

# BioCel 3D, um software mobile com o uso de modelos 3D para auxiliar no aprendizado de biologia celular.

**Aluno:** Arthur Silva Martins

Análise e Desenvolvimento de Sistemas  
IFBA Salvador-Bahia-Brasil  
Email: arthursilva0198@gmail.com

**Orientador:** Prof. Dr. Ronaldo Pedreira

Análise e Desenvolvimento de Sistemas  
IFBA Salvador-Bahia-Brasil  
Email: rpedreirasilva@gmail.com

**Coorientador:** Prof. Dr. Antônio Carlos

Análise e Desenvolvimento de Sistema  
IFBA Salvador-Bahia-Brasil  
Email: antonicarlos@ifba.edu.br

**Abstract** — Solution aimed at promoting a learning aid for children and adolescents in teaching cell biology through the use of mobile software. The present research, that underpins the construction of this solution brings us an approach to the importance and insertion of the use of differentiated and interactive teaching models in the learning process of children and adolescents. Concepts such as ODA, 3D modeling and types of learning will be seen throughout this material. At the same time, a response is presented to the reader on how 3D biomodels, technology and education can talk to each other, offering relatively simple solutions to improve traditional teaching within the classroom for the target audience.

**Keywords** — Learning techniques; 3D modeling; Cells; Biomodels; ODA; Unity; Software; Teaching;

**Resumo** — Solução com intuito de promover um auxiliador de aprendizado para crianças e adolescentes no ensino da biologia celular através do uso de um software mobile. A presente pesquisa, que embasa a construção desta solução, nos traz uma abordagem sobre a importância e inserção do uso de modelos didáticos diferenciados e interativos no processo de aprendizagem de crianças e adolescentes. Conceitos como ODA, modelagem 3D e tipos de aprendizado serão vistos ao longo deste material. Em concomitância, são apresentadas explicações ao leitor sobre como biomodelos 3D, tecnologia e educação, podem conversar entre si, oferecendo soluções relativamente simples para aprimoramento do ensino tradicional dentro da sala de aula para com o público alvo.

**Palavras-chave** — Técnicas de aprendizagem; Modelagem 3D; Células; Biomodelos; ODA; Unity; Software; Ensino;

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

O processo educacional de jovens e crianças dentro da sala de aula é quase sempre difícil. Esse ponto é facilmente notado quando os fluxos de aprendizado exigem abstrações de modelos em escala reduzida (veja células humanas), compreensão de imagens estáticas (2D – duas dimensões) e textos didáticos extensos.

Quando se imagina uma disciplina/área que utiliza os fundamentos citados anteriormente, é possível inserirmos o ramo da biologia na discussão. Em estudos realizados, é evidenciado

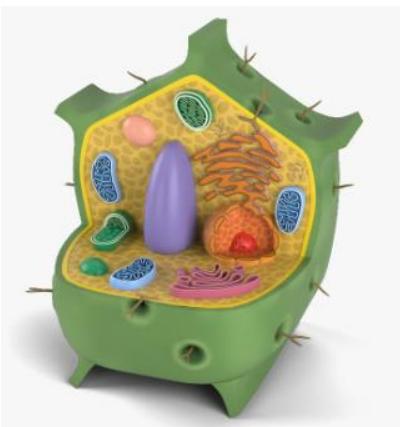
que disciplinas como as ciências biológicas, especificamente na área da citologia (biologia celular), possuem problemas de compreensão e fixação por parte de crianças e adolescentes no seu processo de aprendizado [1][2][3][5]. Este fator, ocorre devido ao alto grau de abstração necessária, sobretudo, devido à abundância de conceitos, palavras para memorização, complexidade na fixação dos conteúdos e projeção de imagens que são microscópicas [2].

A ausência de recursos didáticos adequados se apresenta como um obstáculo para o ensino eficaz da biologia celular. Em muitas instituições de ensino, a limitação no acesso a laboratórios equipados e a microscópios, restringe as possibilidades de experimentação prática, privando os estudantes de vivências que poderiam facilitar a compreensão do conteúdo. Dessa forma, o ensino tradicional, baseado na memorização de textos e na interpretação de imagens estáticas em livros didáticos, torna-se insuficiente para atender às necessidades pedagógicas dos alunos. O distanciamento entre teoria e prática contribui para o desinteresse dos estudantes, que frequentemente têm dificuldades em visualizar as estruturas celulares e compreender suas interações no nível microscópico. A dependência exclusiva de materiais impressos e abordagens expositivas também acabam comprometendo a construção de um aprendizado significativo, uma vez que não estimula a participação ativa do aluno no processo educativo [1][2].

[5], cita que: “é evidenciado que o conteúdo no Ensino Médio é abordado ainda de forma descritiva, sem vinculação, com inúmeras terminologias, ou seja, um ensino enciclopédico”. É necessário modificar este ensino enciclopédico e utilizar diferentes recursos didáticos no ensino das ciências biológicas, propiciando uma melhora no processo de aprendizagem dos educandos, principalmente relacionado com conteúdo de compreensão mais difícil [3]. O uso de modelos didáticos contendo formas 3D físicas, por exemplo, já é utilizado em faculdades de medicina e em algumas escolas, porém, tecnologicamente falando, não são observados com uma boa frequência **do uso destes modelos por meios digitais, onde estes, tendem a possuir grande potencial na construção do ensino e do aprendizado, principalmente na tentativa de representar estruturas microscópicas que são objetos de difícil abstração**.

Como afirma [4], “há pouco tempo atrás, fazia-se necessário justificar a introdução de tecnologias no contexto educacional,

“hoje já se faz necessário qualificar a sua utilização”.



**Fig. 1.** Exemplo de modelo digital 3D representando uma célula eucarionte vegetal. **Retirado de:** <https://3dmodels.org/pt/3d-models/plant-cell/> Acesso em 10/11/2024 às 19 h.

É com esse pensamento, que surge a necessidade de introduzir mecanismos diferenciados e de boa qualidade no dia a dia de uma sala de aula. A incorporação da tecnologia no ambiente educacional tem se mostrado uma alternativa eficaz para superar desafios pedagógicos, especialmente em disciplinas que exigem um alto nível de abstração, como a biologia celular. O uso de recursos digitais permite tornar o ensino mais dinâmico, interativo e acessível, favorecendo a compreensão de conteúdos tradicionalmente considerados complexos. Modelos tridimensionais, por exemplo, possibilitam a visualização detalhada de estruturas celulares que, de outra forma, seriam representadas apenas por ilustrações bidimensionais em livros didáticos. Dessa maneira, a tecnologia atua como uma ponte entre o conhecimento teórico e a experiência prática, ampliando as possibilidades de aprendizagem.

Além de facilitar a assimilação dos conceitos, as ferramentas digitais contribuem para o engajamento dos estudantes, tornando o aprendizado mais envolvente. O contato com representações visuais interativas favorece a construção de um conhecimento mais sólido, permitindo que os alunos explorem as estruturas celulares sob diferentes perspectivas e ritmos. Esse tipo de abordagem não apenas desperta maior interesse pelo conteúdo, mas também reduz dificuldades relacionadas à abstração dos temas microscópicos.

Entretanto, para que a tecnologia seja utilizada de forma eficaz, é essencial que sua implementação esteja alinhada a estratégias pedagógicas bem estruturadas. Não basta simplesmente disponibilizar recursos digitais; é necessário que seu uso seja planejado para complementar e aprimorar o ensino, garantindo que o aluno não apenas interaja com os modelos, mas também compreenda os conceitos por trás deles. O desafio, portanto, reside não apenas na adoção da tecnologia, mas na qualificação de seu uso, de modo que ela se torne um facilitador genuíno do processo de ensino-aprendizagem.

Os pontos acima são corroborados como justificativa através de alguns estudos e pesquisas realizados, [5], por exemplo, relata que: “o conteúdo de Biologia Celular, mesmo sendo abordado em diversos anos escolares, iniciando-se a partir do Ensino Fundamental, por ser de difícil visualização, **necessita de recursos adicionais para que a aprendizagem ocorra.**” Dentre os diversos assuntos da Biologia, [5] e colaboradores realizaram uma pesquisa para evidenciar os conteúdos que geram maior dificuldade na aprendizagem dos estudantes e os assuntos relacionados à Biologia Celular ficaram em primeiro lugar da lista. Isso mostra que é de fato necessário pensar na necessidade de buscar alternativas ao ensino tradicional, mitigando assim, os impactos causados pela dificuldade de aprendizado dos estudantes em disciplinas como a biologia. Oferecido o contexto geral, a presente solução oferece como possibilidade **utilizarmos uma ferramenta tecnológica mobile (Software), chamada aqui de BioCel 3D, sendo ele um facilitador e catalisador no processo de aprendizado escolar.** Devido à facilidade de acesso a smartphones e equipamentos digitais, **entende-se que uma solução mobile adequa-se de forma mais eficiente na proposta de solução apresentada,** esse ponto é corroborado pela citação de [20] presente em seu estudo de caso, “... a miniaturização e o barateamento dos componentes eletrônicos. Tais processos estão diretamente relacionados à descoberta de novas técnicas e materiais, que tem se intensificado e evoluído rapidamente desde a primeira década do século XX. Estes equipamentos menores e mais baratos se difundiram e se popularizaram no dia a dia de indivíduos e empresas, se tornando cada vez mais indispensáveis.”

## 1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.

O aplicativo BioCel3D **visa promover visualização e interação das estruturas de uma célula eucarionte animal e uma célula**

**procarionte bacteriana mediante uma perspectiva em três dimensões (3D).**

**A escolha dos tipos celulares** foi pensada de forma que o aplicativo contemplasse os dois tipos de células principais classificadas hoje pela ciência, sendo elas as eucariontes e procariontes. É válido ressaltar a existência dos vírus, que são seres acelulares, contudo, este tipo não estará no escopo dessa solução.

Além do mencionado, **almeja-se evidenciar as dificuldades no aprendizado da citologia (biologia celular) dentro do âmbito de educação escolar de jovens e crianças entre 11-17 anos, devido à ausência de modelos didáticos apropriados.** Diante disso, haverá uma análise de como a aplicação e o uso de tecnologias como o BioCel3D poderiam melhorar o aprendizado desses indivíduos. **Em específico, o estudo da solução visa:**

- a) Permitir a visualização e interação de estruturas celulares básicas por meio de modelos 3D.
- b) Auxiliar na aquisição de conhecimento no ramo das ciências biológicas.
- c) Aplicar modelos didáticos tecnológicos como alternativa ou auxiliador ao aprendizado tradicional;
- d) Evidenciar a importância do uso da tecnologia na educação de crianças e adolescentes;

### 1.3 HIPÓTESES.

O processo de aprendizado humano é influenciado por vários fatores que são individuais e inerentes a cada ser humano. Dessa forma, o desenvolvimento de um aplicativo móvel que combina modelagem 3D e princípios pedagógicos, propõe-se a atender uma lacuna nos modelos didáticos tradicionais utilizados no ensino das ciências biológicas, tentando assim, aproveitar ao máximo a dinâmica e variedade dos diferentes tipos, formas e aspectos de aprendizado humano. Com base no que foi abordado e desenvolvido até o momento, formulam-se as seguintes hipóteses com a implementação e uso do BioCel3D:

- I. A experiência proporcionada pela modelagem 3D em dispositivos móveis aumentaria o engajamento dos alunos no estudo de biologia celular, despertando maior interesse em aprender sobre os processos biológicos

que ocorrem em níveis microscópicos nos seres humanos e outros organismos.

- II. A aplicação de uma ferramenta multimídia interativa como o BioCel3D, utilizando a modelagem 3D, acabaria favorecendo a inclusão de diferentes perfis de aprendizagem (visual, conceitual, por exemplo), tornando o aprendizado mais acessível e personalizado para cada tipo de indivíduo que esteja a usufruir do software.
- III. Caso bem aceita, a solução proposta torna-se viável para replicação e escalabilidade em outras áreas da biologia, como histologia ou microbiologia, devido à sua flexibilidade e existência de possibilidade da construção de “n” modelos 3D didáticos para o uso no aplicativo.
- IV. Alunos que utilizarem o aplicativo apresentariam um desempenho superior em avaliações práticas e teóricas relacionadas à biologia celular em comparação àqueles que utilizam exclusivamente métodos didáticos tradicionais. Esse aspecto poderia ser corroborado através da ideia de engajamento e interesse, conceitos presentes na primeira hipótese de pesquisa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

A tecnologia surge como um dos facilitadores no processo de aprendizado humano na educação contemporânea, ela permite não só a ampliação do acesso ao conhecimento, mas o aumento do engajamento e a personalização das experiências. Ferramentas tecnológicas, como softwares interativos e ambientes virtuais de aprendizagem, estão sendo frequentemente associadas a uma maior motivação e engajamento dos estudantes, transformando o aprendizado outrora mecânico em uma experiência prática e significativa.

[18] discorre sobre as concepções de conhecimento e aprendizagem, destacando diferentes abordagens que fundamentam as práticas pedagógicas. Dentre as concepções citadas pelo autor, iremos enfatizar o **empirismo, o construtivismo e a abordagem histórico-cultural.**

Segundo [18], a concepção empirista, por exemplo, sustenta que todo conhecimento é adquirido por meio da experiência sensorial, na qual as informações são gradualmente registradas a partir da interação com o meio. Essa perspectiva, influenciada pelo pensamento de filósofos como **John Locke e David Hume**,

defende que a aprendizagem ocorre por meio da repetição e da formação de hábitos, tornando o ensino um processo predominantemente transmissivo. O aluno, nessa abordagem, assume um papel passivo, sendo a aquisição do conhecimento determinada pelos estímulos externos fornecidos pelo professor e pelo ambiente educacional.

**Em contraposição, a teoria construtivista, fortemente associada aos estudos de Jean Piaget,** argumenta que o conhecimento **não é simplesmente recebido do ambiente, mas sim ativamente construído pelo indivíduo.** Ou seja, o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio da interação entre o sujeito e o meio, mediado por processos como a assimilação e a acomodação. **Para Piaget**, a aprendizagem se dá por estágios progressivos, nos quais a criança reorganiza constantemente seus esquemas mentais. [18] ressalta que essa concepção de ensino valoriza um modelo que respeita o ritmo de cada aluno e incentiva a experimentação e a resolução autônoma de problemas, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e **menos dependente da mera memorização de informações.**

A abordagem histórico-cultural, fundamentada nos estudos de **Lev Vygotsky**, é apresentada como uma concepção que enfatiza o papel central das interações sociais e culturais na aprendizagem. **Diferentemente da visão piagetiana**, que privilegia a exploração individual, essa teoria propõe que o conhecimento se construa inicialmente no nível social para, em seguida, ser internalizado pelo indivíduo. **Elementos como a linguagem, os signos e os instrumentos culturais são considerados mediadores essenciais no desenvolvimento cognitivo.**

Alguns estudos indicam que tecnologias interativas, como modelagem 3D e realidade virtual, são particularmente eficazes na visualização e compreensão de conceitos abstratos ou complexos, como os processos celulares do corpo humano, por exemplo. O uso dessas ferramentas não apenas torna os conteúdos mais fáceis de compreender, como também ajuda a promover o aprendizado ativo. Este tipo de aprendizado conduz o aluno a possuir uma maior participação na construção do seu conhecimento. Esse tipo de abordagem está alinhado às teorias de **Piaget e Vygotsky**, que destacam a importância de interações sociais e atividades cognitivas ativas para o desenvolvimento intelectual [14].

Jean Piaget, biólogo, psicólogo e um dos indivíduos mais importantes do século XX no que diz respeito às teorias de construção do conhecimento, afirmava que a última fase do desenvolvimento cognitivo e operatório-formal ocorria entre 11 e 15 anos. Nesta fase, o raciocínio abstrato é formado, que é verdadeiramente o ápice do desenvolvimento cognitivo humano. Contudo, Piaget ressaltava que todo esse processo, para ocorrer de forma saudável, depende da **maturidade orgânica, das aquisições pela experiência e da estimulação pelo meio e equilibrações sucessivas.**

**Realizando um paralelo dos estudos de Piaget e Vygotsky com o BioCel3d,** conseguimos melhor compreender o porquê da escolha de uma ferramenta tecnológica como instrumento de aprimoramento pedagógico, como também, conseguimos enxergar **uma necessidade de compreensão da importância do uso da tecnologia além das fronteiras da sala de aula.** É notório que o uso de tecnologias educacionais prepara os estudantes para o mercado de trabalho e para os desafios globais, tendo em vista o atual mundo globalizado, tecnológico, informativo e dinâmico. O desenvolvimento de competências digitais, a título exemplificativo, está presente entre os principais campos de habilidades do século XXI. A integração estratégica da tecnologia pode transformar não apenas o aprendizado, mas também o papel dos educadores e alunos no processo de construção do conhecimento. Dessa forma, acredita-se que **a tecnologia, quando bem aplicada, deve ser utilizada como uma aliada do ensino, tornando-se um elemento catalisador da inovação educacional**, promovendo um aprendizado mais imersivo, acessível e relevante para muitos desafios contemporâneos. [14]

Evidentemente, a tecnologia também é um contribuidor para a democratização da educação, ela permite que estudantes de diferentes origens socioeconômicas tenham acesso a conteúdos de alta qualidade, bastando apenas que seja inserida no contexto vivenciado por estes estudantes. Alguns outros recursos, como legendas, descrições de áudio e interfaces acessíveis, são também ótimos promotores de inclusão, onde alunos com deficiências ou dificuldades cognitivas possam ter uma educação equitativa e inclusiva através do uso dessas ferramentas.

[17] nos traz um pouco da questão inclusiva que a tecnologia pode fornecer a uma sociedade, é evidenciado que elas não apenas ampliam o acesso ao conhecimento, mas também transformam a maneira como indivíduos e grupos interagem e

constroem suas identidades. Contudo, para que essa inclusão seja de fato efetiva, é essencial que as escolas e instituições educativas reconheçam e integrem as práticas digitais ao ensino, promovendo um aprendizado mais dinâmico, crítico e conectado às demandas da sociedade contemporânea. [17] destaca que a escola ainda enfrenta desafios na incorporação dos letramentos digitais, pois muitas práticas pedagógicas permanecem ancoradas em modelos tradicionais, centrados no professor como único detentor do conhecimento. No entanto, ao integrar tecnologias digitais ao ensino, é possível criar experiências de aprendizado mais contextualizadas e conectadas com a realidade dos estudantes.

## 2.1 OBJETOS DIGITAIS DE APRENDIZAGEM.

Os objetos digitais de aprendizagem, ou “**ODA**”, como serão chamados a partir deste tópico, são recursos digitais projetados para apoiar o processo de ensino e aprendizagem de maneira interativa e acessível. Esses recursos podem incluir vídeos, animações, simulações, jogos educativos, apresentações multimídia e outras ferramentas digitais que comprovadamente auxiliam na aquisição de conhecimento e fixação de conteúdos [11]. O objetivo principal dos ODA é tornar o aprendizado mais dinâmico e atrativo, proporcionando experiências que vão além dos métodos tradicionais de ensino.

O ODA possui uma grande modularidade, podendo ser reutilizado em diferentes contextos educacionais e disciplinares, oferecendo assim, flexibilidade no ensino e no aprendizado.

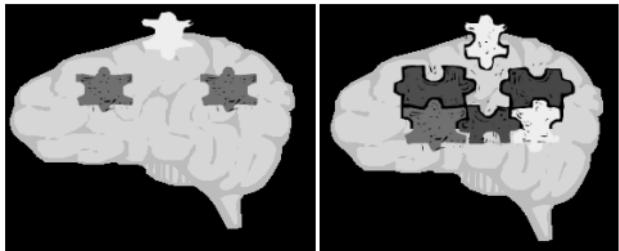


**Fig. 2.** Exemplos de recursos que podem servir como ODA. **Retirado de:** <https://educacaoterritorio.org.br/arquivo/escola-digital-estimula-uso-da-tecnologia-no-aprendizado/>, acesso em 01/12/2024 às 01:43.

**David Ausubel, psicólogo e pesquisador**, desenvolveu a teoria da aprendizagem significativa. **Essa teoria está entre um dos pilares motivadores do aplicativo BioCel 3D.** [10] nos traz uma visão do que seria essa “aprendizagem significativa”. O conceito da aprendizagem significativa surge como um contraponto da aprendizagem mecânica, ambos distinguem-se e são “oppositores” dada a forma de como o conteúdo é assimilado pelo aluno. No aprendizado mecânico, a nova informação é armazenada de maneira isolada ou com associações arbitrárias, sem conexão lógica com os conhecimentos prévios do estudante. Isso resulta em uma aprendizagem superficial e de curto prazo, com limitada aplicabilidade prática.

Por outro lado, o aprendizado significativo ocorre quando o conteúdo novo é integrado aos conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, estabelecendo conexões substanciais e não-arbitrárias. Esse processo facilita a compreensão profunda e a retenção duradoura do conhecimento, o que é muito mais valioso durante a aprendizagem escolar quando comparado ao aprendizado mecânico [10]. Autores como [1] concluem que: “... a aprendizagem escolar não pode mais ser mecânica, é preciso que se diversifique, com tomadas de decisões e de estratégias diferentes para que os alunos, dispondão de recursos alternativos, saibam como utilizá-los.”

No estudo de [4], eles conseguem oferecer uma interessante conclusão perante o uso de ODA e ferramentas digitais/tecnológicas no âmbito escolar. Os autores fizeram alguns testes de inserção de ferramentas digitais em um colégio estadual com alunos do ensino médio (jovens entre 11-17 anos), onde duas turmas foram expostas ao teste. Uma delas teve o seu conteúdo disciplinar lecionado de forma tradicional, já a outra teve o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) inserido no processo de aprendizado. **No fim dos testes, houve uma detecção clara de que o uso das TIC promoveu impacto positivo para os alunos que as utilizaram, eles tiveram um desempenho relativamente superior aos alunos que não utilizaram recursos de TIC.** A informática, por exemplo, foi utilizada para integrar conteúdos teóricos e práticos, promovendo a compreensão e a retenção do conhecimento biológico, ao mesmo tempo que incentivava a autonomia e o pensamento crítico dos estudantes. Dada essa conclusão, é evidenciado que, por meio de ferramentas digitais, a hipótese de que existe um aumento no engajamento dos alunos e na eficácia do ensino torna-se verdadeira.



**Fig. 3.** Ilustração da aprendizagem mecânica e da aprendizagem significativa, respectivamente. **Retirado de:** [10], acesso em 01/12/2024 às 03:43.

O BioCel 3D surge com o alicerce de um ODA, é compreensível que, a partir dos argumentos/conceitos citados anteriormente, o software promova conexão com os alunos ao oferecer representações visuais interativas em três dimensões, de tal forma que auxilia os alunos a abstraírem conceitos complexos, como a estrutura e função das estruturas celulares. **Alguns pontos-chave que tornam o BioCel 3D uma ferramenta digital de aprendizagem promotora do aprendizado significativo podem ser vistos logo a seguir:**

- O uso dos modelos tridimensionais permite que os alunos visualizem as relações espaciais e dinâmicas entre as estruturas, facilitando a compreensão das interações celulares.
- A manipulação dos modelos em tempo real faz com que o aplicativo atue como um material organizador da forma lógica e visual das estruturas celulares, favorecendo a integração com os "subsunções" existentes na mente do aluno. [10] Explana que um "subsunçor" pode ser conceituado como uma ideia ou proposição já existente na estrutura cognitiva do aluno, capaz de servir de "ancoradouro" para uma nova informação, de modo que ela adquira assim um significado para o indivíduo.
- O uso dos recursos visuais e interativos, concomitantemente, com o engajamento do software, torna-se de grande proveito aos diversos estilos de aprendizagem, como visual ou cinestésico, podendo servir também, para aqueles com necessidades especiais, que podem se beneficiar de uma interface adaptada e amigável.

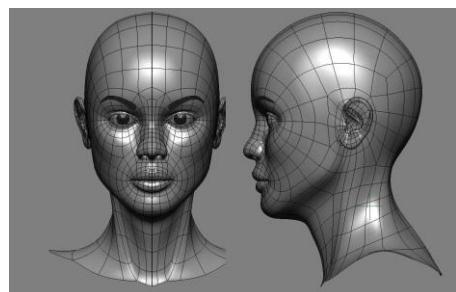
## 2.2 BIOMODELAGEM 3D

A **técnica computacional de modelagem 3d visa representar objetos ou seres (vivos ou não)** através da análise das medidas matemáticas das suas superfícies. Uma das formas de medição existentes desses dados matemáticos é a medição indireta, onde se utiliza de técnicas como a fotogrametria e a tomografia computadorizada para obtenção desses dados [12]. A ideia da modelagem 3d é conseguir uma representação computacional mais real possível daquilo que está sendo medido, logo, por intermédio de técnicas como a medição indireta, é possível construir nos sistemas computacionais imagens fidedignas de objetos simples como mesas, cadeiras, estantes e até objetos ou seres muito mais complexos como animais, casas e **até mesmo uma célula animal ou bacteriana, como no caso BioCel 3D.**

Partindo dos conceitos básicos e definição de modelagem 3d, conclui-se que o BioCel 3D utiliza uma abordagem chamada BioModelagem 3d. Essa técnica está inserida na mesma definição da modelagem em três dimensões tradicional, porém, com uma especificidade maior e direcionada para estruturas biológicas.

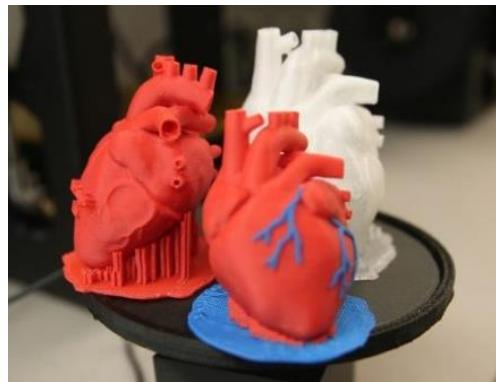
Complementando, com a definição de [13], consegue-se chegar a um consenso e concluir que: a Biomodelagem é um termo genérico que designa a habilidade de reproduzir as características morfológicas de uma estrutura anatômica em um modelo físico ou digital.

No BioCel 3d, o uso desses modelos celulares em três dimensões será o âmago do aplicativo, neles estarão os objetos em 3d onde ocorrerão todas as interações de usuário com as estruturas celulares representadas.



**Fig. 4.** Representação de uma face humana através da técnica de modelagem 3D. **Retirado de:** <https://www.pinterest.it/pin/478718635381994745/>

Para compreendermos a importância do uso de biomodelos 3D no processo de aprendizado e educação, no passado, os médicos dependiam da experiência prática com necropsias e vivência profissional para aprimorarem suas habilidades no diagnóstico de doenças e evolução das técnicas de cirurgia, por exemplo. Atualmente, o emprego dos biomodelos é um real catalisador do aprendizado nesse contexto. O grau de similaridade e correspondência dos biomodelos com os órgãos, tecidos e estruturas corpóreas, em geral, é um dos fatores que os tornam extremamente precisos.



**Fig. 5.** Exemplo de biomodelagem de um coração humano. **Retirado de:** <https://www.producab.com.br/impressao-3d-na-medicina/>

### 3. SOLUÇÃO DESENVOLVIDA.

#### 3.1 ARQUITETURA E MODELAGEM.

A arquitetura do BioCel 3D e a sua modelagem foram iniciadas com a ferramenta Unity, o software em praticamente sua totalidade foi pensado e desenvolvido através desse motor. A Unity Hub, ferramenta de gerenciamento da Unity Technologies, fornece dispositivos facilitadores para criar e operar softwares, games e outras experiências interativas em tempo real, podendo também publicá-las em uma ampla gama de dispositivos. O BioCel 3D, a priori, teve a sua construção inicial para ser **compatível com modelos de smartphones Android**, entretanto, é possível realizar o seu “Build” (construção do software), para estar em plena compatibilidade com dispositivos IOS e Linux, por exemplo. Para o funcionamento do BiolCel 3D, faz-se necessário o usuário possuir o aplicativo

instalado no seu smartphone e interagir com o aplicativo de forma bastante intuitiva e simples. Como requisito para um uso otimizado, é indicado, **sistema operacional Android com um espaço mínimo de 300MB de memória em disco no aparelho e uma memória RAM de no mínimo 4GB**.

Por tratar-se de um software **offline first (funcionamento offline)**, o BioCel 3D não precisou de um estudo de modelagem e arquitetura complexa para sua criação prática, bastando apenas conhecimento intermediário na linguagem C# (C sharp), e aprendizado sobre a interface e algumas funcionalidades do Unity Editor Game Engine. Esses pontos serão mais detalhados no tópico “Implementação do BioCel 3D”. **Imagens representativas de um caso de uso geral (Figura 15) e diagramas de classe foram inseridas no apêndice deste documento.**

#### A. Requisitos Funcionais

- **Navegação e Interface:** O usuário deverá interagir com uma interface simples, limpa e rápida. É desejável que informações importantes sobre os recursos oferecidos no aplicativo estejam na sua página inicial, bem como, instruções para o uso destes recursos.
- **Visualização de modelos em três dimensões:** O BioCel 3D deverá permitir que os usuários visualizem modelos tridimensionais detalhados de células e estruturas celulares, com possibilidade de rotação e zoom.
- **Modo Offline:** O aplicativo deverá ter a possibilidade de acessar os modelos e conteúdos principais sem necessidade de conexão com a internet. Essa possibilidade deverá ser apresentada como uma entrada de “usuário convidado”.
- **Interatividade com os modelos:** O usuário poderá interagir com os biomodelos em 3D, não só visualizando, mas podendo também isolar componentes e estruturas específicas.
- **Textos explicativos integrados:** O usuário, ao interagir com uma organela presente no modelo celular, poderá clicar e visualizar o conceito ou definição daquela organela específica na sua tela.

## B. Requisitos Não Funcionais

- **Performance:** O tempo de carregamento dos modelos deverá ser inferior a 4 segundos em dispositivos que obedeçam às especificações mínimas definidas. O aplicativo deverá interagir com uma taxa de quadros mínima de 30fps, dessa forma a experiência se tornará fluida.
- **Usabilidade:** O usuário, mesmo sem experiência técnica ou conhecimento, deverá compreender o propósito do aplicativo e conseguir interagir com os modelos apresentados em menos de 5 minutos.
- **Portabilidade:** O aplicativo deverá ser compatível com as versões mais atuais do sistema Android, bem como, deverá funcionar adequadamente em tablets e smartphones.
- **Manutenibilidade:** O código deve ser de fácil compreensão e seguir padrões de projetos conhecidos na programação, facilitando, assim, futuras atualizações ou correções necessárias.

## C. Implementação do BioCel 3D

Nesta implementação, foi utilizada a Unity Hub com a versão do Unity Editor 2022.3.41f1 via licença estudantil. A linguagem C# para desenvolvimento dos scripts e do código-fonte de interações de programação orientada a eventos (cliques, arraste etc.) e o Unity Assets para aquisição e utilização dos biomodelos em três dimensões oferecidos no aplicativo. Todo o ferramental citado anteriormente será detalhado logo a seguir:

- **Unity Editor 2022.3.41f1:** O Unity Editor é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para criar jogos e experiências interativas 3D, 2D, AR (realidade aumentada) e VR (realidade virtual). A versão utilizada foi a 2022.3.41f1, ela pertence à série Unity 2022 que faz parte do LTS (Long Term Support). Essa versão foi escolhida por possuir boa estabilidade e pouquíssimos bugs quanto à questão de desenvolvimento.
- **Linguagem C# (C sharp):** é uma linguagem de programação moderna, orientada a objetos,

desenvolvida pela Microsoft como parte do .NET Framework. Ela é amplamente utilizada no desenvolvimento de software, incluindo aplicativos desktop, web e jogos. No contexto da Unity, o C# é a principal linguagem de programação utilizada para criar os scripts que controlam a lógica e o comportamento dos objetos. Por possuir suporte nativo com a Unity, ela possui ótimo desempenho, integração, boa documentação e versatilidade.

- **Unity Assets e AssetStore:** Os Assets, conforme chamados no contexto Unity, são espécies de “plugins” ou “Add-Ons” extremamente fáceis e simples de serem integrados ao seu projeto. Um *asset* é um componente que pode ser integrado de forma facilitada ao seu software ou aplicativo através do Unity Editor. Esse componente pode ser desde um áudio, interface *GUI* ou **até mesmo um modelo 3D complexo, como foi o caso dos Biomodelos adquiridos e utilizados no presente software desenvolvido**. A *AssetStore* é um *hub* inovador que oferece um espaço comunitário com loja e comunidade. Neste espaço, é possível adquirir assets pagos e também gratuitos. Ressaltamos que as devidas licenças de uso foram respeitadas e o uso dos modelos adquiridos está em consonância com as políticas necessárias.
- **Git e GitHub:** através das duas plataformas, o software foi versionado e também disponibilizado o seu *APK*, dessa forma, o usuário poderá baixá-lo e instalá-lo em seu smartphone ou tablet. Mais detalhes sobre o processo de implantação serão abordados no setor “F” deste tópico.

## D. Fluxo de funcionamento e visão geral do aplicativo

### • Tela Inicial.

A primeira tela do BioCel 3D consiste apenas em um botão de entrada, dessa forma, o usuário tem acesso livre ao software e todas as funcionalidades sem necessidade de um login.

### • Menu principal.

O menu principal oferece algumas funcionalidades básicas do aplicativo. A primeira opção, de nome “SOBRE”, traz

informações sobre o porquê o software foi construído e qual o seu propósito. Dessa forma, o usuário consegue ter uma visão geral sobre a solução e qual a intenção do aplicativo. As duas próximas opções, “CÉLULA ANIMAL” e “CÉLULA BACTERIANA”, trazem os biomodelos de cada tipo celular. Esses biomodelos em três dimensões são o cerne da solução aqui proposta, neles serão encontradas a estrutura em 3D do tipo celular selecionado e também as definições e conceitos de cada organela. Essas opções e interações serão melhor descritas mais à frente. Já a opção de “AJUDA” (**figura 9 presente no apêndice**) oferece uma breve explicação de como o usuário pode interagir com o software e como ele pode aprender com suas funcionalidades.



**Fig. 6.** Tela de menu do BioCel 3D. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.**

## D-1 Célula Animal (Eucarionte)

A opção de visualização da célula animal oferece um modelo em três dimensões de uma célula eucarionte saudável. O modelo apresenta cerca de dez estruturas celulares disponíveis para interação, manipulação e definição conceitual. As estruturas disponíveis no modelo eucarionte são as listadas a seguir:

- Citoplasma;
- Núcleo (DNA e Membrana Nuclear);
- Membrana Plasmática;
- Lisossomo;
- Retículo Endoplasmático liso e rugoso;
- Mitocôndria;
- Centríolo;
- Ribossomo;
- Complexo De Golgi;
- Citoesqueleto;
- Perissomos

As estruturas celulares citadas anteriormente e o modelo em sua totalidade podem ser manipulados em perspectiva de 360° e também ampliados ou reduzidos ao realizar a ação de pinçar com os dedos. O biomodelo 3D da célula eucarionte pode ser encontrado no apêndice deste trabalho, numerado na figura 12.

O botão representado pelo símbolo de uma casa, é o botão “Home”, clicando nele, o usuário retornará ao painel do menu principal. O botão representado pela seta retornando (canto superior direito na imagem anterior), é um botão de “reset” da perspectiva de visualização. Ao clicar nele, o modelo 3D retornará à sua posição “default”. O checkbox apresentado no canto inferior direito da tela é o acionador de isolamento das estruturas. Ao interagir com esse botão, uma pequena janela irá se abrir à esquerda do usuário. Essa janela irá conter os nomes das estruturas celulares citadas anteriormente. Clicando no nome de determinada organela, o BioCel 3D irá isolar aquele componente e mostrar

apenas ele na tela, de forma individual. **O exemplo de isolamento de componente/organela e dos botões citados acima podem ser visualizados na figura a seguir.**



**Fig. 7.** Visão ao isolar um componente celular (núcleo). **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.** Biomodelo adquirido em:  
[https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset\\_quality](https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset_quality)

Quando o toque de tela é acionado pelo usuário em algum componente, um pop-up (janela) se abrirá e exibirá a definição e funcionalidade daquela determinada organela. A **visualização deste pop-up pode ser vista na figura de número 13 presente no apêndice.**

As definições e conceitos apresentados para as estruturas celulares presentes no aplicativo foram retirados de fontes científicas já consolidadas no meio científico e acadêmico. [15][16]

## D-2 Célula Bacteriana (Procarionte)

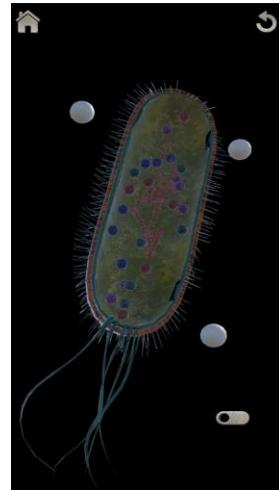
A opção de visualização da célula bacteriana oferece um modelo em três dimensões de uma célula bacteriana comum. O modelo apresenta cerca de oito estruturas celulares disponíveis para interação, manipulação e definição conceitual.

As estruturas celulares disponíveis no modelo procarionte são as listadas a seguir:

- Cápsula;
- Parede Celular;

- Citoplasma;
- DNA;
- Flagelo;
- Pilli;
- Membrana Plasmática;
- Ribossomo (Organela);

As funcionalidades oferecidas na opção da célula bacteriana seguem os mesmos fluxos da célula animal citada no tópico 3 deste segmento.



**Fig. 8.** Visão geral da célula procarionte. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.** Biomodelo adquirido em:  
[https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset\\_quality](https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset_quality)

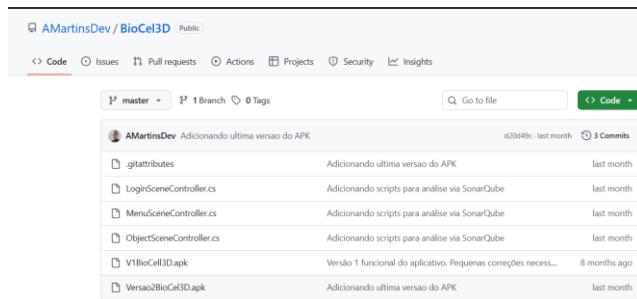
## E. Implantação do aplicativo.

O aplicativo está versionado na plataforma GitHub, como citado anteriormente. O GitHub é uma plataforma online que permite armazenar, compartilhar e trabalhar em conjunto em projetos de desenvolvimento de software. Ele é baseado no sistema de controle de versão chamado GIT. Por meio de um repositório criado pelo autor da presente solução, foi possível fornecer o software BioCel 3D na extensão padrão de aplicativos para Android, que chama-se .APK (Android Package Kit) ou, em sua tradução literal: “kit de pacote Android”. Essa extensão é nativa do sistema Android,

qualquer aplicativo/software disponibilizado neste formato, pode ser instalado em seu smartphone caso os requisitos mínimos do software sejam cumpridos.

Para que o usuário deseje implantar a solução e testá-la, fazem-se necessários os seguintes passos abaixo:

**Passo 1:** Acessar a plataforma GitHub através do seu smartphone ou tablet pelo link: <https://github.com/AMartinsDev/BioCel3D>



**Fig. 18.** Visão geral do repositório onde o arquivo citado anteriormente está presente.

**Passo 2:** Criar uma conta no site ou realizar o login com uma forma de autenticação já existente.

**Passo 2:** Clicar no arquivo **Versao2BioCel3D.apk** disponibilizado no repositório.

**Passo 3:** A página irá alterar, no canto direito da tela, ao lado do nome do aplicativo, haverá o símbolo de “Download” representado por uma seta para baixo. Clique no botão e aguarde o download ser concluído. O arquivo terá um tamanho aproximado de 150MB.

**Passo 4:** Ao baixar o arquivo, o usuário deverá clicar em “Executar”. Após esse clique, o celular irá emitir um pop-up solicitando que aplicativos de “fontes desconhecidas” sejam permitidos para instalação no seu tablet ou smartphone. Sendo assim, basta que o usuário concorde com a opção de instalação por fontes desconhecidas. Dessa forma, o aplicativo será devidamente instalado no aparelho.

**Passo 5:** Pesquisar o aplicativo instalado no seu celular com o nome de “Bio Cell” e abri-lo. Deste ponto em diante, o usuário poderá experimentar a solução aqui oferecida.

#### 4. TRABALHOS E APlicativos CORRELATOS.

Dentro do cenário de aplicativos mobile e pesquisas existentes sobre métodos diferenciados de aprendizagem, existem vários deles que possuem alguma similaridade com o BioCel 3D, contudo, os diferenciais são fundamentais para que esses trabalhos e soluções sejam de fato agregantes e eficazes para seu propósito. Este tópico irá elencar algumas dessas soluções e pesquisas, bem como, trará as semelhanças e diferenças em relação ao BioCel3D.

##### a) ANATOMY 3D ATLAS

O Anatomy 3D Atlas é um aplicativo multiplataforma desenvolvido para o estudo de anatomia. Ele utiliza a biomodelagem 3d como principal recurso para aprendizado do corpo humano em diversos níveis e é um aplicativo desenvolvido para diversos idiomas. Segundo os criadores do aplicativo, ele foi desenvolvido para “...permitir estudar a anatomia humana de uma forma fácil e interativa.” Por meio de uma interface simples e intuitiva, é possível observar, por meio de modelos 3D altamente detalhados, todas as estruturas anatômicas do corpo humano de qualquer ângulo. Esta aplicação destina-se a estudantes de medicina, médicos, fisioterapeutas, paramédicos, enfermeiros, treinadores desportivos e, em geral, a qualquer pessoa interessada em aprofundar os seus conhecimentos sobre anatomia humana. Este aplicativo é uma ferramenta fantástica para complementar livros clássicos de anatomia humana.”

O Anatomy Atlas possui o seu acesso de forma paga, sendo disponibilizado para multiplataformas, desde desktop até mobile. Podendo ser adquirido no próprio site do fabricante/fornecedor através do link: <https://anatomy.app/>

##### Semelhanças com o BioCel3D:

- É um objeto digital de aprendizagem;
- Utiliza-se de recursos 3D para aprendizado;
- Está no escopo de ensino da biologia;
- Possui alto grau de detalhes nos seus modelos;
- Liberdade de manipulação dos biomodelos e isolamento de componentes;

#### Diferenciais do BioCel3D:

- O BioCel 3D trabalha com estruturas microscópicas, sendo ascélulas eucariontes e procariontes, enquanto o Anatomy 3D Atlas trabalha de uma forma macro no contexto de anatomia.
- O BioCel 3d possui um nível de detalhamento maior nos componentes microscópicos;
- Login/Compra não são necessários no BioCel 3D.

#### b) 3D BONES AND ORGANS (ANATOMY)

Um aplicativo desenvolvido para o estudo de ossos e órgãos do corpo humano. Possui mais de 1 milhão de downloads na Google Play Store e oferece um quiz para aprendizado.

O criador resume como: “Um aplicativo gratuito verdadeiro e totalmente 3D para aprender anatomia humana com questionário de posição, construído em uma interface de toque 3D interativa avançada.” É totalmente gratuito! (Sem compra no aplicativo). Tem todos os ossos e órgãos do corpo humano.”

#### Semelhanças com o BioCel 3D:

- Aplicativo gratuito;
- É um objeto digital de aprendizagem;
- Utiliza-se de biomodelos em 3D como cerne do aplicativo;

#### Diferenciais do BioCel 3D:

- Devido ao motor Game Engine da plataforma Unity, o BioCel3D possui um desempenho superior na movimentação e interação com os biomodelos;
- O isolamento de componentes do BioCel 3D possui uma maior eficiência. No aplicativo citado só é possível evidenciar/destacar os componentes.
- O BioCel3D oferece a definição/conceituação das estruturas e componentes que são interagidos, enquanto o aplicativo similar não apresenta conceitos e definições

propriamente ditas.

#### c) MODELOS DIDÁTICOS COMESTÍVEIS COMO UMA TÉCNICA DE APRENDIZAGEM DE BIOLOGIA CELULAR [5]

Este subtópico apresenta o trabalho correlato realizado por Keiciane Canabarro Drehmer Marques da UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, uma autora licenciada em ciências biológicas (UFSM), mestra em educação em ciências e doutoranda em educação em ciências (UFSM) e acadêmica de bacharelado em Ciências Biológicas (UFSM).

A autora detecta um problema similar ao que o BioCel 3D busca sanar, que é a dificuldade no aprendizado de determinadas disciplinas, sobretudo aquelas com alta necessidade de abstração, como a citologia (biologia celular). Em seu trabalho, de forma primária, a autora elenca como ocorre a dificuldade de aprendizado em áreas como a biologia, especificamente no campo da citologia. Em paralelo, oferece argumentação sólida de como o uso de metodologias de aprendizado diferenciadas pode se tornar um instrumento de auxílio e melhoria no ensino e absorção do conhecimento com alunos de faixa etária jovem.

Como tema de pesquisa e solução, a autora resumiu da seguinte forma: “A ideia inserida consistiu na construção de modelos de células comestíveis em 3D por cinco turmas de 1º ano do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal Farroupilha - Campus São Vicente do Sul/RS. O processo de planejamento até a montagem das células comestíveis envolveu os estudantes de maneira intensa, os mesmos participaram ativamente, com interesse e motivação. A confecção dos modelos comestíveis propiciou a construção do próprio conhecimento em um conteúdo abstrato, materializando-o para ajudar na compreensão. A atividade possibilitou o desenvolvimento de diversas competências nos estudantes que vão além dos conteúdos conceituais da Biologia, permitindo a formação integral do educando em todas as suas dimensões.” [5]. O trabalho foi publicado em uma revista periódica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul com **Qualis Capes B1** e concluiu que o uso de modelos didáticos diferenciados possibilitou um ensino mais atrativo e dinâmico, bem como, melhora na aprendizagem dos alunos que foram inseridos no contexto oferecido, tendo sido evidenciado, por exemplo,

evolução nas notas das turmas que tiveram o modelo didático inserido no processo de aprendizado.

Apesar de a proposta da autora não consistir em uma solução tecnológica ou um ODA, ela utilizou um referencial teórico muito similar ao proposto pelo BioCel 3D, desde a problemática trazida até a justificativa do seu trabalho. Esse ponto demonstra que, apesar de o BioCel 3D estar no campo de uso tecnológico, ele possui de fato um cunho pedagógico, podendo ser testado e utilizado como tal.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E FUTURAS IMPLEMENTAÇÕES

No decorrer do estudo e construção do software BioCel 3D, notou-se que o uso de recursos didáticos tecnológicos, especificamente os aplicativos/aparatos enquadrados como ODA (Objetos Digitais De Aprendizagem), podem ser fortes aliados no processo de aprendizagem de crianças e adolescentes, sobretudo, em disciplinas como a Biologia, especialmente no ramo da citologia.

Através da discussão gerada a partir da ideia do BioCel 3D, notou-se que existem dificuldades no aprendizado da citologia dentro do âmbito escolar entre jovens e crianças, devido à ausência de modelos e metodologias didáticas apropriadas. Com isso, foi possível evidenciar a importância do uso da tecnologia na educação de crianças e adolescentes, ponto este corroborado não apenas pela construção do aplicativo em si, mas pelos diversos estudos e revisões servidos como base para a fórmula da solução proposta.

Os fundamentos teóricos e empíricos explorados ao longo da pesquisa, bem como os dados extraídos de estudos atuais e artigos analisados, evidenciam que o uso de tecnologias móveis no ambiente educacional possui alto potencial de engajamento e de facilitação do aprendizado, especialmente quando estruturados de maneira pedagógica. Com isso, o BioCel 3D buscou propor uma nova abordagem ao ensino da citologia, oferecendo recursos visuais em 3D que favorecem a compreensão de estruturas microscópicas, tradicionalmente de difícil assimilação, sobretudo entre o público-alvo.

O projeto, desde o seu planejamento até o seu desenvolvimento, buscou gerar uma discussão sobre como ferramentas tecnológicas podem ser auxiliadoras ou até mesmo substitutas dos modelos de ensino tradicional. Devido às limitações de escopo do trabalho, não foi possível verificar se as hipóteses mencionadas no estudo se concretizaram. O debate foi embasado a partir de literaturas sólidas e existentes, bem como, revisões sistemáticas e trabalhos similares, logo, não houve aplicação prática da solução proposta, sendo um ponto que deve ser revisto, buscando assim, de forma breve, inserir o aplicativo em tempo real de sala de aula, para definir métricas e analisar se as expectativas pedagógicas foram supridas ou necessitam serem reavaliadas.

Como futuras implementações no qual o BioCel 3D pode oferecer, elencamos algumas das quais trariam robustez ao aplicativo desenvolvido:

- **Transformação Open-Source/comunidade:** a criação de uma comunidade open-source faria com que o aplicativo crescesse exponencialmente, bem como, manteria o propósito educacional da acessibilidade para todos aqueles que desejem utilizar o app.
- **Extensão dos modelos 3D:** outros modelos, organelas ou estruturas celulares associados à citologia devem ser oferecidos dentro do aplicativo. A título exemplificativo: **célula eucarionte vegetal**.
- **Escalação para outros segmentos:** devido a modularidade que um ODA oferece, torna-se possível oferecermos outras versões do “BioCel 3D” para outras áreas além da biologia, sendo possível, por exemplo, a criação de modelos em 3D para estudos de física, matemática, química e muitas outras áreas.
- **Autenticação perfil do usuário:** com um sistema de autenticação, apesar do aplicativo ser gratuito, ele irá se tornar mais seguro e também será possível obter métricas e dados de acesso, feedback de experiência, dentre outros aspectos relevantes.
- **Gameficação com sistemas de recompensas ou trilhas:** “gameficando” o BioCel 3D, existe a possibilidade de instaurar novos desafios, trilhas, rankings e outras opções para melhoria do processo de aprendizado, deixando o fluxo muito mais amigável e trazendo um sistema de

recompensa que faça o usuário não só engajar com o app mas também com a comunidade proposta anteriormente.

Por fim, apesar das limitações apresentadas, este projeto visa não apenas o desenvolvimento de uma ferramenta digital de auxílio ao ensino, mas também contribui para a discussão sobre os rumos da educação no Brasil, reforçando a necessidade de se pensar em soluções acessíveis, inovadoras e compatíveis com a realidade tecnológica dos estudantes. Ao integrarmos ciência, tecnologia e pedagogia, a solução proposta representa uma possibilidade concreta de transformação no modo de como a biologia celular pode ser ensinada, percebida e, principalmente, aprendida.

## 6. REFERÊNCIAS

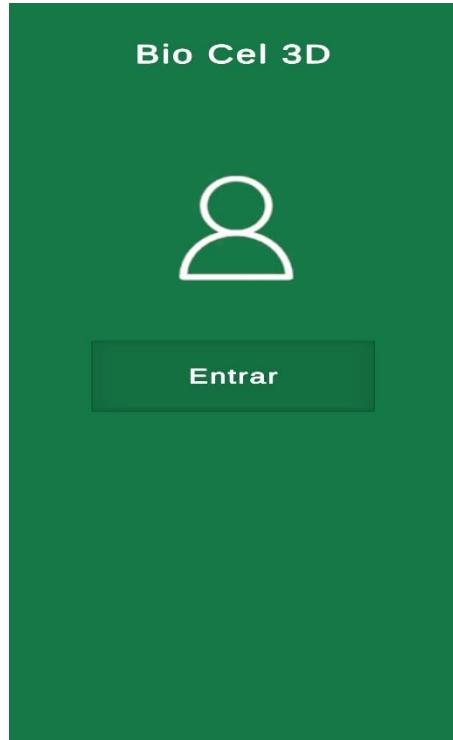
- [1] AS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM ENCONTRADAS POR ALUNOS NO ENSINO DE BIOLOGIA. Praxia - Revista on-line de Educação Física da UEG, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 53–70, 2013. Disponível em:<http://www.revista.ueg.br/index.php/praxia/article/view/943>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- [2] SILVEIRA, Mariana Leite da. **Dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas em biologia: a visão de professores em formação sobre o conteúdo de citologia.** 197 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.
- [3] GOLBERT, Daiane Cristina Ferreira et al. **Aplicação de modelos didáticos: entendendo a evolução da complexidade celular.** Anais V CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://mail.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/46353>>. Acesso em: 05/11/2024, 00:37
- [4] Adolfo, D. Machado, and M. Warpechowski. "Ensino e Aprendizagem de Biologia no Ensino Médio através da Informática Educativa", in Anais do XXIII Workshop de Informática na Escola, Recife, 2017, pp. 608-617, doi: <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2017.608>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- [5] Modelos didáticos comestíveis como uma técnica de ensino e aprendizagem de biologia celular. #Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, Canoas, v. 7, n. 2, 2018. DOI: 10.35819/tear.v7.n2.a3177. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/3177>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- [6] SILVA, Francisco da & ROSADO, Victor Orlando Gamarra. "Biomodelagem Virtual para Diagnóstico e Planejamento Cirúrgico Usando Softwares Livres". Informática na Educação: Teoria e Prática, Porto Alegre, vol. 17, n. 1, pp. 125-143, jan.-jun. 2014.
- [7] Wen, (2016). **Homem Virtual (Ser Humano Virtual 3D): A integração da Computação Gráfica, Impressão 3D e Realidade Virtual para Aprendizado de Anatomia, Fisiologia e Fisiopatologia.** Revista de Graduação USP, 1(1), 7-15.
- [8] CUBA, Gustavo Pereira . **Jogos sérios: tecnologia de jogos por computador aplicada ao ensino e aprendizagem.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG (2009)
- [9] Galvão, E. C. F., & Püschel, V. A. A... (2012). **Aplicativo multimídia em plataforma móvel para o ensino da mensuração da pressão venosa central.** Revista Da Escola De Enfermagem Da USP, 46 (spe), 107–115. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342012000700>
- [10] Monteiro, B., Cruz, H., Andrade, M., Gouveia, T., Tavares, R., & Anjos, L. (2006). **Metodologia de desenvolvimento de objetos de aprendizagem com foco na aprendizagem significativa.** Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE), 1(1), 388-397. doi: <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2006.388-397>.
- [11] SILVA, Elen Samile da. **Objetos digitais de aprendizagem e o processo de ensino dos conteúdos escolares: da construção à execução.** 77 f. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Pedagogia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2016.
- [12] Dardon U., Souza R.S., Terezinha C., Abranches S. & Bergqvist L.P. (2010). **Modelagem 3D e suas aplicações na pesquisa paleontológica.** Journal of Geoscience, 6: 76-89. <https://doi.org/10.4013/gaea.2010.62.04>.
- [13] SILVA, Francisco da & ROSADO, Victor Orlando Gamarra. "Biomodelagem Virtual para Diagnóstico e Planejamento Cirúrgico Usando Softwares Livres". Informática na Educação: Teoria e Prática, Porto Alegre, vol. 17, n. 1, pp. 125-143, jan.-jun. 2014.
- [14] SIMÕES, E. M. dos S.; NOGARO, A. JUNG, H. S. **Teorias da aprendizagem e neurociência cognitiva: possíveis aproximações.** Revista Cocar, [S. l.], v. 12, n. 23, p. 85–113, 2018. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/1720>. Acesso em: 8 dez. 2024.
- [15] Junqueira, Luiz Carlos Uchoa, 1920-2006. **Histologia básica: texto e atlas / L. C. Junqueira, José Carneiro;**

autor-coordenador Paulo Abrahamsohn. – 13. ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018..

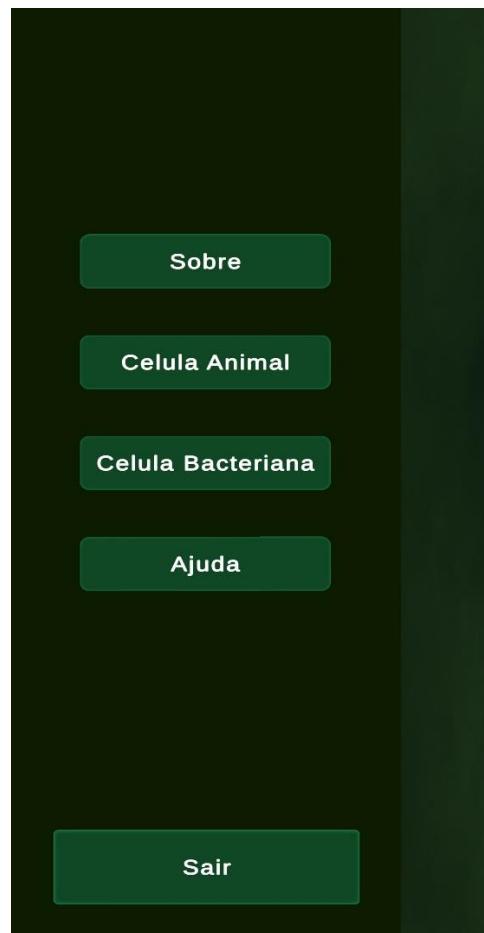
- [16] **Biologia Celular**, por Zenilda Laurita Bouzon, Rogério Gargioni, Luciane Cristina Ouriques, 2a edição, Florianópolis, 2010. Editora: EAD/UFSC
- [17] DOMINGOS BALADELI, Ana Paula; FERREIRA, Aparecida de Jesus. **EDUCAÇÃO E NOVOS LETRAMENTOS DIGITAIS: COLABORAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE IDENTIDADES**. Quaestio - Revista de Estudos em Educação, Sorocaba, SP, v. 14, n.1. <https://periodicos.uniso.br/quaestio/article/view/785>.
- [18] Nunes, A. I. B. L., and R. do N. Silveira. "**Psicologia da aprendizagem.**" História 9.3 (2015).
- [19] F. B. do M. Carmelo e P. C. Gomes, "**Aplicativo android como facilitador do ensino de ciências biológicas: o que pensam estudantes do ensino médio?**", ETD - Educ. temat. digit., vol. 23, nº 2, p. 534–550, maio 2021.
- [20] OLIVEIRA, Priscila Patrícia Moura; BRASILEIRO, Beatriz Gonçalves. **O SMARTPHONE COMO RECURSO PARA ESTUDOS NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO: UM ESTUDO DE CASO..** In: Anais do I Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Anais...Diamantina(MG) Online, 2020.

## 7. APÊNDICE.

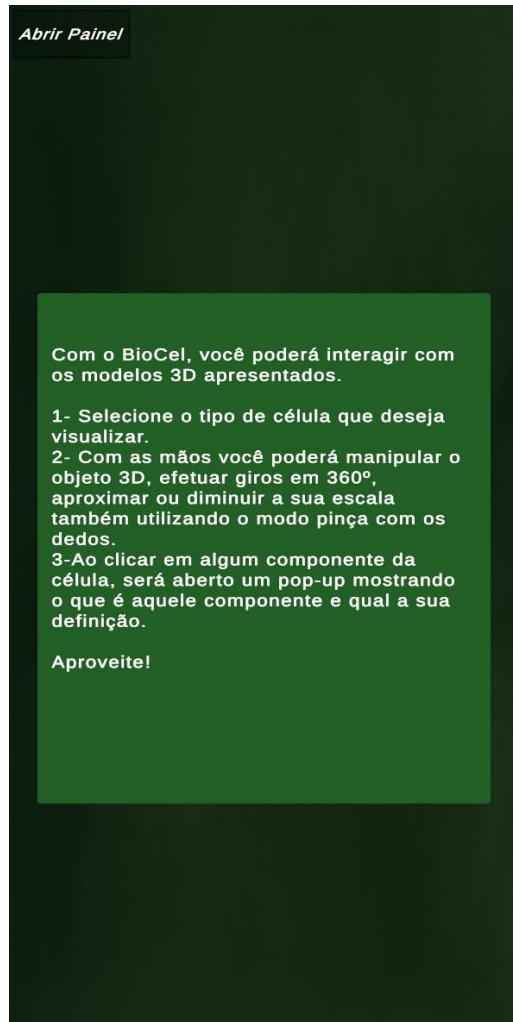
**Fig. 9.** Tela Inicial do BioCel 3D. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.**



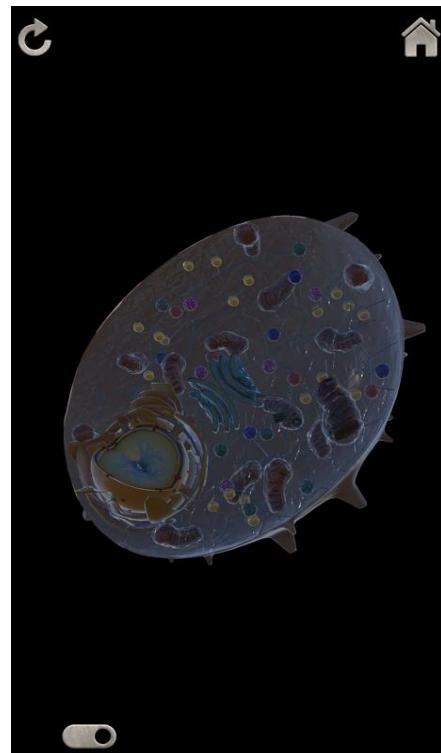
**Fig. 10.** Tela de menu principal do BioCel 3D. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.**



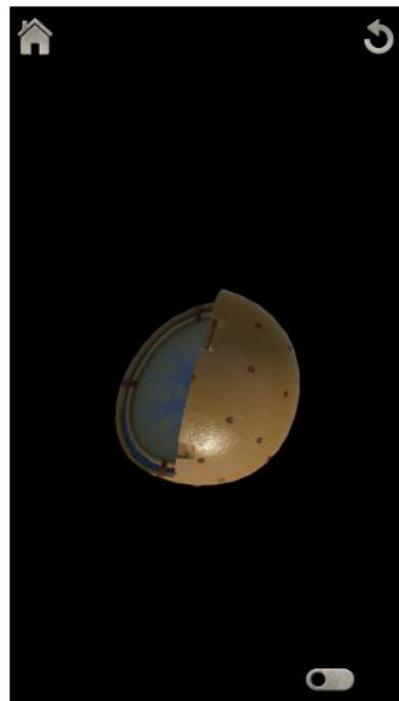
**Fig. 11.** Tela de menu “ajuda” do BioCel 3D. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.**



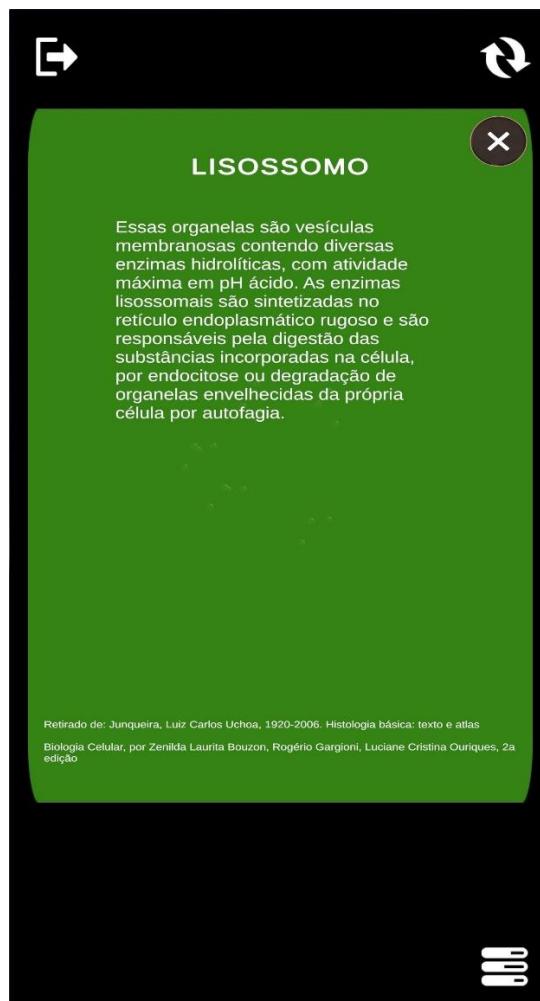
**Fig. 12.** Visualização do biomodelo da célula animal no aplicativo BioCel 3D. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.** Biomodelo adquirido em: [https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset\\_quality](https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset_quality)



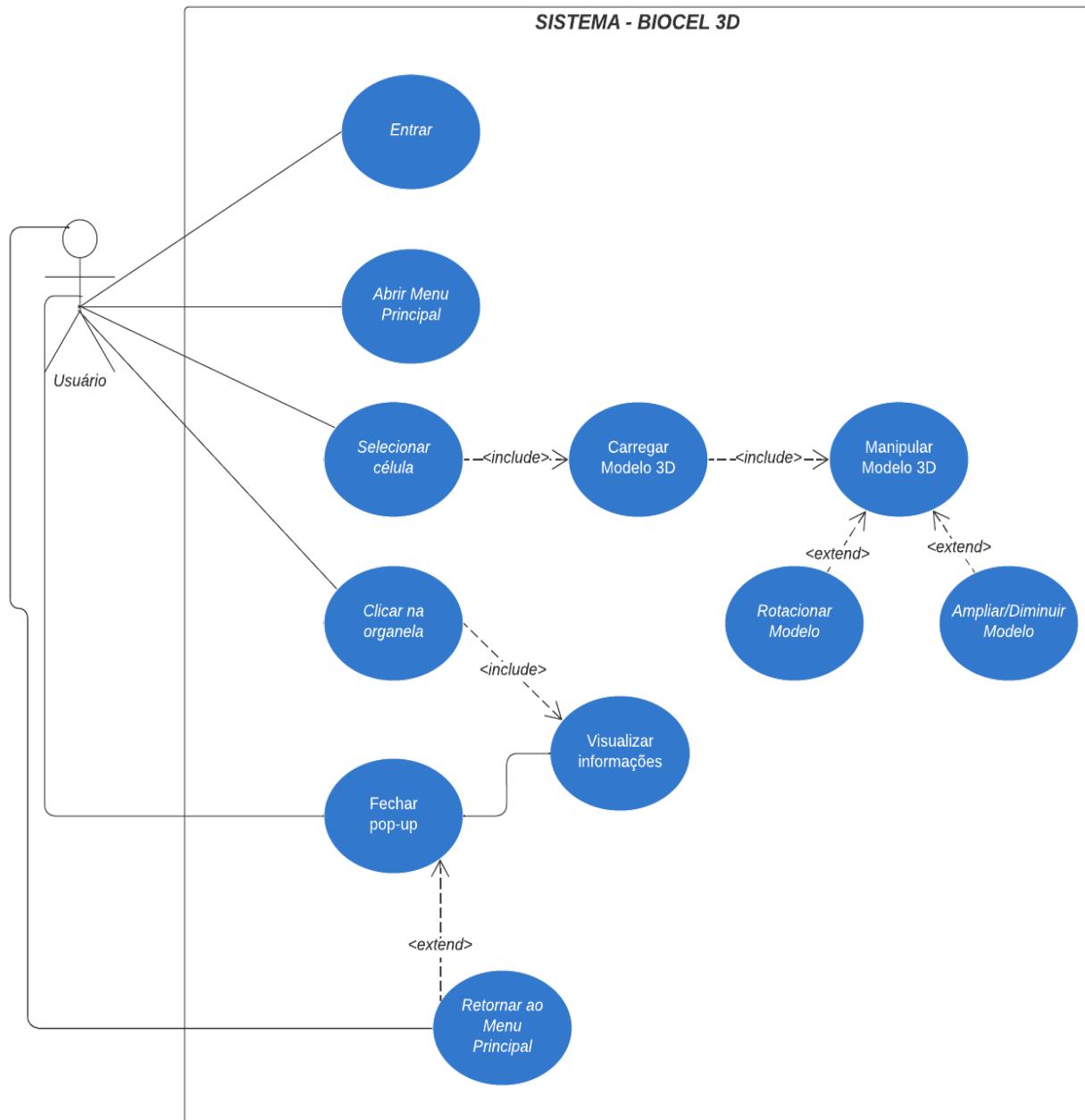
**Fig. 13.** Visão da organela “Núcleo” quando o usuário interage com o menu da figura 11. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.** Biomodelo adquirido em: [https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset\\_quality](https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset_quality)



**Fig. 14.** Visão de um pop-up que conceitua uma das estruturas celulares (Lisossomo) presente numa célula eucarionte. **Imagen retirada do próprio software desenvolvido.** Biomodelo adquirido em: [https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset\\_quality](https://assetstore.unity.com/packages/3d/biology-cells-pack-97118#asset_quality)

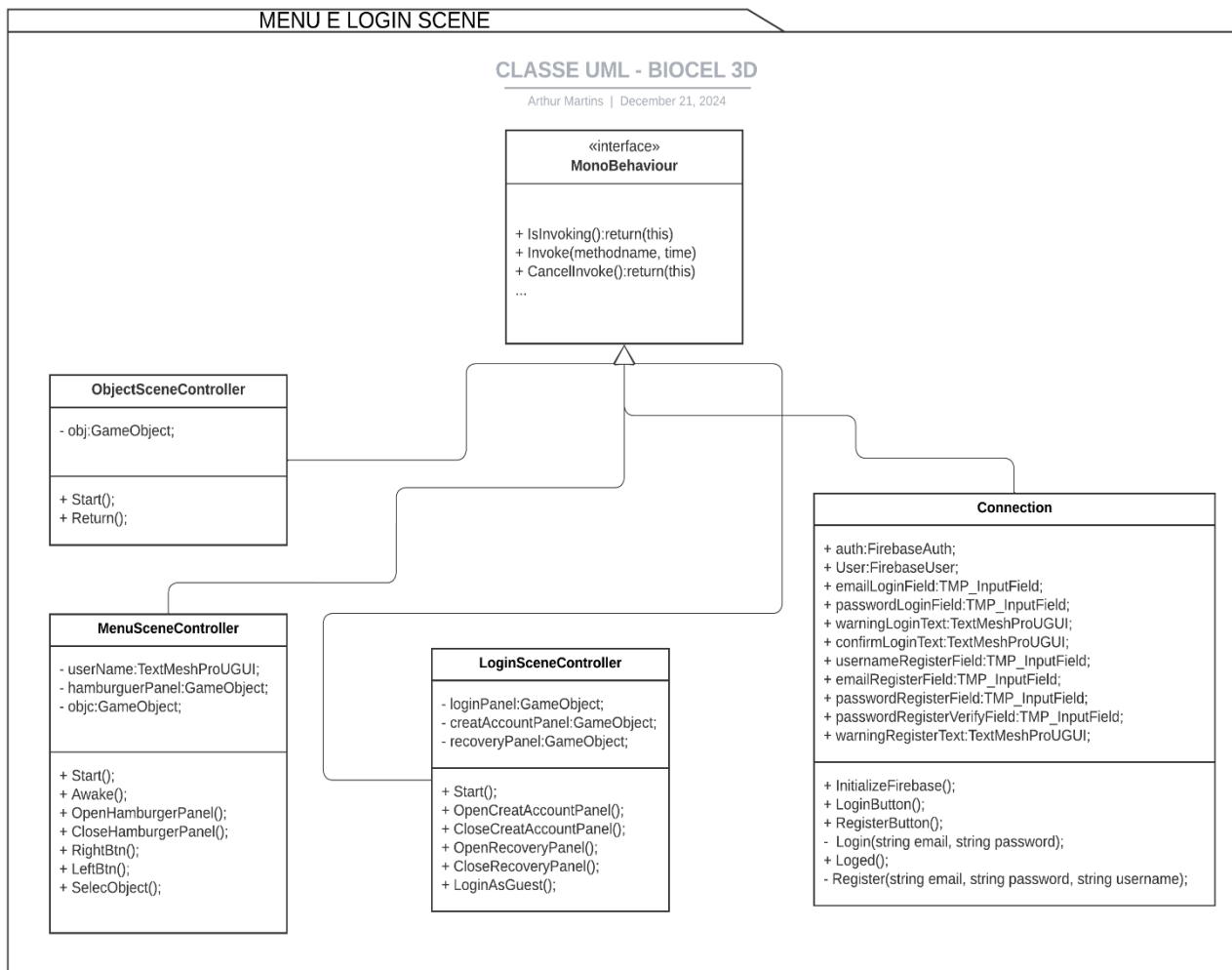


**Figura 15 – Diagrama de caso de uso principal do BioCel 3D**  
Construído com: LucidChart, disponível em: <https://lucid.app/>



**Figura 16 – Diagrama de classe controladora de CENA DE MENU PRINCIPAL do BioCel 3D.**

OBS: A UML de Login foi mantida para melhorias futuras.  
Construído com LucidChart, disponível em: <https://lucid.app/>



**Figura 17 – Diagrama de classe controladora de CENA DAS CÉLULAS do BioCel 3D. Construído com LucidChart, disponível em: <https://lucid.app/>**

