



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE DO CAMPUS ARARANGUÁ  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Victor Camargo de Lima

**Protótipo de Aplicativo para Ensino de Patologias**

Araranguá  
2024

Victor Camargo de Lima

## **Protótipo de Aplicativo para Ensino de Patologias**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Computação submetido ao Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Eliane Pozzebon, Dr.

Araranguá

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.  
Dados inseridos pelo próprio autor.

Lima, Victor Camargo  
Protótipo de Aplicativo para Ensino de Patologias /  
Victor Camargo Lima ; orientadora, Eliane Pozzebon, 2024.  
27 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,  
Graduação em Engenharia de Computação, Araranguá, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Computação. 2. Ensino de Patologias,  
Visualização 3D, Progressive Web App. I. Pozzebon, Eliane.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia de Computação. III. Título.

Victor Camargo de Lima

## Protótipo de Aplicativo para Ensino de Patologias

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Computação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Computação.

Araranguá, 6 de Dezembro de 2024.



Documento assinado digitalmente

**Jim Lau**

Data: 13/12/2024 18:12:38-0300

CPF: \*\*\*.464.702-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Jim Lau, Dr.  
Coordenadora do Curso

### Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

**ELIANE POZZEBON**

Data: 14/12/2024 17:43:40-0300

CPF: \*\*\*.213.139-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Eliane Pozzebon, Dr.  
Orientador



Documento assinado digitalmente

**Antonio Carlos Sobieranski**

Data: 13/12/2024 11:20:36-0300

CPF: \*\*\*.305.809-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Antônio Sobieranski Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

**Josete Mazon**

Data: 14/12/2024 18:51:19-0300

CPF: \*\*\*.111.179-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Josete Mazon, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

# Protótipo de Aplicativo para Ensino de Patologias

Victor Camargo de Lima:\*

2024, DEZEMBRO

## Resumo

O ensino de patologias humanas apresenta grandes desafios no contexto educacional, em especial pela necessidade de integrar conteúdos teóricos complexos com ferramentas práticas e interativas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de aplicativo para ensino de patologias, utilizando tecnologias modernas como Progressive Web App (PWA), React e Three.js. A aplicação propicia a visualização interativa de modelos 3D de sistemas do corpo humano, destacando patologias específicas, com foco na acessibilidade e interatividade. O desenvolvimento seguiu um foco iterativo, contemplando a importação de modelos 3D, sua manipulação para exibição realista e a criação de controles intuitivos para interação. Além disso, estratégias de otimização foram implementadas para garantir o desempenho em dispositivos móveis. O protótipo apresenta uma interface amigável que organiza os sistemas corporais em categorias e facilita a exploração detalhada de condições patológicas. Os resultados indicam que o uso de ferramentas digitais como PWAs, associadas à renderização gráfica em 3D, pode enriquecer a experiência de aprendizado, tornando-a mais dinâmica e envolvente. O protótipo proposto tem potencial para ser aplicado em ambientes educacionais, promovendo uma compreensão mais aprofundada das patologias e do funcionamento do corpo humano. Futuramente, pretende-se ampliar as funcionalidades da aplicação, incluindo testes interativos e integração com plataformas educacionais.

**Palavras-chaves:** Ensino de patologias, Progressive Web App, React, Visualização 3D, Educação digital.



Documento assinado digitalmente

**VICTOR CAMARGO DE LIMA**

Data: 15/12/2024 15:36:09-0300

CPF: \*\*\*.735.708-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

\*Victor Camargo de Lima: [victor.limac@hotmail.com](mailto:victor.limac@hotmail.com)

# Prototype Application for Pathology Education

Victor Camargo de Lima:\*

2024, Dezembro

## Abstract

The teaching of human pathologies presents significant challenges in the educational context, particularly due to the need to integrate complex theoretical content with practical and interactive tools. This work introduces the development of a prototype application for teaching pathologies, utilizing modern technologies such as Progressive Web App (PWA), React, and Three.js. The application provides an interactive visualization of 3D models of human body systems, highlighting specific pathologies with a focus on accessibility and interactivity. The development followed an iterative approach, encompassing the import of 3D models, their manipulation for realistic display, and the creation of intuitive controls for interaction. Additionally, optimization strategies were implemented to ensure performance on mobile devices. The prototype features a user-friendly interface that organizes body systems into categories and facilitates detailed exploration of pathological conditions. The results indicate that the use of digital tools such as PWAs, combined with 3D graphic rendering, can enhance the learning experience, making it more dynamic and engaging. The proposed prototype has the potential to be applied in educational environments, promoting a deeper understanding of pathologies and the functioning of the human body. In the future, the application aims to expand its functionalities, including interactive tests and integration with educational platforms.

**Key-words:** Pathology teaching, Progressive Web App, React, 3D visualization, Digital education.



Documento assinado digitalmente

VICTOR CAMARGO DE LIMA

Data: 15/12/2024 15:35:21-0300

CPF: \*\*\*.735.708-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

\*Victor Camargo de Lima: [victor.limac@hotmail.com](mailto:victor.limac@hotmail.com)

# 1 Introdução

O ensino de patologia é uma disciplina central na formação médica, conectando ciências básicas e práticas clínicas. No entanto, no Brasil, o ensino de patologia frequentemente ocorre de maneira descontextualizada, o que resulta em uma percepção limitada de sua relevância pelos estudantes (Pereira et al. (2018)). Essa falta de interesse prejudica a integração com outras disciplinas clínicas e, conseqüentemente, a formação de médicos capazes de interagir de maneira eficaz com patologistas e especialistas em doenças infecciosas (Pereira et al., 2018).

Ferramentas digitais, como modelos 3D e animações, têm sido identificadas como soluções promissoras para superar esses desafios, promovendo uma aprendizagem mais interativa e envolvente. O uso de tecnologias educacionais modernas, como modelos 3D e animações, pode enriquecer o ensino de ciências naturais ao promover maior engajamento, interesse e compreensão por parte dos estudantes. Essas diferentes formas apresentar o conteúdo não apenas facilitam a compreensão de conceitos abstratos, mas também ajudam a consolidar o conhecimento por meio de uma estratégia interativa e visual (Teplá, Teplý e Šmejkal (2022)).

As tecnologias digitais têm transformado a forma como o conhecimento é produzido e disseminado, especialmente na área da saúde, onde a integração de ferramentas tecnológicas ao ensino tem ampliado o acesso à informação e proporcionado metodologias inovadoras Gravina et al. (2017). A utilização de recursos como vídeos, plataformas digitais e aplicativos interativos permite não apenas a visualização de procedimentos, mas também a simulação e o aprendizado ativo, promovendo maior engajamento e compreensão por parte dos estudantes Gravina et al. (2017). Essas tecnologias oferecem novas possibilidades para conectar teoria e prática, preparando profissionais mais bem capacitados para atender às demandas de um setor em constante evolução.

O ensino de patologias desempenha um papel importante na formação de profissionais de saúde, uma vez que possibilita a compreensão de doenças e suas interações com o corpo humano, promovendo um diagnóstico e tratamento mais assertivos. Abordagens educacionais que utilizam ambientes virtuais interativos têm mostrado ser ferramentas eficazes para tornar o aprendizado mais significativo e conectado à prática clínica. Estudos demonstram que recursos como oficinas virtuais sobre patologias, quando bem planejados e fundamentados, ajudam a preencher lacunas no conhecimento e aumentam a capacidade de aplicação prática dos conceitos aprendidos, especialmente no caso de patologias complexas como as associadas ao *Helicobacter pylori* (Santos et al. (2022)). Essa abordagem não apenas facilita a absorção de conteúdos teóricos, mas também estimula o pensamento crítico e a aplicação contextualizada do conhecimento na prática médica.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de aplicativo educacional para o ensino de patologias humanas. Utilizando tecnologias como Progressive Web Apps (PWAs), React e Three.js, o aplicativo viabiliza a visualização interativa de modelos 3D de sistemas do corpo humano, com o objetivo de proporcionar uma ferramenta acessível e moderna que auxilie professores e estudantes. O foco é superar as limitações do ensino tradicional, promovendo maior integração entre teoria e prática, enquanto se alavanca o potencial das tecnologias visuais no ensino.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Ensino de Patologia e sua Relevância

A Patologia, também chamada de Anatomia Patológica, é uma especialidade médica voltada para o estudo e análise de tecidos, órgãos e fluidos corporais, com o objetivo de diagnosticar doenças e compreender as alterações que estas provocam no organismo [Mehanna e Garbelini \(2021\)](#). No âmbito educacional, a disciplina desempenha um papel crucial na formação de profissionais da saúde, sendo responsável por conectar os fundamentos das ciências básicas às práticas clínicas, facilitando a compreensão de processos fisiopatológicos e histológicos essenciais [Mehanna e Garbelini \(2021\)](#).

Historicamente, a Patologia tem sido ensinada por meio de metodologias tradicionais, como aulas expositivas e práticas laboratoriais. No entanto, com o advento de novas tecnologias, surgem oportunidades para enriquecer o aprendizado, como o uso de lâminas digitalizadas e discussões anatomoclínicas baseadas em estudos de caso [Mehanna e Garbelini \(2021\)](#). Tais abordagens permitem que os estudantes desenvolvam habilidades críticas para correlacionar dados morfológicos com a prática clínica, fortalecendo a relevância da disciplina na formação médica.

Segundo [Silvany \(2024\)](#), a patologia conecta disciplinas como anatomia, histologia e fisiologia às práticas clínicas, permitindo que os estudantes compreendam como alterações celulares e teciduais impactam na saúde dos pacientes. Essa visão integrada é importante para formar profissionais que não apenas dominem os aspectos teóricos, mas também sejam capazes de aplicar esse conhecimento em situações clínicas reais.

Além disso, o ensino tradicional, baseado principalmente em aulas expositivas e memorizações, não atende às demandas dos estudantes modernos, que buscam metodologias mais dinâmicas e interativas. A introdução de tecnologias como modelos 3D, simulações digitais e estudos de caso pode enriquecer o ensino de patologia, tornando-o mais atrativo e alinhado às práticas clínicas contemporâneas [Silvany \(2024\)](#).

### 2.2 Impacto da Visualização 3D na Educação

A visualização em 3D tem revolucionado a forma como conceitos complexos são apresentados no ensino, especialmente nas disciplinas científicas. Esse recurso oferece um ponto de vista prático e interativo que facilita a compreensão de conteúdos abstratos, promovendo um aprendizado mais significativo e engajador. Análises apontam que a utilização de modelos tridimensionais ajuda os estudantes a compreenderem melhor estruturas complexas e fenômenos que não podem ser observados diretamente, como órgãos internos, processos biológicos e fenômenos moleculares [Oliveira, Ferreira e Martins \(2022\)](#).

Além disso, a visualização em 3D estimula a criatividade e o pensamento crítico, uma vez que os alunos podem interagir diretamente com os modelos, modificá-los e testar hipóteses. Essa interação comporta que eles internalizem os conceitos de forma mais eficaz e desenvolvam habilidades essenciais, como resolução de problemas e trabalho em equipe [Palao, Almeida e Patreze \(2018\)](#).

Outro aspecto positivo é o aumento do engajamento dos estudantes. Modelos tridimensionais tornam o aprendizado mais atrativo e dinâmico, incentivando a participação ativa nas aulas. Para professores, a integração de visualizações 3D pode oferecer uma ferramenta poderosa para contextualizar os conteúdos e estabelecer conexões entre diferentes disciplinas, fortalecendo a interdisciplinaridade no ensino de ciências (Calazans Martins,

2021).

Apesar dos benefícios, há desafios associados à adoção de tecnologias 3D no ensino, como o custo elevado de impressoras e softwares especializados, a necessidade de capacitação técnica dos professores e o tempo necessário para a preparação das atividades. No entanto, com investimentos em infraestrutura e formação, o impacto educacional das visualizações 3D pode ser maximizado [Ledo e Silva \(2021\)](#).

Essa perspectiva se alinha com metodologias ativas de ensino, onde o aluno assume o papel de protagonista do aprendizado. De acordo com a bibliografia existente, a integração de tecnologias como a impressão e visualização 3D tem o potencial de transformar o ambiente educacional, tornando-o mais inclusivo, interativo e adaptado às demandas contemporâneas [Pereira et al. \(2018\)](#).

### 2.3 Progressive Web Apps (PWAs)

Os Progressive Web Apps (PWAs) representam um tratamento moderno e eficiente no desenvolvimento de aplicativos que unifica a experiência de uso em múltiplas plataformas, como desktops, tablets e dispositivos móveis. Inicialmente apresentados pela Google em 2015, os PWAs se destacam pela capacidade de oferecer uma experiência semelhante à de aplicações nativas, sem a necessidade de desenvolver versões específicas para cada sistema operacional, reduzindo custos e aumentando a acessibilidade tecnológica [Mazzarolo e Silva \(2024\)](#).

No contexto educacional, os PWAs se mostram promissores devido à sua flexibilidade e funcionalidade, como acesso offline, responsividade e possibilidade de instalação direta no dispositivo do usuário. Essas características são particularmente valiosas em ambientes com recursos limitados ou infraestrutura precária, como em escolas de regiões remotas. Além disso, o uso de service workers permite que os PWAs armazenem dados localmente, garantindo que conteúdos educacionais estejam disponíveis mesmo sem conexão com a internet, promovendo a inclusão digital [Sharma et al. \(2019\)](#).

Estudos recentes demonstram que os PWAs podem enriquecer processos educacionais. Por exemplo, uma aplicação PWA foi desenvolvida para tornar o aprendizado em ambientes de e-learning mais interativo, oferecendo uma interface amigável e recursos como notificações push e geolocalização. Essa aplicação mostrou-se eficaz ao possibilitar o acesso em modo offline, reduzindo as barreiras tecnológicas para estudantes com conectividade limitada ([Wijaya Abbas, 2018](#)). Além disso, o uso de PWAs em projetos como smart farming e monitoramento remoto evidenciou sua versatilidade em cenários de ensino interdisciplinar [Nugroho et al. \(2017\)](#).

Para que um aplicativo seja considerado um PWA, ele deve atender a critérios como segurança (uso do protocolo HTTPS), responsividade, compartilhamento por URL e instalabilidade. Essas características não apenas aumentam a confiabilidade da aplicação, mas também ampliam seu potencial de integração com dispositivos e sistemas educacionais ([MDN Web Docs, 2021](#)). Nesse sentido, o uso de PWAs na educação é uma alternativa viável para democratizar o acesso a conteúdos digitais, oferecendo uma solução tecnológica robusta e econômica.

### 2.4 React: Desenvolvimento de Interfaces Dinâmicas e Interativas

O React foi escolhido como base para o desenvolvimento da interface do protótipo devido à sua eficiência na criação de interfaces de usuário dinâmicas e interativas. Essa

biblioteca JavaScript, criada pelo Facebook, utiliza um conceito de DOM virtual que otimiza a atualização e renderização dos componentes, tornando-se ideal para aplicações modernas e responsivas. Projetos educacionais, como PWAs interativos, beneficiam-se de sua modularização e escalabilidade, onde componentes reutilizáveis facilitam a manutenção e expansão do sistema [React Documentation \(2024\)](#).

Além disso, o React é amplamente compatível com uma variedade de bibliotecas complementares, o que possibilita a customização e a ampliação das funcionalidades. No contexto deste protótipo, a integração com o React Three Fiber foi essencial para o suporte à renderização de gráficos tridimensionais interativos, garantindo uma experiência de usuário imersiva e envolvente [MDN... \(2024\)](#).

Three.js e React Three Fiber: Renderização de Gráficos 3D A biblioteca Three.js, um padrão consolidado na criação de gráficos 3D em navegadores, foi utilizada para renderização tridimensional de alta qualidade. Suas funcionalidades abrangentes incluem suporte a animações, iluminação avançada e modelos importados em formatos amplamente aceitos, como GLTF. Entretanto, a integração com o React Three Fiber, uma abstração que facilita o uso de Three.js no ambiente React, foi um diferencial no desenvolvimento do protótipo. Essa escolha simplificou a manipulação de gráficos 3D ao torná-los declarativos e compatíveis com a lógica de componentes do React [Three.js Documentation \(2024\)](#), [Wijaya e Abbas \(2018\)](#).

O React Three Fiber permitiu que elementos tridimensionais fossem tratados diretamente como componentes React, facilitando o controle e a customização de propriedades, como iluminação, posição e textura. Além disso, ele proporcionou uma integração fluida com outras bibliotecas do ecossistema React, como a Context API, utilizada para gerenciamento de estado e interação entre os componentes gráficos ([React Three Fiber Documentation, 2024](#)).

## 2.5 Complementaridade das Tecnologias no Projeto

A sinergia entre React, Three.js e React Three Fiber foi importante para o sucesso do protótipo. O React forneceu a infraestrutura necessária para a construção de uma interface responsiva e escalável, enquanto o React Three Fiber simplificou a inclusão de gráficos 3D de alta qualidade. Essa combinação permitiu a criação de um ambiente interativo, com funcionalidades como zoom, rotação e movimentação de modelos, essenciais para um aprendizado mais imersivo.

Além disso, o React Three Fiber, ao abstrair a complexidade da API do Three.js, reduziu o tempo de desenvolvimento e simplificou a implementação de elementos gráficos avançados, como controles de câmera e ajustes de iluminação. Essa modularização facilitou não apenas a construção do protótipo, mas também a manutenção e possíveis expansões futuras [Nugroho et al. \(2017\)](#), [Linden \(2020\)](#).

## 3 Trabalhos Relacionados

A integração de tecnologias digitais ao ensino de ciências da saúde tem se mostrado uma nova forma para solucionar desafios tradicionais, como a limitação de recursos físicos e a necessidade de maior interatividade no aprendizado. Modelos 3D, realidade aumentada e técnicas de escaneamento digital vêm sendo amplamente explorados na literatura como soluções inovadoras para tornar o ensino mais dinâmico e acessível. Estudos recentes

destacam o papel dessas tecnologias tanto na criação de modelos anatômicos realistas quanto na aplicação de abordagens interativas que combinam o uso de ferramentas digitais com práticas tradicionais.

Santos et al. (2022) apresentaram um estudo sobre a utilização de modelagem e impressão 3D para a criação de modelos anatômicos aplicados ao ensino. O trabalho destacou o uso de ferramentas como o software Blender e impressoras 3D de alta precisão para reproduzir estruturas como a clavícula, fígado e telencéfalo com detalhes fiéis às características anatômicas. Após a impressão, os modelos foram refinados e pintados para identificar divisões morfológicas, auxiliando na visualização e compreensão de relações espaciais entre órgãos.

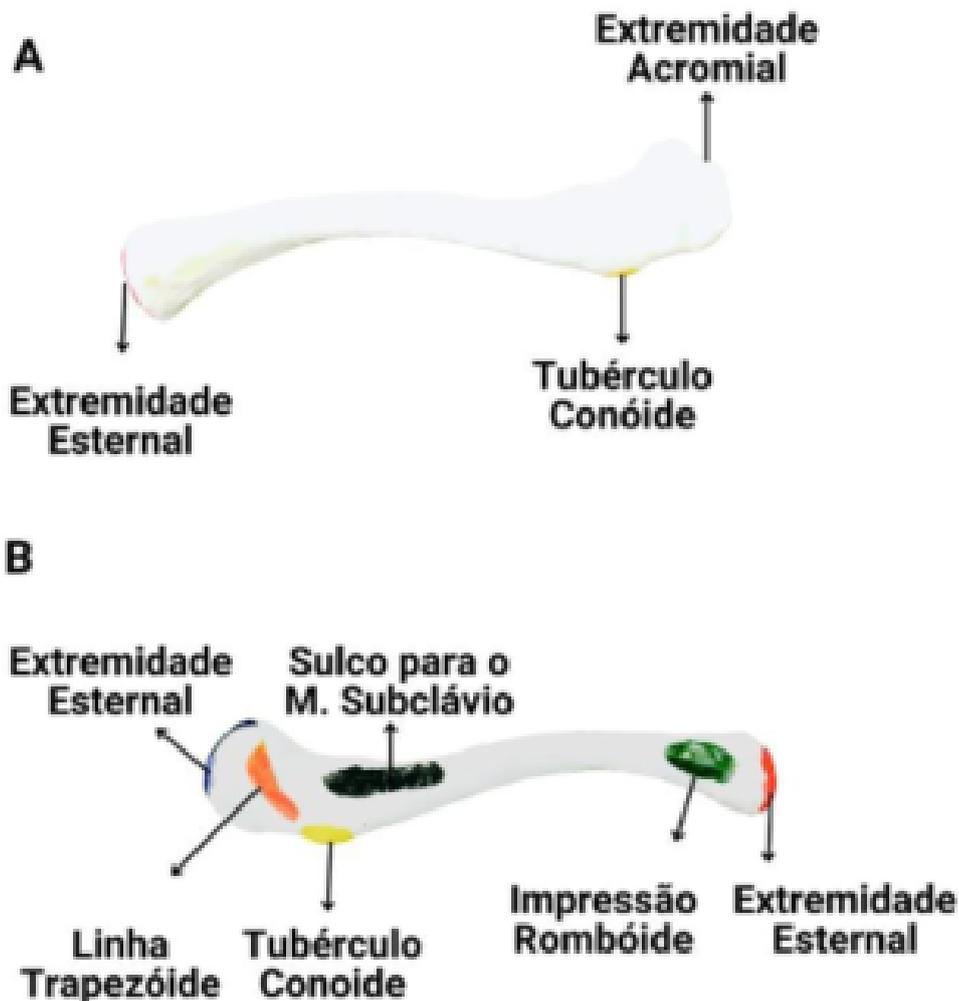


Figura 1 – Modelo 3D do osso da clavícula. Fonte: Santos et al. (2022)

Os autores enfatizaram que a aplicação de protótipos tridimensionais enriquece o ensino prático de anatomia, especialmente em contextos onde a disponibilidade de cadáveres é limitada. Apesar dos custos associados à tecnologia, os resultados apontam para a efetividade dessa abordagem em cursos da área da saúde, tornando o aprendizado mais dinâmico e próximo da realidade clínica.

Santos et al. (2022) exploraram o uso de modelos virtuais em Realidade Aumentada

(AR) no ensino de patologias, avaliando a percepção de estudantes de medicina sobre a substituição de espécimes físicos por tecnologias digitais. Os resultados indicaram que, embora a AR proporcione benefícios como interatividade e acessibilidade fora do ambiente laboratorial, a maioria dos alunos preferiu combinar métodos tradicionais e digitais, apontando limitações da AR em representar fielmente as variações patológicas e os aspectos tridimensionais reais. Este estudo reforça a importância de tecnologias complementares no ensino de saúde, alinhando-se ao objetivo do presente trabalho de utilizar ferramentas digitais interativas, como modelos 3D em PWAs, para enriquecer a experiência educacional sem descartar métodos tradicionais.

McMenamin Daniel Hussey e Adams (2021) exploraram a aplicação de técnicas de escaneamento 3D em espécimes anatômicos para documentação e ensino na patologia. O estudo destacou o uso de scanners 3D de luz estruturada para criar mapas tridimensionais de espécimes cirúrgicos, permitindo visualizações detalhadas que podem ser integradas a relatórios patológicos multimodais. Além de aprimorar a comunicação entre patologistas e cirurgiões, os modelos 3D foram utilizados para fins educacionais, auxiliando no treinamento de procedimentos laboratoriais e na compreensão de características anatômicas complexas.

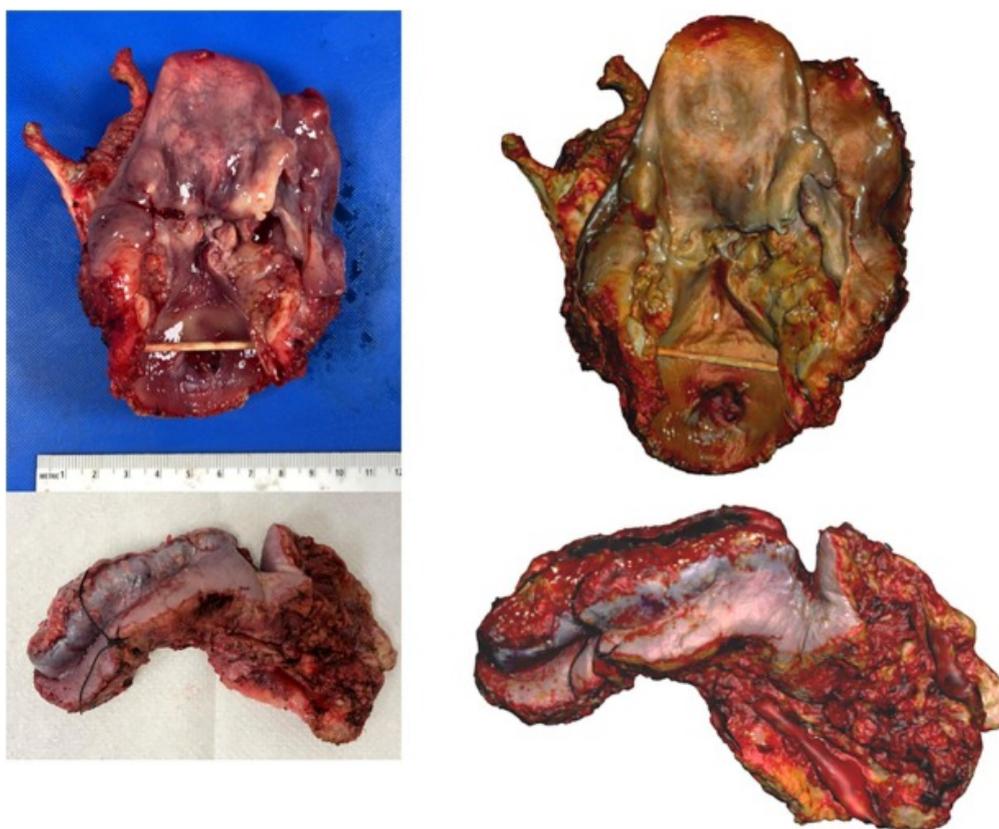


Figura 2 – Modelo 3D realista produzido a partir de escaneamento 3D. Fonte: [McMenamin Daniel Hussey e Adams \(2021\)](#)

Um relato de experiência realizado na Universidade Federal de Pernambuco demonstrou o potencial do uso de modelos anatômicos impressos em 3D como ferramenta para melhorar a relação médico-paciente no contexto educacional e assistencial ([Sanchez et al. \(2024\)](#)). O projeto de extensão envolveu 77 pacientes, 18 alunos de graduação e três professores ao longo de seis meses. Dividido em dois blocos, o primeiro focou na capacitação dos alunos em softwares como MeshMixer® e InVesalius® para criar modelos

tridimensionais baseados em exames médicos. No segundo bloco, os alunos, supervisionados por médicos especialistas, utilizaram esses modelos durante consultas para explicar condições fisiopatológicas e opções terapêuticas aos pacientes. Essa abordagem promoveu uma comunicação mais clara e acessível, aumentando o engajamento dos pacientes no processo de cuidado e ampliando a compreensão dos estudantes sobre a relação médico-paciente. O estudo destacou como a impressão 3D pode ser uma ferramenta eficaz para educação em saúde, especialmente em regiões com limitações estruturais, favorecendo um diálogo horizontal entre equipe médica e comunidade.

O artigo de Silva e Zanon (2024) descreve um projeto de extensão desenvolvido por professores e estudantes de medicina na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que utiliza modelos anatômicos impressos em 3D como ferramentas educativas no contexto médico-paciente. Ao longo de seis meses, o projeto beneficiou 77 pacientes do ambulatório de ortopedia e traumatologia do Hospital das Clínicas da UFPE, envolvendo 18 alunos e três professores. O uso de modelos tridimensionais auxiliou na explicação de fisiopatologias e opções terapêuticas, promovendo um diálogo acessível e horizontal entre a equipe de saúde e os pacientes. Além de facilitar a compreensão dos pacientes sobre suas condições, a iniciativa teve impacto significativo no aprendizado dos alunos, que puderam explorar aspectos técnicos e relacionais da prática médica, enfatizando a humanização e a comunicação clara. O projeto destacou o potencial da impressão 3D não apenas no ensino, mas também na democratização da saúde em regiões menos desenvolvidas.

## 4 Metodologia

### 4.1 Objetivo

O objetivo deste projeto é desenvolver uma Progressive Web App (PWA) que permite a visualização interativa de objetos 3D, organizando sistemas corporais em categorias e destacando patologias específicas para proporcionar uma rica experiência para os usuários. A aplicação visa garantir desempenho otimizado e uma interface amigável, utilizando tecnologias modernas como Vite, React e React Three Fiber, especialmente em dispositivos móveis. Futuramente, busca-se ampliar as funcionalidades, incluindo testes interativos e integração com plataformas educacionais.

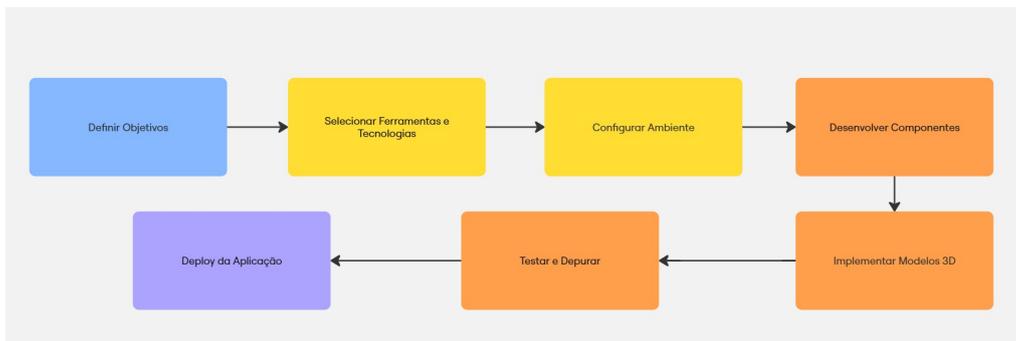


Figura 3 – Fluxograma representando os passos metodológicos adotados. Fonte: Autor(2024)

## 4.2 Ferramentas e Tecnologias Utilizadas

- **Vite:** O Vite foi escolhido como ferramenta de desenvolvimento devido à sua arquitetura moderna que utiliza ES modules, proporcionando um ambiente de desenvolvimento ágil e otimizado. O Vite utiliza uma atualização instantânea no navegador, essencial durante a fase de desenvolvimento, pois as mudanças no código são refletidas em tempo real, acelerando o processo de feedback e iteração.
- **React:** O React foi selecionado por sua capacidade de criar interfaces de usuário complexas de forma eficiente. Sua abordagem baseada em componentes facilita a criação de elementos reutilizáveis, contribuindo para a manutenção do código e promovendo uma arquitetura escalável. No projeto, o React permitiu a divisão da aplicação em pequenas partes independentes, o que melhora a legibilidade e a organização do código.
- **React Three Fiber:** A biblioteca React Three Fiber, uma abstração do Three.js para React, aceita que a renderização de gráficos 3D seja feita de forma declarativa. Isso simplifica a criação e manipulação de objetos 3D dentro da lógica do React, permitindo que a renderização 3D seja integrada diretamente aos componentes React.
- **Three.js e GLTFLoader:** A biblioteca Three.js foi utilizada para criar gráficos 3D na web, enquanto o GLTFLoader foi essencial para o carregamento de modelos 3D no formato GLTF, amplamente utilizado na web. O suporte a animações e materiais complexos no formato GLTF contribuiu para a qualidade da visualização na aplicação.

## 4.3 Estrutura da Aplicação

- **Configuração Inicial:** A configuração inicial da aplicação envolveu a criação de um projeto com Vite, onde foram instaladas as dependências necessárias e definida a estrutura de diretórios para suportar uma arquitetura limpa e organizada. A configuração incluiu ajustes para compatibilidade com React e outras bibliotecas, otimizando o desempenho da aplicação desde o início.
- **Componentização:** A arquitetura da aplicação baseou-se em uma enfoque de componentização. Os componentes foram desenvolvidos para serem reutilizáveis e isolados, facilitando a manutenção e possibilitando a adição de novos recursos de forma mais simples. Componentes principais, como `ModelViewer`, `ModelSelector` e `CameraControls`, foram implementados para garantir que cada parte da aplicação fosse independente e facilmente testável.
- **Gestão de Estado e Interatividade:** A Context API do React foi utilizada para gerenciar o estado da aplicação, permitindo a comunicação entre os diferentes componentes, especialmente na seleção e visualização de modelos 3D. Essa abordagem centralizou a lógica de estado, facilitando a atualização das interfaces em resposta às ações do usuário e melhorando a experiência geral.

## 4.4 Carregamento e Manipulação dos Modelos 3D

- **Importação de Modelos 3D:** O GLTFLoader foi utilizado para a importação de modelos 3D, o que permitiu o carregamento assíncrono dos modelos, melhorando

a experiência do usuário. Após o carregamento, foram aplicados ajustes de escala, posição e orientação para garantir que os modelos fossem renderizados corretamente na cena.

- **Configuração de Luzes e Materiais:** Para uma visualização atraente e realista, foram configuradas diferentes fontes de luz na cena. A iluminação incluiu luz ambiente para iluminação geral e luz direcional para destacar detalhes dos objetos. Materiais com propriedades reflexivas e texturizadas foram aplicados para aumentar a estética dos modelos 3D e proporcionar uma experiência visual enriquecedora.
- **Interatividade:** A implementação de controles de câmera foi um aspecto fundamental para a interatividade da aplicação. Utilizando as funcionalidades do React Three Fiber, foram desenvolvidos controles que possibilita ao usuário interagir intuitivamente com os modelos 3D, ajustando a perspectiva através de zoom, rotação e movimentação. Essa abordagem foi crucial para engajar os usuários e melhorar a experiência de visualização.

#### 4.5 Otimizações para Web e PWA

- **Otimização de Modelos:** A otimização dos modelos 3D foi essencial para melhorar o desempenho da aplicação. Foi realizada a redução da resolução dos modelos, sem comprometer a qualidade visual, utilizando ferramentas de modelagem 3D, como o Blender, para garantir que a aplicação carregasse rapidamente, mesmo em dispositivos móveis.
- **Configuração PWA:** Para transformar a aplicação em uma PWA, foram configurados um manifesto da web e um service worker. O manifesto define ícones, nome e cores da aplicação, enquanto o service worker proporciona que a aplicação funcione offline, armazenando em cache recursos essenciais. Essas configurações melhoram a experiência do usuário e garantem o acesso à aplicação sem uma conexão de internet ativa.
- **Prevenção de Download de Modelos:** Para proteger os modelos 3D e dificultar o download direto, foram implementadas várias estratégias, incluindo obfuscação do código-fonte e rotas protegidas para o carregamento dos modelos em tempo real. Essas medidas visam proteger a integridade dos dados e garantir que o conteúdo seja acessado apenas pela aplicação.

#### 4.6 Implementação do Ambiente de Desenvolvimento

A implementação do ambiente de desenvolvimento iniciou-se com a criação de uma nova aplicação utilizando o Vite. Essa ferramenta foi escolhida devido à sua capacidade de fornecer um ambiente ágil e moderno, com suporte a ES Modules e um servidor de desenvolvimento leve, essencial para um fluxo de trabalho rápido e iterativo. O projeto foi iniciado com a configuração básica do Vite para React, com a instalação das bibliotecas React, React DOM e React Three Fiber.

Uma estrutura de pastas foi organizada para garantir uma separação lógica e limpa dos componentes, assets, e utilitários. A estrutura incluiu diretórios como: - components: para armazenar componentes React reutilizáveis, como o seletor de modelos (`ModelSelector`) e os controles de câmera (`CameraControls`). - assets: para modelos



Figura 4 – Tela inicial do protótipo. Fonte: Autor (2024)

3D, texturas e imagens estáticas. - utils: para funções auxiliares, como cálculos de transformação ou manipulação de estados globais.



Figura 5 – Categorias de Patologias. Fonte: Autor (2024)

Além disso, foram configurados atalhos no `jsconfig.json` para simplificar as importações relativas, permitindo que os arquivos fossem referenciados de maneira mais legível e organizada. Por fim, um servidor de desenvolvimento foi inicializado, possibilitando a execução em tempo real no navegador, com suporte a hot-reload, o que acelerou os testes e iterações do código.

#### 4.7 Implementação de Visualização 3D

A visualização 3D foi implementada utilizando o React Three Fiber, uma biblioteca que abstrai a complexidade do Three.js dentro do ecossistema React. O ponto de partida foi a criação de uma cena (`<Canvas>`) para renderizar os elementos 3D.

- Configuração de câmera: Uma câmera perspectiva foi adicionada à cena, com valores ajustados para o campo de visão (`fov`) e proporções para garantir uma visualização



Figura 6 – Patologias do Sistema Gastrointestinal. Fonte: Autor (2024)

ideal em diferentes dispositivos. A funcionalidade de controle de câmera foi implementada utilizando a biblioteca `drei`, que provê controles como zoom, rotação e movimentação.

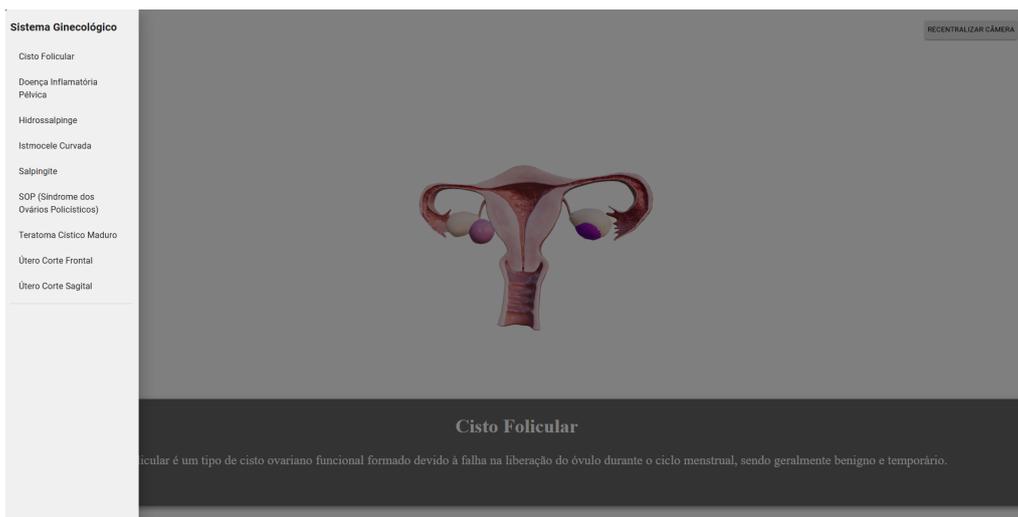


Figura 7 – Patologias do Sistema Ginecológico. Fonte: Autor (2024)

- **Luzes na cena:** Diversos tipos de luzes foram configurados para destacar os detalhes dos modelos 3D. Uma `DirectionalLight` foi utilizada para criar sombras definidas, enquanto uma `AmbientLight` forneceu iluminação geral e uniforme. Essas luzes foram ajustadas para enfatizar as texturas e formas dos modelos.

- **Objetos e hierarquia:** Os elementos 3D foram organizados em uma hierarquia lógica dentro da cena. Cada modelo carregado foi encapsulado dentro de um componente React para isolar sua lógica e facilitar o reuso em diferentes partes do projeto.

#### 4.8 Carregamento e Manipulação de Modelos

Para o carregamento de modelos 3D, foi utilizado o `GLTFLoader`, uma ferramenta da biblioteca `Three.js`, compatível com o formato `GLTF/GLB`. Esse formato foi escolhido devido à sua eficiência em renderização e suporte a animações e materiais avançados.

- Processo de carregamento: Uma função de carregamento assíncrona foi implementada para carregar os modelos de maneira eficiente. Durante o carregamento, uma tela de progresso foi exibida para melhorar a experiência do usuário. Após o carregamento, os modelos passaram por ajustes, como: - **scale**: Para ajustar o tamanho dos modelos à cena. - **position**: Para posicionar corretamente os modelos em relação à câmera e outros elementos da cena. - **rotation**: Para alinhar os modelos ao eixo correto.

- Controles de interatividade: Os usuários podem interagir com os modelos utilizando controles intuitivos, como: - Rotação do modelo ao arrastar o mouse. - Zoom com a roda do mouse ou gestos em dispositivos móveis. - Um botão de "Recentralizar Câmera", que reposiciona a câmera para a visualização inicial.

A implementação da interatividade foi um aspecto crucial, pois permitiu que o usuário explorasse os modelos de maneira fluida e intuitiva. O React Three Fiber facilitou a manipulação desses elementos por meio de eventos declarativos.

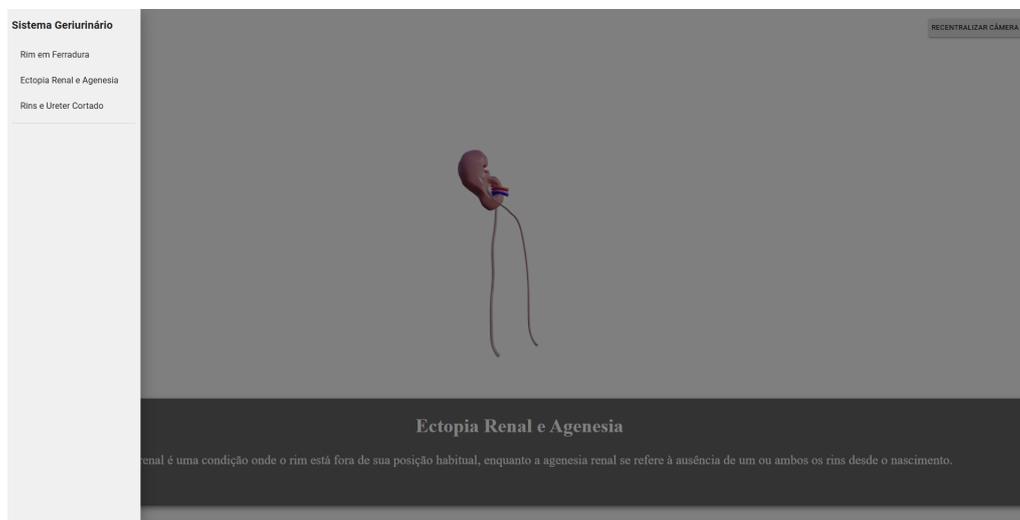


Figura 8 – Patologias do Sistema Geniturinário.

#### 4.9 Otimizações e Recursos Adicionais

Para garantir uma performance adequada, especialmente em dispositivos móveis, foram realizadas otimizações nos modelos 3D, como a redução do número de polígonos e a compressão de texturas. Além disso: - Um **service worker** foi configurado para permitir o funcionamento offline da aplicação. - Recursos estáticos foram armazenados em cache, reduzindo o tempo de carregamento em acessos subsequentes. - Estratégias de proteção, como obfuscação do código e rotas protegidas para carregamento de modelos, foram implementadas para dificultar a cópia não autorizada dos arquivos.

Essas medidas asseguraram que a aplicação fosse responsiva, visualmente atraente e segura, alinhando-se aos objetivos do projeto.

#### 4.10 Deploy e Acesso à Aplicação

Após o desenvolvimento, o deploy da aplicação foi realizado utilizando a plataforma Vercel, no plano gratuito. A escolha pela Vercel se deu por sua facilidade de integração com projetos baseados em React e sua capacidade de gerenciar aplicações web de forma eficiente, com suporte a Progressive Web Apps (PWA). Além disso, a plataforma oferece

deploy contínuo, permitindo que atualizações no código sejam automaticamente refletidas na aplicação hospedada.

O link para acessar a aplicação é: <<https://tcc-three-eta.vercel.app/>>

Para uma demonstração da aplicação em funcionamento, um vídeo foi disponibilizado no YouTube. O link para visualização é: <<https://youtu.be/7EoonMo5GE4>>

Esse vídeo mostra as principais funcionalidades da aplicação, incluindo a interação com os modelos 3D, a navegação entre as categorias de patologias e a experiência geral proporcionada pelo protótipo.

## 5 Resultados experimentais

Os resultados obtidos a partir da avaliação do protótipo destacam aspectos positivos e áreas que podem ser aprimoradas. A avaliação foi realizada com 20 participantes, representando um público variado em termos de idade e familiaridade com ferramentas digitais. De maneira geral, os participantes expressaram uma boa receptividade ao aplicativo, apontando sua utilidade para o aprendizado e elogiando o design visual, a clareza das informações e a organização das categorias. No entanto, foram identificados desafios técnicos, como a lentidão no carregamento de modelos 3D em dispositivos menos potentes e que não possuíam uma boa conexão com a internet, além de sugestões relacionadas à navegação e à inclusão de funcionalidades interativas. A seguir, são detalhados os principais pontos levantados pelos participantes durante a avaliação.

### 5.1 Perfil dos Participantes

A maioria dos participantes (84,2%) tem entre 18 e 25 anos, com uma pequena parcela (15,8%) entre 26 e 35 anos. Embora a maioria não seja da área da saúde, houve participação de estudantes e outros interessados que podem beneficiar-se do aprendizado interativo proporcionado pelo aplicativo. A maior parte dos participantes utiliza tecnologias diariamente para estudar, demonstrando um perfil familiarizado com ferramentas digitais. A faixa etária predominante, entre 18 e 25 anos, representa um público que está em formação acadêmica, sendo potencialmente mais receptivo a novas tecnologias educacionais. Esse grupo demonstrou maior familiaridade com o uso de ferramentas digitais, o que pode ter facilitado a interação com o aplicativo. Essa característica é alinhada ao perfil-alvo da aplicação, garantindo uma recepção mais positiva e identificação com as funcionalidades propostas.

### 5.2 Facilidade de Navegação

Aproximadamente 52,6% dos usuários classificaram a navegação como fácil, enquanto 31,6% relataram dificuldade. Os usuários que encontraram dificuldades sugeriram ajustes na interface para torná-la mais intuitiva. Essas melhorias podem incluir a revisão de botões, fluxos de navegação e organização geral do layout. Dos usuários relataram dificuldades na navegação, destacando a necessidade de ajustes para tornar a experiência mais intuitiva. Uma das principais críticas foi a disposição dos botões e a falta de orientações iniciais. Essas questões indicam que pequenos ajustes, como a inclusão de tutoriais interativos ou uma reorganização do layout, podem melhorar significativamente a usabilidade.

### 5.3 Interatividade e Controles

Mais de 84% dos participantes consideraram os controles de interação (zoom, rotação dos modelos 3D, etc.) intuitivos. No entanto, 15% tiveram dificuldades iniciais em entender ou utilizar algumas funcionalidades. Apesar disso, a maioria se sentiu confortável após explorar o aplicativo. Sugere-se a inclusão de tutoriais breves ou animações introdutórias para facilitar o aprendizado inicial dos controles. Com boa aprovação dos controles de interação, o aplicativo mostrou ser eficaz em oferecer uma experiência intuitiva. No entanto, das pessoas que relataram dificuldades iniciais destacam a importância de incluir tutoriais curtos ou mensagens de orientação na tela inicial. Essa adição pode reduzir a curva de aprendizado e aumentar a satisfação geral dos usuários, especialmente os menos habituados a tecnologias 3D.

### 5.4 Design Visual

O design visual foi avaliado como bom ou excelente por 90% dos participantes, com apenas 10% sugerindo melhorias. Isso demonstra que as escolhas de cores, layout e ícones foram bem aceitas. Pequenos ajustes em contraste ou no tamanho das fontes podem beneficiar usuários com necessidades específicas. A avaliação positiva do design visual, com grande aprovação, reforça a eficácia das escolhas estéticas realizadas. As cores, fontes e organização das informações foram elogiadas por transmitirem clareza e profissionalismo. Esse feedback valida a abordagem centrada no usuário adotada no desenvolvimento, destacando a importância de um design que combine funcionalidade e atratividade.

### 5.5 Clareza das Informações

95% dos participantes afirmaram que o texto e as descrições eram claros e compreensíveis. No entanto, foi identificado um relato de que algumas informações não foram carregadas corretamente. Essa observação aponta para a necessidade de corrigir bugs pontuais para garantir que todas as informações estejam acessíveis.

### 5.6 Organização das Categorias

A organização das categorias foi avaliada como adequada por mais de 90% dos participantes, indicando que a hierarquia e estrutura das informações estão claras e intuitivas. Isso é essencial para facilitar o acesso a conteúdos específicos.

### 5.7 Impacto no Aprendizado

Na escala de impacto (1 a 5), a média foi de 4, indicando que a maioria dos participantes considera o aplicativo uma ferramenta de alto impacto para o aprendizado de patologias. Apenas um usuário classificou o impacto como "nenhum". Esse resultado reforça a relevância da aplicação como mais um instrumento educacional. Essa média reforça a relevância do aplicativo como uma ferramenta educacional. A interação com modelos 3D permite uma exploração prática e dinâmica, aproximando os estudantes de conceitos teóricos complexos. Essa abordagem se mostrou particularmente útil para destacar a anatomia humana e as condições patológicas, aspectos que acabam não ficando muito em evidência em metodologias de ensino tradicionais.

Durante a avaliação, alguns usuários relataram lentidão no carregamento dos modelos 3D, especialmente em dispositivos com especificações mais modestas e que não

possuíam boa conectividade. Isso sugere a necessidade de otimizações adicionais, como mudanças na forma que os modelos são carregados além do uso de técnicas de pré-carregamento. Além disso, testes em dispositivos variados podem ajudar a identificar e solucionar gargalos de desempenho. Embora a lentidão no carregamento tenha sido relatada por alguns usuários, especialmente aqueles com dispositivos menos potentes ou conexões de internet limitadas, isso destaca a importância de futuras otimizações técnicas e a realização de testes com diferentes dispositivos. Assim sendo possível a constatação dos reais problemas e aplicação de diferentes estratégias para mitigar essas dificuldades, garantindo uma experiência mais fluida.

## 5.8 Utilização Regular e Sugestões

80% dos participantes indicaram que utilizariam o aplicativo regularmente para estudar. Entre as sugestões fornecidas, destaca-se a inclusão de funcionalidades como quizzes ou testes interativos. Essas funcionalidades podem aumentar o engajamento e tornar o aprendizado mais dinâmico.

## 5.9 Conclusão dos Resultados

A avaliação do protótipo revelou uma recepção positiva por parte dos participantes, destacando elementos fundamentais como o design visual, a clareza das informações apresentadas e o impacto educacional proporcionado. Esses aspectos confirmam que a aplicação é uma ferramenta promissora para o ensino de patologias humanas, cumprindo o objetivo de oferecer uma experiência interativa e acessível para estudantes e profissionais da saúde.

Por outro lado, os desafios técnicos identificados, como a lentidão no carregamento dos modelos 3D em dispositivos menos potentes, e as dificuldades iniciais de navegação relatadas por alguns usuários, ressaltam a necessidade de aprimoramentos específicos. Tais ajustes podem não apenas otimizar a experiência do usuário, mas também ampliar o alcance do aplicativo, tornando-o mais inclusivo e eficiente.

A inclusão de funcionalidades interativas (quizzes e testes), demonstram uma demanda clara por maior engajamento e personalização no aprendizado. Essa integração de funcionalidades pode transformar o aplicativo em uma plataforma completa de ensino, alinhando-se a metodologias ativas de aprendizado e incentivando o uso em ambientes educacionais diversificados.

Em resumo, os resultados não apenas validam a proposta inicial, mas também apontam caminhos estratégicos para evoluir o protótipo. A combinação de análises qualitativas e quantitativas destaca a importância de um desenvolvimento contínuo que priorize o usuário e o impacto educacional. Essas melhorias planejadas melhorarão ainda mais a aplicação como um ótimo recurso no de patologias.

## 6 Conclusão e Trabalhos Futuros

O desenvolvimento do protótipo de Progressive Web App (PWA) para a visualização interativa de patologias humanas utilizando tecnologias modernas como React, React Three Fiber e Three.js demonstrou ser promissor para enriquecer o ensino de ciências e saúde. A aplicação permitiu a exploração de modelos 3D de maneira acessível e interativa, proporcionando aos usuários uma experiência visual imersiva e educativa.

O uso de ferramentas como Vite e GLTFLoader foi essencial para otimizar o desempenho e garantir uma interface intuitiva, enquanto a integração com funcionalidades de PWA, como armazenamento em cache e funcionamento offline, ampliou o alcance da aplicação, tornando-a uma solução viável em cenários com infraestrutura limitada. A implementação de controles interativos e a organização modular dos componentes React também contribuíram para a escalabilidade e manutenção futura do projeto.

Os resultados alcançados destacam a relevância do uso de tecnologias digitais no ensino, especialmente na apresentação de conceitos complexos e abstratos como os relacionados ao corpo humano e suas patologias. A aplicação desenvolvida oferece uma base para iniciativas educacionais que visam combinar tecnologia e interatividade para melhorar o aprendizado.

## 6.1 Trabalhos Futuros

Apesar dos avanços alcançados, este trabalho apresenta diversas possibilidades para futuras melhorias e expansões:

1. Ampliação do Conteúdo Educacional: Incorporar mais sistemas do corpo humano e patologias, expandindo o escopo da aplicação para atender a diferentes níveis de ensino e áreas de especialização, como anatomia comparada ou microbiologia.

2. Integração com Plataformas Educacionais: Implementar APIs para integrar a aplicação com sistemas de gestão de aprendizado (LMS), como Moodle ou Google Classroom, permitindo que professores acompanhem o progresso dos alunos e utilizem o aplicativo em contextos mais amplos.

3. Adição de Funcionalidades Interativas: Desenvolver quizzes interativos e atividades baseadas em gamificação para testar o conhecimento dos alunos, reforçando a aprendizagem de maneira lúdica.

4. Melhoria da Acessibilidade: Tornar a aplicação mais inclusiva, implementando suporte para leitores de tela, legendas e ajustes de contraste para usuários com deficiência visual ou auditiva..

7. Colaboração em Tempo Real: Introduzir funcionalidades que permitam que grupos de estudantes colaborem em tempo real, explorando modelos 3D de forma conjunta e compartilhando insights.

8. Utilização de Realidade Aumentada (AR): Integrar recursos de realidade aumentada para que os modelos 3D possam ser visualizados no espaço físico real por meio de dispositivos móveis compatíveis.

9. Utilização de modelos animados: Introduzir animação aos modelos com o objetivo de melhorar a experiência do aluno além de poder passar mais informações a respeito do modelo.

- 10- Implementar melhorias na forma de carregamento dos modelos, como a utilização de técnicas de lazy loading, streaming de modelos em partes, ou pré-carregamento assíncrono para reduzir o tempo de espera inicial. Essas estratégias podem garantir maior fluidez na experiência do usuário, mesmo em dispositivos com recursos limitados, sem a necessidade de alterar os arquivos dos modelos originais.

- 11- Implementar tutoriais visuais ou interativos ao inicializar o aplicativo, para que novos usuários se familiarizem rapidamente com os controles de zoom, rotação e navegação.

Essas melhorias podem aumentar significativamente o impacto da aplicação no ensino, tornando-a uma ferramenta ainda mais poderosa e abrangente para a educação em ciências e saúde.

12 - Ampliar os testes da aplicação em dispositivos variados (tanto de entrada quanto de alto desempenho) para ajustar a experiência de acordo com diferentes capacidades de hardware.

## Referências

GRAVINA, D. B. L. et al. O uso da tecnologia digital na construção do ensino-aprendizagem em saúde. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*, v. 22, n. 230, 2017. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd230/o-uso-da-tecnologia-digital-em-saude.htm>>. Citado na página [3].

LEDO, R. M. D.; SILVA, C. P. L. da. Limits and possibilities of 3d printing as a tool in steam approaches in teaching biology: a case study. *International Journal of Educational Technology*, v. 9, n. 2, p. 112–125, 2021. Citado na página [5].

LINDEN, O. Achieving native-like experience on the web with progressive web apps. *International Journal of Web Studies*, v. 5, p. 45–60, 2020. Citado na página [6].

MAZZAROLO, V.; SILVA, R. S. da. Progressive web apps: Uma nova abordagem no desenvolvimento de aplicações web. *Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação*, v. 12, n. 1, p. 15–30, 2024. Citado na página [5].

MCMENAMIN DANIEL HUSSEY, D. C. W. A. M. R. Q. S. E. C. P. G.; ADAMS, J. W. The reproduction of human pathology specimens using three-dimensional (3d) printing technology for teaching purposes. *Medical Teacher*, Taylor & Francis, v. 43, n. 2, p. 189–197, 2021. PMID: 33103933. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1837357>>. Citado na página [8].

MDN Web Docs: Progressive Web Apps (PWAs). [S.l.], 2024. Accessed: 2024-11-25. Disponível em: <[https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Progressive\\_web\\_apps](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Progressive_web_apps)>. Citado na página [6].

MEHANNA, S. H.; GARBELINI, M. C. D. L. Ensino de patologia no curso de medicina. *Espaço Saúde*, v. 22, n. e786, p. 1–6, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.22421/1517-7130/es.2021v22.e786>>. Citado na página [4].

NUGROHO, L. E. et al. Development of monitoring system for smart farming using progressive web app. *International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, v. 9, p. 1–5, 2017. Citado (2) vezes nas páginas [5 e 6].

OLIVEIRA, C. R. A. de; FERREIRA, C. C.; MARTINS, C. da Silva de L. Modelo didático para o ensino de ciências, construção por meio de impressão 3d: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação Científica*, v. 15, n. 3, p. 25–38, 2022. Citado na página [4].

PALAIIO, S. C. dos S.; ALMEIDA, M. V. L. de; PATREZE, C. M. Development of 3d printed models for science. *Revista de Educação e Tecnologia*, v. 12, n. 4, p. 145–156, 2018. Citado na página [4].

PEREIRA, P. F. et al. O ensino da patologia e sua influência na atuação de patologistas e infectologistas no rio de janeiro. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 42, n. 1, p. 37–45, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbem/a/jDZqBBhtrDN4hZzWmQh8YTg/>>. Citado (2) vezes nas páginas [3 e 5].

React Documentation. React doc. 2024. Accessed: 2024-11-25. Disponível em: <<https://react.dev/>>. Citado na página [6].

SANCHEZ, A. U. et al. Impressão 3d na relação médico-paciente, relato de experiência da integração entre ensino, inovação e assistência. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 48, n. 3, p. e083, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-5271v48.3-2023-0012>>. Citado na página [8].

SANTOS, B. F. dos et al. Sala de ambiente virtual como recurso didático para a aprendizagem de patologias associadas a helicobacter pylori. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, p. e52111133313, 2022. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33313>>. Citado (2) vezes nas páginas [3 e 7].

SHARMA, V. et al. Progressive web app (pwa): One stop solution for all application development across all platforms. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, v. 1120–1122, p. 290–300, 2019. Citado na página [5].

SILVANY, M. A. A. Os desafios e a integração do ensino de patologia nos currículos dos cursos de graduação da Área de saúde. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 34, n. 2, p. 197–204, 2024. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjJ4-qqiveJAxXILLkGHbwVHx8QFnoECDUQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.fucamp.edu.br%2Findex.php%2Fcadernos%2Farticle%2Fview%2F3329%2F2135&usg=AOvVaw0RH1vkUOPO3yl9mjr2CWOe&opi=89978449>>. Citado na página [4].

TEPLÁ, M.; TEPLÝ, P.; ŠMEJKAL, P. Influence of 3d models and animations on students in natural subjects. *International Journal of STEM Education*, v. 9, n. 65, p. 1–15, 2022. Disponível em: <<https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-022-00382-8>>. Citado na página [3].

Three.js Documentation. *Three.js Documentation*. [S.l.], 2024. Accessed: 2024-11-25. Disponível em: <<https://threejs.org/>>. Citado na página [6].

WIJAYA, H.; ABBAS, R. A. Animation effectiveness for e-learning with progressive web app approach: A narrative review. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, v. 7, n. 4, p. 25–30, 2018. Citado na página [6].