al., 2018). Abreviação de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, *Moodle* é um sistema de gerenciamento de cursos (*Course Management System*, CMS), também conhecido como *Virtual Learning Environment* (VLE) ou *Learning Management System* (LMS), traduzido comumente para Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) (MAGNAGNAGNOL, 2015). Esta plataforma foi desenvolvida em 1999 pelo educador e cientista computacional Martin Dougiamas (MULLER, 2019). Desde 2002, esta ferramenta é liberada como uma plataforma de código aberto, ou seja, cujo código pode ser utilizado, distribuído e modificado de forma gratuita e livre para toda a comunidade interessada (SALVADOR; GONÇALVES, 2006).

O uso do *Moodle* possibilita a inserção de atividades diferenciadas na metodologia de ensino empregada pelos professores, que são os administradores do espaço virtual. Neste espaço virtual os participantes (professores e estudantes) têm acesso aos conteúdos e atividades disponibilizados (WOIDÉLLIA, 2019). A utilização desta ferramenta pode trazer diversas vantagens ao processo de ensino e aprendizagem, tais como: maior envolvimento dos estudantes nas discussões, incentivo à pesquisa, trocas de experiências, melhor comunicação, interação, trabalho colaborativo e melhor entendimento sobre os temas estudados (LEÃO, 2013).

2.5 O LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

Laboratório Virtual de Aprendizagem (LVA) é um espaço virtual construído sob plataformas digitais para a realização de atividades experimentais de simulação, reproduzindo situações práticas feitas num laboratório real ou modelos baseados em observações de fenômenos da natureza (JARDIM et al., 2017). Um laboratório digital promove o acesso a experimentos a partir de um espaço virtual, compensando a falta de interação e a

indisponibilidade de horários ou de recursos necessários às experiências práticas (AMARAL et al., 2011).

O LVA, enquanto estratégia de ensino, tem a finalidade de complementar a ação docente em sala de aula, a fim de abordar conceitos abstratos de maneira experimental (FONSECA et al., 2013). Assim como qualquer outra ferramenta didática, o LVA possui suas potencialidades e limitações, mas apresenta a capacidade de enriquecer o trabalho pedagógico e auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, estimulando o desenvolvimento de habilidades e competências pelos estudantes. Nos LVAs os estudantes interagem com representações virtuais que reproduzem o ambiente de um laboratório real. Este tipo de aplicação é baseado em simulações, dispondo somente de representações computacionais da realidade (AMARAL et al., 2011).

Os LVAs podem ser utilizados por diversos estudantes ao mesmo tempo; são seguros, uma vez que o estudante não manipula equipamentos e reagentes reais; e possuem baixo custo quando comparado ao necessário para manter um laboratório de aula prática (LEAL; SEPEL, 2017). Melo e Osso Jr (2008) destacam que os laboratórios virtuais não vêm para substituir os laboratórios físicos, mas sim para agregar, facilitar e flexibilizar as atividades em ambos os ambientes. Este recurso didático também possui como característica sua disponibilidade de uso tanto para o ensino presencial quanto para o ensino remoto.

No presente trabalho, a disponibilização de um LVA visa concentrar materiais educacionais diversos (vídeos, animações, aplicativo, simuladores e imagens) referentes ao tema Biologia Celular, ampliando assim o acesso dos estudantes aos recursos metodológicos e à interação com o professor e demais colegas. O uso de ferramentas audiovisuais traz um grande enriquecimento no ensino, tornando as aulas mais dinâmicas e proporcionando maior interesse dos alunos, melhorando também seu desempenho na aprendizagem (OLIVEIRA, 2013).

2.6 OS ESTUDANTES DO ENSINO NOTURNO

O público-alvo deste projeto são os estudantes do ensino médio noturno das escolas da rede estadual de ensino que, de modo geral, apresentam como particularidades: 1) tempo reduzido em sala de aula em comparação às turmas diurnas; 2) costumam ser faltosos ou não conseguem chegar a tempo nas primeiras aulas do turno, visto que a maioria trabalha durante

o dia; 3) não dispõem de material de apoio para os estudos em casa, visto que os livros didáticos permanecem na escola. Esta é a realidade da maioria das escolas da rede estadual de ensino na região de São José dos Pinhais, com as quais tive a oportunidade de trabalhar nos últimos 10 anos. Togni e Carvalho (2007) descrevem que os professores do período noturno estão, muitas vezes, no terceiro turno de trabalho diário, e os alunos costumam ter jornadas de trabalho de oito ou mais horas diárias. Para Rodrigues (1995), a divisão da escola em dois turnos é uma divisão de classes sociais, sendo o ensino noturno frequentado majoritariamente por aqueles que precisam trabalhar. Isso, aliado aos conteúdos que fogem da área de interesse dos alunos, dificulta o aprendizado e pode afastar muitos jovens da escola, os quais não concluem a educação básica (CABRAL, 2017).

Considerando essas características, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta didática apropriada para o ensino noturno, considerando suas particularidades e buscando qualidade e isonomia. Embora neste trabalho as ferramentas didáticas desenvolvidas objetivam melhorar a qualidade do ensino para os estudantes do ensino noturno, elas estão disponíveis para utilização de todos, independente do turno que frequentem, sejam da rede pública ou particular de ensino.

3 OBJETIVO GERAL

Contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos relacionados à Biologia Celular, através da criação e disponibilização de recursos didáticos digitais para professores e estudantes.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Criar um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).
- Disponibilizar um Laboratório Virtual de Aprendizagem (LVA) contendo materiais educacionais diversos (vídeos, animações, simuladores, imagens e atividades) referentes aos conteúdos de Biologia Celular.
- Desenvolver um aplicativo interativo para o ensino sobre a morfologia e os processos desempenhados pelas estruturas celulares.
- Elaborar uma sequência didática investigativa integrando o uso dos recursos produzidos.
- Ampliar o acesso de professores e estudantes às ferramentas didáticas produzidas, disponibilizando-as de forma online e gratuita.

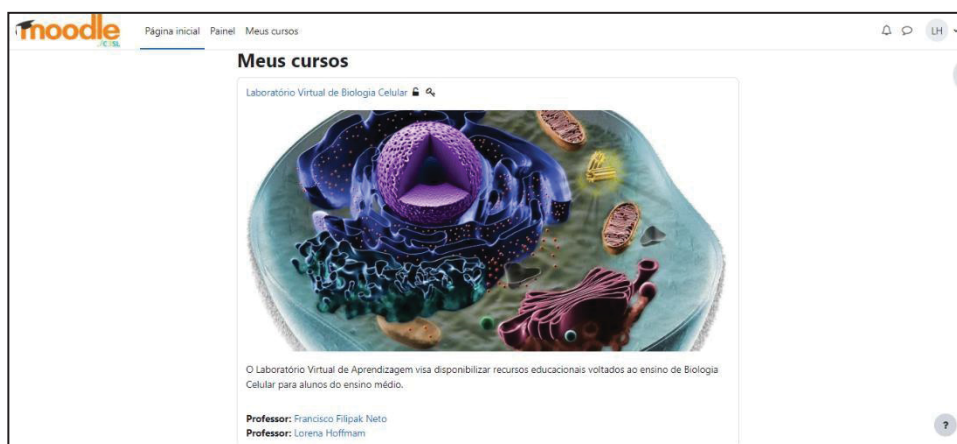
4 METODOLOGIA

4.1 AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (AVA) E O LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (LVA)

O ambiente virtual foi desenvolvido na plataforma *Moodle*. Este sistema consiste em um *software* livre e de código aberto, o que possibilita fazer o *download* do programa e adaptá-lo conforme a necessidade. O *Moodle* é compatível com os sistemas *Windows*, *Linux*, *Mac OS X*, *Unix*, *Netware* e qualquer outro que suporte PHP (OLIVEIRA et al., 2011). O Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná (UFPR) disponibilizou a plataforma *Moodle*, hospedada no servidor c3sl, para o desenvolvimento do AVA e para sua futura utilização por professores e estudantes.

A criação do ambiente virtual nesta plataforma iniciou em março de 2021. Este ambiente intitulado “Laboratório Virtual de Biologia Celular” (Figura 1) pode ser acessado por professores (senha: LVA_PROFBIO_UFPR) e estudantes interessados (senha: LVA_PROF_LORENA) mediante acesso no campo “Professor”, “Estudante” ou como “Visitante” através do link <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>.

FIGURA 1 – PLATAFORMA MOODLE UFPR



Página inicial do “Laboratório Virtual de Biologia Celular”

Fonte: Plataforma *Moodle* UFPR: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

4.2 LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (LVA)

O LVA está inserido dentro do AVA. Para compor este tópico foram selecionados diferentes simulações e animações virtuais, relacionados aos conteúdos de Biologia Celular, descritos no tópico 5.1 deste trabalho. Está inserido também neste ambiente, o aplicativo desenvolvido no presente trabalho.

O foco principal na busca e na seleção dos recursos foi a interatividade. Pesquisamos prioritariamente recursos que permitam a interação do estudante durante os processos.

4.3 APLICATIVO: A CÉLULA

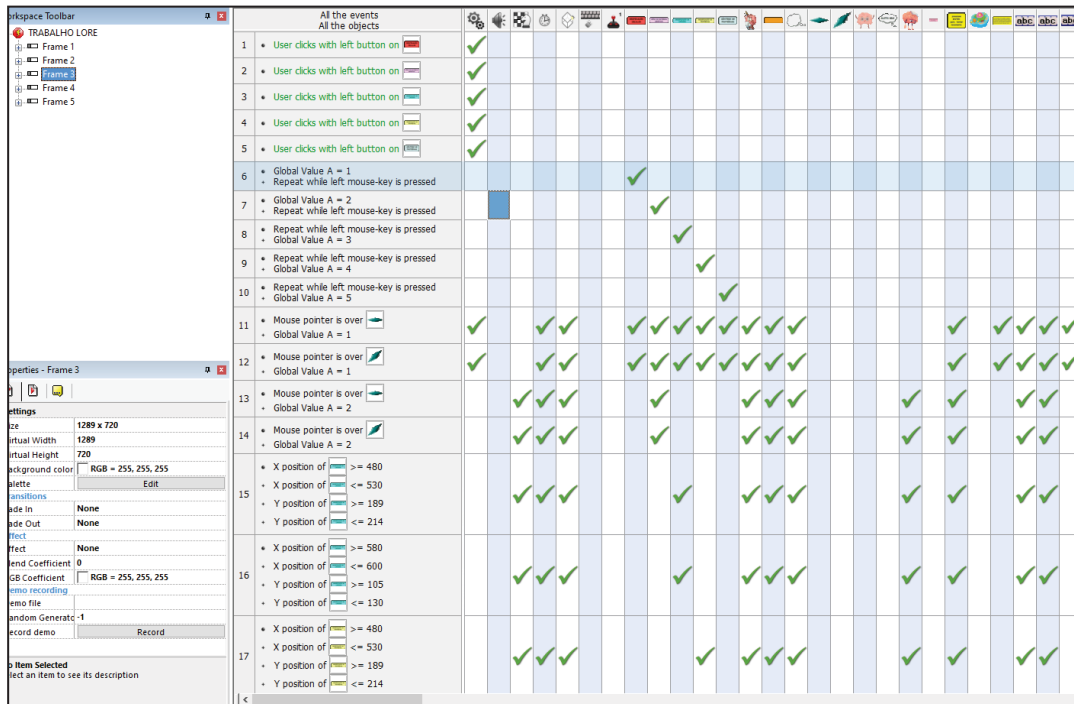
Para o desenvolvimento do aplicativo foi utilizado o *software Clickteam Fusion 2.5*. Esta ferramenta destaca-se por proporcionar recursos para que seus usuários possam criar jogos e *softwares* sem a necessidade de conhecimento de linguagem de programação (TRES, 2015). Neto et al. (2017) apontam este *software* como tendo o melhor custo-benefício comparado com outros programas como *Unity, Game Maker, Construct 2 Business*, dentre outros, pois exige pouca experiência com programação, curva de aprendizagem baixa, não necessita de um computador poderoso para compilar o código e é bastante intuitivo. Grassi (2021) destaca que, por apresentar uma versão gratuita, o *Clickteam Fusion 2.5* torna-se uma ferramenta acessível e está disponível para *download* através do site <https://www.clickteam.com/clickteam-fusion-2-5>.

Esse programa foi desenvolvido para criação de jogos, podendo ser utilizado por docentes e estudantes que tenham noções mínimas de informática para este fim e/ou para criar outras ferramentas didáticas como animações e simulações, por exemplo. O *Clickteam Fusion* possui programação simplificada de forma visual e orientada a eventos, sem necessidade de digitação de código por parte do usuário, o que proporciona resultados mais rápidos e baixa curva de aprendizagem inicial (CARDOSO, 2021).

O sistema de editor de eventos deste programa (Figura 2) traz uma forma visual para realização da programação bastante intuitiva, onde usuários sem conhecimento avançado em linguagem de programação conseguem criar e animar objetos, desenvolvendo assim habilidades digitais e exercitando a criatividade. O *Clickteam Fusion* traz várias ações pré-

programadas, onde basta uma linha de raciocínio lógico e alguns cliques para efetuar uma animação.

FIGURA 2 – SISTEMA EDITOR DE EVENTOS DO *CLICKTEAM FUSION*

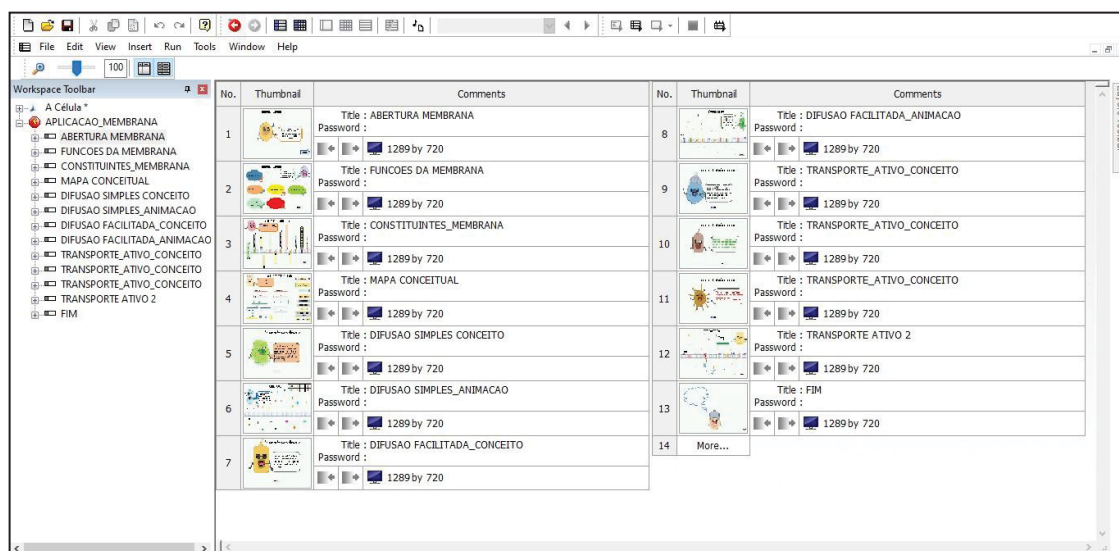


Editor de eventos da aplicação: mitocôndrias

Fonte: Os Autores (2022)

O conjunto de animações de cada estrutura celular é denominado “aplicação”. Cada aplicação é constituída por diversos *frames* (quadros), onde são programadas as interações. A FIGURA 3 ilustra a aplicação sobre a membrana plasmática, composta por 13 *frames*.

FIGURA 3 – FRAMES DA APLICAÇÃO SOBRE A MEMBRANA PLASMÁTICA



Frames contidos na aplicação: membrana plasmática

Fonte: Os Autores (2022)

Nas aplicações o usuário pode interagir de várias formas: 1) utilizando uma lupa para ampliar imagens menores e assim obter informações sobre a morfologia e processos que a estrutura celular executa. 2) Manipulando parâmetros, acrescentando ou removendo íons, proteínas, moléculas nas estruturas celulares internas ou no ambiente externo, e dessa forma verificando seu efeito sobre o funcionamento da mesma. Isso permite ao usuário testar, experimentar diferentes situações e verificar os resultados.

Neste aplicativo estão representadas as seguintes estruturas celulares: membrana plasmática, núcleo (explora os processos de replicação, transcrição e tradução), retículo endoplasmático (granular e liso), complexo de Golgi, mitocôndria, peroxissomo, lisossomo e citoesqueleto.

As animações contidas nos *frames* de cada aplicação orientam, fornecem perguntas e solicitam a interação do estudante para que os processos ocorram e para que as etapas prossigam.

Para o desenvolvimento da arte das aplicações, utilizou-se predominantemente o *software Biorender*, como principal fonte de imagens livres. O *BioRender* é uma plataforma especializada na criação de imagens aplicáveis ao ensino de Biologia, em especial aquelas ligadas à Microbiologia, Genética e Biologia Celular (CIENSINAR, 2020). Esta ferramenta está disponível de forma *online* através do site <https://biorender.com/>, onde é possível,

mediante cadastro, utilizar, criar e produzir uma vasta gama de imagens de forma gratuita. O programa também dispõe de versões pagas, onde o usuário pode ampliar as opções e possibilidades de uso. O presente trabalho foi desenvolvido utilizando apenas a versão gratuita do programa. Outras fontes de imagens livres foram utilizadas através dos sites <https://www.freeimages.com/>; <https://pixabay.com/> e o *Google* Imagens (Licenças *Creative Commons*).

Inicialmente as aplicações foram desenvolvidas separadamente para cada estrutura celular, e ao final, foram reunidas em um único projeto.

4.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI) COM O USO DO APLICATIVO COMO SUGESTÃO PRÁTICA PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR NO ENSINO MÉDIO

Pensando em uma prática com potencial de tornar os conceitos em Biologia Celular menos abstratos para os estudantes e relacioná-los à saúde do organismo, elaboramos uma proposta de sequência didática investigativa (SDI). Esta sequência buscou vincular o uso do aplicativo com o desenvolvimento de uma atividade que permita ao estudante vivenciar as etapas do método científico (Figura 4), direcionando este processo à resolução de um problema. Somados à orientação do professor, o uso do aplicativo e demais recursos presentes no LVA, a proposta pretende estimular o estudante a pesquisar, refletir, questionar e buscar soluções.

O tempo previsto para aplicação da sequência é de quatro aulas. Como recursos para a aplicação, além do LVA e do aplicativo, criamos um cartão contendo a situação a ser observada e o problema proposto (apêndice 1), um cartão descrevendo a contextualização (apêndice 2), um cartão para o registro das hipóteses (apêndice 3), 14 pistas a respeito das doenças que os estudantes deverão identificar a partir da exploração do aplicativo e demais recursos disponíveis no LVA (apêndices de 4 a 7) e um cartão para transposição de resultados (apêndice 8).

A pista 1 relaciona a Epilepsia Mioclônica com Fibras Vermelhas Rasgadas (MERRF) com a disfunção das mitocôndrias; a pista 2 associa a Distrofia Muscular de Duchenne com a disfunção do citoesqueleto; a pista 3 associa mutações genéticas (núcleo) à Osteogênese Imperfecta; a pista 4 associa a disfunção do transporte iônico (membrana

celular) com a Fibrose Cística; a pista 5 associa uma mutação genética (núcleo) à Progeria; a pista 6 associa a carência da vitamina C a uma disfunção do retículo endoplasmático rugoso com a doença do Escorbuto; a pista 7 associa a Doença de Crigler-Najjar à disfunção do retículo endoplasmático liso; a pista 7 associa a disfunção do complexo de Golgi à Mucopolidiose; a pista 9 associa uma disfunção nas mitocôndrias à Miopatia Mitochondrial, Encefalopatia, Acidose láctica, e Episódios Semelhantes a Acidente vascular Cerebral (MELAS); a pista 10 associa uma disfunção do complexo de Golgi à Doença de Wilson; a pista 11 associa a disfunção dos lisossomos à Leucodistrofia Metacromática; as pistas 12 e 13 associam a disfunção dos peroxissomo à Adrenoleucodistrofia (ADL) e à Síndrome de Zellweger, respectivamente; e a pista 14 associa a disfunção do citoesqueleto à Síndrome de Kartagener.

Para criação dos cartões e das pistas, além do uso de imagens livres, utilizamos os softwares *MSWord* e *Paint 3D* para edição de imagens.

FIGURA 4 – ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO ABORDADA PELA PROPOSTA DE SDI



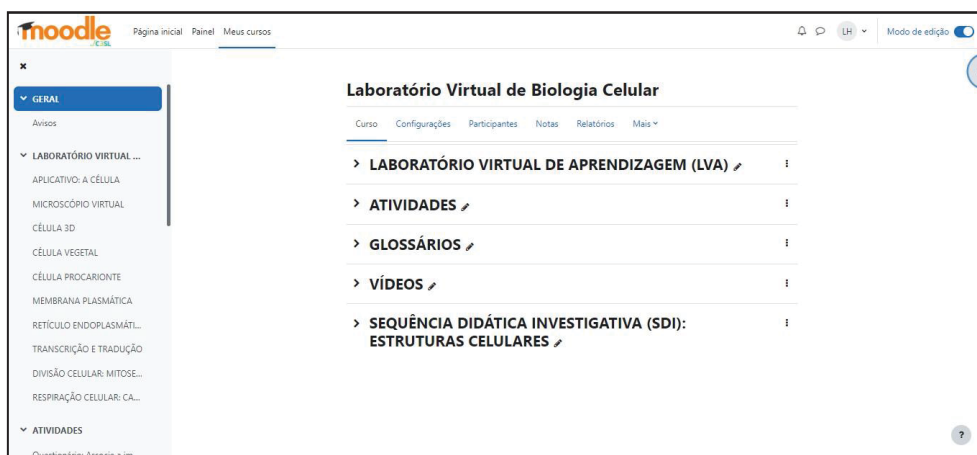
Mapa de conceitos: etapas do método científico abordadas na SDI
Fonte: A autora (2022)

5 RESULTADOS

5.1 CRIAÇÃO DO AVA E DESENVOLVIMENTO DO LVA

Utilizando a plataforma *Moodle* hospedada na UFPR, foi criado o AVA, intitulado “Laboratório Virtual de Biologia Celular”. Este ambiente conta com cinco tópicos principais: LVA, atividades, glossário, vídeos e sequência didática investigativa (Figura 5). Para compor o primeiro tópico, o LVA, (Figura 6), foram pesquisados e selecionados alguns recursos digitais, referentes aos conteúdos de Biologia Celular. Os recursos selecionados estão descritos na TABELA 1. O aplicativo desenvolvido no presente trabalho também está inserido neste tópico.

FIGURA 5 – TÓPICOS CONSTITUINTES DO LVA



Organização dos tópicos dentro do LVA

Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

FIGURA 6 – LABORATÓRIO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (LVA)



Layout do LVA: plataforma Moodle UFPR

Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

TABELA 1 – RECURSOS DISPONIBILIZADOS NO LVA

Conteúdo	Material	Fonte e Acesso
Estruturas Celulares	Aplicativo	Os autores. https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420
Célula Eucarionte Animal	Célula 3D	NUEPE - UFPR . http://www.nuepe.ufpr.br/blog/?page_id=663 http://3d.cl3ver.com/0MKDN
Célula Procarionte	Animação 3D	Espaço Interativo de Ciências - USP. http://cbme.usp.br/playercbme/celulasvirtuais/know/procariota.html#
Microscópio Virtual online	Ferramenta interativa: célula animal e vegetal	Espaço Interativo das Ciências - USP. https://eic.ifsc.usp.br/app/MicroscopioVirtual/
Retículo Endoplasmático e Complexo de Golgi	Vídeo com imagens de microscopia eletrônica (3D)	NUEPE – UFPR. https://www.youtube.com/watch?v=N7WutbMim1E
Membrana Plasmática	Simulador	PhET Interactive Simulations – Universidade do Colorado. https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/membrane-channels/latest/membrane-channels.html?simulation=membrane-channels&locale=pt_BR
Cadeia de Transporte de elétrons	Animação 2 D	Casa das Ciências. https://www.casadasciencias.org/recurso/7773
Transcrição e Tradução	Simulador	PhET Interactive Simulations – Universidade do Colorado. https://phet.colorado.edu/sims/html/gene-expression-essentials/latest/gene-expression-essentials_pt_BR.html

Conteúdo	Material	Fonte e Acesso
Síntese e secreção: complexo de Golgi e retículo endoplasmático	Vídeo: imagens de microscopia eletrônica (3D)	NUEPE – UFPR. https://www.youtube.com/watch?v=N7WutbMim1E
Divisão celular: mitose e meiose	Animação interativa	Casa das Ciências. https://www.casadasciencias.org/recurso/5902

Animações e simulações selecionadas para o LVA
Fonte: A autora (2022)

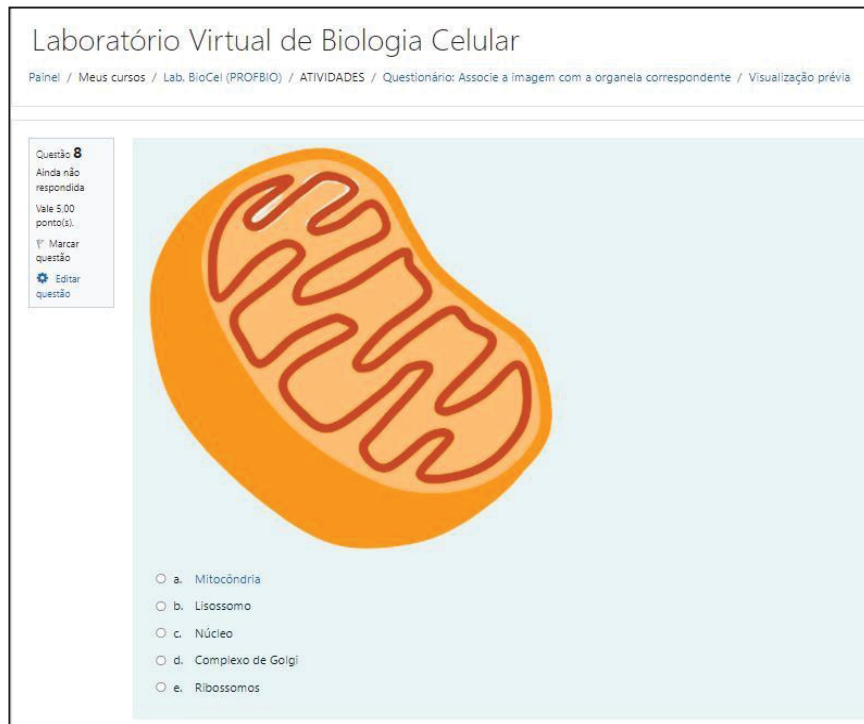
O segundo tópico conta com as atividades desenvolvidas (FIGURA 7). A primeira atividade é um questionário composto por onze questões onde o estudante deve associar a imagem com o nome correto da organela (FIGURA 8).

FIGURA 7 – TÓPICO ATIVIDADES



Layout do tópico “Atividades” do AVA
Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

FIGURA 8 – ATIVIDADE 01

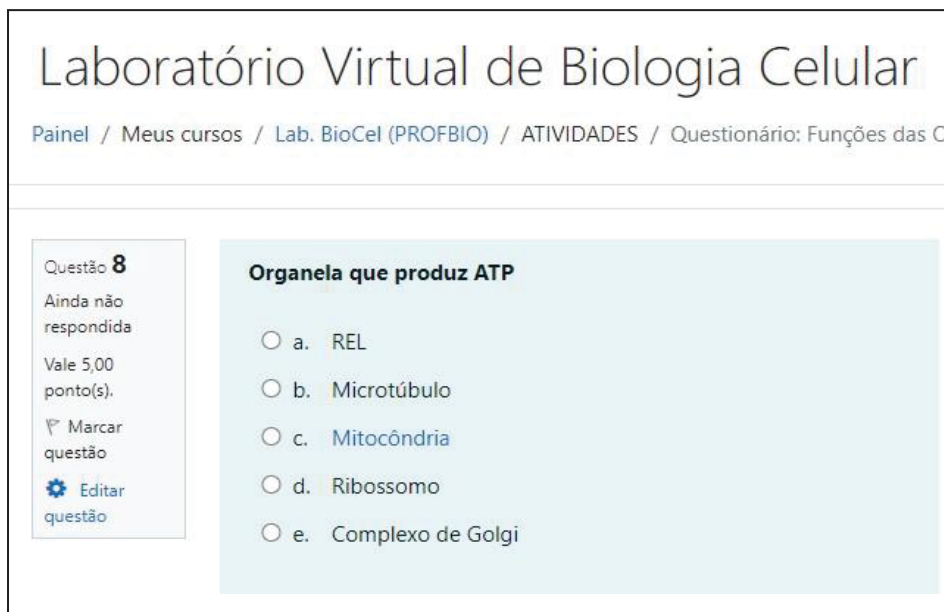


Layout do questionário sobre as organelas, estruturas e processos celulares

Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

A segunda atividade é um questionário composto por vinte questões onde o estudante deve associar a função estabelecida no enunciado com a organela correta (FIGURA 9).

FIGURA 9 – ATIVIDADE 02

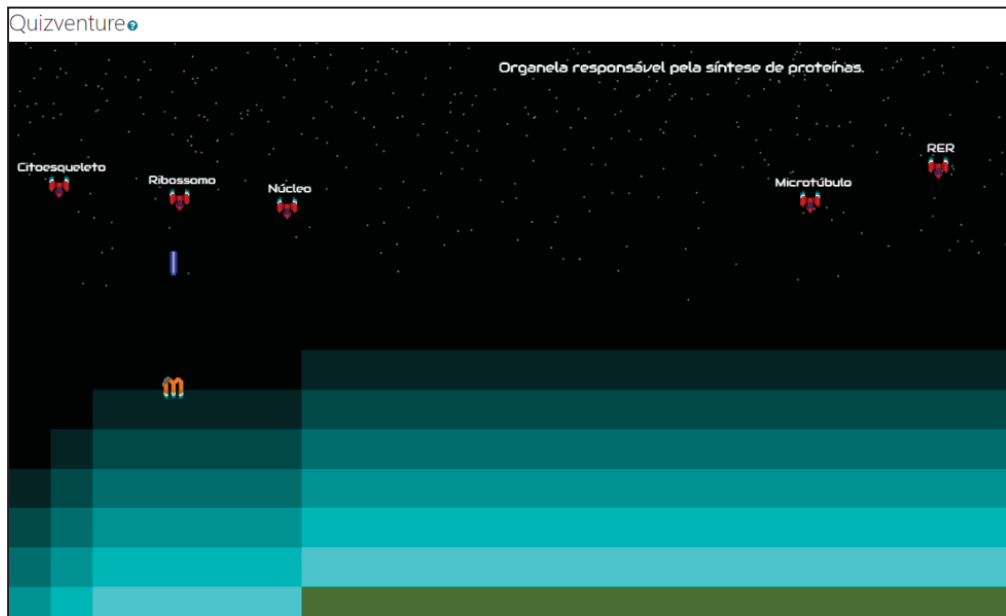


Layout do questionário sobre as organelas, estruturas e processos celulares

Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

A terceira atividade é um “*Quizventure*”, um jogo de espaçonave, composto por 20 questões envolvendo as funções desempenhadas pelas estruturas celulares. Neste jogo o estudante deve atingir a espaçonave que contém a resposta correta da pergunta que aparece no topo da tela (FIGURA 10).

FIGURA 10 – ATIVIDADE 03



Layout do jogo “*Quizventure*” sobre as estruturas e processos celulares

Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

A quarta atividade é um jogo de “palavras cruzadas” composto por 23 itens envolvendo vários conceitos relacionados à Biologia Celular e Molecular (FIGURA 11).

O terceiro e o quarto tópicos trazem um glossário com conceitos de Biologia Celular e Molecular (FIGURA 13) e indicações de vídeos, respectivamente, para auxiliar o estudante no processo de ensino e aprendizagem (FIGURA 14).

FIGURA 13 – GLOSSÁRIO DE BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR

Glossário - Biologia Celular e Molecular

Este glossário explica termos referentes à Biologia Celular e Molecular.

Buscar Buscar em todo o texto

Navegar usando este índice

Especial | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | Todos

C

Catalisador
Substância que torna a reação química mais rápida, mas não é modificado neste processo.

Citoesqueleto
Desempenha papel mecânico de suporte, mantendo a forma celular e posição de seus componentes, movimentos celulares e deslocamentos intracelulares de organelas e cromossomos.


Citosina
Base nitrogenada (pirimidica ou pirimidina) encontrada no DNA ou RNA.

Layout do glossário as estruturas e processos celulares

Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

FIGURA 14 – VÍDEOS

VÍDEOS



Síntese Proteica

Este vídeo demonstra os processos de transcrição e tradução.

- Animação em 3D
- Tempo: 2min41s
- Idioma: inglês (com legenda)

Mitose

Este vídeo demonstra como ocorre a mitose.

- Animação em 3D
- Tempo: 4min33s
- Idioma: inglês (sem legenda)

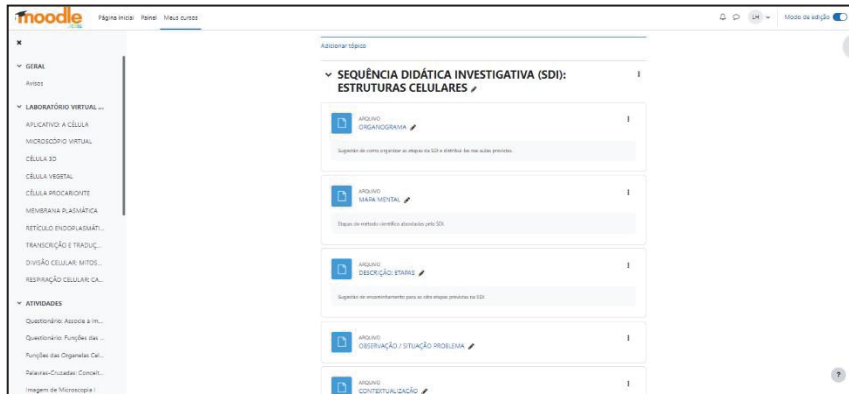
Observação: é possível adicionar legenda e traduzir automaticamente para português diretamente no vídeo.

Layout do tópico “vídeos”

Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

O quinto tópico traz arquivos disponíveis para *download* referentes à sequência didática investigativa (SDI): organograma, mapa mental, descrição das etapas, observação e situação problema, contextualização, registro de hipóteses, transposição de resultados, pistas e gabarito (FIGURA 15).

FIGURA 15 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA



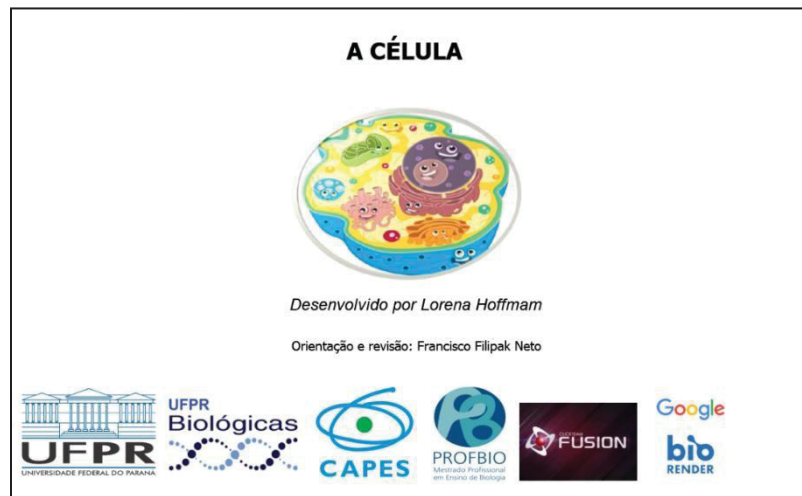
Layout do tópico “sequência didática investigativa”
Fonte: <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

5.2 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

O aplicativo foi desenvolvido para ser uma ferramenta didática virtual e interativa, que envolvesse as estruturas celulares, suas morfologias, funções e processos desenvolvidos. Está disponível em formato “executável”, com acesso para baixar no tópico “LVA” do ambiente virtual em <https://moodle.c3sl.ufpr.br/course/view.php?id=420>

Neste recurso, a ideia é que o estudante consiga interagir (simular) uma prática virtual, que possibilite a ele alterar parâmetros e manipular elementos relacionados com pelo menos duas funções de cada estrutura, em diferentes situações. Neste aplicativo estão representadas num total de 78 *frames*, as seguintes estruturas celulares: membrana plasmática; núcleo (processos de replicação, transcrição e tradução); retículo endoplasmático (granular e liso), complexo de Golgi, mitocôndria, peroxissomo, lisossomo e citoesqueleto. O primeiro *frame* corresponde a tela do aplicativo é apenas uma abertura, a qual indica seus desenvolvedores, as instituições apoiadoras e os principais *softwares* utilizados (FIGURA 16).

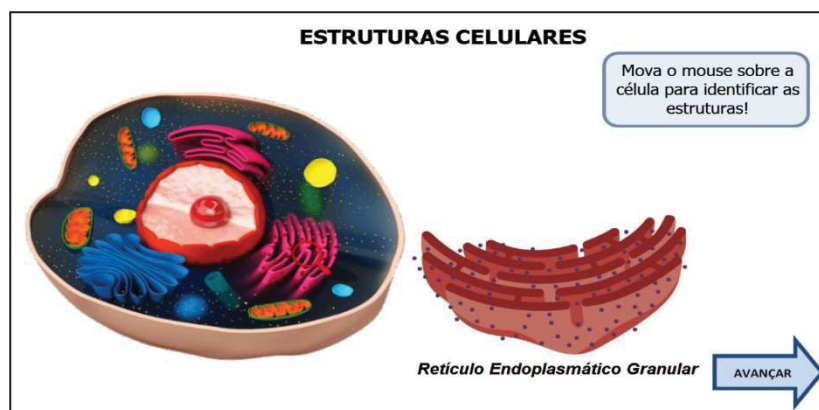
FIGURA 16 – TELA DE ABERTURA DO APLICATIVO



Tela de abertura do aplicativo intitulado: “A Célula”
Fonte: Os Autores (2022)

Após a abertura, o estudante é encaminhado para o segundo *frame* onde poderá explorar a célula eucarionte animal. Nela, o *mouse* está programado para ser uma “lupa” que poderá ser movimentada sobre a(s) estrutura(s) ou organela(s) de interesse. Quando a lupa é posicionada sobre uma organela ou estrutura, esta “aumenta” de tamanho e seu nome surge na tela (FIGURA 17). Esta tela fica disponível para que o estudante possa explorar a célula e descobrir os nomes das estruturas ali representadas. Para prosseguir ele deverá clicar em “avançar”.

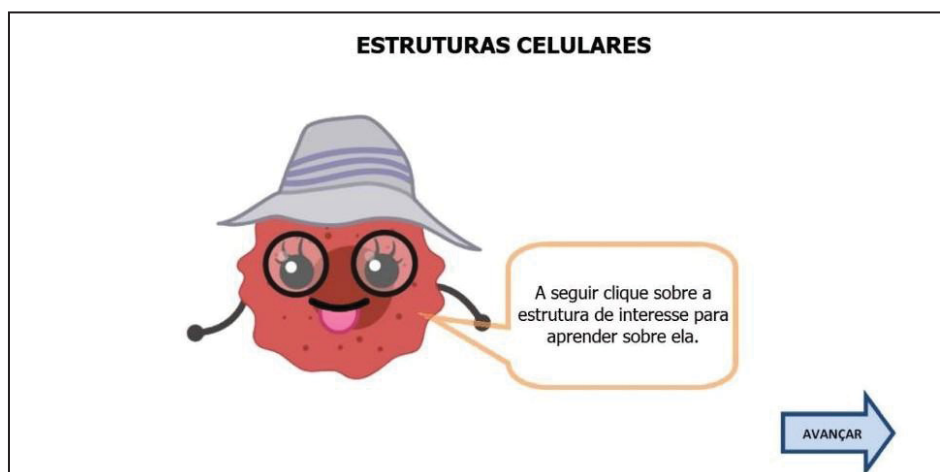
FIGURA 17– EXPLORANDO A CÉLULA I



Frame onde o estudante poderá explorar as organelas e estruturas celulares
Fonte: Os Autores (2022)

Após avançar, surge um novo *frame* com orientações de como proceder na exploração de cada estrutura de forma individual (FIGURA 18).

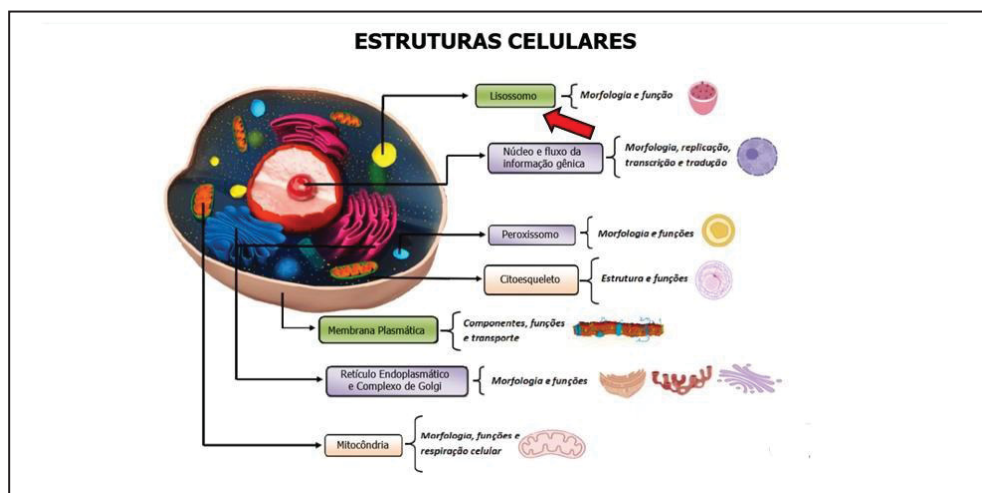
FIGURA 18 – ORIENTAÇÕES



Orientações para acessar as simulações específicas
Fonte: Os Autores (2022)

O *frame* seguinte traz uma tela indicando as estruturas e organelas abordadas no aplicativo (FIGURA 19). Após clicar sobre o lisossomo, por exemplo, o estudante será direcionado para a aplicação desenvolvida especificamente para esta organela.

FIGURA 19 – EXPLORANDO A CÉLULA II



Estruturas e organelas abordadas no aplicativo
Fonte: Os Autores (2022)

5.2.1 Lisossomo

Nesta aplicação, composta por 09 *frames*, o objetivo é que o estudante associe a imagem da organela à sua respectiva função, assim como às substâncias que podem ser degradadas pelos lisossomos no processo de autofagia e heterofagia.

Os dois primeiros *frames* são apenas ilustrativos e trazem informações a respeito da morfologia, composição interna e uma imagem de microscopia eletrônica do lisossomo (FIGURAS 20 e 21). O *frame* 3 questiona sobre a função desempenhada pela organela (FIGURA 22).

Na sequência, no *frame* 4, o estudante deve interagir “arrastando” até o interior do lisossomo a função que ele desempenha (FIGURA 23). Quando é arrastada uma função incorreta, surge uma mensagem indicando o erro e solicitando que outra função seja selecionada. Quando ele arrasta a função correta, aparece uma mensagem indicando o acerto e a seta “avançar”, permitindo que ele prossiga.

No *frame* 5, o estudante recebe informações sobre como deve estar o valor de pH no interior do lisossomo (meio ácido) e que para isso, seu interior deverá receber íons H^+ (FIGURA 24). Ele é orientado a “clique” no botão com o símbolo do íon H^+ para eles passem pela bomba de H^+ -ATPase até o interior da organela. Quando o lisossomo recebe quantidade suficiente de íons H^+ , o seu interior muda de cor, indicando que a acidez está aumentando.

Após reduzir o valor de pH do interior do lisossomo, o estudante poderá avançar e iniciar o próximo *frame*, onde deverá arrastar as moléculas de proteína, carboidrato e DNA para suas respectivas enzimas, que irão hidrolisá-las (FIGURA 25). Tentamos retratar a especificidade do complexo enzima-substrato, utilizando objetos (fatia de pizza) de cor semelhante à enzima específica. Caso o estudante tente arrastar a proteína para a enzima incorreta, por exemplo, a hidrólise não ocorrerá.

Após trabalhar com a função de hidrólise de moléculas, o estudante é encaminhado ao *frame* 6, onde receberá a informação de que os lisossomos realizam os processos de autofagia e heterofagia. No *frame* 7, o estudante deve arrastar para o interior do lisossomo dois componentes que serão digeridos pela organela no processo de autofagia (FIGURA 26). Se arrastar um componente incorreto, aparece uma imagem indicando o erro, e se arrastar um componente correto, aparece uma imagem indicando que a escolha está correta.

Após o estudante arrastar os dois componentes que serão degradados no processo (mitocôndria e peroxissomo), surge uma mensagem com a definição de autofagia e uma imagem representando o processo. No *frame* 8, o estudante deverá arrastar para o interior do lisossomo dois componentes que serão digeridos pela organela no processo de heterofagia (FIGURA 27). Se arrastar um componente incorreto, aparecer uma imagem indicando erro e se arrastar um componente correto, aparece uma imagem indicando o acerto. Após o

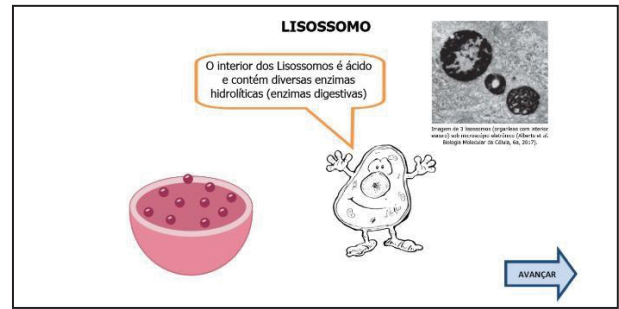
estudante arrastar os dois componentes que serão degradados no processo (vírus e bactéria), surge uma mensagem com a definição de heterofagia e uma imagem representando o processo. O *frame* 9 indica apenas a finalização desta aplicação sobre o lisossomo.

FIGURA 20 – ABERTURA: LISSOSSOMO



Tela de abertura da aplicação

FIGURA 21 – CARACTERÍSTICAS DO LISSOSSOMO



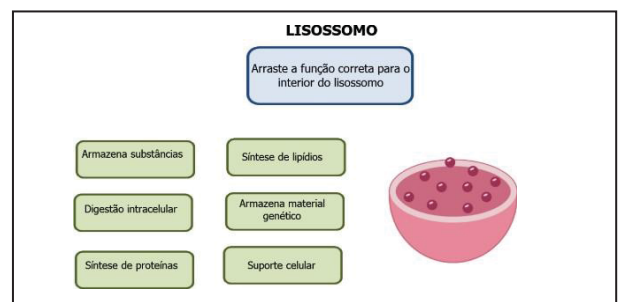
Características do meio interno do lisossomo

FIGURA 22 – PERGUNTA: FUNÇÃO



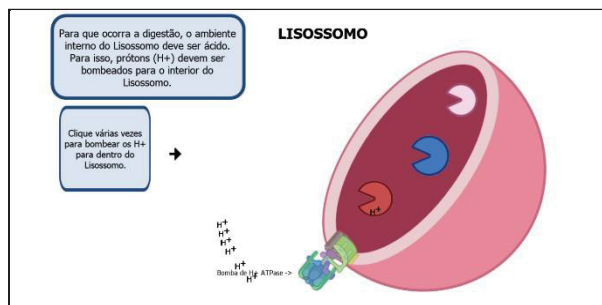
Questionamento: função do lisossomo

FIGURA 23 – FUNÇÃO DO LISSOSSOMO



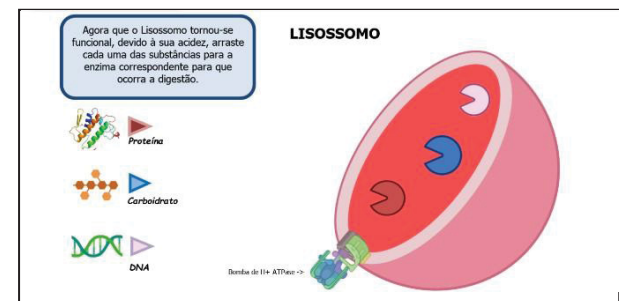
Seleção da função desempenhada pelo lisossomo

FIGURA 24 – ACIDEZ DO LISSOSSOMO



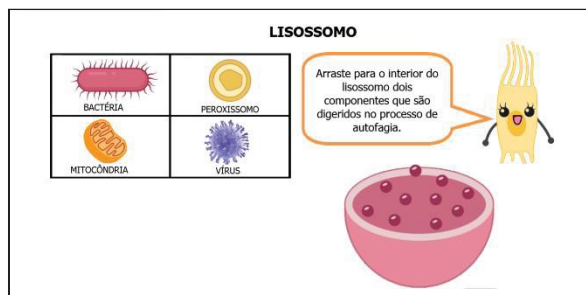
Informações sobre o pH interno do lisossomo

FIGURA 25 – DIGESTÃO DE MOLÉCULAS



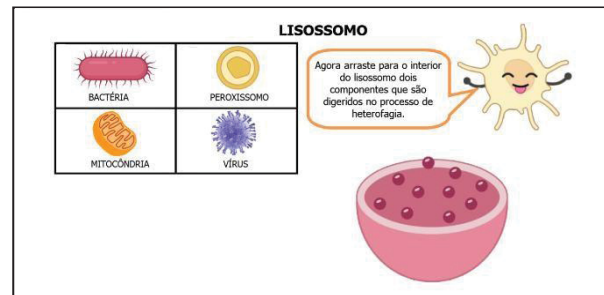
Digestão de moléculas e especificidade enzimática

FIGURA 26 – AUTOFAGIA



Seleção de componentes para digestão no processo de autofagia

FIGURA 27 – HETEROFAGIA



Seleção de componentes para digestão no processo de heterofagia

Fonte: Os autores (2022)

5.2.2 Fluxo da informação gênica (núcleo)

O objetivo desta aplicação, constituída por 10 *frames*, é que o estudante relacione as bases nitrogenadas correspondentes no DNA e no RNA; complete corretamente um trecho de uma molécula de DNA e de RNA; compreenda que o processo de transcrição é a síntese de uma molécula de RNA a partir de um segmento de uma das fitas do DNA, e que a tradução envolve "decodificar" um RNAm e usar sua informação para produzir um polipeptídeo ou cadeia de aminoácidos e traduza corretamente um segmento de RNAm.

O *frame* 1 traz uma imagem representando o núcleo celular a qual o estudante poderá explorar com a lupa, descobrindo os nomes e as funções desempenhadas pelas estruturas, assim como observar uma imagem de microscopia eletrônica do núcleo de uma célula eucarionte animal (Figura 28). O *frame* 2 solicita interação do estudante para arrastar até o núcleo da célula ilustrada, três funções desempenhadas por esta estrutura (Figura 29). Quando arrastar uma função incorreta, aparece uma mensagem indicando o erro e quando arrastar uma função correta, aparece uma mensagem indicando o acerto. Após arrastar as três funções corretas, surge uma mensagem com a definição de núcleo, suas características e funções desempenhadas.

O terceiro *frame* inicia as interações referentes aos processos de replicação, transcrição e tradução e é constituído apenas por uma tela de abertura intitulada "Fluxo da Informação Gênica". O quarto *frame* envolve a interação do estudante na produção de um segmento de DNA, simulando o processo de replicação, que ocorre no sentido 5'3', utilizando como referência a complementaridade de bases nitrogenadas do DNA (FIGURA 30). Ele deverá arrastar o nucleotídeo correto para ser encaixado no nucleotídeo correspondente da fita de DNA molde (sentido 3'5'). Quando um nucleotídeo incorreto for arrastado, este não irá encaixar, e o estudante não poderá seguir com a animação. Somente quando ele encaixar o nucleotídeo correto é que a DNA polimerase irá se mover, realizando a síntese da nova fita de DNA (FIGURA 31). Quando finalizar a replicação deste segmento, ele receberá a mensagem que a replicação está correta e que poderá avançar. Assim, conceitos como a complementaridade de bases nitrogenadas, sentido da síntese, principal enzima responsável por essa síntese e a replicação como um processo semiconservativo podem ser explorados diretamente e pelo professor.

O *frame* 5, o estudante deverá "transcrever" um trecho do DNA produzindo uma molécula de RNA, de forma complementar à fita molde (sentido: 3'5') com uma nova fita (sentido da síntese: 5'3'). O estudante deverá arrastar o nucleotídeo correto para ser encaixado

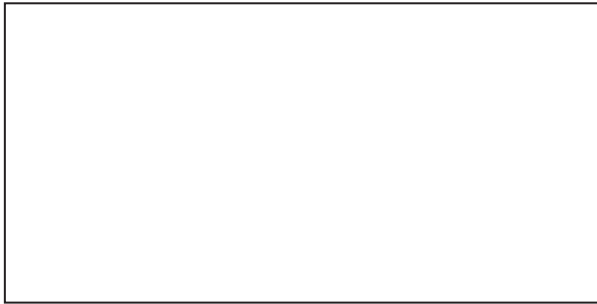
no nucleotídeo correspondente do DNA (3'5') (FIGURA 32). Quando o estudante tentar arrastar um nucleotídeo incorreto, este não irá encaixar, e ele não poderá seguir com a animação. Somente quando ele encaixar o nucleotídeo correto é que a RNA polimerase irá prosseguir a síntese. Quando finalizar a “transcrição” deste segmento de DNA, ele receberá a mensagem de que o processo está correto e poderá avançar (FIGURA 33). Nesta sequência de telas, conceitos como transcrição, complementaridade de bases nitrogenadas, sentido da transcrição, e a principal enzima responsável por este processo poderão ser explorados.

O sexto *frame* não oportuniza a interação do estudante, sendo apenas uma tela informativa sobre o processo de “tradução” (FIGURA 34). O *frame* 7 solicita que o estudante clique nas estruturas representadas para descobrir o nome e a função desempenhada pelas mesmas (FIGURA 35). Na sequência, no *frame* 8, o estudante recebe orientações de como interagir na tradução de um segmento de RNAm.

No *frame* 9, os RNAt ilustrados possuem o anticódon (trinca de nucleotídeos) e um aminoácido carregado. O estudante deverá arrastar o tRNA contendo o anticódon correspondente ao códon presente na molécula de RNAm (FIGURA 36). Na tela aparecem para o estudante os anticódons corretos (que se encaixam nos códons do RNAm) e anticódons incorretos (que não se encaixam nos códons do RNAm). Além disso, aparece um aminoácido “repetido”, um sendo carregado por RNAt contendo um anticódon que se encaixa corretamente na fita de RNAm e outro com anticódon que não se encaixa no RNAm, mas que carrega o mesmo aminoácido (FIGURA 37).

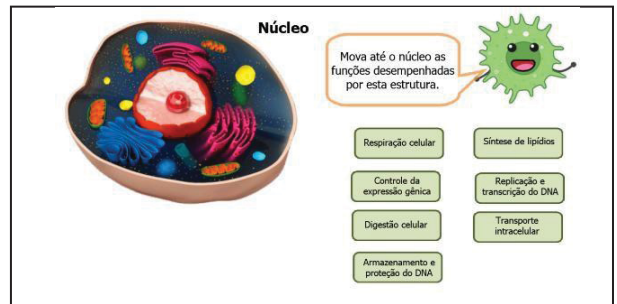
Quando o estudante arrasta um anticódon incorreto, este não irá encaixar no RNAm, e ele não poderá seguir com a aplicação. Somente quando o estudante encaixar o anticódon correto é que o ribossomo mover-se-á sobre a fita de RNAm, no sentido 5'3', adicionando o novo aminoácido para síntese da proteína (FIGURA 38). Após finalizar a “tradução” do RNAm, aparecerá uma mensagem indicando ao estudante que a síntese da proteína foi concluída e que ele pode avançar e finalizar a aplicação (FIGURA 39).

FIGURA 28 – ABERTURA: NÚCLEO



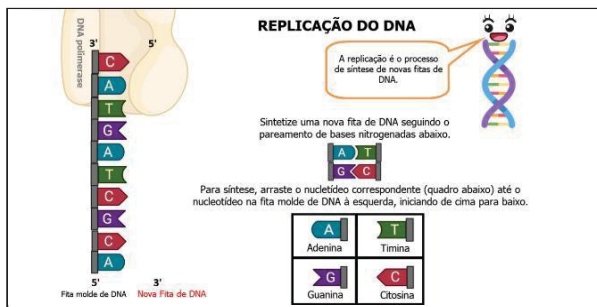
Identificação das estruturas nucleares

FIGURA 29 – FUNÇÕES: NÚCLEO



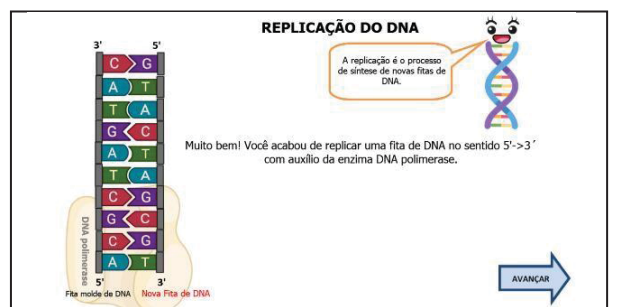
Seleção das funções desempenhadas pelo núcleo

FIGURA 30 – REPLICAÇÃO DO DNA I



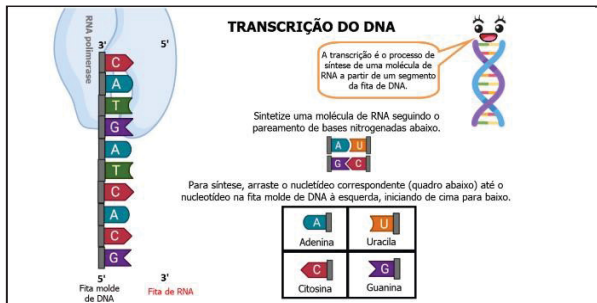
Início da replicação de um segmento de DNA

FIGURA 31 – REPLICAÇÃO DO DNA II



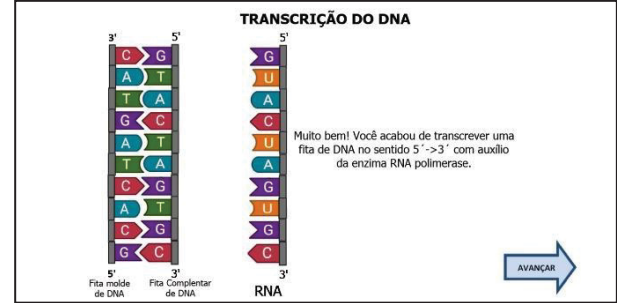
Término na replicação de um segmento de DNA

FIGURA 32 – TRANSCRIÇÃO – INÍCIO



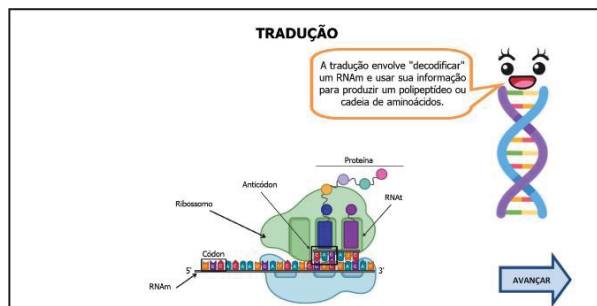
Início da transcrição de um segmento de DNA

FIGURA 33 – TRANSCRIÇÃO – FINAL



Término da transcrição de um segmento de DNA

FIGURA 34 – TRADUÇÃO: CONCEITO



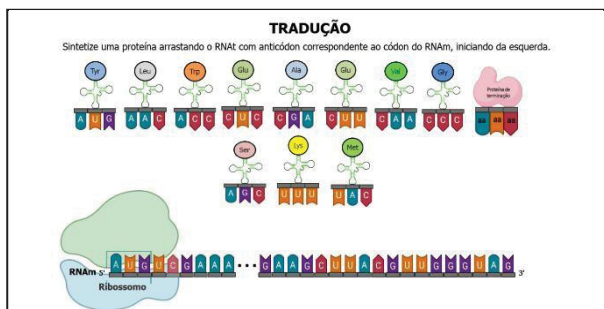
Definição do conceito de tradução

FIGURA 35 – TRADUÇÃO: COMPONENTES



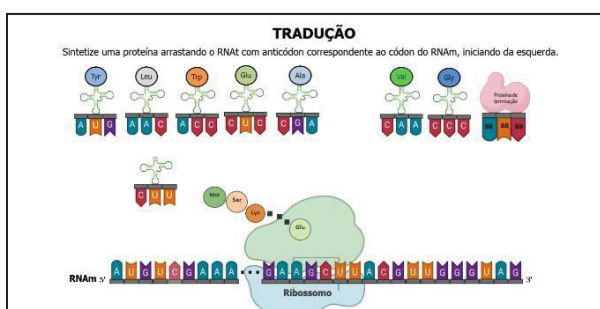
Componentes necessário ao processo de tradução

FIGURA 36 – INÍCIO DA TRADUÇÃO



Início da tradução de um segmento de RNAm

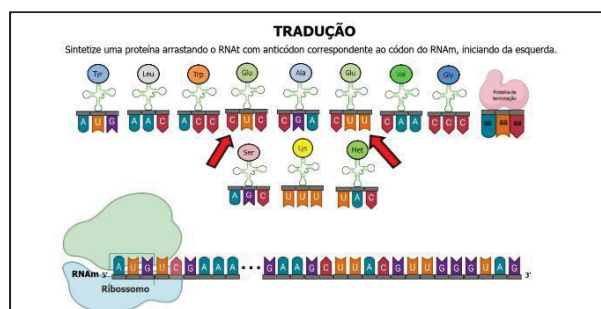
FIGURA 38 – TRADUÇÃO: LEITURA



Leitura do RNAm pelo ribossomo

Fonte: Os Autores (2022)

FIGURA 37 – AMINOÁCIDOS IGUAIS



Aminoácidos iguais: anticódons diferentes

FIGURA 39 – TRADUÇÃO: PROTEÍNA



Final da tradução: síntese da proteína

5.2.3 Peroxissomo

Esta aplicação composta por 8 *frames*, aborda a morfologia e funções dos peroxissomos, além da ação da enzima catalase, com o objetivo de que o estudante consiga visualizar a atuação dos peroxissomos em processos oxidativos. Esta aplicação pode inclusive ser associada à uma atividade prática utilizando batata e peróxido de hidrogênio diluído em água (água oxigenada), onde a reação indicará visualmente a formação do gás oxigênio, resultante da “quebra” do peróxido de hidrogênio.

O primeiro *frame* corresponde apenas a uma apresentação, que menciona uma das funções desempenhadas pelos peroxissomos (FIGURA 40). O segundo *frame* solicita a interação do estudante na seleção de três funções desempenhadas pela organela (FIGURA 41). Quando uma função correta é selecionada, aparece uma imagem indicando o acerto e quando uma função incorreta é selecionada, aparece uma imagem indicando o erro.

O terceiro *frame* é apenas ilustrativo e questiona o estudante sobre o nome da enzima responsável pela “quebra” de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), formando água (H_2O) e oxigênio (O_2). No quarto *frame* o estudante deve identificar, dentre os nomes que aparecerão

na tela, o nome da enzima correta. A imagem indicando a seleção correta aparecerá apenas na enzima “catalase”, e imagens indicando a seleção incorreta aparecerão nas demais enzimas.

No *frame 5* o estudante deve identificar, dentre as organelas que aparecerão na tela, qual é o peroxissomo (FIGURA 42). Quando forem selecionadas imagens incorretas, surge uma indicação do erro. Quando a imagem correta for selecionada, além da indicação de acerto, surge na tela uma imagem de microscopia eletrônica de um peroxissomo.

O *frame 6* inicia uma sequência de interações, onde o estudante deverá “auxiliar” a célula a degradar uma molécula de álcool no fígado. Para isso ele deverá clicar no “fígado” para que surja na tela um hepatócito (FIGURA 43). Dentro da célula hepática, o estudante deverá localizar e clicar no peroxissomo, para que surja na tela uma molécula de álcool (FIGURA 44). Esta molécula passará pela “enzima catalase” que irá degradar o etanol em peróxido de hidrogênio e acetaldeído (FIGURA 45).

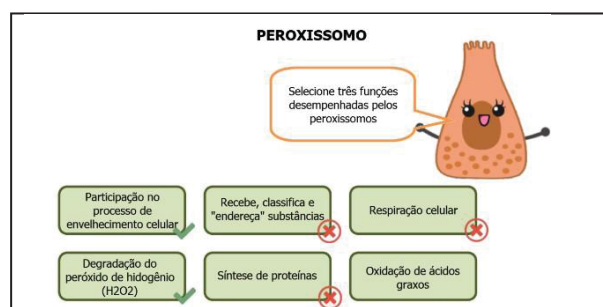
O *frame 7* traz em sua tela inicial a fórmula química do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), uma imagem representando o peroxissomo e a enzima catalase (FIGURA 46). Nesta tela, o estudante deve arrastar a molécula de peróxido de hidrogênio para dentro do peroxissomo e clicar na enzima catalase para dar início no processo de conversão do peróxido de hidrogênio em moléculas de água (H_2O) e gás oxigênio (O_2) (FIGURA 47). Após esta tela, o estudante deve prosseguir para o *frame 8*, que traz uma mensagem finalizando a aplicação sobre o peroxissomo.

FIGURA 40 – ABERTURA: PEROXISSOMO



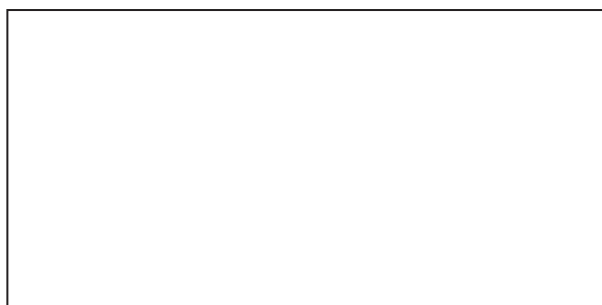
Tela de abertura da aplicação

FIGURA 41 – FUNÇÕES DO PEROXISSOMO



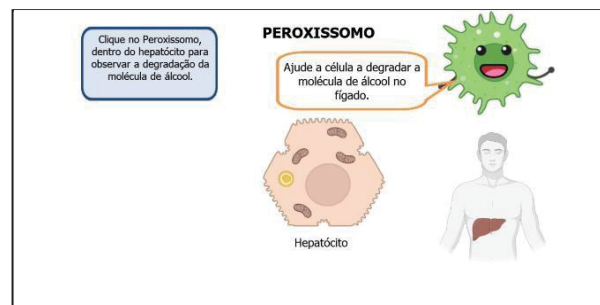
Seleção das funções desempenhadas pelo peroxissomo

FIGURA 42 – IDENTIFICAÇÃO: PEROXISSOMO



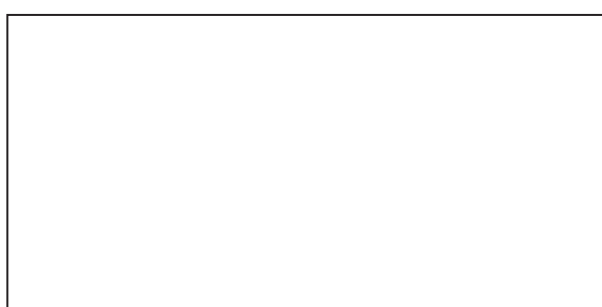
Identificação do peroxissomo

FIGURA 43 – DEGRADAÇÃO DO ÁLCOOL I



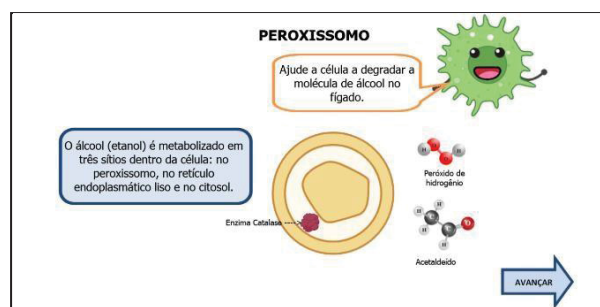
Localização do peroxissomo dentro do hepatócito

FIGURA 44 – DEGRADAÇÃO DO ÁLCOOL II



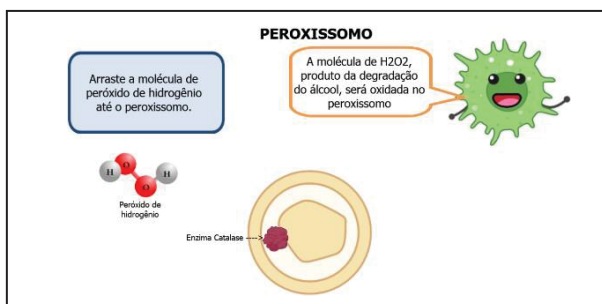
Visualização do peroxissomo e da catalase

FIGURA 45 – DEGRADAÇÃO DO ÁLCOOL III



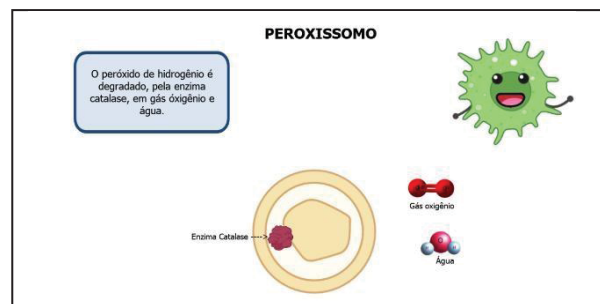
Produto final da degradação do álcool

FIGURA 46 – DEGRADAÇÃO DO H₂O₂



Início da degradação do peróxido de hidrogênio

FIGURA 47 – AÇÃO DA ENZIMA CATALASE



Produto final da degradação do peróxido de hidrogênio

Fonte: Os Autores (2022)

5.2.4 Citoesqueleto

Nesta aplicação, composta por 15 *frames*, objetivo é que o estudante associe a morfologia dos filamentos que compõem o citoesqueleto com suas respectivas funções, perceba a importância destas estruturas para o transporte intracelular e sustentação mecânica das células e interaja nos processos de polimerização e despolimerização de um filamento de actina.

O primeiro *frame* traz uma apresentação da estrutura do citoesqueleto e uma figura representando sua distribuição no interior da célula (FIGURA 48). Os *frames* 2, 3, 4, 5 descrevem as funções desempenhadas pelo citoesqueleto e uma imagem de microscopia eletrônica. Estas telas solicitam a interação do estudante apenas para prosseguir após a leitura dos quadros. A Figura 49 traz a informação contida no *frame* 2 e mostra um exemplo de como estão organizados os *frames* 3, 4 e 5.

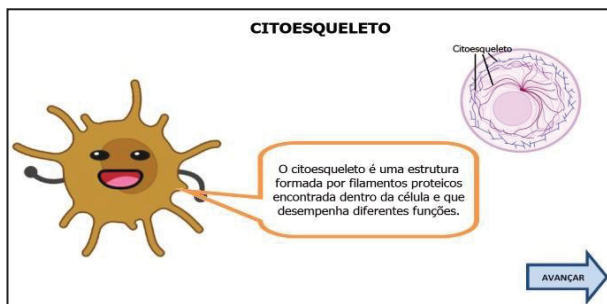
O *frame* 6 está relacionado com o nome e a estrutura dos filamentos do citoesqueleto. A tela é composta por imagens que representam um filamento de actina, um filamento intermediário e um microtúbulo (FIGURA 50). A orientação é para que o estudante clique as estruturas para descobrir seus respectivos nomes (FIGURA 51).

O *frame* 7 traz uma tela que expõem três características (FIGURA 52), e questiona o estudante sobre qual filamento apresenta tais aspectos. Para responder, o estudante deverá seguir para o *frame* 8, e escolher dentre as três estruturas ilustradas na tela, qual delas responde corretamente à pergunta. Quando a estrutura correta é selecionada, aparece uma imagem indicando o acerto, e quando uma estrutura incorreta é selecionada, aparece uma imagem indicando o erro (FIGURA 53).

Os *frames* 9, 10, 11 e 12 seguem as mesmas orientações dos *frames* 7 e 8. A Figura 54 mostra as características elencadas no *frame* 9, e a Figura 55 mostra as características descritas no *frame* 11. Tanto no *frame* 10 quanto no *frame* 12, o estudante deve selecionar o filamento que corresponde às características apresentadas.

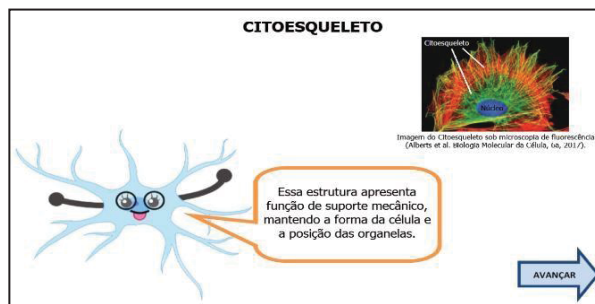
Os *frames* 13 e 14 abordam os processos de polimerização e despolimerização. O *frame* 13 solicita que estudante clique sobre as moléculas de actina para observar a polimerização do filamento que ocorrerá nas extremidades (FIGURAS 56 e 57). O *frame* 14 solicita que o estudante clique nas extremidades do filamento de actina para observar o processo de despolimerização (FIGURAS 58 e 59). Após esta tela, o estudante deve prosseguir para o *frame* 15, que traz uma mensagem finalizando a aplicação sobre o citoesqueleto.

FIGURA 48 – ABERTURA: CITOESQUELETO



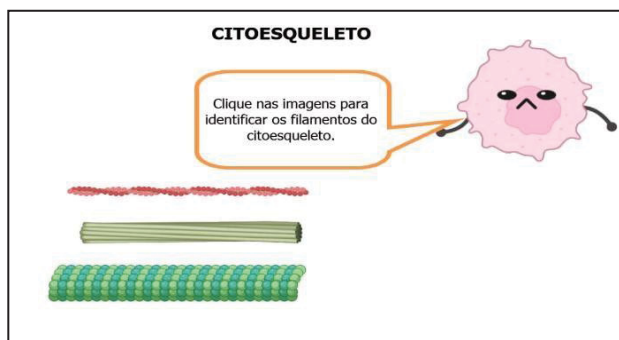
Tela de abertura da aplicação

FIGURA 49 – FUNÇÕES DO CITOESQUELETO



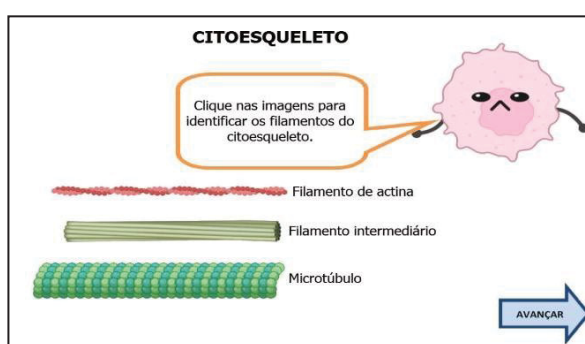
Apresentação: funções do citoesqueleto

FIGURA 50 – IDENTIFICANDO FILAMENTOS I



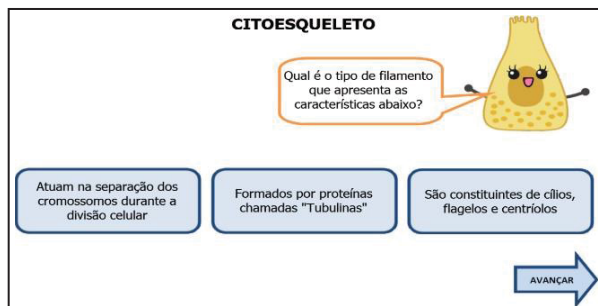
Representação dos três filamentos

FIGURA 52 – IDENTIFICANDO FILAMENTOS II



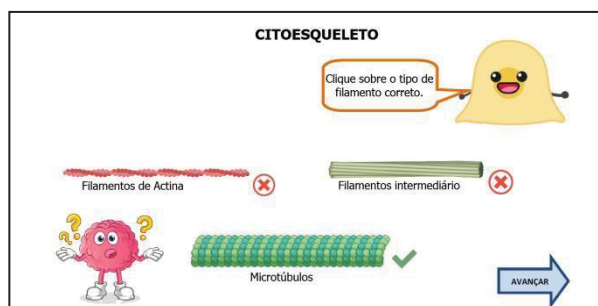
Identificação dos três filamentos

FIGURA 51 – DESCRIÇÃO: MICROTÚBULO



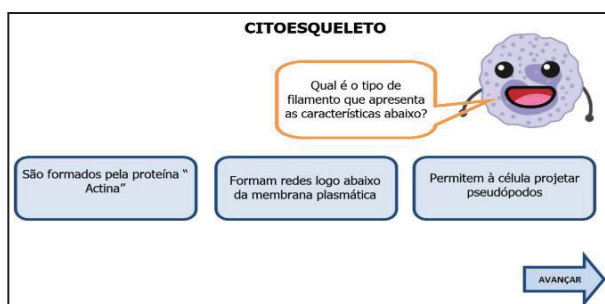
Descrição de três características do microtúbulo

FIGURA 53 – IDENTIFICANDO: MICROTÚBULO



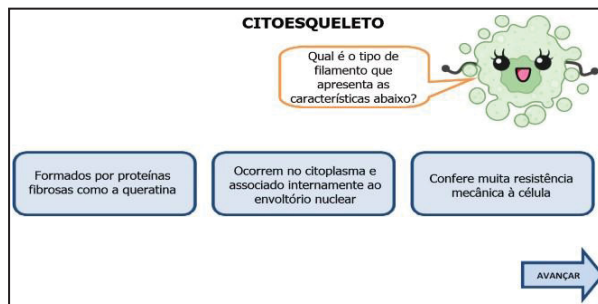
Associação das características com o microtúbulo

FIGURA 54 – DESCRIÇÃO: ACTINA



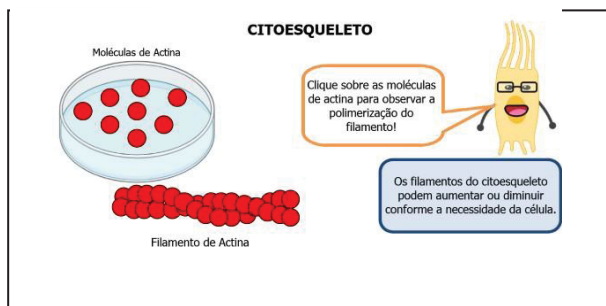
Descrição de três características do filamento de actina

FIGURA 55 – FILAMENTO INTERMEDIÁRIO



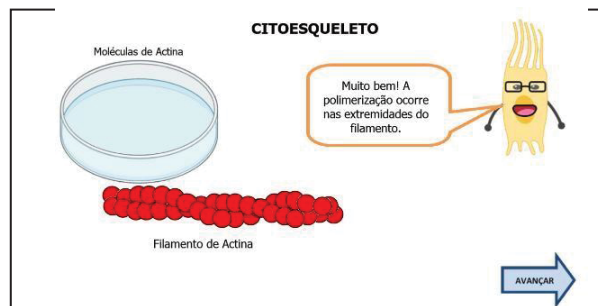
Descrição de três características do filamento intermediário

FIGURA 56 – POLIMERIZAÇÃO I



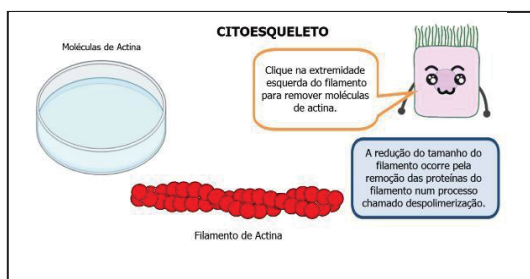
Instruções para realizar a polimerização do filamento de actina

FIGURA 57 – POLIMERIZAÇÃO II



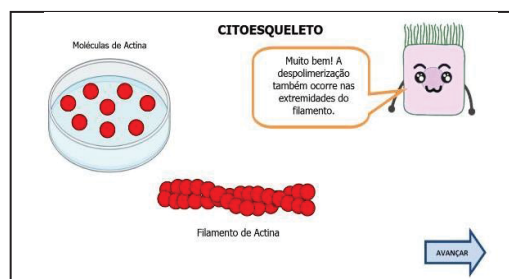
Indicação da polimerização do filamento de actina nas extremidades direita e esquerda

FIGURA 58 – DESPOLIMERIZAÇÃO I



Instruções para realizar a despolimerização do filamento de actina

FIGURA 59 – DESPOLIMERIZAÇÃO II



Indicação da despolimerização do filamento de actina nas extremidades direita e esquerda

Fonte: Os autores (2022)

5.2.5 Membrana plasmática

Nesta aplicação, composta por 13 *frames*, o objetivo é que o estudante visualize a dupla camada (bicamada) lipídica e os constituintes da membrana plasmática, descubra as funções desempenhadas por esta estrutura, visualize e interaja nos processos de transporte através da membrana.

O *frame* 1 traz apenas uma apresentação de abertura da aplicação (FIGURA 60). No *frame* 2 o estudante deve selecionar três funções desempenhadas por esta estrutura. Se uma função incorreta é selecionada, aparece na tela uma imagem indicando o erro, e se uma função correta é selecionada, surge uma imagem indicando o acerto (FIGURA 61). Após selecionar as três funções corretamente, o estudante receberá a mensagem para avançar.

O terceiro *frame* aborda os constituintes da membrana. Nesta etapa, o estudante deverá clicar em cada estrutura para descobrir os nomes corretos (FIGURA 62). Após observar os nomes de todas as estruturas, ele receberá uma mensagem para avançar (FIGURA 63).

No *frame* 4 há um mapa mental trazendo os nomes dos processos de transporte através da membrana e suas características (FIGURA 64). Neste mapa, o estudante precisará encaixar a sequência de conceitos, respeitando suas inter-relações. Se o estudante arrastar um conceito ou característica incorretos do processo, este será rejeitado pelo mapa, de modo que o estudante poderá prosseguir somente após arrastar todos os conceitos corretamente (FIGURA 65).

O *frame* 5 traz a definição do processo de difusão simples e o *frame* 6 traz uma tela onde estão representados a membrana, o meio intracelular e o meio extracelular, substâncias (representadas por esferas na cor laranja) que estão se movendo tanto no meio intracelular quanto extracelular (FIGURA 66). Neste *frame* o estudante recebe a orientação para “equilibrar” a concentração de substâncias do meio intra e extracelular. Para isso, ele deverá clicar nas “setas vermelhas” que estão em uma tabela no lado esquerdo da tela. Quando ele clicar na seta para aumentar ou diminuir o número de moléculas, surgirá a orientação para ele observar a substância (esfera colorida) que estará atravessando a membrana diretamente pela bicamada lipídica (FIGURA 67). Após esta etapa, aparecerá na tela a mensagem confirmando que as concentrações da molécula nos meios intra e extracelular foram equilibradas (igualadas), e que agora ele poderá avançar.

O *frame* 7 traz apenas a definição do processo de difusão facilitada e o *frame* 8 traz uma tela onde estão representados a membrana, o meio intracelular e o meio extracelular, os constituintes da membrana e substâncias que estão representadas por esferas coloridas. Nesta tela o estudante recebe a orientações para clicar nas moléculas (que estão representadas pelas esferas roxa, vermelha, verde e bege) para observar o processo de difusão facilitada (FIGURA 68).

Para representar este processo, buscou-se imagens de proteínas carreadoras (no site do *Biorender*) e, utilizamos o *software Word* para produzir bolinhas com as mesmas cores das proteínas carreadoras selecionadas. Tentamos desta forma demonstrar que substâncias específicas são transportadas para o interior da célula também por proteínas específicas, isto é, o transporte é seletivo.

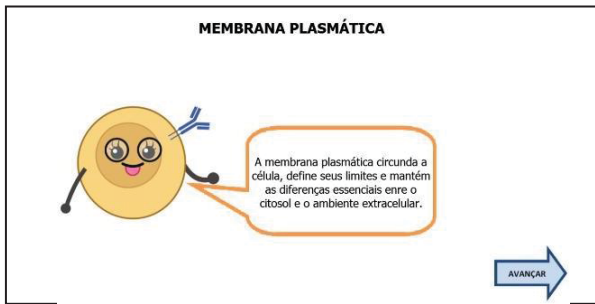
Quando o estudante clica na esfera roxa, por exemplo, ele irá observar esta “substância” passando pela membrana através de uma proteína carreadora também amarela (FIGURA 69).

O *frame* 9 traz apenas a definição de transporte ativo e o *frame* 10 traz informações sobre as concentrações dos íons sódio (Na^+) e potássio (K^+) no meio intra e extracelular

(FIGURA 70). O *frame* 11 informa o estudante que, para transportar os íons sódio e potássio, gerando diferença na concentração intra e extracelular dos dois íons, a célula gasta energia, e convida-o a descobrir como ocorre o processo de transporte ativo (FIGURA 71).

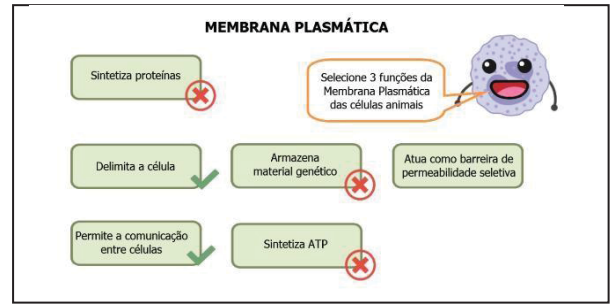
O *frame* 12 traz uma tela onde estão representados a membrana, o meio intracelular e o meio extracelular, os constituintes da membrana, substâncias que estão representadas por esferas amarelas, íons sódio (Na^+) representados por esferas azuis, íons potássio (K^+) representados por triângulos verdes, uma proteína transportadora (Bomba de Na^+/K^+ ATPase) e uma molécula de ATP (FIGURA 72). As interações trazidas neste *frame* solicitam que o estudante clique nos íons sódio (três íons representados), que então se encaixam na proteína transportadora. Para que a proteína mude sua conformação, uma molécula de ATP liga-se à proteína e é hidrolisada, formando ADP e liberando energia que é armazenada na forma de uma ligação covalente de um grupo fosfato com a proteína (FIGURA 73). Então os íons sódio são liberados para o meio extracelular. Na sequência, o estudante deverá clicar nos íons potássio, que se ligarão à proteína transportadora (FIGURA 74). A passagem dos íons potássio para o interior da célula indicam o final deste *frame* sobre o transporte ativo (FIGURA 75). Na sequência, o estudante é encaminhado para o *frame* 13, que traz uma imagem de microscopia eletrônica da membrana plasmática e uma mensagem finalizando a aplicação.

FIGURA 60 – ABERTURA: MEMBRANA



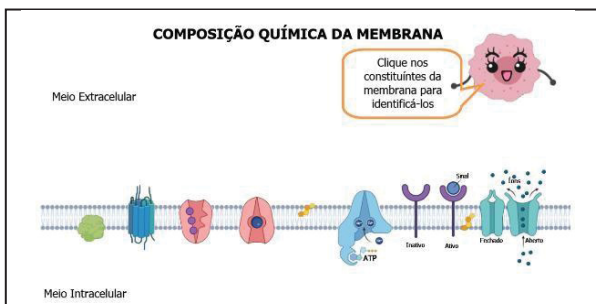
Tela de abertura da aplicação

FIGURA 61 – FUNÇÕES CORRETAS



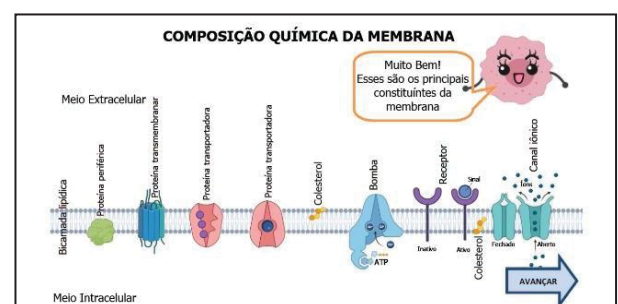
Seleção das funções corretas

FIGURA 62 – CONSTITUINTES DA MEMBRANA



Estruturas que compõem a membrana plasmática

FIGURA 64 – NOMES DAS ESTRUTURAS



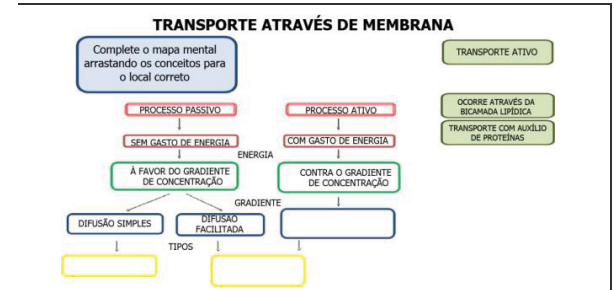
Descobrimo o nome das estruturas

FIGURA 63 – MAPA MENTAL I



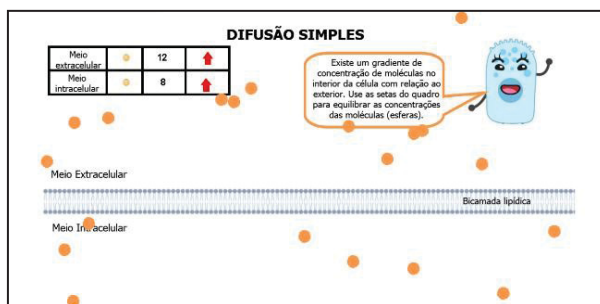
Mapa mental: transporte através de membrana

FIGURA 65 – MAPA MENTAL II



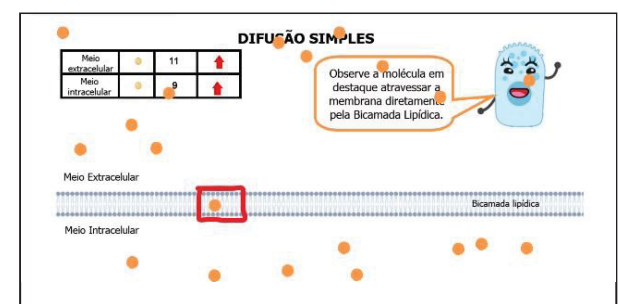
Preenchimento do mapa

FIGURA 66 – DIFUSÃO SIMPLES I



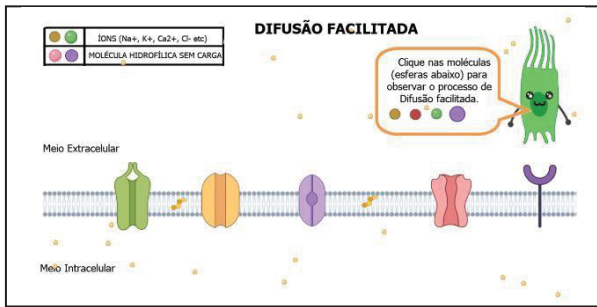
Gradiente de concentração em desequilíbrio

FIGURA 68 – DIFUSÃO SIMPLES II



Equilibrando o gradiente de concentração

FIGURA 67 – DIFUSÃO FACILITADA I



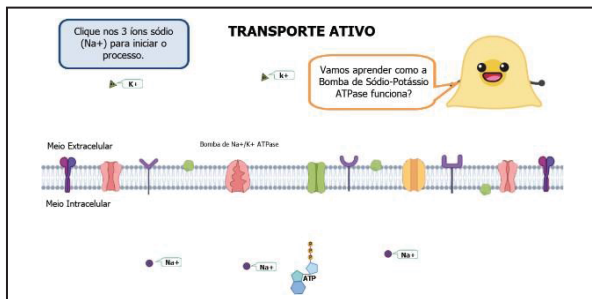
Proteínas carreadoras e moléculas específicas

FIGURA 70 – TRANSPORTE ATIVO I



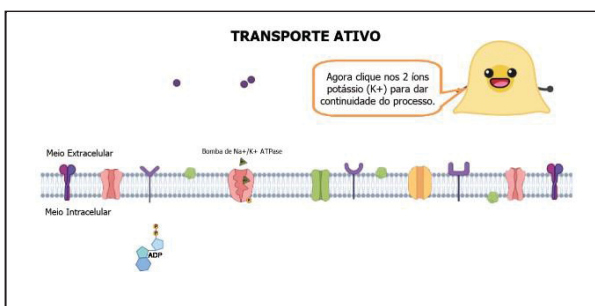
Definição do processo de transporte ativo

FIGURA 72 – TRANSPORTE ATIVO III



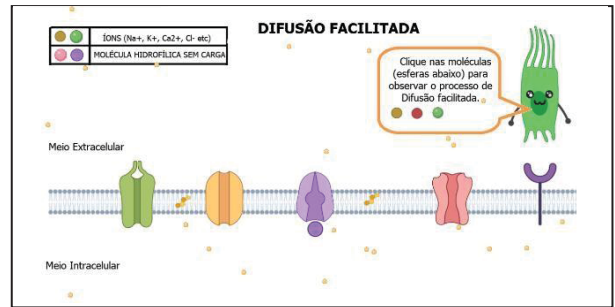
Elementos presentes no transporte ativo

FIGURA 74 – TRANSPORTE ATIVO V



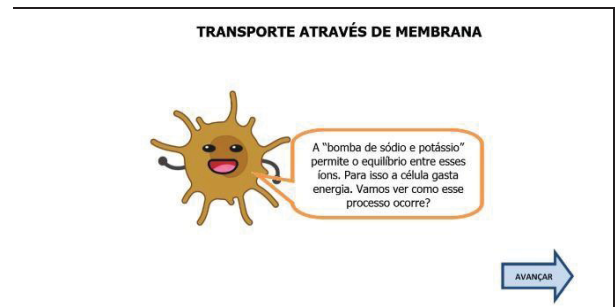
Movimentação dos íons de potássio

FIGURA 69 – DIFUSÃO FACILITADA II



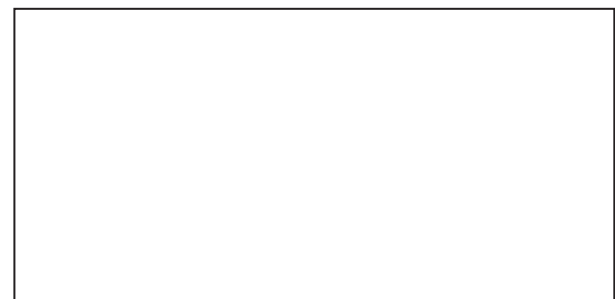
Processo de difusão facilitada por proteínas carreadoras

FIGURA 71 – TRANSPORTE ATIVO II



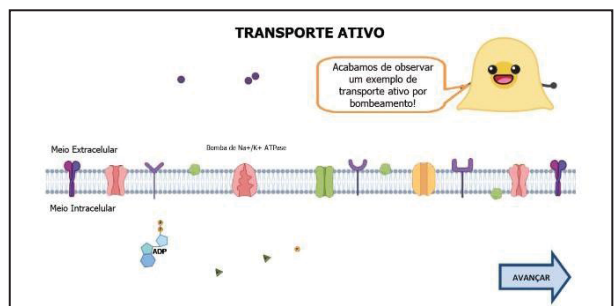
Gradiente de concentração (íons de Na+ e K+)

FIGURA 73 – TRANSPORTE ATIVO IV



Movimentação dos íons de sódio e hidrólise do ATP

FIGURA 75 – TRANSPORTE ATIVO VI



Tela final das animações sobre o transporte ativo

Fonte: Os Autores (2022)

5.2.6 Retículo endoplasmático (granular e liso) e Complexo de Golgi

Nesta aplicação, composta por 12 *frames*, buscou-se abordar a morfologia das organelas e suas respectivas funções. O objetivo é que o estudante perceba que após importação das proteínas para o retículo endoplasmático, elas são modificadas quimicamente no próprio retículo e posteriormente no complexo de Golgi. Com o uso desta aplicação e da sequência didática investigativa, o estudante deve perceber que estas modificações são fundamentais para que as proteínas desempenhem corretamente suas respectivas funções nas células.

O primeiro *frame* corresponde apenas a uma apresentação, que menciona funções das duas organelas (FIGURA 76). O *frame* 2 é constituído pela imagem de uma célula e suas estruturas, onde o estudante deve identificar e clicar sobre o retículo endoplasmático granular (REG). Depois de clicar sobre ela, esta irá mudar de cor, de azul para bege e surge uma imagem de microscopia eletrônica (FIGURA 77). O objetivo é identificar dentro da célula, qual estrutura é o retículo endoplasmático granular. Caso ele clique em outras organelas, não acontecerá nenhum evento, indicando que ele não está selecionando estrutura correta.

Nos *frames* 3 e 4, o estudante deve identificar o retículo endoplasmático liso (REL) e o complexo de Golgi, respectivamente, seguindo o mesmo processo descrito para o retículo endoplasmático granular. No *frame* 3, quando o estudante selecionar a organela correta, o retículo endoplasmático liso mudará sua cor de azul para rosa e surgirá uma imagem de microscopia eletrônica (FIGURA 78). E no *frame* 4, o complexo de Golgi mudará sua cor de roxo para laranja e surgirá uma imagem de microscopia eletrônica desta organela (FIGURA 79).

O *frame* 5 corresponde apenas a uma apresentação sobre as funções do complexo de Golgi e o *frame* 6 solicita que o estudante “arraste” até a organela, três funções desempenhadas por ela. Quando uma função correta é arrastada, surge uma indicação de acerto e quando uma função incorreta é arrastada, surge uma indicação de erro (FIGURA 80). Após a seleção correta de três funções, surge a mensagem indicando que o estudante pode avançar. Os *frames* 7 e 8 correspondem à mesma sequência de eventos descritos no *frame* 6, mas agora sobre o retículo endoplasmático granular (FIGURA 81) e liso (FIGURA 82), respectivamente.

Os *frames* 9 e 10 abordam os processos realizados pelo retículo endoplasmático granular. Nesta fase, tentamos demonstrar o processamento da proteína que passa pelo

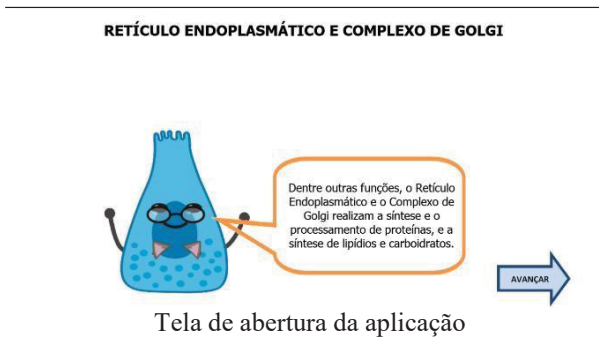
retículo endoplasmático granular (FIGURA 83). A sequência de imagens que segue a partir daqui não permite a interação do estudante. Os eventos que ocorrem são apenas ilustrativos e mediados por quadros que narram as etapas dos processos.

Nesta demonstração temos uma imagem representando uma “proteína imatura” chegando ao retículo. À medida que esta proteína segue no interior da organela, substâncias (carboidratos) são adicionadas a ela (FIGURA 84). Embora o processo de N-glicosilação, que ocorre no retículo endoplasmático granular de forma cotraducional seja realizado com a transferência, em uma única etapa, de um oligossacarídeo sintetizado sobre a molécula de dolicol, por simplicidade o processo está representado como ocorrendo em várias etapas. Ao final deste *frame*, a “proteína madura”, que já passou pelos processos de modificação no retículo endoplasmático granular, é empacotada em uma vesícula e segue para o complexo de Golgi (FIGURA 85).

Chegando ao complexo de Golgi, no *frame* 11, a proteína passa por novas modificações (FIGURA 86). Nesta organela, alguns carboidratos (manoses) podem ser removidos e outros adicionados (processo de glicosilação complexa). Esta sequência de eventos permite a interação do estudante apenas para avançar nas etapas da animação (FIGURA 87).

Após o processamento da proteína, esta será empacotada numa vesícula (FIGURA 88). Em seguida, surge um quadro informando que esta vesícula será transportada até a membrana plasmática, e irá fundir-se a ela, liberando seu conteúdo no meio extracelular (FIGURA 89). Na sequência o estudante será encaminhado para o *frame* 12, que traz uma mensagem finalizando a aplicação sobre o retículo endoplasmático e o complexo de Golgi.

FIGURA 76 – ABERTURA: RETÍCULO E C. GOLGI



Tela de abertura da aplicação

FIGURA 78 – LOCALIZAÇÃO REL



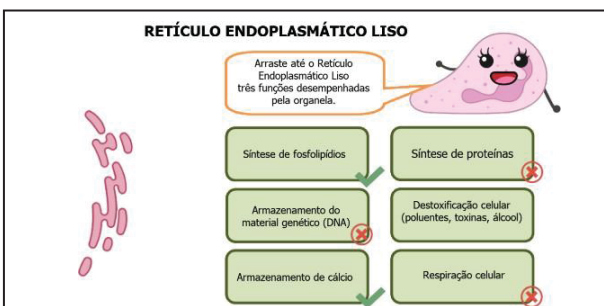
Localizando o retículo endoplasmático liso

FIGURA 80 – FUNÇÕES DO C. GOLGI



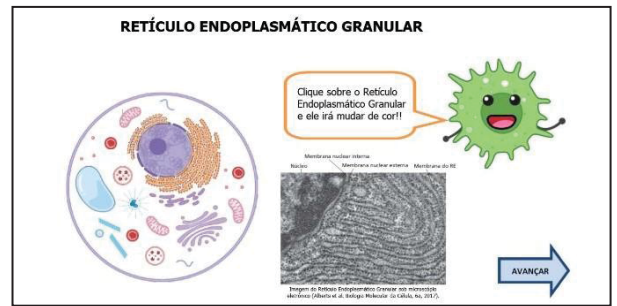
Seleção das funções desempenhadas pelo c. Golgi

FIGURA 82 – FUNÇÕES REL



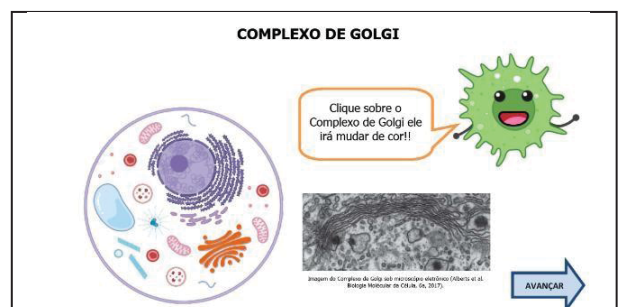
Seleção das funções desempenhadas pelo REL

FIGURA 77 – LOCALIZAÇÃO REG



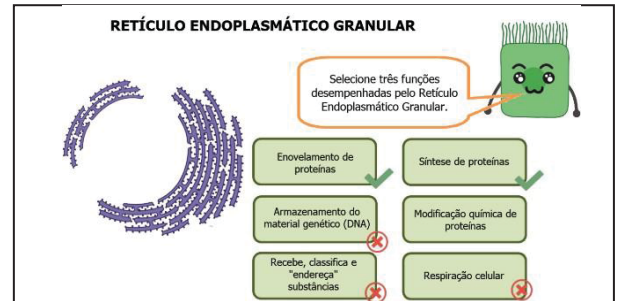
Localizando o retículo endoplasmático granular

FIGURA 79 – LOCALIZAÇÃO C. GOLGI



Localizando o complexo de Golgi

FIGURA 81 – FUNÇÕES DO REG



Seleção das funções desempenhadas pelo REG

FIGURA 83 – PROCESSAMENTO: PROTEÍNA I



Início do processamento de uma proteína no REG

FIGURA 84 – PROCESSAMENTO: PROTEÍNA II



Adição de carboidratos no REG

FIGURA 85 – PROCESSAMENTO: PROTEÍNA III



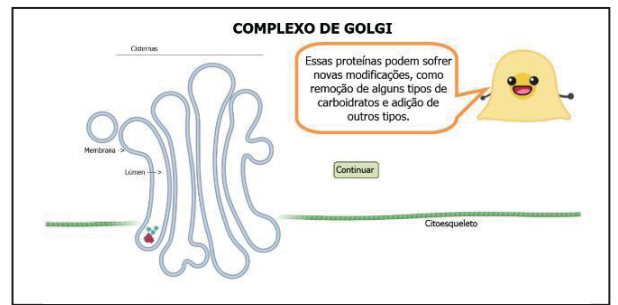
Transporte da proteína modificada para o c. Golgi

FIGURA 86 – PROTEÍNA CHEGA AO C. GOLGI



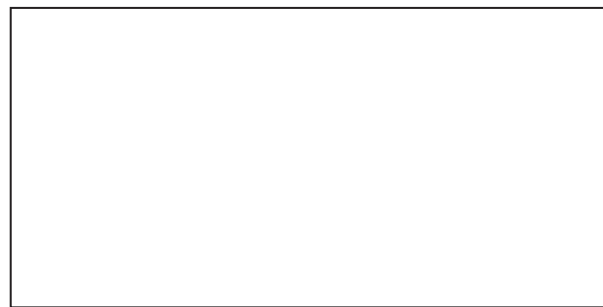
Proteína chegando em uma vesícula ao c. Golgi

FIGURA 87 – MODIFICAÇÕES NO C. GOLGI



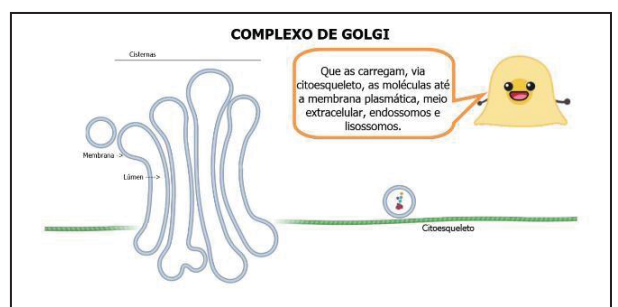
Carboidratos sendo removidos e adicionados

FIGURA 88 – “EMPACOTAMENTO”



“Empacotamento” da proteína em uma vesícula

FIGURA 89 – “ENDEREÇAMENTO”



Proteína sendo encaminhada até a membrana plasmática

Fonte: Os Autores (2022)

5.2.7 Mitocôndria

Nesta aplicação, composta por 6 *frames*, o objetivo é que o estudante associe a imagem da organela (mitocôndria) à sua respectiva função, assim como às substâncias e compostos necessários para a realização do processo de respiração celular, e seu produto final.

O *frame* 1 traz uma tela de abertura (FIGURA 90) e o *frame* 2 solicita que o estudante mova a lupa até a mitocôndria para visualizar suas estruturas internas, nesta tela surge também uma imagem de microscopia eletrônica (FIGURAS 91).

No *frame* 3 o estudante deverá “arrastar” até a mitocôndria três processos que ocorrem nesta organela (FIGURA 92). Quando ele arrasta um processo que não é realizado pela mitocôndria, surge uma mensagem de que a seleção está incorreta, e como proceder para tentar novamente. Quando a função correta é arrastada, ele recebe uma nova mensagem, indicando o acerto. Após “arrastar” corretamente três processos, surge a indicação para avançar (FIGURA 93).

No *frame* 4, o estudante será questionado sobre quais são as substâncias e compostos necessários para a realização da respiração celular (FIGURA 94). No *frame* 5, o estudante deve selecionar e arrastar até a mitocôndria três substâncias necessárias ao processo (FIGURA 95). Quando ele arrasta uma substância incorreta, surge uma imagem indicando o erro e quando as substâncias corretas são arrastadas, surge uma imagem indicando o acerto (FIGURA 96). Após reunir as três substâncias corretas, surge uma tela indicando o início do processo de respiração celular. Finalizando as animações do *frame* 5, surgem imagens representando os produtos e também a fórmula da oxidação completa da glicose (FIGURA 97). Na sequência o estudante será encaminhado para o *frame* 6, que traz uma mensagem finalizando a aplicação sobre a mitocôndria.

FIGURA 90 – ABERTURA: MITOCÔNDRIA



FIGURA 91 – ESTRUTURAS INTERNAS

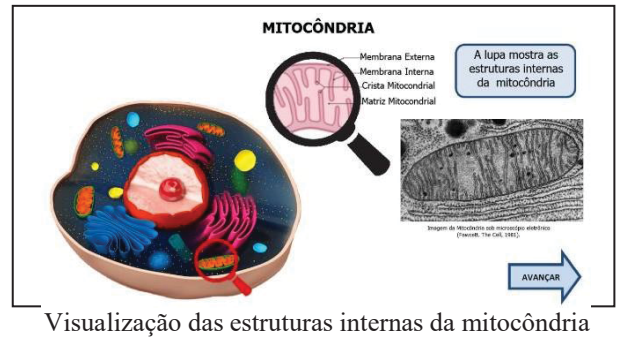
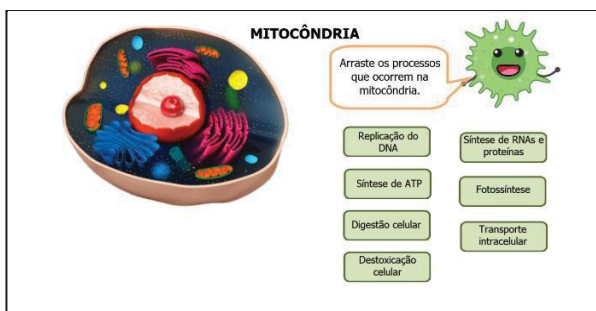
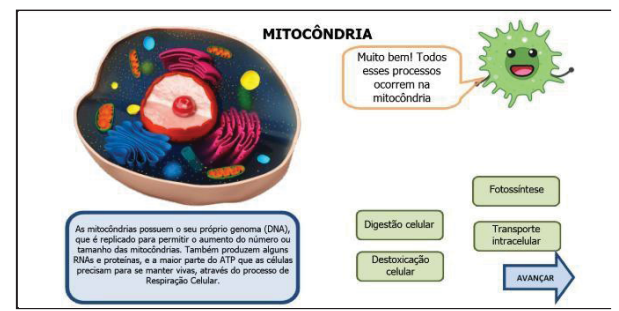


FIGURA 92 – PROCESSOS: MITOCÔNDRIA



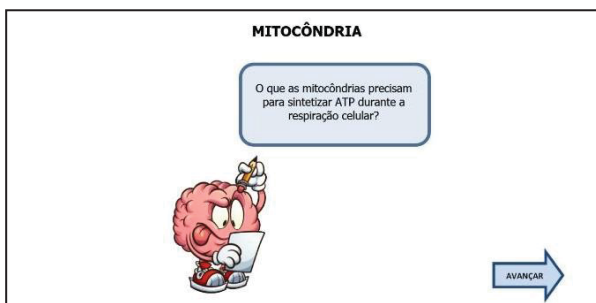
Seleção de processos que ocorrem na mitocôndria

FIGURA 93 – SELEÇÃO DE PROCESSOS



Seleção correta dos processos

FIGURA 94 – QUESTIONAMENTO



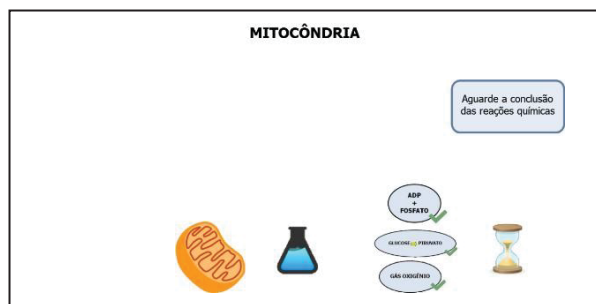
O que é necessário para a síntese de ATP?

FIGURA 95 – PRODUÇÃO DE ATP



Seleção das moléculas necessárias para a síntese de ATP

FIGURA 96 – MOLÉCULAS CORRETAS



Seleção correta das moléculas

FIGURA 97 - OXIDAÇÃO DA GLUCOSE



Produtos e fórmula da oxidação completa da glicose

Fonte: Os Autores (2022)

5.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA: ESTRUTURAS CELULARES

A sequência didática investigativa (SDI) desenvolvida prevê a utilização de 4 aulas. A Figura 98 sintetiza uma sugestão de como organizar as etapas e distribuí-las nas aulas previstas.

FIGURA 98 – ORGANOGRAMA: SDI

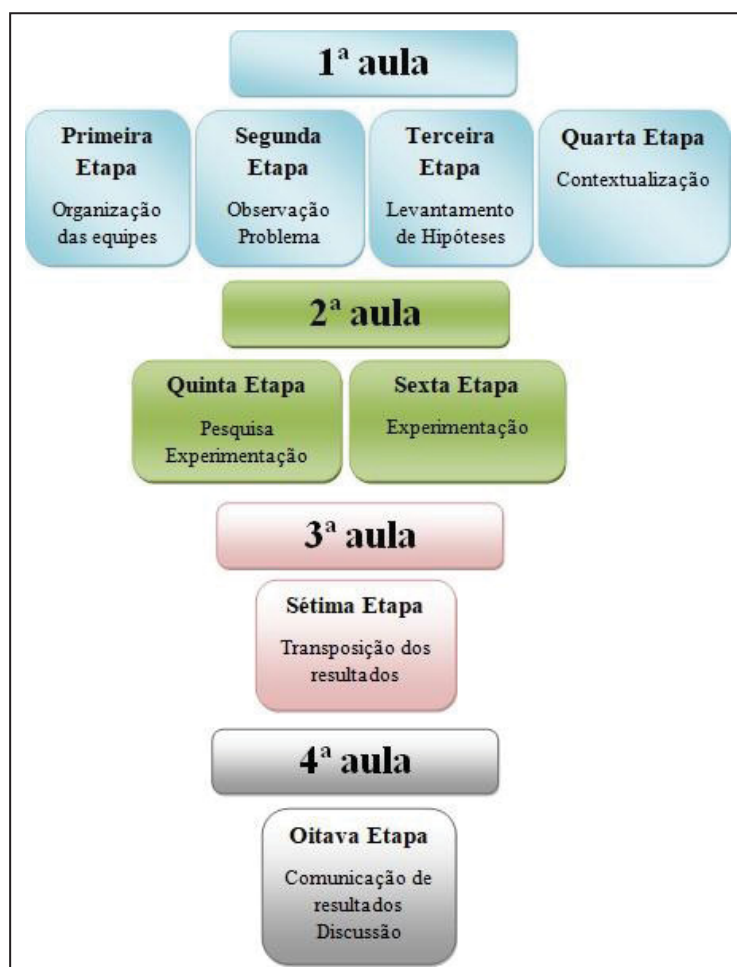


Figura ilustrando a organização das etapas da SDI em cada uma das quatro aulas previstas para a aplicação.

Fonte: A autora (2022)

TEMA: estruturas celulares

OBJETIVOS: ao final desta sequência, o estudante deverá reconhecer as estruturas que compõem a célula, suas formas e respectivas funções, assim como estabelecer a relação entre o bom funcionamento da célula com a saúde do organismo.

NÍVEL ESCOLAR: 1º Ano Ensino Médio

TEMPO DESTINADO: 4 aulas

DESENVOLVIMENTO:

Antes de iniciar a sequência didática, é importante que os estudantes tenham conhecimento prévio a respeito das estruturas celulares e suas funções. Para a(s) aula(s) que antecede(m) a aplicação desta sequência, sugere-se que os estudantes explorem os objetos de aprendizagem disponíveis no LVA.

1ª Etapa – 1ª aula

Sugere-se que os estudantes sejam divididos em duplas ou trios, dependendo da disponibilidade de computadores na escola. Esta sequência pode ser aplicada de forma remota, mas mesmo online, recomenda-se a formação de grupos para a realização das atividades propostas.

2ª Etapa – Observação / Problema - 1ª aula

Nesta etapa, o professor irá apresentar aos estudantes um cartão (apêndice 1) contendo a seguinte situação: “Doenças são distúrbios que alteram as atividades de algum órgão ou, até mesmo, de todo o organismo, normalmente originando sinais e sintomas desagradáveis. Mas como e por que nosso corpo, em determinado momento passa de um estado saudável para um estado doente?”

Nesta etapa, há a descrição de um fato a ser observado e um problema a ser resolvido. Este cartão pode ser entregue de forma impressa às equipes ou apenas projetado através de recurso multimídia como Tv ou projetor, por exemplo.

3ª Etapa – Levantamento de hipóteses - 1ª aula

Os estudantes deverão discutir com seus pares e formular hipóteses a respeito do problema exposto. Como forma de registro, os estudantes deverão transpor a(s) hipótese(s) levantada(s) pela equipe para um cartão resposta (apêndice 2). Os cartões podem ser recolhidos, e com eles é possível montar um mural na sala de aula, ou se o professor preferir, os estudantes podem apenas registrar suas hipóteses no caderno.

4ª Etapa – Contextualização - 1ª aula

Após o registro das hipóteses, o professor deverá entregar aos estudantes outro cartão (apêndice 3), que sugere a seguinte contextualização para dar continuidade à sequência: “Você trabalha em um laboratório de patologia. Neste laboratório são investigadas, através de amostras de sangue e de tecidos, possíveis doenças que os pacientes possam ter”.

Esta imagem também pode ser entregue às equipes na forma de cartão, ou apenas ser projetada através de recurso multimídia como projetor ou Tv, por exemplo. Nesta etapa, os estudantes deverão descobrir possíveis doenças de alguns pacientes, seguindo “pistas” fornecidas pelo professor. As próximas etapas ocorrerão num segundo momento, no laboratório de informática, onde serão passadas novas instruções.

5ª Etapa – Desenvolvimento – Pesquisa e experimentação – 2ª aula

No laboratório, o professor deverá entregar a cada grupo três cartões (pistas) com a descrição dos sintomas apresentados por pacientes diferentes (apêndices de 4 a 7). No total, foram produzidas 14 pistas contendo todas as doenças elencadas para esta sequência. Cada equipe deverá receber três pistas diferentes.

Como recurso para iniciar a investigação, sugere-se que os estudantes pesquisem na internet doenças que se relacionem com os sintomas apresentados. Como forma de registro desta ação, eles deverão fazer anotações em seus cadernos sobre as respectivas doenças e suas possíveis causas. Nesta aula ainda, caso haja tempo hábil, os estudantes podem ser orientados a iniciar o uso do aplicativo para a fase de experimentação.

6ª Etapa – Desenvolvimento – Investigação – Experimentação – 2ª e 3ª aula

Nesta etapa, deverá ser disponibilizado aos estudantes o uso do aplicativo sobre as funções das organelas celulares, que está inserido no LVA. Nele, estão disponíveis animações referentes à morfologia e às funções das estruturas e organelas celulares. Eles deverão explorar o aplicativo, tentando encontrar a resposta, sobre a disfunção da organela responsável pelo surgimento dos sintomas nos três casos diferentes (nas três pistas) que receberam para investigar.

7ª Etapa – Transposição dos Resultados - 3ª aula

Nesta etapa, o professor entregará aos estudantes um “cartão resposta” (apêndice 8), onde irão registrar as seguintes informações: sintomas apresentados pelo paciente; organela ou estrutura envolvida no surgimento dos sintomas; justificativa da seleção de determinada organela ou estrutura; causas na disfunção da organela ou estrutura e o nome da doença.

8ª Etapa – Comunicação de resultados e discussão – 4ª aula

As equipes deverão relatar aos seus colegas os resultados de suas investigações. Sugere-se que esta comunicação seja realizada de forma oral, com o relato dos registros

contidos nos cartões-resposta, ou através de uma apresentação previamente preparada pelos estudantes. Como algumas doenças irão se repetir para alguns grupos, será possível comparar os resultados e as conclusões e discutir a respeito. Nesta etapa, sugere-se também discutir com os estudantes a respeito das hipóteses levantadas inicialmente, e se estas foram corroboradas ou refutadas após as fases de pesquisa e experimentação com o uso do aplicativo.

5.3.1 Doenças Relacionadas à Disfunção das Estruturas Celulares

A proposta da sequência didática investigativa apresenta em uma etapa específica, onde são entregues ao estudante “pistas” que estabelecem a conexão de uma ou mais doenças previamente selecionadas com as funções desempenhadas pelas estruturas celulares. Foram elaboradas ao todo 14 pistas (apêndices de 4 a 7), relacionando a disfunção de determinada estrutura a uma ou mais doenças. Abaixo, são apresentadas as patologias associadas a cada organela ou estrutura celular que foram selecionadas para a elaboração destas pistas.

Membrana Plasmática – Funções: separação do meio intracelular do extracelular, controle da entrada e saída de moléculas da célula, comunicação e reconhecimento celular etc. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.78,102). **Doença - Fibrose Cística:** é uma doença genética que afeta principalmente os pulmões, pâncreas e o sistema digestório. O gene CFTR sofre mutação e a proteína codificada por ele gera uma alteração no transporte de íons através das membranas das células. Isso compromete o funcionamento das glândulas exócrinas que produzem muco, suor ou enzimas pancreáticas, mais espessas e de difícil eliminação. O paciente portador desta doença apresenta dificuldades em respirar, tosse persistente, pneumonias e bronquites frequentes (DIAS et al., 2016).

Núcleo – Funções: armazenamento, duplicação, reparo do DNA, e controle da expressão da gênica da célula (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.142,156,173). Doenças – 1. Osteogenesis Imperfecta (OI): é uma doença genética sistêmica do tecido conjuntivo que afeta todos os tecidos que contêm colágeno, mas principalmente o tecido ósseo. A maioria dos casos de OI é causada por mutações nos genes COL1A1 ou COL1A2, ou em outros 19 genes envolvidos na biossíntese do colágeno ou na função de osteoblastos. O paciente portador desta doença apresenta dentes frágeis, incidência de fraturas, curvatura da coluna vertebral e fraqueza articular (BRIZOLA et al., 2017). 2. Síndrome de Hutchinson-Gilford (Progeria): caracteriza-se pelo envelhecimento precoce cerca de 7 vezes mais rápido que o normal. É

causada por uma alteração genética no gene LMNA, que codifica para a proteína lamina A, componente da lâmina nuclear. Os portadores desta doença possuem uma expectativa média de vida de 13 anos (MACEDO, 2015). Quando ocorre a mutação no gene, há formação da proteína progerina, causando instabilidade na célula, o que resulta no envelhecimento precoce (BERTONCELLI, 2016).

Retículo Endoplasmático (RE) – Funções: síntese e modificação de proteínas, síntese de lipídios e hormônios, armazenamento de cálcio, biotransformação (destoxificação) de drogas e poluentes etc (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.99,195,198). **Doenças:** 1. Escorbuto: é causado pela carência de vitamina C, cofator necessário para a síntese de colágeno. A privação prolongada de vitamina C também acarreta em defeito na modificação pós-traducional do colágeno (CERQUEIRA, et al., 2007). A manifestação de carência desta vitamina caracteriza-se por diversos sintomas clínicos, como hemorragias (petéquias, equimoses, sangramento das gengivas), edema nas articulações, fadiga, tonturas, anorexia, alterações cutâneas, dificuldade no processo de cicatrização, infecções e morte (AZULAY et al., 2003). 2. Doença de Crigler-Najjar: ocorre devido à deficiência de atividade da enzima uridina-glucuronosiltransferase (UGT) e os pacientes acumulam bilirrubina no sangue e ficam ictericos (com coloração amarelada nos olhos e pele) (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.207). No RE, a bilirrubina que é lipossolúvel, é convertida pela ação da enzima UGT em compostos hidrossolúveis, que são mais facilmente excretados pelos rins (MARTINELLI, 2004).

Complexo de Golgi - Funções: modificação de lipídios e proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático como glicosilação (adição de carboidratos), síntese de carboidratos, direcionamento de enzimas para os lisossomos etc. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.195,203). **Doenças:** 1. Doença da Célula I (Mucopolidiose Tipo II): a biogênese dos lisossomos requer a contínua reposição das enzimas lisossomais. O direcionamento das enzimas lisossomais (hidrolases ácidas) depende da fosforilação de resíduos de manose, o que ocorre no complexo de Golgi (VELHO, 2014). Alterações patogênicas no gene GNPTAB, que codifica para a enzima que fosforila as manoses, podem causar a doença Mucopolidiose II, que é caracterizada pelo acúmulo de substratos nos lisossomos devido à falta das enzimas hidrolases que digerem esses substratos. O paciente portador desta doença apresenta múltiplas deformidades esqueléticas, pele seca e espessa e limitação articular (LUDWIG, 2016). 2. Síndrome de Wilson: é um distúrbio caracterizado por acúmulo de cobre no organismo, especialmente no fígado, cérebro, rins e córneas. É causada por mutações no gene ATP7B que codifica uma Cu^{2+} -ATPase, uma proteína transportadora de cobre, localizada no complexo

de Golgi dos hepatócitos (PIRES, 2012). As alterações incluem hepatite crônica, cirrose, tremores, distonia, disartria, alterações de humor, sintomas psiquiátricos e, se não tratada, diminuição progressiva da capacidade intelectual (SILVÉRIO, 2018).

Mitocôndria - Funções: síntese de ATP, geração de calor e participação nos processos de morte celular, envelhecimento, regulação do metabolismo, síntese do grupo Heme etc. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.4). **Doenças:** 1. Miopatia mitocondrial, encefalopatia, acidose láctica, e episódios semelhantes a acidente vascular cerebral (MELAS): é um transtorno caracterizado pelo aumento do tamanho e do número de mitocôndrias nas fibras musculares, ou a existência de inclusões cristalinas anormais nestas mitocôndrias (GREBOS et al., 2005). As manifestações das doenças mitocondriais são variadas, acometendo mais frequentemente órgãos com alto metabolismo aeróbico em que são mais abundantes, como por exemplo o sistema nervoso (VASCONCELOS et al., 2007). 2. Epilepsia mioclônica com fibras vermelhas rasgadas (MERRF): ocorre principalmente devido a uma mutação no DNA mitocondrial que afeta o gene para o tRNA que carrega o aminoácido lisina. Sua patogenia está associada com uma disfunção causada no sistema de fosforilação oxidativa da mitocôndria, responsável pelo fornecimento de ATP para as células (SOTO et al., 2017). As manifestações clínicas mais comuns são a epilepsia (com crises mioclônicas generalizadas ou focais), a ataxia cerebelar e a miopatia. Outras manifestações incluem: demência, atrofia óptica, degeneração dos tratos corticoespinhais, neuropatia periférica, surdez, disfunção tubular proximal, cardiomiopatia, acidose láctica e hiperalaninemia (NASSEH et al., 2001).

Lisossomo – Funções: digestão intracelular (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.5, 92) e atua no metabolismo do ferro (BOELSTERLI, 2007). **Doença:** Leucodistrofia Metacromática (LDM): é causada pela atividade deficiente da enzima arilsulfatase A ou ARSA (ARTIGALÁS, 2009). A atividade deficiente da ARSA causa degradação de uma série de lipídios sulfatados que constituem a bainha de mielina das células do sistema nervoso central e periférico. O acúmulo de compostos sulfatados no sistema nervoso central e periférico é o principal responsável pelas manifestações patológicas da doença. O paciente portador da doença apresenta dificuldades para andar, comprometimento intelectual e dor nos pés e nas mãos (RIBEIRO; RIBEIRO, 2013).

Peroxisomo - Funções: oxidação de moléculas, como álcoois, aldeídos e ácido úrico, beta-oxidação de ácidos graxos de cadeia longa, síntese de plasmalogênios (lipídios que constituem a bainha de mielina) etc (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.5). **Doenças:** 1. Adrenoleucodistrofia (ADL): é uma doença causada por uma deficiência no metabolismo dos

ácidos graxos de cadeia muito longa, que se acumulam no principalmente no sistema nervoso central e nas glândulas adrenais. Com o acúmulo destes ácidos graxos no encéfalo, ocorre a destruição da mielina e do axônio dos neurônios, com um componente inflamatório perivascular que se expressa na forma de uma quebra de barreira hematoencefálica na margem da área de desmielinização. O paciente portador da doença apresenta perda da capacidade motora, dificuldades na fala e deglutição e alterações de comportamento (SANTOS, 2014). 2. Síndrome de Zellweger: é caracterizada pela ausência de enzimas peroxissomais (MARTINEZ et. al., 1994). A característica física mais marcante é o dismorfismo facial característico e persistente (testa alta, fendas palpebrais voltadas para cima, hipoplasia da eminência supra-orbitária, pregas epicantais (LAZAROW; MOSER, 1995).

Citoesqueleto – Funções: suporte mecânico da célula determinando a forma celular, movimentos celulares e transporte intracelular de organelas, segregação dos cromossomos e citocinese (na divisão celular), formação de microvilosidades, cílios, flagelos, pseudópodos etc (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1991 p.9). **Doenças:** 1. Distrofia Muscular de Duchenne: é causada por mutações no gene DMD que codifica a distrofina, uma proteína do citoesqueleto encontrada na superfície interna das fibras musculares. O paciente portador da doença apresenta perda de massa muscular e fraqueza, encurtamento permanente dos músculos e fadiga (SARLO et al., 2009). 2. Síndrome de Kartagener: é caracterizada por alterações da ultraestrutura dos cílios do epitélio respiratório. Essa disfunção facilita a aderência e invasão de vírus e bactérias, além de infecções respiratórias crônicas (JUNIOR et al., 1998). Os pacientes apresentam tipicamente infecções no trato respiratório desde crianças, além de pneumonia crônica, otite média crônica, pólipos nasais, tosse produtiva, hemoptises, e eventual falência respiratória e cardíaca (SWENSSON et al., 2013).

6 DISCUSSÃO

O ensino de Biologia Celular traz muitos desafios, que exigem dos docentes ferramentas adequadas para oportunizar uma aprendizagem significativa aos estudantes. Agra et al. (2019) analisando o conceito de aprendizagem significativa segundo a Teoria de David Ausubel, definiram-na como uma estratégia de ensino promissora, que consiste na interação não arbitrária e não literal de novos conhecimentos com conhecimentos prévios relevantes. Quando os conhecimentos prévios dos estudantes são resgatados, analisados e colocados em paralelo com os conceitos científicos, criam-se situações que facilitam a aceitação de novos conhecimentos por parte dos estudantes (OLIVEIRA, 1991).

Os conteúdos de Biologia que são geralmente abordados no primeiro ano do ensino médio exigem o domínio de diversos conceitos relacionados aos processos metabólicos, à citologia, à bioquímica, ao ciclo celular, dentre outros. Para Carlan et al. (2014), os aspectos microscópicos e submicroscópicos da vida são muito abstratos e parecem estar entre as principais dificuldades do processo de ensino-aprendizagem em Biologia.

Refletindo a respeito da densidade dos conteúdos e o pouco tempo que nós professores temos para ensiná-los aos estudantes, surgiu a ideia de desenvolver um AVA, para que este seja uma ferramenta de suporte ao processo de ensino e aprendizagem que ocorre na sala de aula.

Entendendo este ambiente como um recurso de extensão do espaço físico escolar, o objetivo é disponibilizar materiais de apoio que possam ser revisitados sempre que houver necessidade, oportunizando assim uma aprendizagem autônoma ao estudante, menos dependente do ambiente institucional de ensino. Borges et al. (2005) ressaltam que a flexibilidade de horários, de local e de ritmo de aprendizado propiciado pelas atividades organizadas no AVA podem contribuir para a percepção de que o conhecimento está disponível e não depende do lugar ou do momento.

Analisando a influência da utilização de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no aprendizado de Biologia, mediados pela imersão em um AVA, Kakizoe et al. (2020) concluíram que a utilização deste ambiente contribuiu de maneira significativa para a construção do conhecimento dos estudantes, reforçando a importância da utilização destes recursos no cotidiano escolar aprimorando o processo de ensino-aprendizagem em Biologia. A possibilidade de projetar além da sala de aula através da disponibilização de atividades interativas como o jogo “*Quizventure*”, palavras cruzadas e a identificação de imagens de microscopia eletrônica, por exemplo, validam o desenvolvimento deste ambiente virtual.

A oferta de recursos didáticos de consulta assíncrona, como o AVA, pode ser considerada uma estratégia no enfrentamento aos desafios que permeiam o ensino noturno. Em sua pesquisa com estudantes do 1º ano do ensino médio regular noturno, em uma escola no município de São Cristóvão (SE), Vasconcelos e Oliveira (2021) descreveram como as principais dificuldades apontadas pelos estudantes, a desmotivação, a baixa frequência e os atrasos nas primeiras aulas do turno. Como forma de acolher e trabalhar com as necessidades indicadas pelo perfil destes jovens, os autores propõem o uso de metodologias ativas. Uma das propostas sugeridas, é a implementação da sala de aula invertida. Nesta dinâmica, os estudantes entram em contato com os conteúdos antecipadamente. Nesse contexto, o AVA pode fornecer meios para que o estudante acesse os conteúdos fora do ambiente escolar, permitindo uma organização de acordo com sua rotina, favorecendo sua autonomia.

Apesar dos aspectos positivos da implementação de um AVA como recurso didático na prática pedagógica, devemos considerar o fato de que para que o estudante consiga utilizar esta ferramenta fora do ambiente escolar, ele necessita dispor de um celular e/ou de um computador, e também acesso à internet. O trabalho pedagógico realizado durante a pandemia do covid-19 nos trouxe a constatação de que muitos estudantes da rede pública de ensino, quando dispõem, possuem apenas de um dispositivo móvel, não tendo computador e acesso à internet em sua residência. Através de um levantamento de dados com o objetivo de diagnosticar o engajamento dos estudantes da rede pública de ensino de 77 escolas em São José dos Campos (São Paulo), durante a pandemia, Gomes e Costa (2020) constataram que a baixa participação dos estudantes nas aulas remotas e na entrega de atividades ocorreu devido a fatores como falta de acesso a equipamentos, de conexão com *internet*, dentre outras questões econômicas e sociais.

Woidéllia (2019) traz dados importantes em sua pesquisa, onde avaliou o uso do AVA como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem em Biologia. A autora verificou que, dos 296 estudantes consultados, 99% acessam a *internet* a partir de um dispositivo móvel. Além deste aparelho, 35% faz uso de computador. Considerando esta informação, acreditamos que a sugestão de trabalhar a exploração do AVA no laboratório de informática seja uma prática relevante. Apesar de ser um processo um pouco mais dispendioso do que apenas utilizar o celular em sala, o uso dos computadores pode estimular os estudantes a desenvolverem novas habilidades digitais.

Para o desenvolvimento do AVA, o *Moodle*, além de ser uma plataforma de código aberto e baseado em um paradigma de aprendizagem colaborativa, também revelou ser uma

excelente plataforma, pois permitiu modelar o ambiente de acordo com as nossas necessidades.

Analisando os diferentes tipos de ferramentas utilizadas no *Moodle* em cursos de especialização EAD da UNIFESP, Magnagnol et al. (2015) constataram que a maioria dos estudantes optaram por utilizar ferramentas de “transferência de informação”. Os autores concluíram que, apesar do *Moodle* favorecer o estabelecimento de processos de ensino e aprendizagem alinhados a propostas construtivistas, a escolha dos estudantes indica uma tendência mais próxima das premissas da abordagem tradicional de ensino. Atentando para esta questão, e pensando em como o estudante poderia fazer uso do “Laboratório Virtual de Biologia Celular” de forma a construir uma aprendizagem significativa, e não apenas utilizá-lo como uma versão digital de uma aula baseada na transferência de conteúdos, percebemos a necessidade de pensar em uma proposta de sequência didática que permitisse integrar o uso deste ambiente no desenvolvimento de suas etapas, e assim, somado a mediação do professor, estimular a interação, a pesquisa, a experimentação, o compartilhamento e discussão de ideias entre os estudantes.

Desenvolvemos então uma SDI (sequência didática investigativa), que buscou relacionar as funções desempenhadas pelas organelas celulares com a saúde do organismo.

Carvalho (2018) define como ensino por investigação uma metodologia onde o professor cria condições em sua sala de aula para que os estudantes pensem, levando em conta a estrutura do conhecimento; comuniquem-se, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; leiam, entendendo criticamente o conteúdo lido e escrevam, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Cobalchini e Couto (2016) desenvolveram práticas investigativas para o estudo da célula. Neste trabalho, os autores buscaram uma nova metodologia de ensino em Biologia Celular, em que o estudante fosse capaz de buscar por si e através da interação com seus pares, a construção do conhecimento através de constantes reflexões e questionamentos para a solução de um dado problema. Como resultados, o estudo apresentou uma melhoria no ensino, tornando-o mais dinâmico e de fácil entendimento, onde os estudantes comportaram-se de forma participativa, e compreenderam o tema proposto de maneira mais efetiva. Fernandes e Zama (2018) também elaboraram atividades investigativas para o ensino de Biologia Celular. Os autores observaram que a metodologia proposta é capaz de estimular debates sobre o tema e aproximar a relação entre o professor e o estudante de maneira a permitir a este uma maior liberdade para questionamentos e construção do seu conhecimento.

Ainda sobre as dificuldades em ensinar os conteúdos relacionados à Biologia Celular, que são amplamente citadas na literatura (RUPPEL et al., 2015; SILVEIRA, 2020; FERREIRA, 2018) devido à natureza abstrata que envolve o caráter microscópico das estruturas e submicroscópico dos processos, criamos um aplicativo com o objetivo de diversificar a linguagem para o ensino sobre as organelas e estruturas celulares. Para seu desenvolvimento, foi utilizado o *software Clicteam Fusion 2.5*.

Neto et al. (2017) pesquisaram diferentes *softwares* para o desenvolvimento de um jogo educativo para auxiliar o desenvolvimento cognitivo de crianças autistas. Dentre os *softwares* testados estavam *Engine Unity*, *Game Maker* e *Clicteam Fusion*, ambos com versões gratuitas, e outros *softwares* com versões pagas como *Construct 2*, *Business*, *Stencyl*, *Game Salad*, que apresentavam custo mais elevado. Os autores optaram pelo uso do *Clicteam Fusion* por oferecer melhor custo-benefício além de apresentar uma curva de aprendizagem baixa, exigir pouca experiência com programação, ser bastante intuitivo e não necessitar de um computador poderoso para compilar o código. Apesar dos pontos positivos apresentados pelos autores, surgiram muitas dificuldades em iniciar as programações utilizando o *Clicteam*, devido à inexperiência em lógica de programação e pelo fato de existirem poucos cursos, livros e tutoriais disponíveis em português para auxiliar no processo de aprendizagem.

O produto final criado é composto por animações e simulações interativas representando a morfologia, os processos e as funções desempenhadas pelas organelas e estruturas celulares. Tomando como base uma abordagem de conteúdos mediada pelo uso do livro didático, Leal (2017) argumenta que as imagens estáticas presentes nos livros dificultam a percepção do estudante de como as organelas celulares interagem entre si e dentro da célula. A autora destaca que os simuladores e animações permitem a visualização aumentada, de forma dinâmica e interativa das estruturas moleculares e microscópicas, o que contribui para que o estudante observe os conteúdos de forma integrada. Buscamos contemplar dentro de cada aplicação, os aspectos descritos no Plano Curricular (desenvolvido pela SEED-PR) para o estudo da Biologia Celular no que se refere ao estudo das organelas e seus processos. Não conseguimos abranger todos os tópicos, como a divisão celular por exemplo, mas buscamos animações e simulações interativas, indicadas no LVA, que possam contribuir para o processo de ensino e aprendizagem destes conteúdos.

O uso de aplicativos e simuladores para o ensino em diferentes áreas do conhecimento vem apresentando bons resultados. Leal et al. (2020) utilizaram um simulador desenvolvido pelo *PhET Interactive Simulations* para o ensino de óptica. O objetivo era abordar os

conceitos abstratos de forma experimental, usando recursos virtuais como parte da metodologia. Os autores atingiram o objetivo de trabalhar conceitos abstratos de forma experimental, usando recursos virtuais como parte da metodologia. Concluíram também que o uso do simulador possibilitou uma aula mais dinâmica e um aprendizado significativo. Martins et al. (2019) utilizaram simulações virtuais como recurso didático auxiliar nas aulas de química. Os autores também optaram pelo simulador interativo *PhET* para o ensino sobre o balanceamento de equações, chegando à conclusão de que a utilização deste recurso tende a facilitar a aprendizagem, tornando as aulas atrativas e proveitosas para os estudantes, aumentando sua participação efetiva durante as aulas. Heckler et al. (2007) desenvolveram e utilizaram simuladores para o ensino de Física. Os autores obtiveram resultados satisfatórios e concluíram que estas ferramentas são instrumentos potenciais para as aulas por servirem de meio motivacional, de organizadores prévios e de facilitadores de entendimento.

Em Biologia, para o ensino da síntese proteica, Gregorio et al. (2016) integraram uma sequência didática investigativa à utilização da simulação “Expressão genética - Fundamentos”, disponível na plataforma *PhET*. Para os autores, o ensino de conteúdos relacionados aos processos microscópicos é complexo e exige metodologias de ensino diferenciadas, e os simuladores virtuais são ferramentas que, quando associadas às metodologias ativas, podem contribuir para minimizar as dificuldades relacionadas à abstração destes conteúdos. Os autores ainda concluem que o trabalho com tecnologias no ambiente escolar tem se mostrado promissor e atenua a exclusão tecnológica de muitos discentes, embora seu uso não garanta necessariamente melhorias na qualidade do ensino.

O aplicativo desenvolvido no presente trabalho traz sete tópicos diferentes (membrana plasmática; núcleo; mitocôndria; retículo endoplasmático e complexo de Golgi; lisossomo; peroxissomo e citoesqueleto) que podem ser acessados em sua totalidade ou em separado. Assim, professores podem utilizar as aplicações dentro da sequência didática investigativa proposta, ou compor outras sequências de forma individual, adaptando-as às necessidades do seu planejamento. Uma pesquisa conduzida por Corrêa e Barbosa (2021) integrou atividades investigativas a recursos tecnológicos com uma turma do 1º ano do Curso Técnico em Química integrado ao Ensino Médio. Os autores verificaram que a estratégia contribuiu satisfatoriamente para o ensino-aprendizagem significativo e de qualidade, pois promoveu a colaboração e a motivação dos estudantes, estimulando o interesse e a concentração pelo tema abordado. Scheffer (2020) também pesquisou a aprendizagem baseada em investigação. A autora disponibilizou em um AVA, sequências didáticas investigativas apoiadas por laboratórios *on-line*. Sua pesquisa envolveu 179 alunos de 1º, 2º e 3º anos de duas escolas

públicas estaduais catarinenses, no município de Criciúma/SC. O trabalho descreve a percepção dos estudantes quanto à flexibilidade oferecida pelo laboratório de experimentação remota em atenção às suas necessidades particulares. Quanto ao uso da metodologia investigativa, a autora constatou um aumento do interesse e do engajamento dos estudantes durante as aulas.

Observando os resultados de diferentes autores quanto ao uso de AVA, aplicativos e simuladores associados a sequência didática investigativa para o ensino de Biologia Celular, esperamos que, quando os recursos didáticos produzidos neste trabalho forem aplicados e compartilhados, possam também gerar bons resultados e contribuir para uma aprendizagem significativa e efetiva para os estudantes.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho produziu e disponibilizou diferentes recursos didáticos digitais voltados a atender as necessidades do processo de ensino em Biologia Celular.

Foi possível criar um ambiente virtual de aprendizagem na plataforma *Moodle*, hospedado pela Universidade Federal do Paraná. Este recurso reúne simulações interativas, animações, vídeos, imagens e atividades a respeito do estudo da célula e seus processos. Tais recursos permitem a extensão do ambiente escolar para além de sua estrutura física, aumentando assim as possibilidades de acesso aos recursos metodológicos produzidos. Inicialmente a hospedagem do AVA foi um problema, resolvido através da oferta da UFPR em hospedar o ambiente e permitir acesso à estudantes e professores.

Desenvolvemos uma ferramenta didática digital, a aplicativo intitulado “A Célula”, que aborda as estruturas celulares, ilustrando de forma interativa a morfologia e funções, assim como alguns processos celulares, como transporte através de membrana e fluxo da informação gênica. Esse recurso contempla todas as organelas e estruturas de uma célula eucarionte animal em uma única ferramenta, onde professores e estudantes podem acessar e explorar todas as estruturas dentro de um único planejamento, ou podem acessar de forma individual, adaptando a ferramenta às necessidades de professores e/ou estudantes. Houve muitas dificuldades para dar início às programações em função da minha inabilidade com linguagem de programação básica e em função do escopo do projeto ser extenso em detrimento do tempo para a conclusão da dissertação. Neste sentido, a mão de obra e a contribuição técnica de um assistente foi essencial para a conclusão do trabalho dentro do prazo previsto.

Por fim, foi desenvolvida uma sequência didática investigativa, com sugestão de abordagem que relaciona as funções e processos celulares à saúde do organismo, mediando a prática através das etapas do método científico. Todos os recursos didáticos produzidos estão disponíveis de forma online e gratuita para professores e estudantes.

Este trabalho contribui de forma significativa na ampliação do meu horizonte tecnológico. Oportunizou o conhecimento a respeito de várias ferramentas que facilitam e otimizam meus planejamentos, assim como a produção de recursos para minhas aulas e conseqüentemente, contribuem na mediação para a construção do conhecimento com os estudantes.

REFERÊNCIAS

- AGRA, G.; FORMIGAL, N.S.; OLIVEIRA, P. S.; COSTA, M.M.L.; FERNANDES, M.G.F.; NÓBREGA, M.M.L. Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. **Revista Brasileira de Enfermagem**. Disponível em <file:///C:/Users/Lorena/Downloads/download%20(1).pdf>. Acesso em 04/09/2022.
- ALMEIDA, D.M.; TRIVELATO, S.L.F. Elaboração de uma atividade de ensino por investigação sobre o desenvolvimento de linfócitos B. In **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**, Águas de Lindóia, SP, nov. 2015.
- AMARAL, E.M.H; ÁVILA, B.; ZEDNIK, H.; TAROUCO, L./M. Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica. **Revista de Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, dez/2011.
- ARTIGALÁS, O.A.P. 2015. **Leucodistrofia Metacromática: Caracterização Epidemiológica, Bioquímica e Clínica de Pacientes Brasileiro**. 2009. p Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, 2009.
- ASSMANN, H. A metamorfose do aprender na sociedade da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 29, n. 2. p. 7-15, 2000.
- AZULAY, M.M.; LACERDA, C.A.M.; PEREZ, M.A.; FILGUEIRAA.L.; CUZZI, T. Vitamina C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**. Rio de Janeiro, v.78, n.3, pp.265-272, mai/jun, 2003.
- Baptista, M.L.M. **Concepção e implementação de actividades de investigação:um estudo com professores de física e química do ensino básico**. 2010. p Tese (Doutorado em Educação: didática das Ciências) - Universidade de Lisboa, Distrito de Portugal.
- BERTONCELLI, C.G. **Manifestações Bucais da Síndrome de Hutchinson-Gilford: Relato de Caso**. 2016. p Monografia (Especialização em Odontopediatria) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2016.
- BOELSTERLI, U.A. 2007. **Mechanistic Toxicology. The molecular basis of how chemicals disrupt biological targets**. 2a. ed., CRC Press. Boca Raton. 399p.
- BORGES, R.M.R; LIMA, V.M.R.; MENEGASSI, F.J. **Conteúdos e Estratégias de Ensino Utilizadas em Aulas de Biologia**. Tendências Contemporâneas do Ensino de Biologia no Brasil. In VI ENPEC, 2005, Anais. Disponível em < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p343.pdf> > Acesso em 28/07/2020.
- BRASIL. Ministério da Educação e do desporto. Governo Federal. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Parte III. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Matriz de referência para o ENEM**. Brasília: INEP, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação e do desporto. Governo Federal. **Base Nacional Curricular Comum: BNCC**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: Acesso em: 10/06/2021. 2021.

BRITO, L.O.; FIREMAM, E.C. Ensino de Ciências por Investigação: Uma Estratégia Pedagógica para Promoção da Alfabetização Científica nos Primeiros Anos do Ensino Fundamental. **Ensino e Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 18, n.1, p.123-146, 2016.

BRIZOLA, E.; ZAMBRANO, M.B.; PINHEIRO, B.S.; VANZ, A.P.; FÉLIX, T.M. Características Clínicas e Padrão de Fraturas no Momento do Diagnóstico de Osteogênese Imperfita em Crianças. **Revista Paulista de Pediatria**. São Paulo, 35 (2), p. 171-177, 2017.

CABRAL, C.G.L. **Evasão Escolar: O que a Escola Tem a Ver com Isso?** p TCC (Pós-Graduação em Educação e Direitos Humanos: Escola, Violências e Defesa de Direito) – Universidade do Sul de Santa Catarina - Florianópolis, 2017.

CARDOSO, L.N.C. (2021). **Guia de planejamento e criação de cursos utilizando EMLs: estudo de caso com um curso introdutório de programação (Monografia de graduação)**. Universidade de Brasília.

CARLAN, F.A.; SEPEL, L.M.N.; LORETO, E.L.S. **Teaching Cell Biology in Primary Schools**. *Education Research International*, v. 2014, p. 1–5, 2014.

CARVALHO, A.M.P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** v. 18, n. 2, p. 765–794. Dezembro, 2018.

CIENSINAR. Mai 2020. Página inicial. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/ciensinar/2020/05/29/biorender-criando-imagens-personalizadas-para-ensino-de-biologia/>> Acesso em 27/07/2020.

CERQUEIRA, F.M.; GENNARI, M.H.; AUGUSTO, O. Antioxidantes Dietéticos: Controvérsias e Perspectivas. **Química Nova**. São Paulo, v.30, n. 2, p 441-449, 2007.

COBALCHINI, M.G. **Elaboração de aulas práticas investigativas de citologia para alunos do primeiro ano do ensino médio**. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE: Produção Didático-pedagógica, 2013. Curitiba: SEED/PR., 2016. v.2. (Cadernos PDE). Disponível em: <<http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=20>>. Acesso em: 25/10/2020. ISBN . 978-85-8015-075-9.

CORRÊA, S.S.; BARBOSA, N. M. Sequência didática com recursos tecnológicos integrados visando o ensino e aprendizagem de proporcionalidade: uma experimentação com atividades investigativas inspirada em uma pesquisa docente. **Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**. vol. 12, n.1, 2021.

DIAS, D.C.C.; COELHO, D.L.; SANTO, I.C.E.; SILVA, L.M. Alteração da Membrana Plasmática Celular Relacionada a Fibrose Cística. **5º Seminário Pesquisar**. Faculdade

Alfredo Naser. Disponível em <
http://www.faculdadealfredonasser.edu.br/files/Pesquisar_5/21-11-2016-17.52.20.pdf>
Acesso em 27/07/2020.

DURÉ, R. C. ANDRADE, M. J. D.; ABÍLIO, F. J. P. **Ensino de Biologia e contextualização do conteúdo: aluno do ensino médio relaciona com o seu cotidiano? Experiências em Ensino de Ciências.** João Pessoa, v.13, n.1 p. 259-272, 2018.

FERNANDES, C. H. S.; ZAMA, U. D. S. **O que é que a membrana tem?** 2018. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10737/2/PRODUTO_BiomebranasEnsinoInvestiga%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 10/01/2022.

FERREIRA, M. C. **Os conteúdos de Biologia Celular nas provas do ENEM: reflexões com base na matriz de referência de Ciências da Natureza.** 2018. p Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade Estadual da Paraíba - Campina Grande – PB.

FONSECA, M.; MAIDANA, N.L.; SEVERINO, E.; BARROS, S.; SENHORA, G.; VANIN, V.R. O Laboratório Virtual: Uma Atividade Baseada em Experimentos para o Ensino de Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** São Paulo, v. 35, n. 4, 4503, 2013.

GARCIA, M. F.; RABELO, D. F.; CRIVELARO, L.P.; CANCELA, T. M.; AMARAL, S. F. AS Tecnologia Digitais Interativas e a Prática Docente. **Revista Teoria e Prática da Educação. Maringá,** v. 14, n. 1, p. 79-87, jan./abr. 2011.

GRASSI, N. B. **Aprendizado tangencial e gameflow nos jogos digitais: estratégias para o desenvolvimento de jogos educacionais engajadores.** 2021. p Tese (Doutorado em Mídia e Tecnologia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Baurú, 2021.

GREBOS, S.P.; ALMEIDA, T.; BARBOSA, K.H.; BUQUERA, M.A.; MOREIRA, A. T. R. Miopatia mitocondrial: Relato de Dois Casos. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia.** São Paulo, v.5, n. 68, p. 675-678, 2005.

GREGÓRIO, E. A.; OLIVEIRA, L. G.; MATOS, S.A. Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de biologia: uma proposição investigativa para o ensino da síntese proteica. **Experiências em Ensino de Ciências.** Pampulha, v.11, n.1., 2016. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID303/v11_n1_a2016.pdf>. Acesso em: 25/04/2021.

GOMES, B. S.; COSTA, R. T.O. Engajamento dos alunos das escolas públicas em tempos de pandemia do coronavírus. In: **INTEGRA EAD 2020,** Campo Grande: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

HECLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 29, n. 2, p. 267-273, fev.2007

JARDIM, D.F.; PEREIRA, M.M.; JÚNIOR, E.A.S.; NEPOMUCENA, T.V.; PINHEIRO, T.R. O Laboratório Virtual como espaço para aprendizagem de conteúdo da análise

dimensional – um relato de experiência do uso do GeoGebra no ensino de física. **Voices dos Valares**, v.1, n 11, ano VI, UFVJM – MG, 2017.

JUNIOR, N.P.C.; TACÍRO, E.K.; FREITAS, L.P.S.; TAKATA, C.K.; MENEZE, Y. Síndrome de Kartagener's Considerações sobre um Caso Clínico. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology (BJORL)**. v. 64 n. 2, p 137-141. Mar/abr, 1998. Disponível em <<http://oldfiles.bjorl.org/conteudo/acervo/acervo.asp?id=2569>> Acesso em 27/07/2020.

JUNIOR, R.C.S. JUNIOR, J.J.J.; SWENSSON, R.P.; MACHADO, P.K.M.S.; FILHO, J.F.M.M.; SANTANA, C.M.P. Síndrome de Kartagener: Relato de Caso. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. Rio de Janeiro, v. 69, n. 6, parte 1, nov/dez de 2003.

SANTOS.A.C. Adrenoleucodistrofia ligada ao X: diagnóstico e quantificação da progressão. **Radiologia Brasileira**. São Paulo, v. 6, n. 47, p. VII-VIII. nov/dez; 2014.

JUNQUEIRA L.C.U. CARNEIRO J. **Biologia Celular e Molecular**. 8ª Edição. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1991, 302p.

KAKIZOEL, Y.A.; RIBEIRO, P.V.L.; NEVES, K.O.G.; FERREIRA, R.G.S. A construção de conhecimentos em Biologia mediado por Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: desafios e potencialidades. In **VIII ENEBIO**. nov. 2020

KRASILCHIK.M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Eduspi, 2008.

LAZAROW, P.B., MOSER, H.W. Disorders of Peroxisome Biogenesis. In **The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease**. Volume II. Editors Scriver, C.R., Beaudet, A.L., Sly, W.S., Valle, D. 7th Edition, Mc Graw-Hill, New York. p.2287-2324, 1995.

LEAL, A.J.; SEIPEL, L.M.N. A Inclusão Digital no Ensino de Ciências: Analisando Laboratórios Virtuais de Aprendizagem. **Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 6, n. 1, 2017.

LEAL, A.J. **Uso de Laboratório Virtual e de Metodologias Diversificadas no Ensino de Biologia Celular**. 2018. p Tese (Doutorado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, 2018.

LEAL, M. M.; SILVA, A. T. S.; MENESES, L. S. A utilização do simulador PhET como ferramenta de ensino nas aulas on-line de Ciências em uma escola do município de Água Branca-PI. In: **VII Congresso Nacional de Educação**. Centro Cultural de Exposições Ruth Cardoso, Maceió, outubro 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2020/TRABALHO_EV140_MD1_SA16_ID1440_01102020225114.pdf>. Acesso em: 28/04/2022.

LEÃO, G.M.C. **Diferentes Estratégias Metodológicas para o Processo de Ensino e Aprendizagem da Biologia Celular**. 2018. p Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2018.

LEÃO, M. F.; REHFELDT, M. J. H.; MARCHI, M. I. O uso de um ambiente virtual de aprendizagem como ferramenta de apoio ao ensino presencial. **Abakós**, Belo Horizonte. v.2, n. 1, p. 32-51, nov. 2013.

LEITE, P.R.M.; ANDRADE, A. O.; SILVA, V.V.; SANTOS, A.M. O Ensino da Biologia como uma Ferramenta Social, Crítica e Educacional. RECH - **Revista Ensino de Ciências e Humanidades – Cidadania, Diversidade e Bem-Estar**. Manaus, Ano 1, v. 1, n. 1, Jul-Dez, 2017, p. 400-413.

LUDWIG, N. F. **Análise do Gene GNPTAB em Pacientes Brasileiros com Mucopolidose II/III**. 2016. p Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, 2016.

MACEDO, R. R. LIMA. A Síndrome Progeróide de Hutchinson-Gilford e suas complicações na Cavidade Oral. 2015. p Dissertação (Mestrado em Medicina Dentária) - Universidade Fernando Pessoa – Porto, 2015.

MACHADO, S.F. Mediação Pedagógica em Ambientes Virtuais de **Aprendizagem**. 2009. p Dissertação (Mestrado em Ensino, Aprendizagem, Formação de Professores) - Universidade Estadual de Maringá – Maringá, 2009.

MAGNAGNAGNOL, C. C.; RAMOS, M. P.; OLIVEIRA, L. M. P. Estudo sobre o Uso do Moodle em Cursos de Especialização a Distância da Unifesp. **Revista Brasileira de Educação Médica**. São Paulo, v.4, n. 39, p. 507-516, 2015.

MARSULO. M.A.G.; SILVA, R.M.G. Os Métodos Científicos como Possibilidade de Construção de Conhecimentos no Ensino de Ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. São Paulo, v. 4, n. 3, 2005.

MARTINELLI, A.L.C. Icterícias. **Simposio Siminologia**. Medicina. Ribeirão Preto, 37, p. 246-252, jul/dez 2004.

MARTINEZ, M., MOUGAN, I., ROIG, M., BALLABRIGA, A. **Blood polyunsaturated fatty acids in patients with peroxisomal disorders**. A multicenter study. *Lipids* v.29, n. 4, p. 273-280, 1994.

MARTINS, S. O.; SERRÃO, C. R. G.; SILVA, M.D.B. O uso de simuladores virtuais na educação básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de Química. **Revista Ciência & Ideias**, Pará, v.11, n.1, p. 216-233, jan./abr.2020

MELO, R.C.; OSSO, J.A.JR. João A. Laboratórios Virtuais e Ambientes Colaborativos Virtuais de Ensino e de Aprendizagem: conceitos e exemplos. **Revista de Informática Aplicada**, v IV, n 02 – São Caetano do Sul-SP, 2008.

MOREIRA, L.C.; SOUZA, G.S. O Uso de Estratégias Investigativas como Estratégia Metodológica no Ensino de Microbiologia: Um Relato de Experiência com Estudantes do Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**. Salvador, v.11, n. 3, 2016.

MUNDFORD, D.; LIMA, M.E.C.C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v.9, n.1, p.89-111, jan-jun. 2007.

MUELLER, P.H. **A Utilização do Ambiente Virtual de Aprendizagem MOODLE como Instrumento para o Processo de Ensino Aprendizagem do Tema Evolução na Disciplina de Biologia.** 2019. p Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2019.

NASSEH, I.E.; TENGAN, C.H.; KIYOMOTO, B.H.; GABBAI, A.A. Doenças Mitocondriais. **Revista de Neurociências.** São Paulo, 9 (2), p. 60-69, 2001.

NETO, F. M. M.; DEMOLY, K. R. A.; OLIVEIRA, E. J. O.; MOURA, M. S.; RODRIGUES, R. A. R.; JUNIOR, R. V. S.J. Tecnologias e Saúde Mental: uma Plataforma de Jogos Digitais para Jovens com Transtorno de Desenvolvimento. **Informática na Educação: teoria & prática**, v.20, n.2, mai./ago. 2017, Porto Alegre.

OLIVEIRA, A. L.; BIZERRA, A. M. C. Contribuições do ensino por investigação de cinética química na construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais. **Revista Cocar.** v.14, n. 30, p.1-24, set-dez. 2020.

OLIVEIRA, A. M.; MUNHOZ, A.M.; CARNEIRO, M.L.F. Análise do ambiente virtual MOODLE como tecnologia de apoio aos estudantes de biblioteconomia. **Revista Múltiplos Olhares em Ciência da Informação**, v.1, n.1, mar. 2011.

OLIVEIRA, M. T. M. (Org.). **Didática da Biologia.** Lisboa: Universidade Aberta, 1991, 288p.

OLIVEIRA, T.T. **Uso de TICs no Ensino de Biologia: um Olhar Docente.** 2013. p Monografia (Especialização em Educação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Medianeira, 2013.

OLIVEIRA, K.S. **O Ensino por Investigação: Construindo Possibilidades na Formação Continuada do Professor de Ciências a Partir da Ação-Reflexão.** 2015. p Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal, 2015.

PAIVA, A. S.; GUIMARÃES, A. P. M.; ALMEIDA, R. O. **Biologia Celular: uma revisão sistemática sobre experiências didáticas no Ensino Médio.** Alexandria. Florianópolis, v.1, n.2, p. 201, nov. 2018.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Superintendência de Educação.** Disponível em: <<https://www.educacao.pr.gov.br/Noticia/Secretaria-abre-consulta-comunidade-sobre-Referencial-Curricular-do-Novo-Ensino-Medio>>. Acesso em: 07/06/2021.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Currículo priorizado Biologia Ensino Médio.** Disponível em <<https://drive.google.com/file/d/1rA4QhQt2lBrBUH7c7Y8hTjwC5Ow8dDKM/view>>. Acesso em 10/06/2021.

PEREIRA, A. T. C.; SCHMITT, V.; DIAS, M. R. A C. Ambientes Virtuais de Aprendizagem. In: PEREIRA, Alice T. Cybis. (orgs). AVA - **Ambientes Virtuais de Aprendizagem em Diferentes Contextos.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2007.

PINHEIRO, N.A.M; SILVEIRA, R.M.C.F; BAZZO, W.A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A Relevância do Enfoque CTS para o Contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**. Bauru, v.13, n.1, p.71-84, 2007.

PINHEIRO, R. M. S.; ECHALAR, A. D. L. F. O conceito de célula em livros didáticos de Biologia: ciência a problemática e a-histórica. **Ciência & Educação**. Baurú, v.27, n.2, p. 1-16, 2021.

PIRES.A.M.M. **Doença de Wilson e o Metabolismo do Cobre**. 2012. p Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade do Algarve – Faro, 2012.

PIRES, R. G. **Relações entre história e filosofia da ciência e o ensino por investigação: utilização de experimentos históricos no ensino de química**.

PRESTES, L.P.; BOS, A.S.; CASTRO, P.R.; BONETI, R.; ZARO, M.A. AVA Moodle, Implantação, Importância e Dificuldade de Aplicação como Extensão ao Ensino Tradicional na visão do Professor. **Informática na Educação: teoria & prática**. Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 93-108, set./dez. 2018.

RIBEIRO, E.Q.; RIBEIRO, M.F.M. Leucodistrofia Metacromática: Relato de Caso de Dois Irmãos Consanguíneos. **Revista de Neurociência**. São Paulo, 21(4), p.580-586, 2013.

RODRIGUES, B.A.; BORGES, A.T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, 2008.

RUPPEL, D. T.; MENDONÇA, M.H.; SCHADECK, R.J.G. Célula 3D: um recurso didático interativo. In: **EDUCERE: XII Congresso Nacional de Educação**. Curitiba, 2015.

SALVADOR, J.A.G.; GONÇALVES, J.P. O Moodle como ferramenta de apoio a uma disciplina presencial de ciências exatas. **Anais do XXXIV COBENGE**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.

SANTOS, J. S.; CORTELAZZO, A. L. Os conteúdos de Biologia Celular no Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM. **Avaliação**. Campinas, Sorocaba, v.18, n.3, p. 591-612, nov. 2013.

SANTOS, J. S.; SANTOS, R. C. **Os conteúdos de Biologia Celular: as opiniões dos alunos sobre o ensino e avaliação**. Areté. Manaus, v.12, n.26, ago-dez. 2019.

SARLO, L.G.; SILVA.A.F.A.; -ACOSTA, E.M. Diagnóstico Molecular da Distrofia Muscular Duchenne. **Revista Científica da FMC**. Campos, v. 4, n. 1, 2009.

SCARPA, D.L.; CAMPOS, N.F. Potencialidades do Ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**. São Paulo, v.32, n. 94, p.25-41, 2018.

SCHEFFER, S. A. A. **Sequências didáticas investigativas com o uso de laboratórios remotos e virtuais: proposta para as aulas de Física no Ensino Médio**. p. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2020.

SWENSSON, R. C.; JÚNIOR, J. J.J.; SWENSSON, R. P.; MACHADO, P. K. M. S.; J. F. M. F. FILHO, J. F. M.; SANTANA, C. P. Síndrome de Kartagener: relato de caso. **Rev. Bras. Otorrinolaringologia**, v. 69, n.6, dez 2003.

RODRIGUES, E. M. Ensino noturno de 2.º grau: o fracasso da escola ou a escola do fracasso. in **Educação e Realidade**, v. 20, n.1, jan/jun. 1995.

SILVA, M. C. S.; CRUZ, L. G. As contribuições das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para o Ensino de Ciências: concepções de professores e estudantes de uma escola pública do município de Ivinhema/MS. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

SILVA, T. S.; LANDIM, M. F. Aulas práticas no ensino de Biologia: Análise da sua utilização em Escolas no município de Lagarto/SE. **VI Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”**. São Cristóvão, 2012.

SILVEIRA, A. M. **Biologia Celular e tecidual: uma proposta de sequência didática para o Ensino Médio**. p Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia). Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, 2020.

SILVÉRIO, A.S.D.; COUTO, T.S.; OLIVEIRA, J.M.P. **Síndrome de Wilson: Relato de Caso. Medicina**. Ribeirão Preto, Online. 51 (1) pp. 75-81, 2018. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/150085>>. ACESSO EM 28/07/2020.

SOTO, R.D.; LIMONES, M.V.O.; JUSES, C.M.; OLIVEIRA, R.R.O.; CECILIO, A.B. Epilepsia mioclônica com fibras vermelhas rasgadas (MERRF): uma revisão da literatura. **Sinapse Múltipla**, Betim, v. 154-162, 2007.

TANAJURA, V. S. **Dificuldades no ensino de Biologia Celular na escola de Educação Média: considerações e apontamentos a partir de depoimentos de professores (as)**. 2017. p Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual Paulista - Baurú, SP.

TEÓFILO, F. B. S.; GALLÃO, M. I. História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia Celular. **Ciência & Educação**. Baurú, v.25, n. 3, p.783-801, 2019.

TOGNI, A.C.; CARVALHO M.J.S. A Escola Noturna de Ensino Médio no Brasil. **Revista Iberoamericana de Educación**. Araraquara, n. 44. p.61-76, 2007.

TRES, A.A. **Estudo de Técnicas e Processos Referentes ao Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos Multiplataforma**. 2015. p Monografia (Tecnologia em Sistemas para Internet) – Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – Passo Fundo, 2015.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. **Ensino por Investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia**. Ensaio, Belo Horizonte, v.17, n. especial, p. 97-114, nov. 2015.

VASCONCELLOS L.F.R.; LEITE, A.C.C.; CAVALCANTI, J.L.S.; MOREIRA, D.M.; FEIJÓ, D.; SOUZA, C.F.M. Síndrome Psicótica Evoluindo com Demência como

manifestação Clínica de deleção do DNA Mitocondrial. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**. São Paulo, 65(1), pp. 114-117, 2007.

VASCONCELOS, C.C.; OLIVEIRA, N. B. Estratégias de Ensino para Educação Básica Noturna: O Aluno como Protagonista do Aprendizado. **Debates em Educação**. V.13, n. especial, 2021. Universidade Federal de Alagoas.

VELHO, R.V. **Estudo Abrangente sobre a Deficiência da GlcNAc-1- Fosfotransferase (Mucopolidiose II e III): do Diagnóstico Molecular a Propostas de Tratamento**. 2015. p Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, 2015.

VIEIRA, F.A.C. **Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino**. 2012. p Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista – Bauru, 2012.

VIGARIO, A. F.; CICILLINI, G. A. Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio. **Ciência & Educação**. Baurú, v.25, n. 1, p.57-74, 2019.

WOIDÉLLIA, E.S. **Uso do Ambiente Virtual de Aprendizagem como Ferramenta para Auxiliar no Processo de Ensino-Aprendizagem**. 2019. p Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – CARTÃO: OBSERVAÇÃO E PROBLEMA

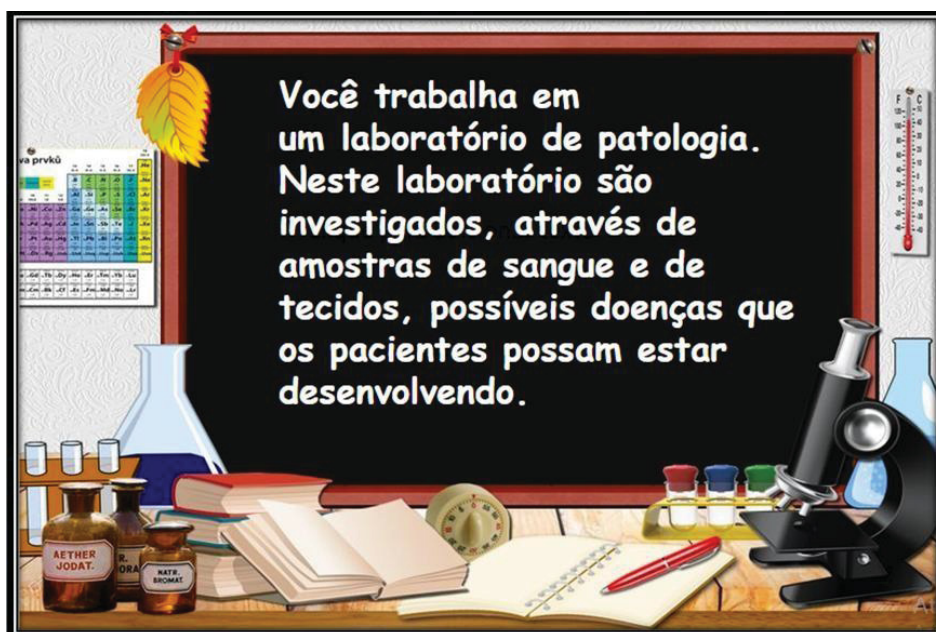
"Doenças são distúrbios que alteram as atividades de algum órgão ou, até mesmo, de todo o organismo, normalmente originando sinais e sintomas desagradáveis".

Mas como e por que nosso corpo, em determinado momento passa de um estado "saudável" para um estado "doente"?



Fonte: <https://br.pinterest.com>

APÊNDICE 2 – CARTÃO: CONTEXTUALIZAÇÃO



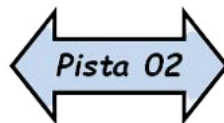
APÊNDICE 4 – PISTAS: DE 01 A 04

Sintomas: epilepsia, fraqueza muscular, e demência.
Exames revelam uma disfunção na execução
de processos que dependem de energia.



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/467240530059945379/>

Sintomas: fraqueza muscular e fadiga, perda de massa
muscular e encurtamento permanente de músculo.
Exames revelam disfunção de uma
determinada proteína, o que gera instabilidade
no processo de contração muscular.



Fonte: <https://www.deviantart.com/tylerlejewell/art>

Sintomas: fragilidade dos ossos, o que ocasiona fraturas recorrentes.

Exames revelam uma disfunção na biossíntese de colágeno ocasionada por mutações em diversos genes.



Fonte: <https://www.deviantart.com/tylerlejewell/art>

Sintomas: secreção espessa acumulada nos pulmões, chiado ao respirar e infecções pulmonares recorrentes.

Exames revelam disfunção no processo de transporte de íons.



Fonte: <https://www.deviantart.com/tylerlejewell/art>

APÊNDICE 5 – PISTAS: DE 05 A 08

Sintomas: características incompatíveis com a sua idade como calvice, pele ressecada e enrugada.

Exames revelam disfunção de uma determinada proteína, devido a mutações no gene que a codifica, o que afeta a Estrutura de um compartimento celular e o padrão de expressão gênica (de genes que estão no DNA).



Fonte: <https://www.pinterest.com>.

Sintomas: tontura, alterações na pele e sangramento na gengiva.

Exames revelam carência de vitamina C, o que acarreta em redução e alterações na síntese e dificações de determinado tipo de proteína.



<https://br.pinterest.com/pin/718957527988231311/>

*Sintomas: olhos e coloração da pele amarelados e confusão mental.
Exames revelam disfunção de uma enzima responsável
por converter a forma tóxica da proteína
bilirrubina em uma forma solúvel nas células do fígado.*



Fonte: <https://www.pngitem.com/>

*Sintomas: pele seca e espessa, múltiplas deformidades esqueléticas, e
limitação articular.
Exames revelam disfunção no endereçamento de enzimas
lisossomais, devido à falhas nos processos
pós-traducionais destas enzimas (proteínas).*

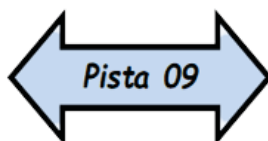


Fonte: <https://www.deviantart.com/tvlerleieiewe8/art>

APÊNDICE 6 – PISTAS: DE 09 A 12

Sintomas: dores de cabeça frequentes, convulsões, e dor muscular.

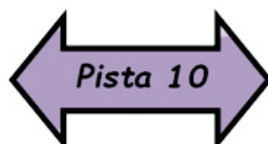
Exames revelam um processo de acidose láctica que ocasiona o comprometimento das células musculares.



Fonte: <https://www.deviantart.com/tylerlejewel/art>

Sintomas: hepatite crônica, cirrose e diminuição progressiva da capacidade intelectual.

Exames de sangue revelam acúmulo de cobre (Cu^{2+}) no organismo, prejudicando a expressão de vesículas que seguiriam até a membrana plasmática.



Fonte: <https://br.pinterest.com/pln/467248530059845379/>

Sintomas: dificuldade para andar, comprometimento intelectual e dor nas mãos e nos pés.

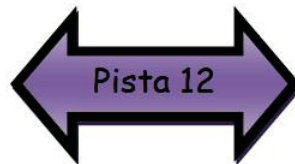
Exames revelam disfunção na atividade da enzima envolvida na degradação de glicolipídeos.



Fonte: <https://www.deviantart.com/tvlerleieiewe8/art>

Sintomas: perda da capacidade motora, dificuldades na fala e deglutição e alterações de comportamento.

Exames revelam uma disfunção na oxidação de ácidos graxos de cadeia longa.



<https://br.pinterest.com/pin/718957527988231311/>

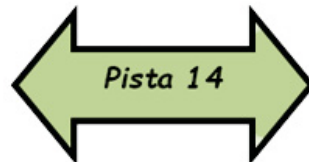
APÊNDICE 7 – PISTAS: DE 13 A 14

*Sintomas: alterações no esqueleto e no rosto, ossos do crânio separados e aumento de fígado e cistos renais.
Exames revelam altos níveis ácidos graxos de cadeia muito longa.*



Fonte: <https://www.deviantart.com/tylerlejewel/art>

*Sintomas: infecções recorrentes do trato respiratório, pneumonia crônica e chiado ao respirar.
Exames revelam alterações na ultraestrutura de cílios do epitélio respiratório.*



Fonte: <https://www.deviantart.com/tylerlejewel/art>

APÊNDICE 8 – CARTÃO: TRANSPOSIÇÃO DE RESULTADOS

Registro ↔ Resultados	
<i>Sintomas</i>	<i>Estrutura celular envolvida</i>
<i>Justificativa (para o apontamento da referida estrutura celular)</i>	<i>Causas da disfunção da estrutura celular</i>
<i>Nome da Doença:</i>	