Instituto Superior de Tecnologias Avançadas

Licenciatura em Informática

# Orçamentos e visualização das janelas de PVC

Realizado por: Maksym Hrytsko - 45049

Coordenador – Professor Dr. Pedro Brandão

Orientadora – Professora Dra. Dulce Mourato

Lisboa, Ano letivo 2022/23

Instituto Superior de Tecnologias Avançadas

Licenciatura em Informática

# Orçamentos e visualização das janelas de PVC

Realizado por: Maksym Hrytsko - 45049

Coordenador – Professor Dr. Pedro Brandão

Orientadora – Professora Dra. Dulce Mourato

Lisboa, Ano letivo 2022/23

# RESUMO

Este projeto teve como objetivo desenvolver uma aplicação web para a configuração e visualização de janelas de PVC, com o intuito de simplificar o processo de orçamentação e personalização para técnicos, revendedores e clientes. A aplicação desenvolvida provou ser uma ferramenta eficaz, permitindo aos utilizadores visualizar e personalizar janelas de PVC, bem como obter uma estimativa do produto final.

A aplicação incorpora funcionalidades de visualização 2D e 3D, geração de relatórios em PDF, autenticação de utilizadores e gestão de diferentes níveis de acesso. Além disso, a aplicação foi projetada para ser intuitiva e fácil de usar, com o objetivo de tornar o processo de configuração de janelas acessível a um público mais amplo.

Os resultados da pesquisa demonstraram a viabilidade de uma aplicação para a configuração de janelas. A aplicação desenvolvida é intuitiva e fácil de usar, permitindo aos utilizadores configurar janelas de acordo com as suas preferências. A opção de visualização 2D e 3D, juntamente com a capacidade de aplicar texturas, aumenta o realismo e ajuda os utilizadores a visualizar melhor o produto final.

A autenticação de utilizador e a gestão de diferentes níveis de acesso é uma característica importante para a segurança e a eficiência da aplicação. Isso permite que diferentes tipos de utilizadores tenham acesso a diferentes funcionalidades, de acordo com as suas necessidades e responsabilidades.

A disponibilidade da aplicação na internet aumenta a sua acessibilidade e potencial de uso. Isso permite que mais pessoas usem a aplicação, independentemente da sua localização. Os resultados da pesquisa indicam que a aplicação desenvolvida pode ser uma ferramenta valiosa para a indústria de janelas de PVC. No entanto, mais pesquisas e testes são necessários para melhorar ainda mais a aplicação, adaptá-la às necessidades específicas dos utilizadores, tornar a realidade aumentada mais precisa e melhorar o realismo do modelo 2D e 3D e disponibilizar ferramenta que consegue automaticamente fornecer as medidas exatas da janela que é preciso substituir.

Em conclusão, este projeto demonstrou a viabilidade e o potencial de uma aplicação web para a configuração e visualização de janelas de PVC. Espera-se que este trabalho possa contribuir para a melhoria do processo de orçamentação e personalização na indústria de janelas de PVC.

**PALAVRAS-CHAVE** – Janelas PVC, Orçamentos, Simulador, 3D, Realidade Aumentada.

# ABSTRACT

This project aimed to develop a web application for the configuration and visualization of PVC windows, with the intention of simplifying the quotation and customization process for technicians, resellers, and customers. The developed application proved to be an effective tool, allowing users to view and customize PVC windows, as well as obtain an estimate of the final product.

The application incorporates 2D and 3D viewing functionalities, generation of PDF reports, user authentication, and management of different access levels. In addition, the application was designed to be intuitive and easy to use, with the aim of making the window configuration process accessible to a broader audience.

The research results demonstrated the viability of an application for window configuration. The developed application is intuitive and easy to use, allowing users to configure windows according to their preferences. The option of 2D and 3D visualization, along with the ability to apply textures, enhances the realism and helps users to better visualize the final product.

User authentication and the management of different access levels is an important feature for the security and efficiency of the application. This allows different types of users to have access to different functionalities, according to their needs and responsibilities.

The availability of the application on the internet increases its accessibility and potential use. This allows more people to use the application, regardless of their location. The research results indicate that the developed application can be a valuable tool for the PVC window industry. However, further research and testing are needed to further improve the application, adapt it to the specific needs of users, make augmented reality more precise, improve the realism of the 2D and 3D model, and provide a tool that can automatically provide the exact measurements of the window that needs to be replaced.

In conclusion, this project demonstrated the viability and potential of a web application for the configuration and visualization of PVC windows. It is hoped that this work can contribute to improving the budgeting and customization process in the PVC window industry.

**KEYWORDS** – PVC Windows, Budgets, Simulator, 3D, Augmented Reality

# ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| PVC | Policloreto de Vinila |
| API | Application Programming Interface |
| EF | Entity Framework |
| MVC | Model-View-Controller |
| SQL | Structured Query Language |
| CRUD | Create, Read, Update, Delete |
| GDPR | General Data Protection Regulation |
| ERPs | Enterprise Resource Planning |
| UI | Interface de utilizador |
| UX | Experiência de utilizador |
| 2D | Bidimensional |
| 3D | Tridimensional |
| JWT | JSON Web Tokens |
| RA | Realidade Aumentada |
| SPA | Single Page Application |
| MPA | Multi Page Application |

# ÍNDICE

INTRODUÇÃO ..... 6
REVISÃO DE LITERATURA ..... 7
MATERIAS E MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO ..... 14
RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS ..... 17
CONCLUSÃO ..... 26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 28
APÊNDICES E ANEXOS ..... 31

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Utilização das *frameworks* e bibliotecas *front-end* ..... 12
Figura 2 - Utilização das *frameworks front-end* ..... 13
Figura 3 - Fluxo de acesso a funcionalidades da aplicação ..... 16
Figura 4 - Fluxo de autentificação e autorização ..... 19
Figura 5 - Atributo de autorização com nível mínimo de acesso ..... 19
Figura 6 - Exemplo do ficheiro do orçamento ..... 21
Figura 7 - Medição das dimensões com a realidade aumentada ..... 22

# INTRODUÇÃO

A indústria de janelas PVC é um mercado em crescimento, com uma variedade de produtos disponíveis para os consumidores. No entanto, a personalização e a visualização de produtos ainda são um desafio. Este projeto propõe o desenvolvimento de uma aplicação web iterativa e multiplataforma para facilitar a requisição de orçamentos de janelas de PVC, permitindo aos clientes personalizar o design e as dimensões das janelas, com uma pré-visualização do produto final.

O objetivo principal deste projeto é desenvolver uma aplicação web iterativa e multiplataforma que permita aos clientes personalizar o design e as dimensões das janelas de PVC e ter uma pré-visualização do produto final. Os objetivos secundários incluem permitir ao cliente extrair um relatório final com todas as informações para requisitar os orçamentos de janelas de PVC, facilitar a gestão de orçamentos das janelas de PVC para os revendedores, e reduzir os erros na passagem de informação entre revendedores, fábricas e técnicos, reduzindo por sua vez os prejuízos das fábricas e resultados indesejados para o cliente.

# REVISÃO DE LITERATURA

A evolução tecnológica tem impulsionado o desenvolvimento de aplicações web iterativas e multiplataforma, tornando-as cada vez mais relevantes no cenário atual. Estas aplicações, que permitem aos utilizadores interagir com sistemas de forma dinâmica e personalizada, têm melhorando a experiência do utilizador e a eficiência dos processos de negócios. Este estudo focou na criação de uma aplicação web para a requisição de orçamentos de janelas PVC, permitindo a personalização do design e dimensões das janelas, com pré-visualização do produto final e envio de informações para revendedores ou fábricas. A necessidade de tal aplicação surge de demanda por uma solução que possa reduzir erros na passagem de informação, facilitar a gestão de clientes e orçamentos, e melhorar a satisfação do cliente através da visualização do produto final.

As aplicações web interativas eram sistemas que permitem aos utilizadores interagir com eles de forma dinâmica, geralmente através de uma interface de utilizador baseada em navegador. Estas aplicações têm desempenhado um papel importante na transformação digital, permitindo que empresas e indivíduos realizem uma variedade de tarefas online, desde compras e educação até trabalho e entretenimento.

Parente as necessidades especificas do projeto, optou-se por definir, numa primeira fase, os conceitos das etapas de desenvolvimento de aplicações web. Sotnik et al. (2023, pp. 80-82) autores do artigo '*Development Features Web-Applications*', descrevam as importantes etapas do desenvolvimento e da construção da arquitetura de aplicações web modernas, entre os quais são criação do *UI/UX design*, *back-end*, *fornt-end*, testes e preocupações de segurança.

No contexto do desenvolvimento de aplicações web, uma parte fundamental era a arquitetura do *back-end*, a Web API (Application Programming Interface). O Leff & Rayfield (2001) descreveu um padrão MVC (Model / View / Controller) para arquitetura do *back-end*, que tem sido amplamente adotado no desenvolvimento de aplicações web devido à sua eficácia em separar a lógica de negócio da interface do utilizador, facilitando a manutenção e a escalabilidade do código. No entanto, a comunicação entre o *server-side* e o *client-side* pode ser um desafio. Diyasa et al. (2021) referem duas tecnologias que possam ser usados para conectar os servidores com a aplicação do cliente: REST e Graph-QL. A escolha entre estas tecnologias depende das necessidades especificas do projeto, já que cada uma tem suas vantagens e desvantagens. Segundo um estudo de Sayan & Shreyasi, 2020 (citado em Diyasa et al., 2021, pp. 43-44), foi observado que o REST supera o Graph-QL em termos de velocidade

de resposta. No entanto, o Graph-QL se destaca na apresentação de dados por solicitação de aplicações cliente para otimizar a largura de banda disponível. Portanto, a escolha do método mais adequado dependerá das necessidades especificas de cada projeto.

Relativamente às tecnologias de front-end, este é um domínio em contínua transformação, com o surgimento regular de novas tecnologias e frameworks. Estas inovações surgem como resposta às necessidades crescentes em termos de desenvolvimento, segurança e experiência do utilizador. De acordo com vários inquéritos efetuados anualmente entre as comunidades na área de programação, destacam-se as *frameworks front-end*, React, Angular e Vue.js (StackOverflow, 2022; Stateofjs, 2022; JetBrains, 2022). Cada uma deles tem as suas próprias vantagens e desvantagens, e a escolha depende das necessidades especificas do projeto.

Angular, de acordo com documentação oficial do Google (2022), é uma plataforma e *framework* completo para o desenvolvimento de *Single Page Appplication* (SPA), que fornece uma solução abrangente, incluindo um motor de *templates*, gestão de estado, roteamento, e uma série de outras funcionalidades. Conforme afirmado por Smith (2022, p. 38), "*Angular remains one of the world's most popular JavaScript frameworks […] for building Single Page Applications*".

React, desenvolvido pelo Facebook, ao contrário do Angular é apenas uma biblioteca de JavaScript para construir interfaces de utilizador. Sendo apenas uma biblioteca, React não fornece soluções prontas para muitas preocupações comuns no desenvolvimento de aplicações, isso tem as suas vantagens e desvantagens conforme afirmado por Smith (2022, p. 39):

> Because React isn't a full framework, you'll typically want other libraries to handle things like routing, web API calls, and dependency management. The nice thing is, you can pick the best library for each of these, but the disadvantage is that you need to make all of these decisions and verify all of your chosen libraries work well together when you're done (Smith, 2022, p. 39).

Vue.js, desenvolvido por Evan You, um ex-engenheiro do Google, é muitas vezes visto como um meio-termo entre React e Angular. Além disso, Vue.js é conhecido por sua simplicidade e facilidade de uso, tornando-o uma escolha popular para muitos, conforme afirmado na guia de primeiros passos do Vue.js (citado em Smith, 2022, pp. 39-40),

> Vue is designed from the ground up to be incrementally adoptable. The core library is focused on the view layer only, and is easy to pick up and integrate with other libraries or existing projects. On the other hand, Vue is also perfectly capable of powering sophisticated Single-

> Page Applications when used in combination with modern tooling and supporting libraries (Introduction — Vue.js, s.d.).

O estudo da comparação das *frameworks* Angular, React e Vue.js efetuado pelos Kaluža et al. (2018, p. 277) concluiu que o Vue.js é adequado para o desenvolvimento das aplicações web *Multi Page Application* (MPA) e SPA obtendo no analise a maior pontuação no total. No contexto do projeto, a escolha de Vue.js como a tecnologia de *front-end* parece ser a mais adequada. Vue.js oferece a flexibilidade e a facilidade de uso, ao mesmo tempo que fornece funcionalidades adicionais semelhantes ao Angular. Além disso, a sua capacidade de criar componentes reutilizáveis pode ser particularmente útil para a criação de diferentes configurações de janelas PVC.

As bases de dados eram um componente fundamental das aplicações web, permitindo o armazenamento, a recuperação e a manipulação de dados de forma eficiente e segura. As aplicações web modernas dependem fortemente das bases de dados para fornecer funcionalidades dinâmicas e personalizadas aos utilizadores. Além disso, as bases de dados permitem que as aplicações web lidam com grandes volumes de dados.

No desafio da criação de uma aplicação de gestão dos orçamentos das janelas PVC, tornou-se evidente a necessidade de explorar as opções tecnológicas mais adequadas. O Smith (2021) destaca que "*EF Core's main strength is a language that you may know better than SQL. EF Core is multiplataforma-capable: it can run on Windows, Linux, and Apple*" (2021, p. 3), eliminando a necessidade de lidar diretamente com o SQL (Structured Query Language) e permitindo ser usado em diferentes sistemas operativos. Além disso, ele pode estabelecer uma conexão com diferentes tipos de bases de dados, como SQL Server, SQLite, Azure Cosmos DB, PostgreSQL, entre outros. Isso torna o EF Core uma ferramenta versátil e poderosa para o desenvolvimento de aplicações web.

Outra das preocupações é a segurança e privacidade das bases de dados. Ulybyskev et al. (2023) discutem a importância da segurança de ponta a ponta no software de bases de dados. Eles destacam a necessidade de considerar a segurança em todas as fases de ciclo de vida do desenvolvimento de software, desde o design até a implementação e manutenção. Isso inclui a proteção contra ameaças comuns, como injeção de SQL, e a garantia de que os dados sensíveis são devidamente protegidos através de técnicas como a encriptação.

No contexto da União Europeia, a proteção de dados pessoais é regida pelo Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR). Este regulamento estabelece uma série de requisitos para a coleta, o processamento e a proteção de dados pessoais, e impões penalidades

severas para violações (Proteção de dados na UE, 2023). Portanto, é crucial que qualquer aplicação web que colete ou processe dados pessoais esteja em conformidade com o GDPR.

O estudo intitulado '*LWeb: information flow security for multi-tier web applications*', os autores discutem a importância da segurança do fluxo de informação em aplicações web que usam bases de dados. Eles apresentam o LWeb, um mecanismo de segurança de fluxo de informação para aplicações web baseado nas verificações de política de IFC (Information Flow Control) e protege os valores da base de dados com rótulos dinâmicos, que podem depender dos valores armazenados na base de dados (Parker et al., 2019). Já os autores do artigo '*End-to-End Database Software Security*' (Ulybyshev et al., 2023), apresentam uma metodologia diferente que, além da segurança do lado do servidor, protege os dados em trânsito e em armazenamento no *client-side* da aplicação, baseado em atributos e direitos de acesso.

A visualização 2D e 3D em aplicações web era um recurso importante que permite a representação gráfica de dados e informações de maneira mais intuitiva e iterativa. Essa tecnologia tem sido amplamente utilizada em diversas áreas, incluindo a geociência, onde é usada para visualizar fenômenos complexos e dinâmicos, como o movimento de superfície terrestre (Kalaitzis et al., 2023).

Guardia & Koeva (2023) apresentam uma solução inovadora para este problema. Eles desenvolveram um modelo de navegação 3D na web, de acesso livre e baseado em tecnologia de código aberto, que permite a visualização de conjuntos de dados geoespaciais complexos e heterogêneos no mesmo ambiente virtual. Esta solução utiliza bibliotecas JavaScript baseadas na tecnologia WebGL e é acessível através de navegadores web, sem a necessidade de instalação de software por parte do utilizador.

A Realidade Aumentada (RA) tinha vindo a ganhar cada vez mais relevância no desenvolvimento de aplicações web, permitindo a criação de experiências iterativas e imersivas para os utilizadores. A AR permite a sobreposição de conteúdos digital ao mundo real, proporcionando uma experiência de utilização enriquecida e mais envolvente (Kipper & Rampolla, 2012; Azuma, 1997).

No entanto, a implementação da RA em aplicações web apresenta vários desafios. Um dos principais desafios é a necessidade de otimização do conteúdo digital para evitar a sobrecarga dos dispositivos utlizados, mantendo ao mesmo tempo uma boa taxa de quadros (Templin & Popielarczyk, 2020). Além disso, a RA requere a capacidade de reconhecer e interagir com o ambiente físico do utilizador, o que pode ser difícil de alcançar em algumas situações.

Apesar destes desafios, a RA tem um grande potencial para melhorar a experiência do utilizador e a eficiência do processo de compra em aplicações web. Por exemplo, a RA permite a visualização de modelos 3D de produtos em dimensões naturais, melhorando a perceção dos objetos observados pelos utilizadores (Templin & Popielarczyk, 2020). Isso pode ser particularmente útil em aplicações web para a indústria de janelas PVC, permitindo aos clientes visualizar o produto final antes da compra.

Em conclusão, a RA era uma tecnologia promissora para aplicações web, oferecendo oportunidades para criar experiências de utilização mais imersivas e interativas. No entanto, a sua implementação apresenta vários desafios que precisam de ser superados para aproveitar plenamente o seu potencial. Uma situação também sentida no desenvolvimento desta aplicação.

A escolha das tecnologias para este projeto foi influenciada por vários fatores, entre os quais a familiaridade com a plataforma ASP.NET e na linguagem de programação C#, bem como na experiência com o Vue.js. O ASP.NET Core 7 é uma plataforma de desenvolvimento de aplicações web da Microsoft, amplamente utilizada e reconhecida pela sua robustez e flexibilidade. Permite construir sites dinâmicos, aplicações web e serviços web. A versão Core é cross-plataform, o que significa que pode ser executada em qualquer sistema operativo, reduzindo assim os custos de licenciamento (Smith, 2022, pp. 2-3). O ASP.NET foi escolhido como a framework para a *back-end* devido à sua robustez, escalabilidade e suporte para a linguagem de programação C#. O Vue.js 3 é uma plataforma JavaScript progressiva para a construção de interface de utilizador. Permite um desenvolvimento modular, reutilizável e construir aplicações complexas de página única (Vue.js, 2023). O Vue.js foi escolhido para o *front-end* por sua facilidade de uso, flexibilidade e capacidade de criar interface de utilizador ricas e iterativas, foram fatores decisivos na sua escolha. O Entity Framework Core 7 é uma ferramenta de mapeamento objeto-relacional (ORM) da Microsoft que permite aos desenvolvedores trabalhar com dados como objetos, eliminando a necessidade de trabalhar diretamente com o SQL. Esta escolha apoiada no trabalho de Smith (2021), que destaca a eficácia do EF na simplificação do acesso a dados e na promoção de práticas de desenvolvimento eficientes. Smith (2022, p. 69) também reforça essa visão, afirmando que "*If you're writing a new ASP.NET Core application that needs to work with relational data, then Entity Framework Core (EF Core) is the recommended way for your application to access its data*". Estas tecnologias são amplamente utilizadas na indústria, como evidenciado pelos relatórios '*The State of Developer Ecosystem in 2022*' da JetBrains, '*Developer Survey 2022*' da Stack Overflow e '*State of JavaScript 2022*' da Stateofjs, que destacam o Vue.js como um dos *frameworks* JavaScript mais utilizados por profissionais na área de desenvolvimento web

(JetBrains, 2022; StackOverflow, 2022; Stateofjs, 2022). A comparação das *frameworks* está representada na Figura 1, mostra que estas *frameworks* foram mais usados nos últimos anos.

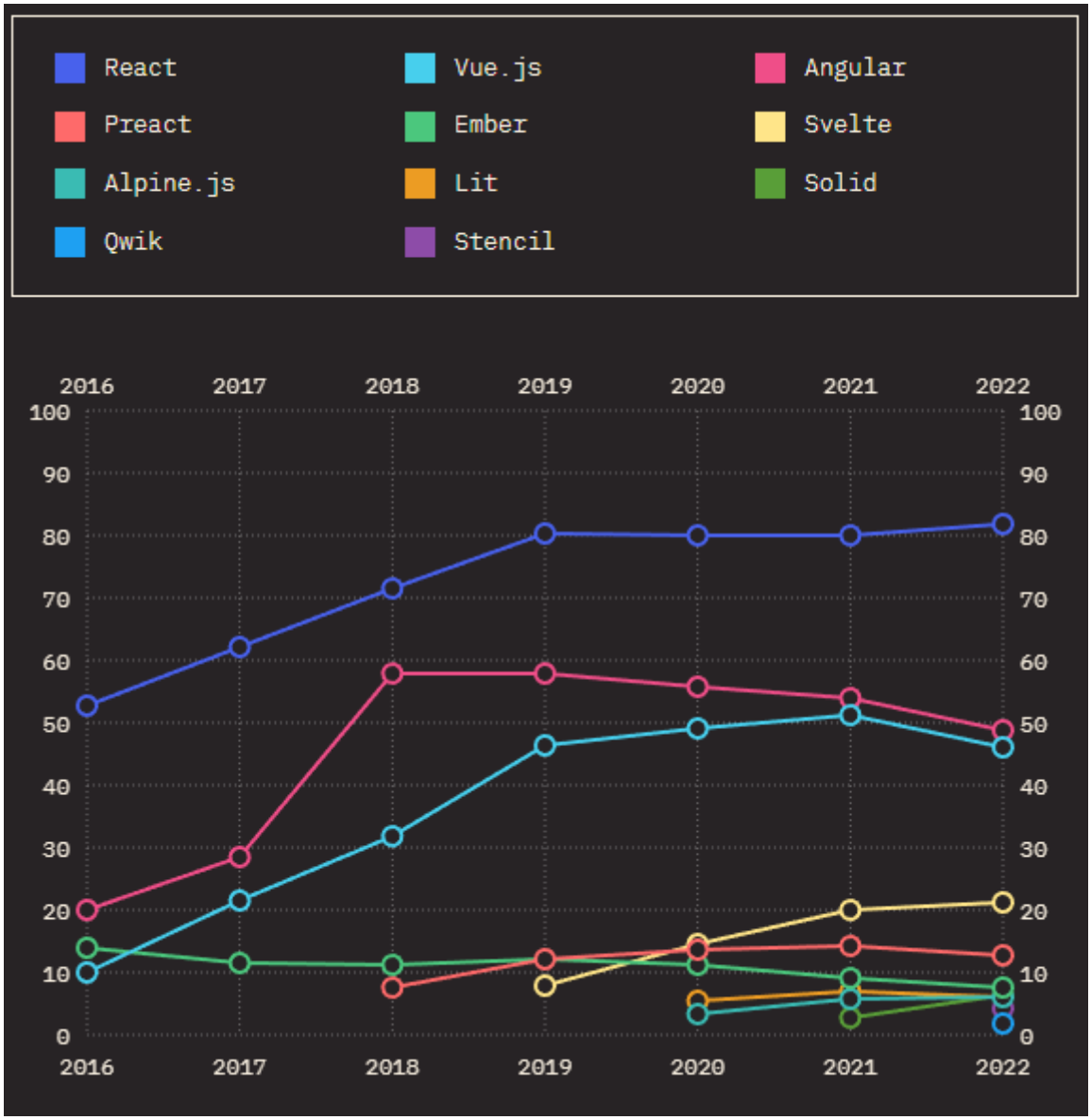



Figura 1 - Utilização das *frameworks* e bibliotecas *front-end* (Stateofjs, 2022, citado em Hrytsko, 2023, p. 2)

O relatório do JetBrains apresentou os seguintes resultados da popularidade do Vue.js entre os programadores que utilizam o JavaScript, Figura 2.

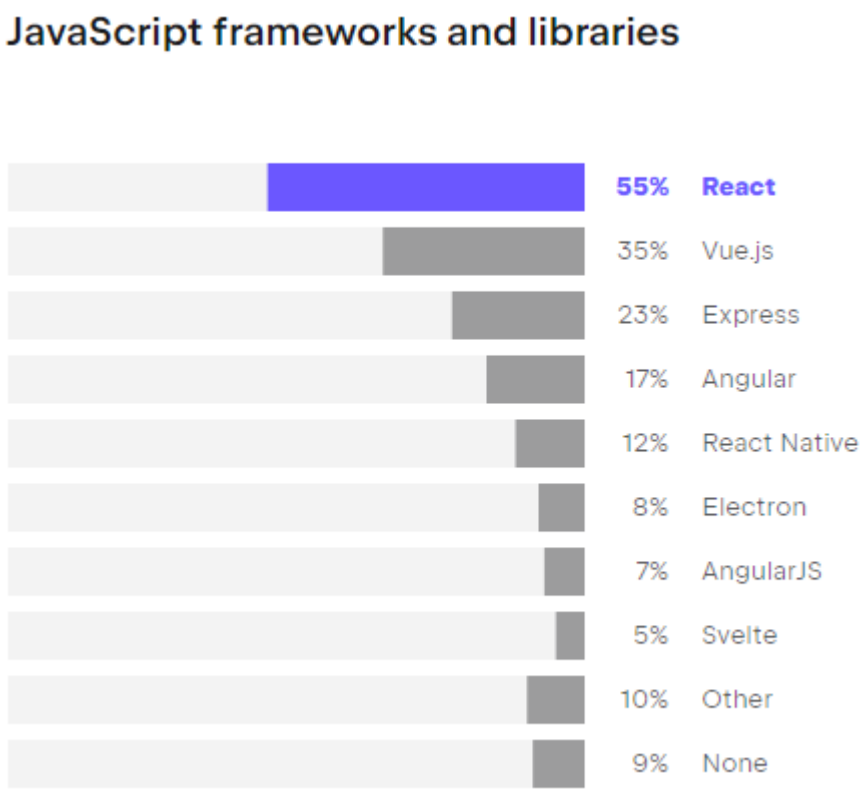



Figura 2 - Utilização das *frameworks front-end* (JetBrains, 2022, citado em Hrytsko, 2023, p. 3)

Em conclusão, o desenvolvimento de uma aplicação web para requisição de orçamentos de janelas PVC envolveu a consideração de uma variedade de tecnologias e técnicas, desde a escolha da arquitetura do *server-side* e da tecnologia *front-end*, até a gestão de bases de dados e a visualização de dados 2D, 3D e em RA. Além disso, questões de segurança e conformidade com o GDPR deve ser considerada em todas as fases do desenvolvimento. A escolha das tecnologias e técnicas adequadas depende das necessidades especificas do projeto, bem como das capacidades e preferências do desenvolvedor.

# MATERIAS E MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO

Este projeto foi inspirado pelas necessidades descritas por um técnico que trabalha na área de janelas de PVC na região de Grande Lisboa. O técnico, que foi o único participante neste projeto, descreveu vários desafios enfrentados por ele e seus clientes no processo de estimativa de orçamentos para janelas personalizadas. Esses desafios incluíam a dificuldade dos clientes em tirar medidas estimadas e desenhar esboços das janelas desejadas, a falta de uma visualização clara do produto final e a possibilidade de erros na transcrição manual das medidas para o sistema da fábrica. Além disso, a pesquisa na internet revelou que os sites de venda de janelas de PVC geralmente não oferecem mais do que um formulário de contato para solicitações de orçamento, sem qualquer funcionalidade para personalização do produto.

O cronograma da investigação, que foi elaborado durante a fase de pré-projeto, guiou todo o processo de pesquisa e desenvolvimento. O projeto foi estruturado de acordo com a seguinte calendarização: a escolha do tema foi realizada entre novembro e dezembro. A revisão da literatura e o levantamento de requisitos foram realizados entre março e abril. A prototipagem foi realizada em abril, seguida pelo desenvolvimento da aplicação entre abril e junho. Finalmente, os testes e a validação foram realizados em junho.

A abordagem de pesquisa para este projeto foi baseada numa metodologia qualitativa, utilizando um estudo de caso único e da avaliação do mercado. Esta abordagem foi inspirada pelo trabalho de Chowdhury et al. (2020):

> This study undertakes a case-study based qualitative approach to investigate the impacts of the COVID-19 pandemic. In this study, a qualitative research technique used as it works efficiently where the numerical data is not available as well as the research questions are exploratory in nature (Chowdhury et al., 2020, p. 167).

Para coletar dados, foram utilizados a descrição feita pelo técnico, a análise de exemplos de orçamentos de uma fábrica (sem permissão para compartilhar com terceiros, apenas para análise) e a pesquisa na internet. Além disso, foram analisados os sites das fábricas de perfis, como Cortizo, Rehau, e Veka, para entender os tipos, características e aspetos que um perfil de janela PVC pode ter.

A solução proposta é uma web aplicação que permite aos clientes visualizar e personalizar as janelas de PVC, bem como obter uma estimativa do produto final.

O desenvolvimento deste projeto foi orientado por uma abordagem pragmática, com a escolha de tecnologias e métodos baseada na experiência prévia do autor e na adequação ao contexto

do projeto. A experiência prévia do autor com C#, ASP.NET e Vue.js, adquirida no departamento de Investigação e Desenvolvimento da empresa QUIDGEST, foi crucial para garantir a eficácia e eficiência do projeto, bem como para minimizar possíveis armadilhas e problemas durante o desenvolvimento.

O website foi projetado para ser intuitivo e fácil de navegar, com uma página inicial e uma barra lateral contendo vários menus. O acesso aos diferentes menus depende do nível de acesso do utilizador. Para um utilizador não autentificado, o acesso é limitado à página inicial, à página de login e registro, e à página de configuração de uma janela. Para um utilizador autentificado, com nível de Cliente, há acesso adicional à gestão de lista de janelas, onde pode criar e gravar, bem como remover a configuração de uma janela, e à gestão de orçamentos de suas próprias janelas. Um utilizador com nível Técnico tem os mesmos acessos que o Cliente, mas também tem acesso à gestão de clientes, que inclui a gestão de orçamentos associados a cada cliente. Finalmente, um utilizador com nível de Administrador tem acesso a todos os menus que o Técnico tem, além de menus para gerir dados do sistema, como: Utilizadores, Marcas, Perfis, Vidros, Cores do perfil e algumas ferramentas de administração do sistema. Este organograma do website serviu como um guião para o desenvolvimento da web aplicação, orientando a implementação das diferentes funcionalidades e garantindo que o site fosse estruturado de maneira lógica e eficiente. Para ilustrar melhor a estrutura e o fluxo de acesso às funcionalidades da aplicação, um fluxograma foi criado e ilustrado na Figura 3.

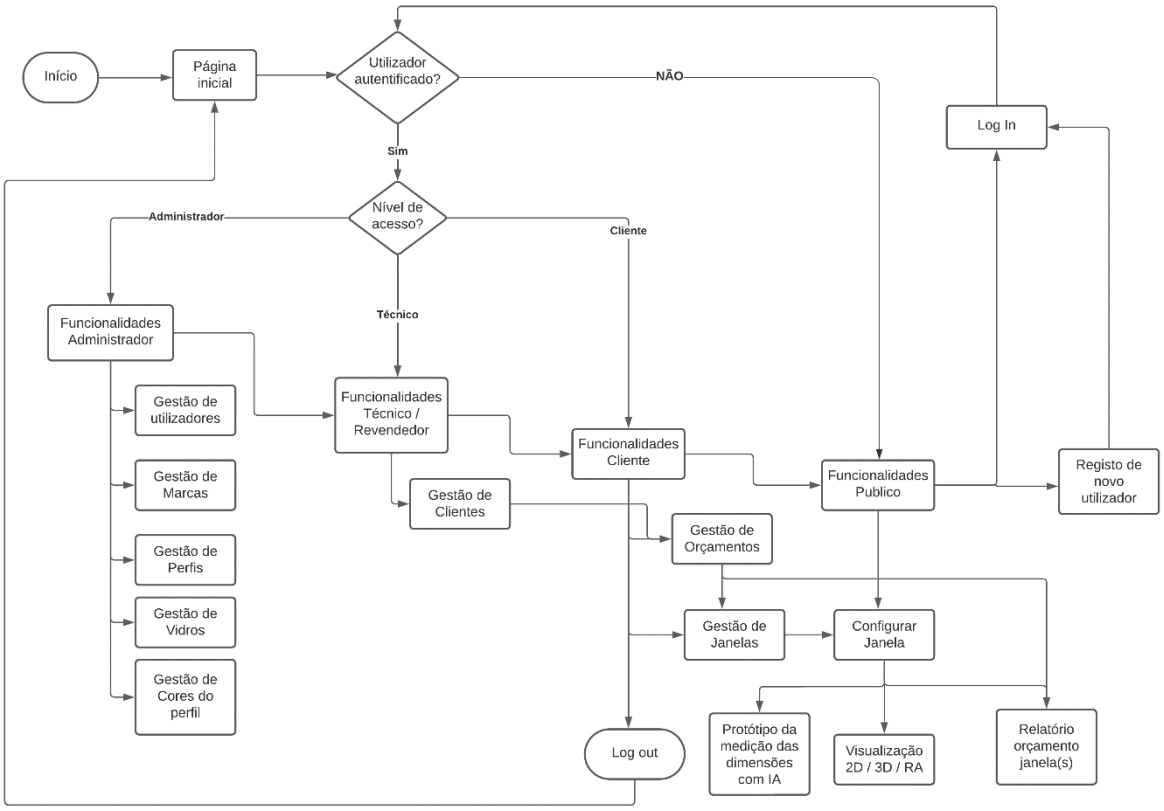



Figura 3 - Fluxo de acesso a funcionalidades da aplicação (Hrytsko, 2023, p. 5)

Em termos éticos, não houve qualquer constrangimento durante a realização deste projeto. Como desenvolvedor e proprietário do projeto, eu tinha a autorização para testar o trabalho conforme necessário. Durante os testes de usabilidade, interagi com o técnico e com outras pessoas apenas no contexto de obter o feedback sobre a aplicação. Nenhuma informação pessoal identificável foi coletada ou compartilhada, e todas as interações foram realizadas de maneira respeitosa e profissional. Portanto, a privacidade e a confidencialidade dos participantes foram mantidas em todos os momentos.

O processo de desenvolvimento da aplicação seguiu uma abordagem iterativa e incremental, que é uma prática comum na indústria de desenvolvimento de software (Sotnik et al., 2023). Esta abordagem permitiu a implementação gradual de funcionalidades e a capacidade de fazer ajustes com base no feedback e nas necessidades emergentes. Durante o desenvolvimento, foram realizados testes de usabilidade com o técnico e outras pessoas, com o autor anotando as dificuldades encontradas na usabilidade da aplicação. Os resultados do ficheiro de orçamento, e da visualização 2D e 3D, foram apresentados ao técnico para feedback e sugestões de melhorias.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O processo de desenvolvimento da aplicação seguiu uma abordagem iterativa e incremental, que é uma prática comum na indústria de desenvolvimento de software (Sotnik et al., 2023). Esta abordagem permitiu a implementação gradual de funcionalidades e a capacidade de fazer ajustes com base no feedback e nas necessidades emergentes.

No início, forma levantados os requisitos e definidas as funcionalidades mínimas a serem implementadas:

- Configuração e visualização da janela de PVC.
- Exportação do relatório com características da janela configurada.
- Visualização do aspeto aproximado do produto final.
- Gestão de orçamentos.
- Gestão de clientes.
- Gestão de dados base do sistema.

Em seguida, foi criado um esboço das tabelas, campos e relações que seriam necessárias para suportar essas funcionalidades. O modelo relacional está disponibilizado no Anexo 1.

A solução foi configurada no Visual Studio para incluir dois projetos: o *front-end* e o *back-end*. Para começar, foi utilizado o *template* do próprio Visual Studio disponibilizado pela Microsoft para soluções ASP.NET com Vue.js. No entanto, essa solução tinha problemas com arranque simultâneo dos dois projetos, especialmente quando foi mudado a compilação do *front-end* do Vue CLI com Webpack para o Vite, que é uma ferramenta de geração de *front-end* da nova geração (Vite, 2023). Assim foi reconfigurado a solução para utilizar o novo formato '*Property pages for React, Angular, and Vue projects in Visual Studio*' da Microsoft (2023) que permitiu só com um click, arrancar e publicar a solução inteira.

A arquitetura do lado do servidor seguiu o padrão Model-View-Controller (MVC), conforme descrito por Leff & Rayfield (2001). Este padrão foi escolhido por sua capacidade de separar a lógica de negócios da logica de apresentação, facilitando a manutenção e a escalabilidade do projeto. O modelo foi criado e configurado para usar o EF para acesso a dados conforme descrito por Smith (2021, pp. 13-23). Os controladores foram criados para assegurar as ações de operações CRUD (Create, Read, Update, Delete) em maioria das tabelas. Foi utilizada uma abordagem de generalização do código para reutilizar métodos genéricos de

CRUD em vários controladores. Com acesso a DbContext do EF em todos os controladores, que por sua vez tiveram configurados os DbSets para cada uma das tabelas do sistema, a implementação do CRUD foi uma tarefa simples e rápida.

Para a interface do utilizador, foi procurada uma biblioteca de componentes de UI para o Vue.js 3 que fosse gratuita e tivesse uma boa quantidade de componentes disponíveis. A comunicação com o servidor foi realizada através da biblioteca muito popular Axios, que permite realização de pedidos HTTP de forma simples.

A segurança dos dados e o controle de acesso foram implementados com base na documentação oficial '*Authentication and Authorization in ASP.NET Web API*' (Microsoft, 2023). Na geração do token foi usando JSON Web Tokens (JWT) para autentificação, uma escolha popular para APIs web que podem ser integrados com sites e ERPs de fábricas (Ulybyshev et al., 2023) e por fim foram implementados vários níveis acesso: Publico, Cliente, Técnico, Administrador, para mecanismo de autorização do ASP.NET Core.

A autentificação acontece em quatro passos:

1. O utilizador introduz o nome do utilizador e uma senha no *client-side*.
2. O *client-side* envia essas credenciais para o servidor de autorização.
3. O servidor de autorização autentifica as credenciais e retorna um *token* de acesso.
4. Para aceder um recurso protegido, o cliente inclui o *token* de acesso no cabeçalho de autorização da solicitação HTTP.

O diagrama na Figura 3, mostra o mesmo fluxo da autentificação na Web API.

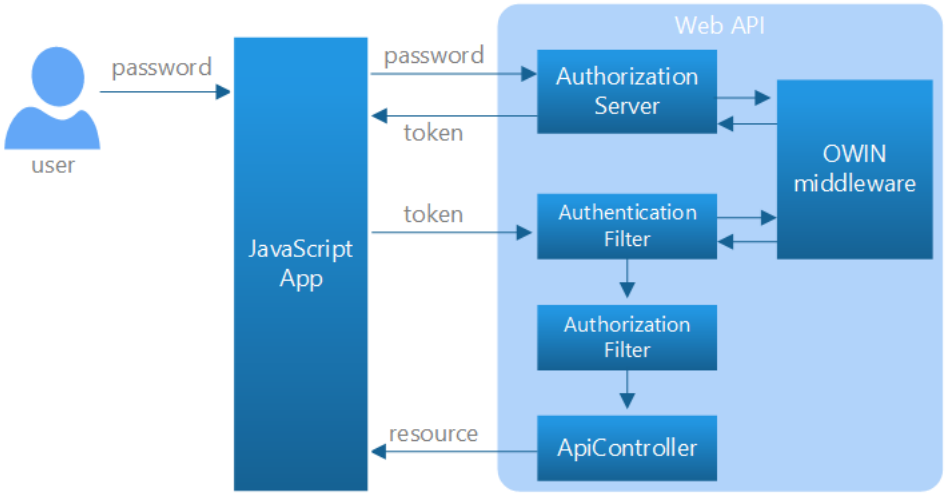



Figura 4 - Fluxo de autentificação e autorização (Microsoft citado em Hrytsko, 2023, p. 6)

Depois da autentificação, o cliente pode utilizar o *token* durante um determinado tempo, para aceder os conteúdos protegidos. Esse *token* fica associado a uma conta de utilizador que tem definido o respetivo nível de acesso. A filtragem no mecanismo de autorização do ASP.NET verifica o nível mínimo de acesso a determinada ação que fica definido nos atributos dos mesmos Figura 4.

```
// GET api/<Controller>/5
[HttpGet("{id}"), Authorize(Policy = "Public")]
0 references
public async Task<IResult> Get(Guid id)
{
    return await GetEntry(_context.WindowProfiles, id);
}

// POST api/<Controller>
[HttpPost("New"), Authorize(Policy = "Admin")]
0 references
public async Task<IResult> New([FromForm] Models.WindowProfile value)
{
    return await CreateEntry(_context.WindowProfiles, value, null, (entry) =>
    {
        entry.Image?.GenerateId();
        entry.Image?.ReadFile();
    });
}
```

Figura 5 - Atributo de autorização com nível mínimo de acesso (Hrytsko, 2023, p. 7)

O desenvolvimento seguro foi garantido através do uso do GitHub, uma plataforma para hospedar código-fonte e arquivos com controlo de versão usando Git, para versionamento e backup do código. Assim foi possível evitar as perdas definitivas do código e ter acesso a versões anteriores do código.

Para visualização 2D e 3D das janelas, foram utilizadas várias bibliotecas. A biblioteca p5.js foi escolhida para visualização 2D no *cliente-side*, devido à sua simplicidade e grande comunidade de suporte. É uma biblioteca de programação em JavaScript voltada para a criação de conteúdo criativo, cujo principal objetivo é tornar a programação acessível ao público em geral (p5.js, 2023). Para visualização 3D, foi utilizada a biblioteca Three.js, que permite a criação de modelos 3D em tempo real com base nas características definidas para a janela (Templin & Popielarczyk, 2020; three.js, 2023). Esta escolha é apoiada pela crescente prevalência e importância da visualização 3D e da realidade aumentada na indústria de software. Para facilitar o desenvolvimento, foi utilizada a biblioteca model-viewer da Google, que é uma extensão do Three.js, para a visualização do modelo 3D em realidade aumentada (Google Inc., 2021).

Para a geração de orçamentos em formato PDF, foi utilizada a biblioteca PDFSharp. Esta biblioteca fornece uma maneira simples de gerar documentos PDF, que são um formato amplamente aceito e utilizado para a partilha de documentos. Foi usado uma estratégia simples, dividir a folha A4 em tabela com duas colunas, onde na primeira estava apresentado o modelo técnico da janela de PVC e na segunda coluna a descrição dos detalhes da janela, Figura 5. As bibliotecas SkiaSharp e SixLabor.ImageSharp foram utilizadas para trabalhar com gráficos 2D no *server-side*. Principais funcionalidades implementadas com estas bibliotecas foram: visualização da janela em 2D mais realista com aplicação de texturas, desenho de um modelo técnico da janela e ajuste da resolução dos ficheiros de imagens que foram carregadas para servidor, para reduzir o seu tamanha e não ocupar demasiado espaço na base de dados.

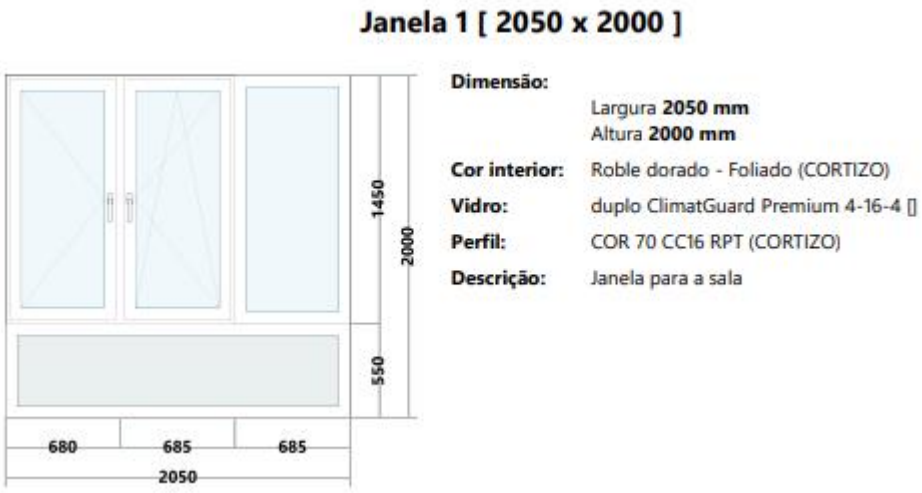



Figura 6 - Exemplo do ficheiro do orçamento (Hrytsko, 2023, p. 8)

Para implementação do mecanismo de calculo automático das medidas aproximadas da janela foram investigados dois métodos: com recurso a realidade aumentada e outro método foi com uso da inteligência artificial. Nos testes efetuados, a medição com realidade aumentada apresentava demasiadas falhas no caso de colocar os pontos nas superfícies planas verticais, um desse teste apresentado na Figura 6. Assim foi investigado maneiras de identificar as janelas a partir da foto com uso da inteligência artificial. Depois do analise de várias APIs, foi escolhido o Azure Cognitive Services for Vision pela sua simplicidade com integração com a Web API em .Net *framework* e pelas suas funcionalidades que disponibilizava. É um serviço unificado que oferece recursos inovadores de visão computacional (Microsoft, 2023).

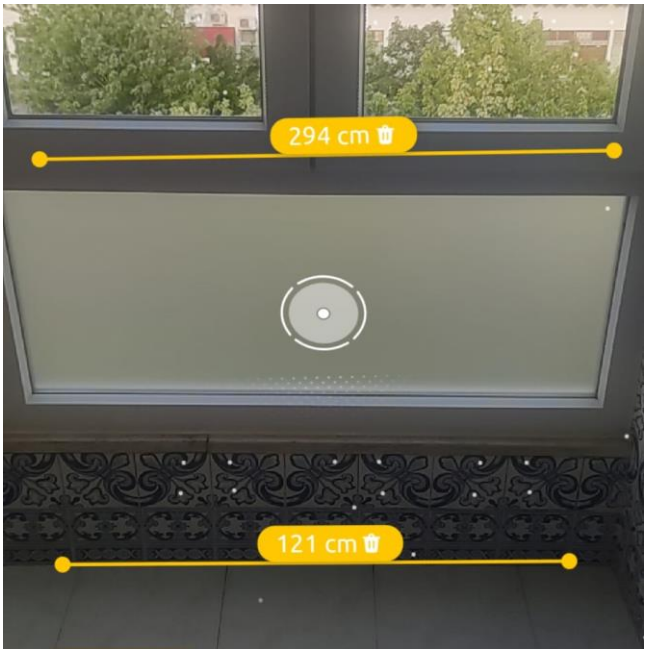


Figura 7 - Medição das dimensões com a realidade aumentada (Hrytsko, 2023, p. 9)

A aplicação foi publicada em um servidor virtual que suporta o ASP.NET Core 7. Foi adicionado SSL para proteger a comunicação entre servidor e cliente. Esta escolha é apoiada pela necessidade de segurança na transmissão de dados, que é um aspeto crucial do desenvolvimento de aplicações web (Parker et al., 2019).

Os testes foram realizados utilizando o Swagger para testar a Web API, e testes manuais em vários dispositivos e resoluções para garantir a usabilidade e a funcionalidade da aplicação. Além disso, foram realizados testes de usabilidade com pessoas sem conhecimento na área para garantir a instintividade e simplicidade da aplicação.

Durante o desenvolvimento do projeto, foram enfrentados vários desafios, especialmente na implementação das funcionalidades de visualização 3D, realidade aumentada e deteção e medição de janelas em imagens usando visão computacional. Para superar esses desafios, foi necessário um estudo aprofundado e a leitura de documentação relacionada ao Three.js, WebXR e outras tecnologias utilizadas. Este processo de aprendizagem contínuo é uma parte integral do desenvolvimento de software, conforme descrito por Britto et al. (2016). Apesar de várias tentativas com diferentes bibliotecas e serviços, a solução final utilizou a API de visão computacional da Azure, que, embora não seja perfeita, fornece os melhores resultados.

A manutenção e as atualizações foram planeadas para serem realizadas de forma contínua, com a introdução de melhorias e novas funcionalidades conforme necessário. O uso do GitHub para versionamento do código permite a recuperação de versões anteriores em caso de falhas. Alem disso, de acordo com Smith (2021, p. 268), "*Creating and updating a database schema can seem to be simple because EF Core provides a method called Migrate to do it all for you*" o EF suporta mecanismos de migração para introduzir alterações na estrutura de base de dados.

Está planeada a continuação do desenvolvimento, com a implementação de melhorias já previstas e a apresentação do projeto a uma das fábricas para obter feedback e analisar os sistemas internos para incluir as funcionalidades que podem faltar. Além disso, o técnico que ajudou no desenvolvimento vai partilhar aplicação com os técnicos e fábricas com quais trabalha.

Em resumo, o desenvolvimento deste projeto foi um processo iterativo e incremental, guiado pela experiência prévia do autor no desenvolvimento e pela adequação das tecnologias ao contexto do projeto. A escolha das tecnologias e métodos foi feita com objetivo de garantir a eficácia e eficiência do projeto, bem como minimizar problemas durante o desenvolvimento.

O objetivo principal desta investigação foi desenvolver uma aplicação que permitisse a configuração intuitiva de janelas de PVC, proporcionando visualizações 2D e 3D realistas, bem como a possibilidade de visualização em realidade aumentada. Os resultados obtidos demonstram que este objetivo foi alcançado com sucesso.

A aplicação desenvolvida permite ao utilizador configurar uma janela de acordo com as suas necessidades e preferências, aplicando texturas para aumentar o realismo das visualizações 2D e 3D. Além disso, a aplicação oferece a possibilidade de visualizar a janela em realidade aumentada, proporcionando uma experiência mais imersiva ao utilizador.

Um dos resultados significativos da pesquisa foi a capacidade de gerar um PDF com o desenho técnico da janela e as características definidas pelo utilizador. Este recurso é particularmente útil para os técnicos ou revendedores, que podem utilizar para emitir um orçamento definitivo e também logo enviar para a produção da janela.

A aplicação também suporta a autentificação de utilizadores, permitindo que diferentes tipos de utilizadores tenham diferentes níveis de acesso. Cada nível tem funcionalidades de gestão diferentes. Um cliente autentificado pode gerir a lista de janelas gravas e a lista de orçamentos. Um técnico ou revendedor autentificado tem as mesmas capacidades, mas também

pode gerir os clientes e os seus orçamentos. Um administrador, pode gerir os dados base e os utilizadores do sistema.

Foi integrado na aplicação um protótipo da medição da janela, para testes de obtenção das medidas aproximadas com recurso a visão computacional da inteligência artificial, detetando a janela e um objeto do tamanho conhecido numa foto, calculando assim o tamanho real da janela que o cliente pretende substituir, permite no futuro resolver um dos maiores problemas que os clientes enfrentam na requisição de um pré-orçamento na falta de uma ferramenta de medição disponível.

A aplicação foi disponibilizada na internet, tornando-a acessível a um público mais amplo. Além disso, a aplicação suporta o registo de utilizadores, permitindo assim a sua utilização por um público mais amplo.

Os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento deste projeto são apresentadas nos Anexos de 2 a 7, que ilustram as diferentes interfaces da aplicação web desenvolvida. O Anexo 2 apresenta o ecrã inicial da aplicação, onde é disponibilizada uma seleção de configurações de janelas pré-definidas para facilitar o processo de configuração. Esta funcionalidade permite ao utilizador iniciar o processo de configuração de uma janela a partir de um modelo pré-definido, agilizando assim o processo e tornando-o mais intuitivo. Após a seleção de uma configuração pré-definida, o utilizador é direcionado para uma página com detalhes da configuração da janela de PVC, como pode ser visto no Anexo 3. Nesta interface, o utilizador tem a possibilidade de personalizar vários aspetos da janela, incluindo a escolha da marca do perfil, o tipo de perfil, a cor do perfil tanto no interior como no exterior, bem como a definição das dimensões da janela. Para auxiliar na escolha do perfil e da cor, foram criadas páginas de apoio, apresentadas no Anexo 4, que fornece descrições detalhadas e informações técnicas sobre as diferentes opções disponíveis. Estas páginas de apoio foram projetadas para fornecer ao utilizador todas as informações necessárias para fazer uma escolha informada. No Anexo 5, é apresentada a interface de configuração das folhas da janela de PVC. Nesta interface, o utilizador tem a possibilidade de adicionar ou remover folhas, bem como de redimensioná-las e alterar o tipo e a direção de abertura. Além disso, o utilizador tem a opção de exportar a configuração para um ficheiro PDF ou uma imagem 2D, ou de visualizar o modelo em 3D e em realidade aumentada. A visualização do modelo em 3D é apresentada no Anexo 6. Esta funcionalidade permite ao utilizador visualizar o modelo da janela em três dimensões, com ou sem fundo, proporcionando uma representação mais realista do produto final. Por fim, no Anexo 7, é apresentada a funcionalidade de visualização em realidade aumentada. Esta funcionalidade permite ao utilizador visualizar o modelo da janela de PVC no contexto da sua

própria casa, proporcionando uma experiência mais imersiva e ajudando o utilizador a ter uma melhor noção de como a janela se irá integrar no seu espaço.

A aplicação desenvolvida nesta pesquisa veio demonstrar a sua viabilidade para a configuração de janelas. A aplicação desenvolvida é intuitiva e fácil de usar, permitindo aos utilizadores configurar janelas de acordo com as suas preferências. A opção de visualização 2D e 3D, juntamente com a capacidade de aplicar texturas, aumenta o realismo e ajuda aos utilizadores visualizar melhor o produto final.

A capacidade de gerar um PDF com o desenho técnico da janela e as características definidas é uma característica valiosa. Isso não só fornece aos utilizadores um registro de suas configurações de janela, mas também pode ser útil para os técnicos, revendedores e fabricantes que precisam de detalhes técnicos para a emissão do orçamento definitivo e/ou produção das janelas.

A autenticação de utilizador e a gestão de diferentes níveis de acesso é uma característica importante para a segurança e a eficiência da aplicação. Isso permite que diferentes tipos de utilizadores tenham acesso a diferentes funcionalidades, de acordo com as suas necessidades e responsabilidades.

A disponibilidade da aplicação na internet aumenta a sua acessibilidade e potencial de uso. Isso permite que mais pessoas usem a aplicação, independentemente da sua localização.

Em conclusão, os resultados da pesquisa indicam que a aplicação desenvolvida pode ser uma ferramenta valiosa para a configuração de janelas. No entanto, mais pesquisas e testes são necessários para melhorar ainda mais a aplicação, adaptá-la às necessidades específicas dos utilizadores, tornar a realidade aumentada mais precisa e melhorar o realismo do modelo 2D e 3D e disponibilizar ferramenta que consegue automaticamente fornecer as medidas exatas da janela que é preciso substituir.

# CONCLUSÃO

Este projeto apresentou o desenvolvimento de uma aplicação web para a configuração e visualização de janelas de PVC, com o objetivo de facilitar o processo de orçamentação e personalização de janelas para técnicos, revendedores e clientes. A aplicação desenvolvida demostrou ser uma ferramenta eficaz, permitindo aos utilizadores visualizar e personalizar as janelas de PVC, bem como obter uma estimativa do produto final.

A aplicação incorpora funcionalidades de visualização 2D e 3D, geração de relatórios em PDF, autentificação de utilizadores e gestão de diferentes níveis de acesso. Além disso, a aplicação foi projetada para ser intuitiva e fácil de usar, com o objetivo de tornar o processo de configuração de janelas acessível a um publico mais amplo.

Os resultados obtidos na pesquisa demonstram a viabilidade de uma aplicação para a configuração de janelas. A aplicação desenvolvida é intuitiva e fácil de usar, permitindo aos utilizadores configurar janelas de acordo com as suas preferências. A opção de visualização 2D e 3D, juntamente com a capacidade de aplicar texturas, aumenta o realismo e ajuda aos utilizadores visualizar melhor o produto final. A capacidade de gerar um PDF com o desenho técnico da janela e as características definidas é uma característica valiosa. Isso não só fornece aos utilizadores um registo de suas configurações de janela, mas também pode ser útil para os técnicos, revendedores e fabricantes que precisam de detalhes técnicos para a emissão do orçamento definitivo e/ou produção das janelas.

A autenticação de utilizador e a gestão de diferentes níveis de acesso é uma característica importante para a segurança e a eficiência da aplicação. Isso permite que diferentes tipos de utilizadores tenham acesso a diferentes funcionalidades, de acordo com as suas necessidades e responsabilidades.

A disponibilidade da aplicação na internet aumenta a sua acessibilidade e potencial de uso. Isso permite que mais pessoas usem a aplicação, independentemente da sua localização. Os resultados da pesquisa indicam que a aplicação desenvolvida pode ser uma mais valia para a configuração de janelas. No entanto, mais pesquisas e testes são necessários para melhorar ainda mais a aplicação, adaptá-la às necessidades específicas dos utilizadores, tornar a realidade aumentada mais precisa e melhorar o realismo do modelo 2D e 3D e disponibilizar ferramenta que consegue automaticamente fornecer as medidas exatas da janela que é preciso substituir.

Em resumo, o desenvolvimento deste projeto foi um processo iterativo e incremental, guiado pela experiência prévia do autor no desenvolvimento e pela adequação das tecnologias ao contexto do projeto. A escolha das tecnologias e métodos foi feita com objetivo de garantir a eficácia e eficiência do projeto, bem como minimizar possíveis problemas durante o desenvolvimento. A experiência prévia do autor com C#, ASP.NET e Vue.js foi crucial para garantir a eficácia e eficiência do projeto, bem como para minimizar possíveis problemas durante o desenvolvimento.

Em conclusão, este projeto demonstrou a viabilidade e o potencial de uma aplicação web para a configuração e visualização de janelas de PVC. Espera-se que este trabalho possa contribuir para a melhoria do processo de orçamentação e personalização de janelas na indústria de janelas de PVC.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Anugrah, I., & Fakhruddin, M. (2020). Development Authentication and Authorization Systems of Multi Information Systems Based REst API and Auth Token. *INNOVATION RESEARCH JOURNAL*. https://doi.org/10.30587/innovation.v1i2.1927

Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 6*(4), 355-385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Britto, R., Šmite, D., & Damm, L.-O. (2016). Experiences from Measuring Learning and Performance in Large-Scale Distributed Software Development. https://doi.org/10.1145/2961111.2962636

Chowdhury, M., Sarkar, A., Paul, S., & Moktadir, M. (2020). A case study on strategies to deal with the impacts of COVID-19 pandemic in the food and beverage industry. *Operations Management Research, 15*(1-2), 166-178. https://doi.org/10.1007/s12063-020-00166-9

Diyasa, G. S., Budiwitjaksono, G. S., Ma'rufi, H. A., & Sampurno, I. A. (2021). Comparative analysis of rest and GraphQL technology on Nodejs-Based API development. *Nusantara Science and Technology Proceedings, 2021*(5th International Seminar of Research Month 2020), 43-52. https://doi.org/10.11594/nstp.2021.0908

Ferreira, R. B. (2023). *PLATAFORMA DE GERENCIAMENTO DE ARTEFATOS ASSOCIADOS NA CONSTRUÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS TRIDIMENSIONAIS.* Instituto Federal Goiano. https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3541

Google. (28 de 02 de 2022). *Angular - Introduction to Angular concepts*. Retrieved 2023, from Angular - The web development framework for building the future: https://angular.io/guide/architecture

Google Inc. (2021). <model-viewer>: https://modelviewer.dev/

Gorgoris, S. (2012). *Simulation of a PVC window frame production line.* School of Economics, Business Administration and Legal Studies, MSc in Management. https://repository.ihu.edu.gr/xmlui/handle/11544/351

Guardia, M. L., & Koeva, M. (2023). Towards Digital Twinning on the Web: Heterogeneous 3D Data Fusion Based on Open-Source Structure. *Remote Sensing, 15*(3), 721. https://doi.org/10.3390/rs15030721

Guha, S., & Majumder, S. (2020). A Comparative Study between Graph-QL& Restful Services in API Management of Stateless Architectures. *International Journal on Web Service Computing (IJWSC), 11*(2), 1-16. https://doi.org/10.5121/ijwsc.2020.11201

Hrytsko, M. (2023). Diário de Investigação - Observação de Campo. (Não Impresso). Pp. 18.

*Introduction — Vue.js*. (s.d.). Retrieved 2023, from v2.vuejs.org.

JetBrains. (2022). *JetBrains - The State of Developer Ecosystem in 2022*. https://www.jetbrains.com/lp/devecosystem-2022/javascript/

Kalaitzis, P., Foumelis, M., Vasilakos, C., Mouratidis, A., & Soulakellis, N. (2023). Interactive Web Mapping Applications for 2D and 3D Geo-Visualization of Persistent Scatterer Interferometry SAR Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 12*(2), 54. https://doi.org/10.3390/ijgi12020054

Kaluža, M., Troskot, K., & Vukelić, B. (2018). Comparison of front-end frameworks for web applications development. *Zbornik Veleučilišta u Rijeci, 6*(1), 261-282. https://doi.org/10.31784/zvr.6.1.19

Kharroubi, A., Billen, R., & Poux, F. (2020). MARKER-LESS MOBILE AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR MASSIVE 3D POINT CLOUDS AND SEMANTICS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B2-2020*. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-255-2020

Kipper, G., & Rampolla, J. (2012). *Augmented reality: an emerging technologies guide to AR*. Elsevier Science.

Leff, A., & Rayfield, J. T. (2001). Web-application development using the Model/View/Controller design pattern. https://doi.org/10.1109/EDOC.2001.950428

Lin, L.-K., Chang, C.-C., & Lin, Y.-C. (2011). Structure development and performance evaluation of construction knowledge management system. Journal of Civil Engineering and Management. *Journal of Civil Engineering and Management, 17*(2). https://doi.org/10.3846/13923730.2011.576833

Lobo, J. E. (2023). *A web ar como ferramenta de mediação: uma análise de sua aplicação voltada para a atividade cognitiva do desenho técnico através da prototipagem virtual de produtos na produção cenográfica.* Universidade Federal de Pernambuco. https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50366

Mações, M. A. (2017). *Marketing e Gestão da Relação com o Cliente (CRM)* (Vol. VIII). 1900-221 Lisboa - Portugal: ACTUAL. http://id.bnportugal.gov.pt/bib/bibnacional/1969932

Meta Platforms, Inc. (2023). *React - The library for web and native user interfaces*. https://react.dev/

Microsoft. (2023). Microsoft, .NET: dotnet.microsoft.com

Nesbit, P., Boulding, A., Hugenholtz, C., Durkin, P., & Hubbard, S. (2020). *Visualization and Sharing of 3D Digital Outcrop Models to Promote Open Science*, *30*(6), pp. 4-10. https://doi.org/10.1130/GSATG425A.1

p5.js. (2023). https://p5js.org/

Parker, J., Vazou, N., & Hicks, M. (2019). LWeb: information flow security for multi-tier web applications. *Proceedings of the ACM on Programming Languages, 3*(POPL), 1-30. https://doi.org/10.1145/3290388

*Proteção de dados na UE*. (2023). Retrieved 2023, from https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_pt

Smith, J. (2021). *Entity Framework Core in Action, Second Edition.* Manning Punlications Co. https://books.google.pt/books?id=sJsvEAAAQBAJ&lpg=PR21&ots=G0Iq7tabdB&dq=Entity%20Framework&lr&hl=pt-PT&pg=PR20#v=onepage&q&f=false

Smith, S. (15 de 02 de 2022). *Arquitetar aplicativos Web modernos com o ASP.NET Core e o Azure* (Microsoft Developer Division, .NET, and Visual Studio product teams ed.). (M. Wenzel, Ed.) Microsoft Developer Division, .NET, and Visual Studio product teams. Retrieved 2023, from Microsoft Learn: https://github.com/dotnet-architecture/eBooks/raw/main/current/architecting-modern-web-apps-azure/Architecting-Modern-Web-Applications-with-ASP.NET-Core-and-Azure.pdf?WT.mc_id=dotnet-35129-website

Sotnik, S., Shakurova, T., & Lyashenko, V. (2023). Development Features Web-Applications. *International Journal of Academic and Applied Research (IJAAR), 7*(1), 79-85. http://ijeais.org/wp-content/uploads/2023/1/IJAAR230113.pdf

StackOverflow. (2022). *Stack Overflow Developer Survey 2022*. https://survey.stackoverflow.co/2022

Stateofjs. (2022). *State of JavaScript 2022: Front-end Frameworks*. https://2022.stateofjs.com/en-US/libraries/front-end-frameworks/

Templin, T., & Popielarczyk, D. (2020). The Use of Low-Cost Unmanned Aerial Vehicles in the Process of Building Models for Cultural Tourism, 3D Web and Augmented/Mixed Reality Applications. *Sensors, 20*(19), 54-57. https://doi.org/10.3390/s20195457

three.js. (2023). https://threejs.org/

Ulybyshev, D., Rogers, M., Kholodilo, V., & Northern, B. (2023). End-to-End Database Software Security. *Software, 2*(2), 163-176. https://doi.org/10.3390/software2020007

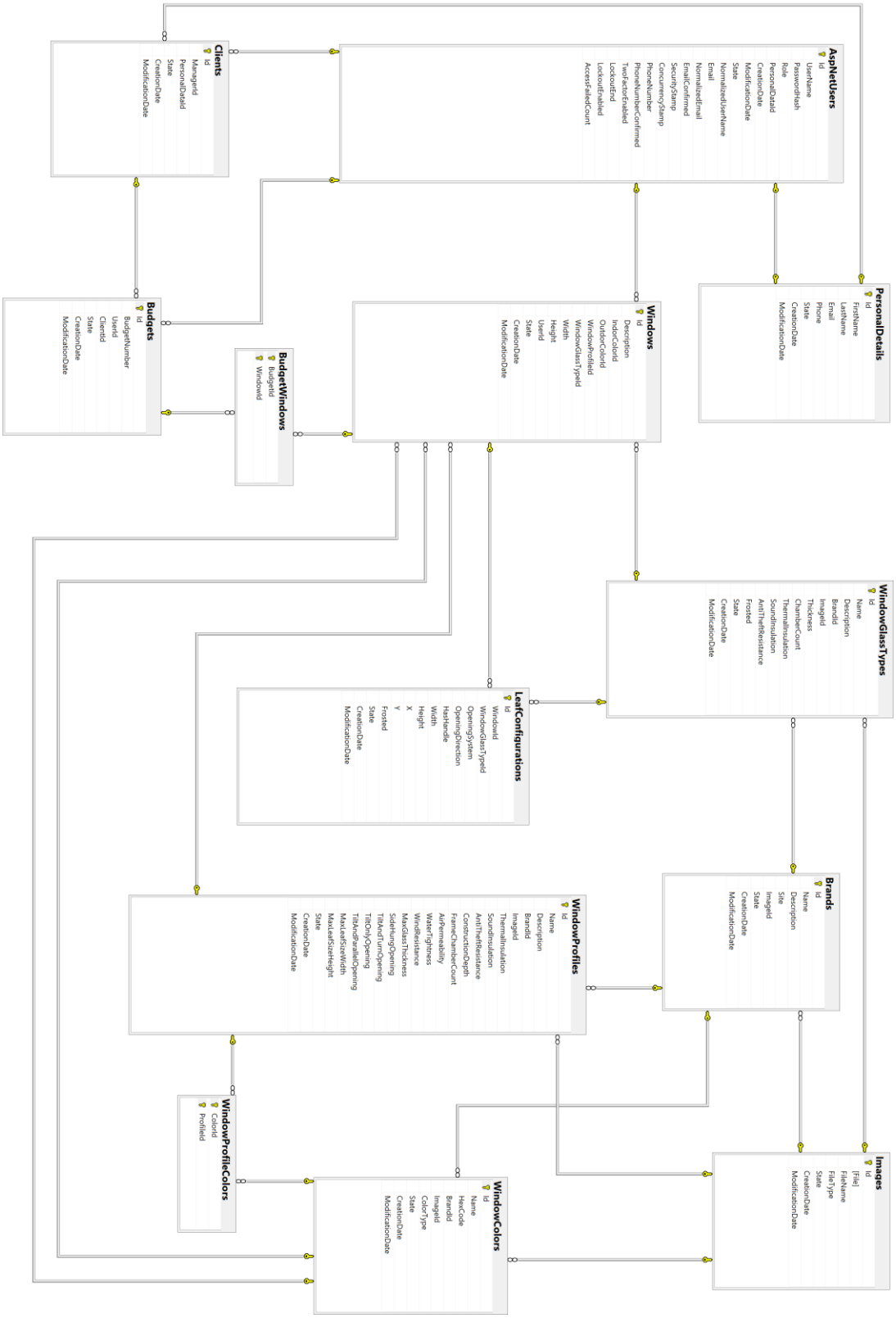
Vite. (2023). Vite - Next Generation Frontend Tooling: https://vitejs.dev/

Vue.js. (2023). *Vue.js - The Progressive JavaScript Framework*. https://vuejs.org/

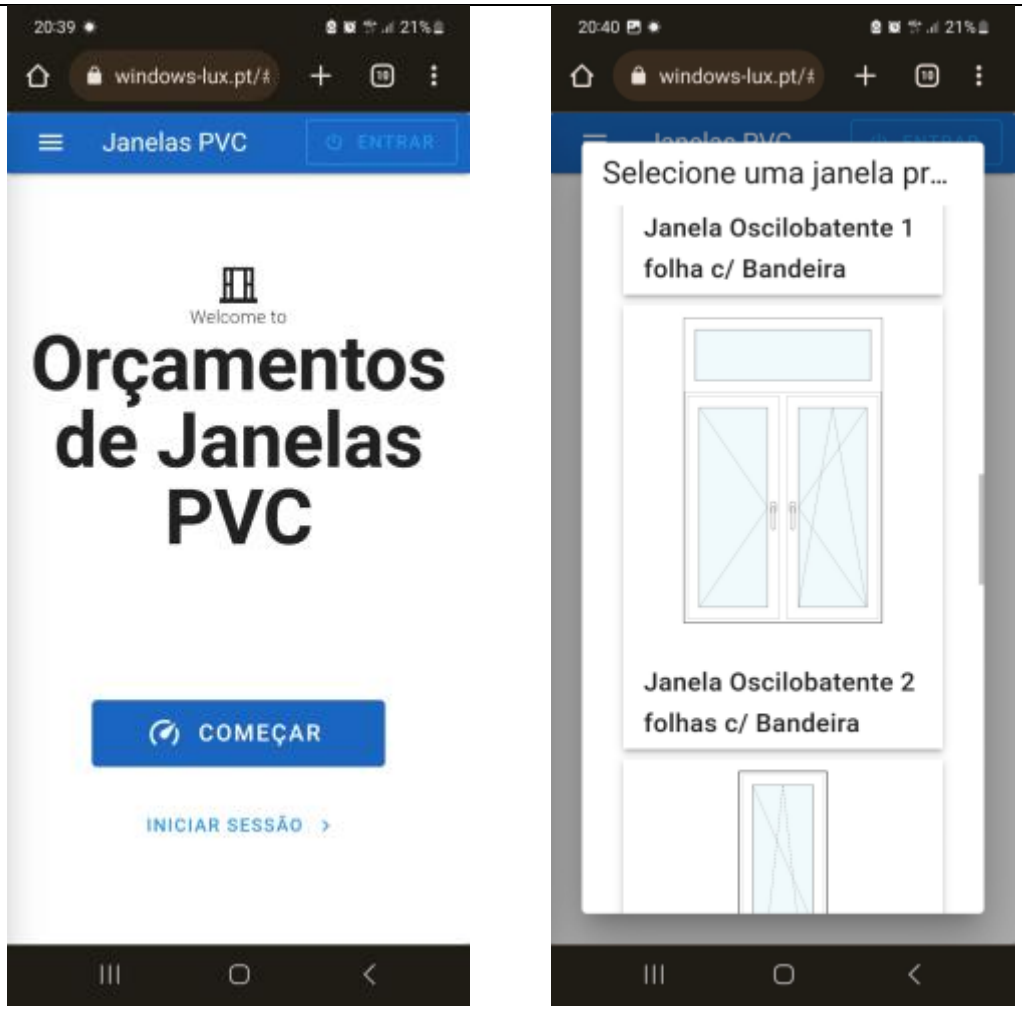
Wang, P. (2022). The Influence of Artificial Intelligence on Visual Elements of Web Page Design under Machine Vision. *Computational Intelligence and Neuroscience*. https://doi.org/10.1155/2022/4328400

Zhu, Z., Wang, Y., Zhou, X., Yang, L., Meng, G., & Zhang, Z. (2020). SWAV: a web-based visualization browser for sliding window analysis. *Scientific Reports, 10*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-019-57038-x

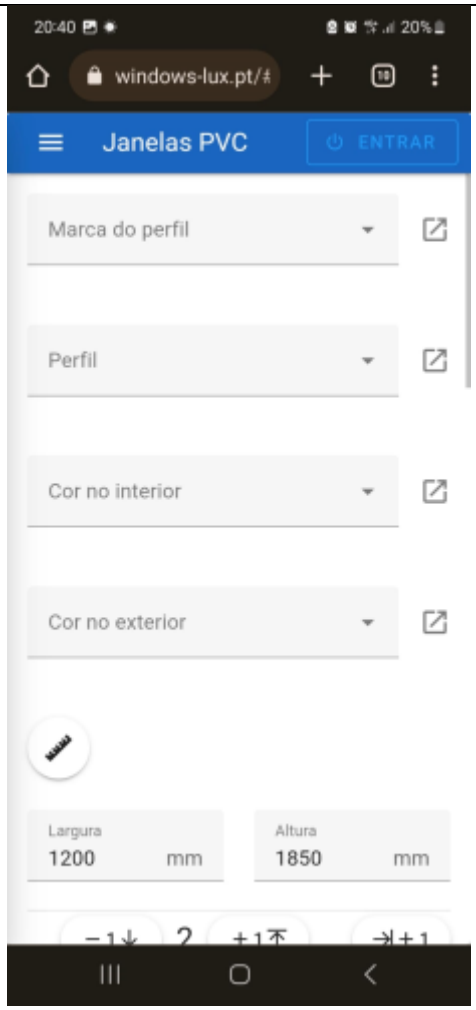
# APÊNDICES E ANEXOS



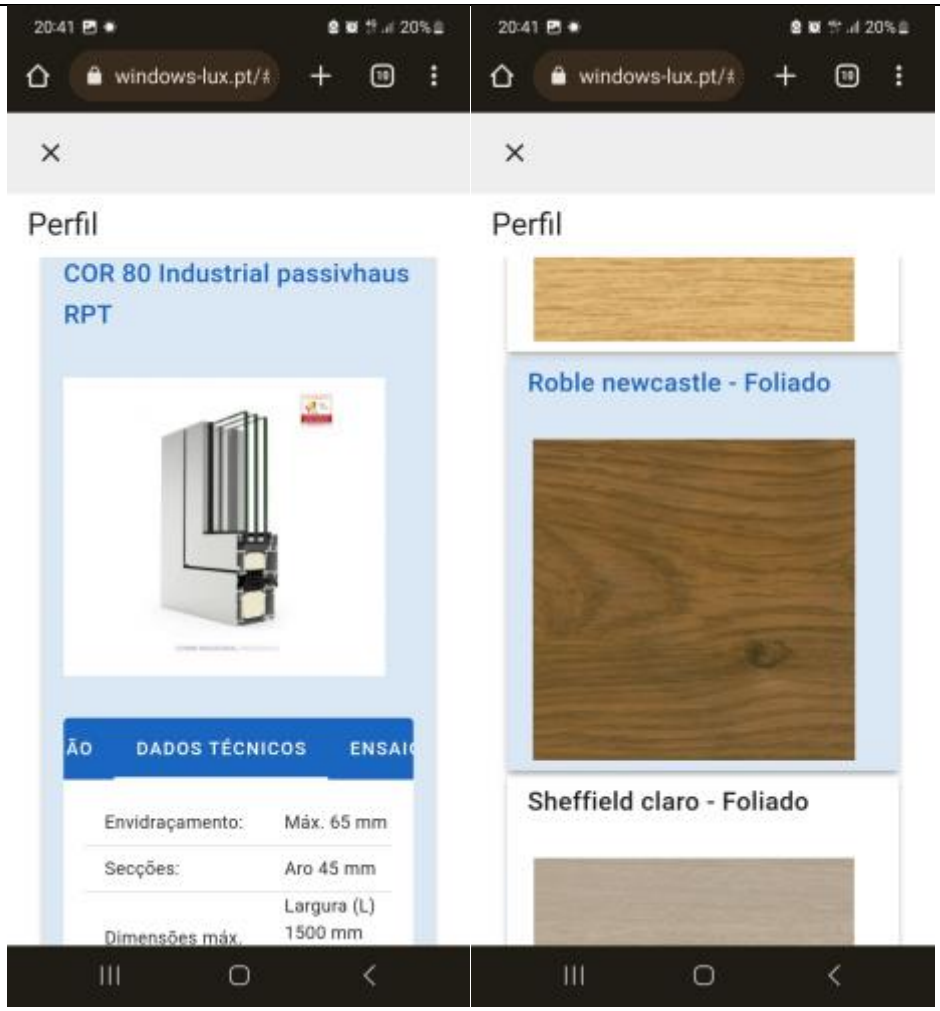

Anexo 1 – Modelo relacional da base de dados (Hrytsko, 2023, p. 4)



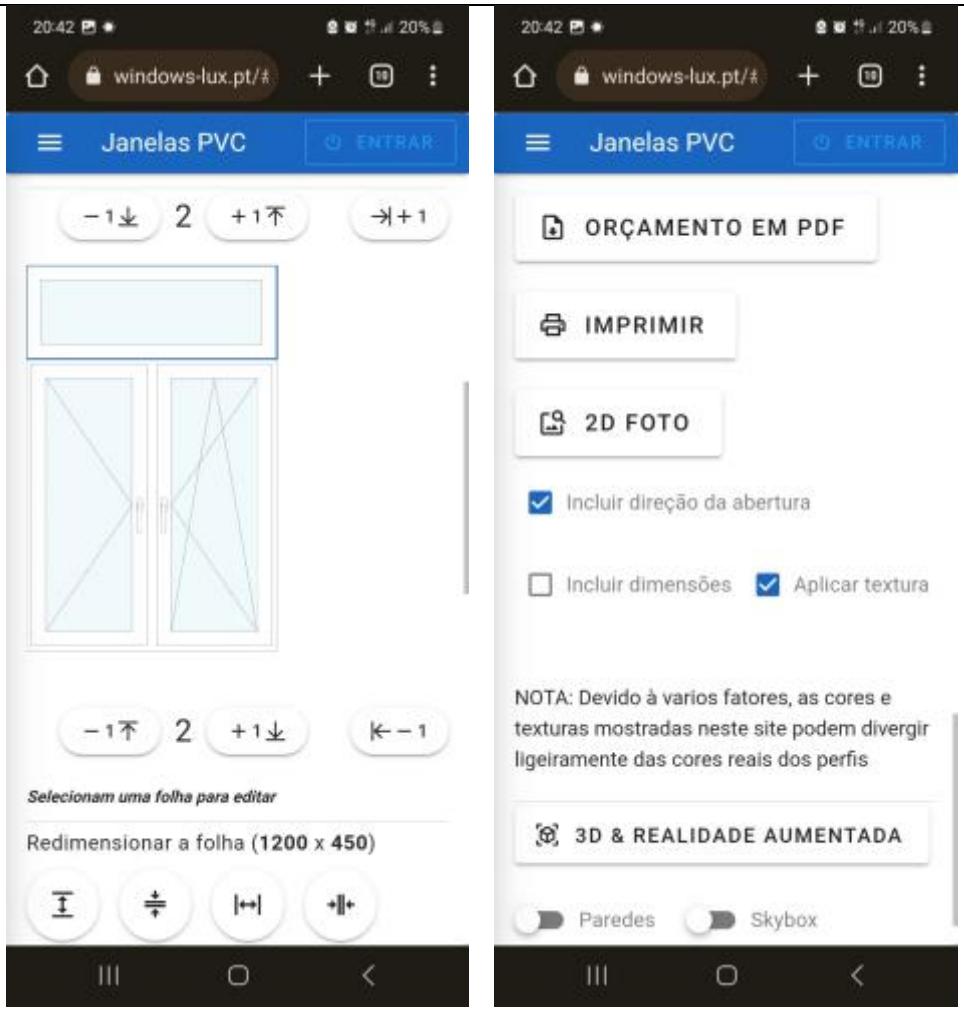

Anexo 2 – Página inicial e seleção de um modelo pré-definido (Hrytsko, 2023, p. 12)



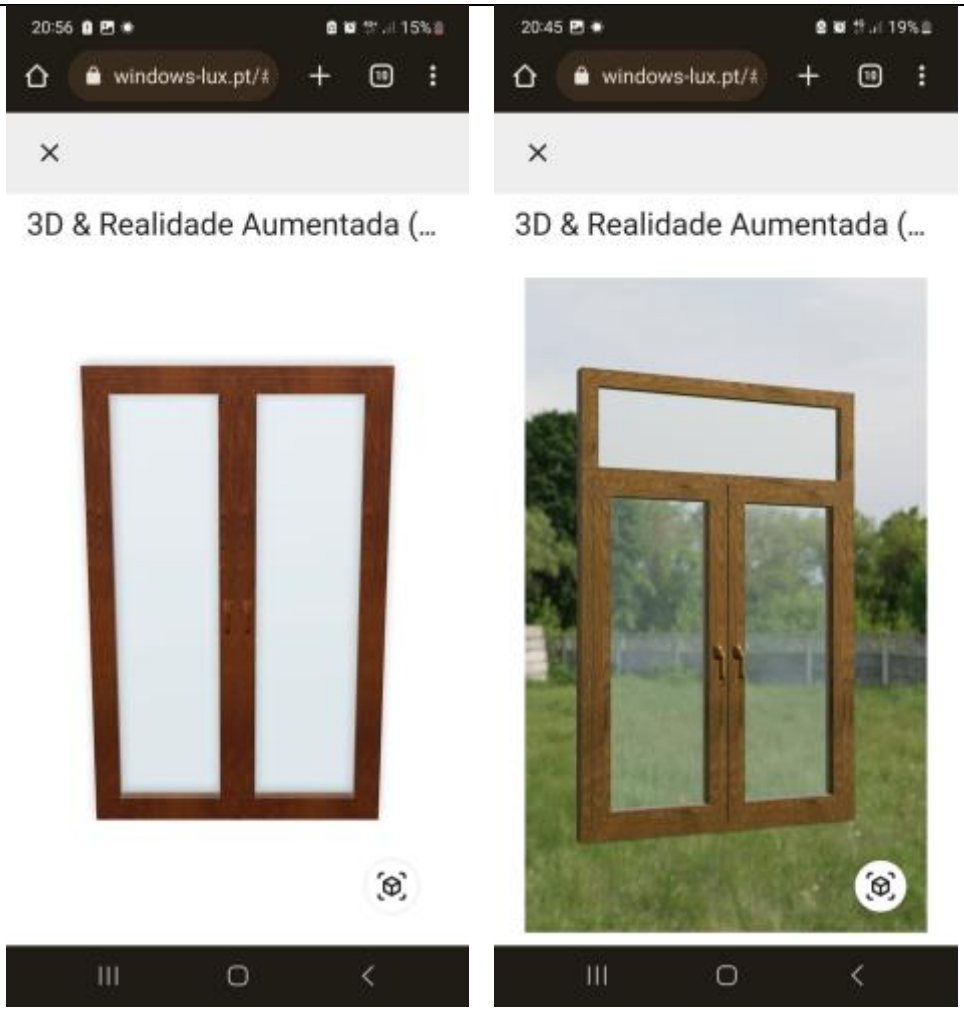

Anexo 3 – Configuração base da janela (Hrytsko, 2023, p. 13)




Anexo 4 – Escolha do perfil da janela (Hrytsko, 2023, p. 14)




Anexo 5 – Configuração das folhas e opções de exportação e visualização (Hrytsko, 2023, p. 15)




Anexo 6 – Visualização 3D com e sem skybox (Hrytsko, 2023, p. 16)

Anexo 7 – Visualização em Realidade aumentada (Hrytsko, 2023, p. 17)