

# ESCOLA SECUNDÁRIA DE CAMÕES

CURSO PROFISSIONAL  
TÉCNICO DE GESTÃO E PROGRAMAÇÃO DE SISTEMAS  
INFORMÁTICOS



## PROVA DE APTIDÃO PROFISSIONAL (RELATÓRIO)

### Modelação e Impressão 3D

**Bernardo Afonso Simões Villar Pinheiro de Mello**

**NÚMERO: 2º    TURMA: 3ºN**

Professor(es) orientador(es):

*julho, 2025.*



## Resumo

Este relatório apresenta duas aplicações práticas de modelação e impressão 3D no âmbito da *Prova de Aptidão Profissional* do curso de *Técnico de Gestão e Programação de Sistemas Informáticos*.

Deste modo, o trabalho teve como objetivo principal explorar o potencial das tecnologias referidas através da produção de objetos personalizados recorrendo a ferramentas como o Blender e o Ultimaker Cura.

Os casos de estudo deste trabalho demonstram o processo tecnológico desde a criação e/ou conversão dos modelos digitais até à impressão física das peças.

Foi recriada/recuperada uma peça de xadrez e convertidos modelos 3D em colaboração com o artista plástico Jorge Castanho.

Este trabalho permitiu a consolidação de competências técnicas, bem como a sensibilização para o valor da modelação e impressão 3D em contextos lúdicos, artísticos e educativos.

**Palavras-chave:** impressão 3D, modelação 3D, Blender, Ultimaker Cura, TGPSI, arte digital



## Notações

DIY	Do It Yourself
gcode	Código de controlo usado para impressoras 3D e CNC
GNU	GNU's Not Unix
GPL	GNU General Public License
LED	Laboratório de Educação Digital
NaN	Not a Number
obj	Object File Format
SLA	Stereolithography Apparatus
SLS	Selective Laser Sintering
stl	Stereolithography
UML	Unified Modelling Language



## Agradecimentos

A concretização deste projeto não teria sido possível sem o apoio e orientação de diversas pessoas, às quais expresso um profundo agradecimento.

Em primeiro lugar, agradeço sinceramente ao professor **Alexandre Barão**, docente de Programação de Sistemas Informáticos, pela constante orientação prestada ao longo de todas as fases da realização deste relatório. O seu acompanhamento desde o início revelou-se essencial para a estruturação e desenvolvimento do trabalho.

É igualmente importante reconhecer o contributo do professor **Nuno Padeiro**, cuja iniciativa em proporcionar à turma o acesso aos novos equipamentos da **Sala LED** tornou possível o primeiro contacto com a tecnologia de impressão 3D. A sua disponibilidade e abertura para permitir o uso desse espaço sempre que necessário foram fundamentais para o progresso técnico do projeto.

Gostaria também de expressar um agradecimento muito especial aos meus **pais**, à minha **avó** e à minha **irmã**, que desde o início deste percurso sempre me incentivaram a estudar mais sobre modelação e impressão 3D. O apoio e motivação constantes por parte da minha **família** foram determinantes para que eu me dedicasse com empenho a este projeto.

Um agradecimento igualmente importante vai para o **Bernardo Góis** e o **Cleidilson Semedo**, colaboradores da loja de reparações onde realizei o meu estágio. Desde o primeiro dia acolheram-me com simpatia e respeito, proporcionando-me um ambiente confortável onde pude não só aprender muito sobre o mundo profissional, como também ganhar gosto pelo trabalho. Graças a eles, consegui conciliar o estágio com a elaboração deste relatório de forma tranquila e produtiva.

Agradeço também ao professor **Jorge Castanho**, artista plástico e docente, por me autorizar a utilizar e imprimir os seus modelos artísticos como parte do meu projeto. A sua abertura em permitir a conversão das suas peças para fins educativos não só enriqueceu o caso de estudo, como também proporcionou uma oportunidade única de explorar a ligação entre arte e tecnologia. A confiança depositada foi uma mais-valia para a qualidade e originalidade deste trabalho.

Gostaria ainda de deixar um especial agradecimento ao técnico informático **Carlos Menino**, pelo apoio prestado num momento crítico em que surgiram problemas com as impressoras 3D da **Sala LED**. A sua disponibilidade em ajudar e a generosidade de me permitir utilizar a sua própria impressora foram cruciais para que conseguisse imprimir o modelo 3D do meu projeto a tempo.

Por fim, quero deixar um agradecimento sentido a todos os **amigos** que estiveram ao meu lado durante este percurso. A vossa presença, apoio e companhia, sobretudo nos momentos mais difíceis e stressantes, foram essenciais para me manter focado e motivado.

A todos, o meu muito obrigado.



## Índice

1.	Introdução .....	1
1.1.	Contexto e Motivação .....	1
1.2.	Problema.....	1
1.3.	Objetivos .....	2
1.4.	Estrutura do documento.....	2
1.5.	Cronograma .....	3
1.6.	Resultados alcançados .....	3
2.	Enquadramento teórico.....	5
2.1.	Modelação e Impressão 3D .....	5
2.1.1.	Perspetiva Histórica .....	6
2.1.2.	A Importância do Código Aberto .....	7
2.1.3.	Características de Impressão 3D .....	7
2.1.4.	O Futuro da Impressão 3D .....	7
2.2.	Metodologias.....	8
2.2.1.	Casos de Uso.....	8
2.2.2.	Modelo de Domínio .....	9
2.3.	Tecnologias utilizadas.....	11
2.3.1.	Blender .....	11
2.3.2.	UltiMaker Cura .....	12
3.	Projeto Modelação e Impressão 3D .....	13
3.1.	Casos de Uso do Projeto Modelação e Impressão 3D .....	13
3.2.	Modelo de Domínio do Projeto Modelação e Impressão 3D .....	14
3.3.	Workflow .....	15
3.4.	Casos de Estudo.....	16
3.4.1.	Jogo de Xadrez .....	16
3.4.1.1.	Problema .....	16
3.4.1.2.	Modelação .....	17
3.4.1.3.	Impressão .....	18
3.4.2.	Obras do artista plástico Jorge Castanho.....	21
3.4.2.1.	Problema .....	21
3.4.2.2.	Conversão .....	21
3.4.2.3.	Impressão .....	23
4.	Conclusões .....	25
4.1.	Discussão .....	25

## Prova de Aptidão Profissional

4.2. Reflexão sobre a prática .....	26
4.3. Trabalho futuro.....	28
Referências .....	29
Anexos .....	31

## Índice de Figuras

Figura 1. Cronograma do projeto .....	3
Figura 2. Sala LED E.S. Camões, Impressão 3D (após modelação) .....	5
Figura 3. Impressão 3D (Hideo Kodama) Fonte: [HK, 24] .....	6
Figura 4. Projeto RepRap (primeira impressora) Fonte: [WIKI, 10] .....	6
Figura 5. Caso de uso do Sistema de Reservas Online .....	9
Figura 6. Modelo de Domínio UML do sistema “Escola” (exemplo) [OS, 24] .....	10
Figura 7. Modelação 3D de um donut no Blender .....	11
Figura 8. Ficheiro stl convertido para gcode no UltiMaker Cura .....	12
Figura 9. Casos de uso do Projeto Modelação e impressão 3D .....	13
Figura 10. Modelo de domínio do Projeto Modelação e impressão 3D .....	14
Figura 11. Workflow do projeto Impressão e Modelação 3D .....	15
Figura 12. Tabuleiro sem a peça do cavalo .....	16
Figura 13. Cavalo original .....	17
Figura 14. Ambiente de trabalho no Blender com o cavalo modelado .....	17
Figura 15. Imagens com zoom aos detalhes do modelo de perspetivas diferentes ..	18
Figura 16. Modelo do cavalo visto por dentro através do Ultimaker Cura .....	19
Figura 17. Cavalo a ser impresso na impressora 3D .....	19
Figura 18. Imagem do cavalo impresso. ....	20
Figura 19. Tabuleiro com o cavalo impresso no seu devido lugar. ....	20
Figura 20. Modelo importado para o Blender após conversão do ficheiro Maya .....	22
Figura 21. Pré-visualização do modelo no Ultimaker Cura com parâmetros de impressão definidos. ....	22
Figura 22. Peça artística em processo de impressão na impressora 3D .....	23
Figura 23. Peça artística impressa e pronta para ser exposta. ....	24
Figura 24. O autor da PAP com imagens de modelos 3D de Jorge Castanho e do próprio, no stand da Futurália .....	27
Figura 25. Alunos da escola a trabalhar no stand da Futurália. ....	27

## Prova de Aptidão Profissional

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Principais componentes dos diagramas de casos de uso.....	8
--	---



## 1. Introdução

Neste capítulo apresenta-se o contexto e motivação, define-se o problema, identificam-se os principais objetivos, apresenta-se a estrutura do documento, ilustra-se a evolução das atividades do projeto através do respetivo cronograma, e finalmente apresentam-se os principais resultados alcançados.

### 1.1. Contexto e Motivação

Com o avanço da tecnologia, a impressão e a modelação 3D têm-se tornado ferramentas cada vez mais acessíveis e indispensáveis em diversas áreas, desde a engenharia e *design* até a arte e educação. Neste contexto, a criação de um projeto ligado à impressão e à modelação 3D surge como uma oportunidade para explorar temas práticos e inovadores desta tecnologia.

Assim, este projeto tem por objetivo principal investigar e demonstrar o potencial da impressão 3D na criação de objetos personalizados, funcionais e artísticos, evidenciando como esta tecnologia pode transformar ideias em objetos com precisão e rapidez. A motivação para a realização deste trabalho reside na vontade de desenvolver competências que combinam *design* e modelação digital.

Desenvolver este projeto, permitiu adquirir conhecimentos técnicos de modelação 3D, materiais e prototipagem com uma abordagem prática e inovadora. Na perspetiva do autor, este trabalho não apenas contribui para a aplicação de tecnologias emergentes, mas também representa uma etapa essencial para a formação profissional e uma oportunidade de explorar o impacto da impressão 3D em diversos setores.

### 1.2. Problema

Com o crescente avanço tecnológico, novos equipamentos, como os relacionados à impressão e modelação 3D, estão a ser introduzidos em ambientes educativos, como a Sala LED do Liceu Camões. Contudo, a utilização eficaz destes equipamentos requer não apenas conhecimentos técnicos, mas também uma compreensão prática de suas aplicações e funcionalidades.

Atualmente, muitos alunos não têm conhecimento de como operar nestes dispositivos devido à falta de materiais orientadores claros e acessíveis. Este cenário pode limitar o pleno aproveitamento das tecnologias disponíveis e comprometer o desenvolvimento de projetos inovadores. No momento, a escola carece de recursos humanos que utilizem modelação e impressão 3D.

### 1.3. Objetivos

Para contribuir para a resolução do problema referido na secção anterior, este projeto visa **explorar as capacidades da impressão e modelação 3D, e produzir um guia de referência para futuros alunos**, facilitando a aprendizagem e promovendo o uso eficiente dos recursos tecnológicos disponíveis na Sala LED com recurso a casos práticos. Desta forma, pretende-se contribuir para a criação de uma base de conhecimento que beneficie também as gerações futuras.

Considerando o contexto e motivação, perante o problema identificado, definiu-se um conjunto de objetivos principais:

- **O1** – Analisar o enquadramento teórico do projeto;
- **O2** - Definir os casos de uso do projeto, i.e. identificação dos principais atores, processos e fronteiras do sistema;
- **O3** - Elaborar o modelo de domínio que traduza as relações estáticas das principais classes do projeto;
- **O4** - Definir o *workflow* do sistema;
- **O5** – Efetuar modelação e impressão 3D sobre casos de estudo;
- **O6** - Desenvolver materiais pedagógicos que sejam orientadores em processos de modelação e impressão 3D.

### 1.4. Estrutura do documento

Este documento encontra-se organizado em capítulos. Assim, o Capítulo 1 refere-se à introdução, o Capítulo 2 inclui o enquadramento teórico, o Capítulo 3 inclui as diversas secções que descrevem o projeto realizado, e finalmente, o Capítulo 4 apresenta as conclusões preliminares (discussão) e o trabalho futuro.

## 1.5. Cronograma

O cronograma apresentado ilustra as diferentes fases do desenvolvimento do projeto ao longo do ano letivo. Através da distribuição temporal das tarefas, é possível assegurar uma gestão eficiente do tempo, permitindo o cumprimento dos prazos estabelecidos e a realização de todas as etapas. Este planeamento visa garantir um progresso contínuo e estruturado, desde a definição inicial do tema até à elaboração do relatório final.

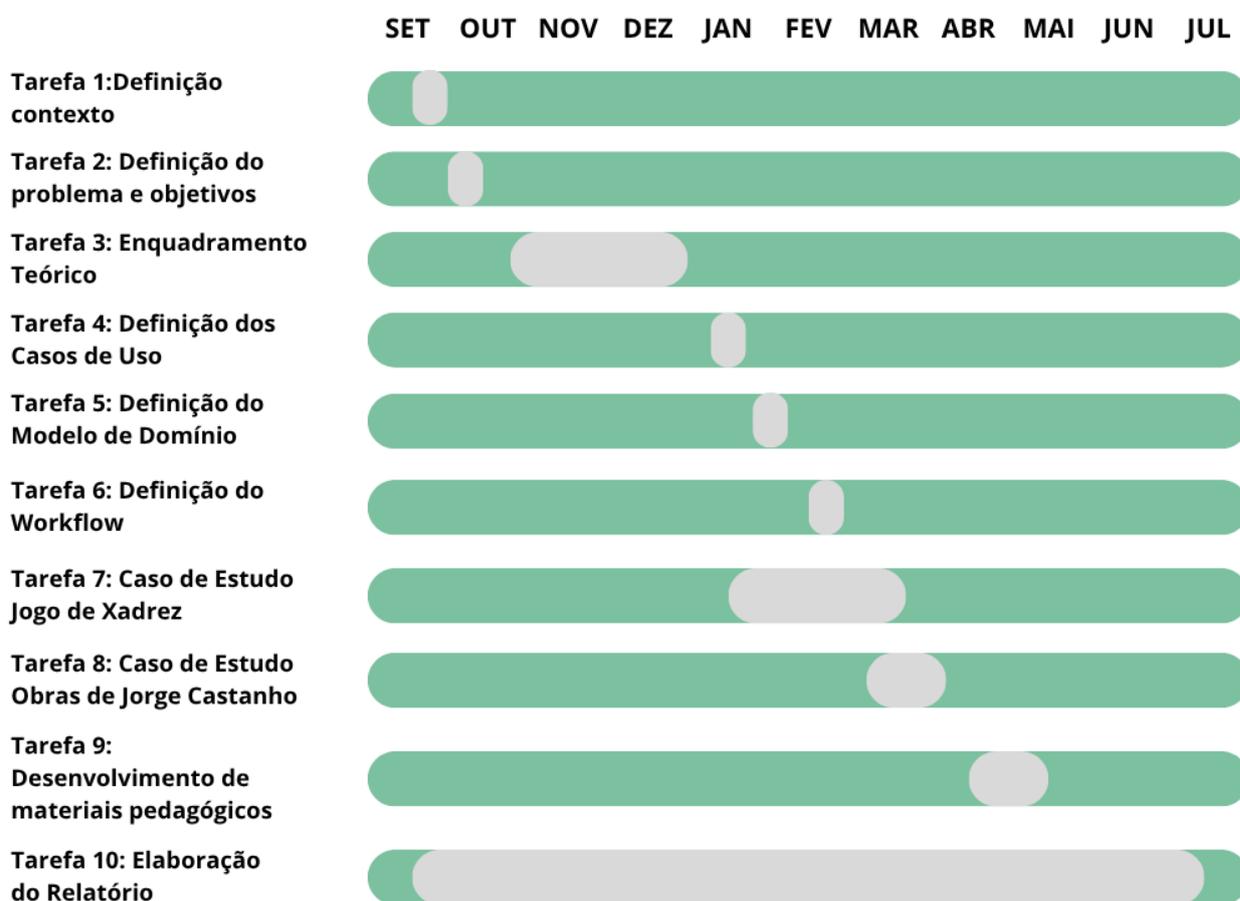


Figura 1. Cronograma do projeto

## 1.6. Resultados alcançados

Os principais resultados alcançados consistem na elaboração formal do presente relatório, instanciação 3D de modelos lógicos, e, finalmente, impressão física dos mesmos.

## Prova de Aptidão Profissional

## 2. Enquadramento teórico

Neste capítulo apresentam-se os principais temas que foram analisados no processo de investigação do enquadramento teórico.

### 2.1. Modelação e Impressão 3D

A Impressão 3D, ou fabrico aditivo, consiste numa tecnologia de produção automatizada baseada na criação de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais, por deposição sucessiva de camadas de material. Atualmente, esta tecnologia encontra-se amplamente disseminada, sendo aplicada em diversos setores, como a construção, o *design*, a saúde e até como passatempo, permitindo a criação de objetos personalizados, protótipos e mesmo produtos finais [RB, 24].

As imagens seguintes demonstram o processo de impressão do símbolo da E.S. Camões e resultado final (realizado durante uma aula na sala LED).



Figura 2. Sala LED E.S. Camões, Impressão 3D (após modelação)

### 2.1.1. Perspetiva Histórica

A história da Impressão 3D remonta a 1981, com a invenção da primeira máquina de prototipagem rápida por Hideo Kodama, utilizando resinas polimerizáveis por luz ultravioleta. Posteriormente, em 1986, Chuck Hull patenteou a estere litografia (SLA), tecnologia que abriu caminho para a comercialização da Impressão 3D. Nos anos seguintes, surgiram outros avanços marcantes, como a sinterização seletiva a laser (SLS), desenvolvida por Carl Deckard em 1988 [RB, 24].

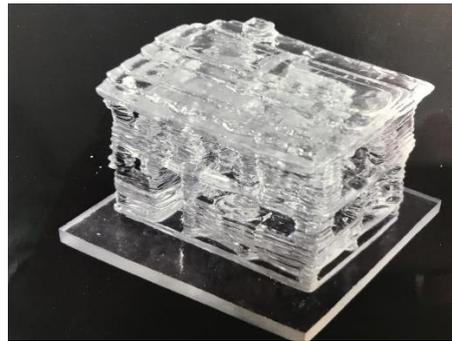


Figura 3. Impressão 3D (Hideo Kodama) Fonte: [HK, 24]

Na década de 1990, a tecnologia expandiu-se rapidamente, com o aparecimento de novas empresas e métodos. Em 2006, a primeira impressora SLS tornou-se comercialmente disponível, consolidando a presença da Impressão 3D no setor industrial. Destaca-se ainda o projeto RepRap, iniciado em 2005 por Adrian Bowyer, que introduziu impressoras autorreplicantes de baixo custo, democratizando o acesso a esta tecnologia e inspirando o desenvolvimento de inúmeras impressoras 3D acessíveis [RB, 24].

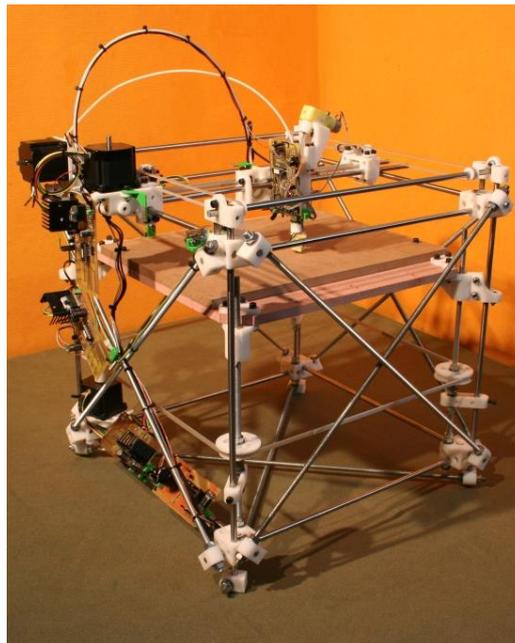


Figura 4. Projeto RepRap (primeira impressora) Fonte: [WIKI, 10]

### 2.1.2. A Importância do Código Aberto

O movimento de código aberto desempenhou um papel crucial na massificação da Impressão 3D, permitindo o acesso a modelos de baixo custo e fomentando a inovação colaborativa.

O projeto RepRap foi pioneiro ao introduzir impressoras capazes de replicar as suas próprias componentes, promovendo a acessibilidade da tecnologia. Empresas como a Makerbot, fundada em 2009, contribuíram para a sua popularização ao oferecer kits DIY (Do It Yourself) e recursos como o *Thingiverse*, um repositório online com milhares de modelos 3D gratuitos e pagos. Esta abordagem aberta criou uma comunidade global que impulsiona continuamente os avanços na área [RB, 24].

### 2.1.3. Características de Impressão 3D

A Impressão 3D distingue-se pela sua capacidade de produzir objetos com geometrias complexas e pela eliminação de etapas tradicionais, como a montagem de peças individuais, o que reduz custos e tempos de fabrico. É particularmente vantajosa na criação de protótipos e na produção de pequenas séries, onde métodos convencionais, como a injeção por moldes, são financeiramente inviáveis. Entre os seus benefícios destacam-se a flexibilidade, a automatização e a redução da necessidade de supervisão constante, permitindo a gestão simultânea de múltiplas máquinas. Contudo, persistem algumas limitações, como a velocidade relativamente lenta, as restrições ao tamanho das peças e a disponibilidade limitada de certos materiais. Ainda assim, o fabrico aditivo continua a evoluir, ampliando as suas aplicações e tornando-se cada vez mais versátil [RB, 24].

### 2.1.4. O Futuro da Impressão 3D

O futuro da Impressão 3D antecipa uma transformação significativa na forma como bens são fabricados e adquiridos. Com o aumento do acesso a impressoras 3D, tanto por consumidores como por empresas, prevê-se uma descentralização da produção, permitindo a criação de peças sob demanda e reduzindo custos logísticos e prazos de entrega.

No setor industrial, o fabrico aditivo em metais tem potencial para revolucionar a produção em série, oferecendo maior eficiência e redução de custos. Estima-se que o mercado de moldes e ferramentas produzidos por Impressão 3D, avaliado em 5,2 mil milhões de dólares em 2020, cresça para 21 mil milhões até 2030. Este progresso irá impactar profundamente setores como a saúde, a aviação e a automação, consolidando a Impressão 3D como uma tecnologia indispensável no futuro da indústria [RB, 24].

## 2.2. Metodologias

Nas secções seguintes, apresentam-se as metodologias de análise utilizadas para descrever aspetos técnicos deste projeto. Assim, encontram-se organizadas da seguinte forma: na secção 2.2.1, são descritos os casos de uso UML, que detalham os cenários específicos de interação entre os utilizadores e o sistema; na secção 2.2.2, é introduzido conceptualmente o modelo de domínio, que fornece uma visão estruturada das principais classes e relações do sistema.

### 2.2.1. Casos de Uso

Os diagramas de casos de uso (em UML) são representações gráficas utilizadas em engenharia de *software*, em contexto de análise de sistemas. Estes diagramas descrevem as interações entre os atores (utilizadores ou sistemas externos) e o sistema em desenvolvimento. Os seus objetivos são demonstrar as principais funcionalidades do sistema sobre a perspetiva do utilizador.

A tabela seguinte descreve os principais componentes de um diagrama de casos de uso (adaptado de [CG, 4]).

Componente	Descrição
Ator	Representa uma entidade externa que interage com o sistema (pode ser uma pessoa, ou outro sistema, e.g. <i>hardware</i> ). Podem existir relações de herança entre os atores
Caso de Uso	Representa uma funcionalidade ou comportamento do sistema que gera valor ao ator. Normalmente é representado por uma oval e inclui um verbo e um substantivo.
Relação	Linhas que conectam atores e casos de uso. Existem relações de inclusão extensão e generalização.
Sistema	Pode ser representado por um retângulo que inclui os casos de uso do sistema (define os limites do sistema).

*Tabela 1 - Principais componentes dos diagramas de casos de uso*

A figura seguinte ilustra um exemplo de diagrama de casos de uso para um sistema *online* de reserva de bilhetes de avião (Fonte: [EDIO, 24]).

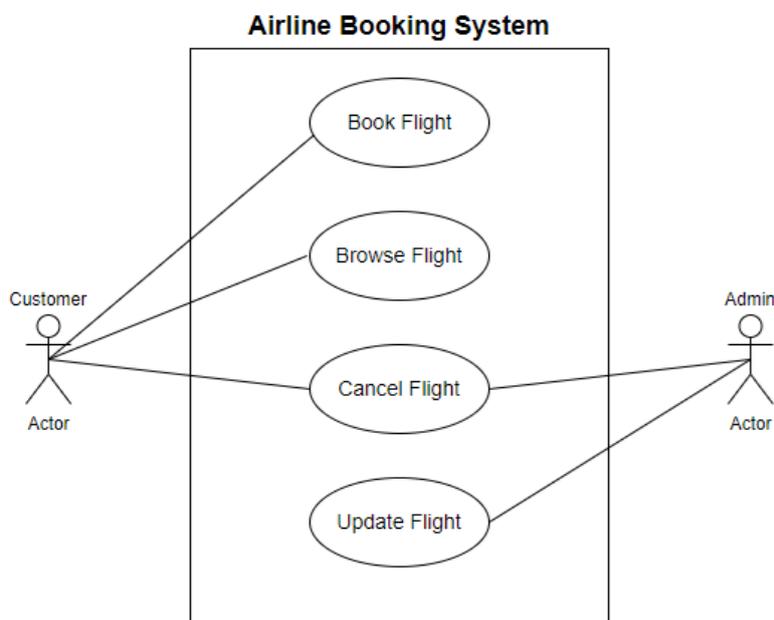


Figura 5. Caso de uso do Sistema de Reservas Online

Como se observa, existem dois atores: 1) Cliente (Customer); e, 2) Administrador (Admin). Cada processo associado ao ator é caracterizado por um verbo e substantivo. O cliente pode efetuar reservas, pesquisas e cancelamentos. O administrador pode efetuar cancelamentos e atualizações da informação de voo. Observa-se ainda, o título e a fronteira do sistema (representado por um retângulo).

### 2.2.2. Modelo de Domínio

O modelo de domínio é uma representação conceptual das entidades relevantes dentro de um determinado sistema ou área de interesse. O modelo de domínio fornece uma visão clara dos principais conceitos e relações que compõem o domínio, funcionando como uma base fundamental para a compreensão e desenvolvimento de um sistema. O modelo de domínio traduz as relações estáticas entre as principais classes do sistema e não se preocupa com a implementação técnica ou operações detalhadas, mas sim com os elementos essenciais do problema a ser resolvido. Ele é frequentemente representado por meio de diagramas de classes UML (*Unified Modeling Language*), uma linguagem que permite visualizar entidades, seus atributos, e os relacionamentos entre elas.

No contexto de desenvolvimento de *software*, um modelo de domínio é utilizado para capturar o vocabulário do domínio e as interações entre os conceitos, o que facilita o entendimento entre a equipa técnica e as partes interessadas. O mesmo serve como um mapa conceptual que define as fronteiras do sistema e ajuda a alinhar as expectativas entre programadores e *stakeholders*. A criação de um modelo de domínio robusto permite evitar ambiguidades e lacunas de entendimento, além de ser um ponto de partida essencial para as fases de *design* e implementação do projeto.

O diagrama de classes UML é uma das formas mais comuns de ilustrar um modelo de domínio, uma vez que organiza as entidades (classes) que representam conceitos ou objetos do mundo real, e os relacionamentos entre essas classes. Um diagrama de classes inclui classes, atributos das classes, e associações (relacionamentos) entre elas, representando a estrutura estática do sistema [OS, 24].

A figura seguinte ilustra um diagrama de classes para o sistema "Escola":

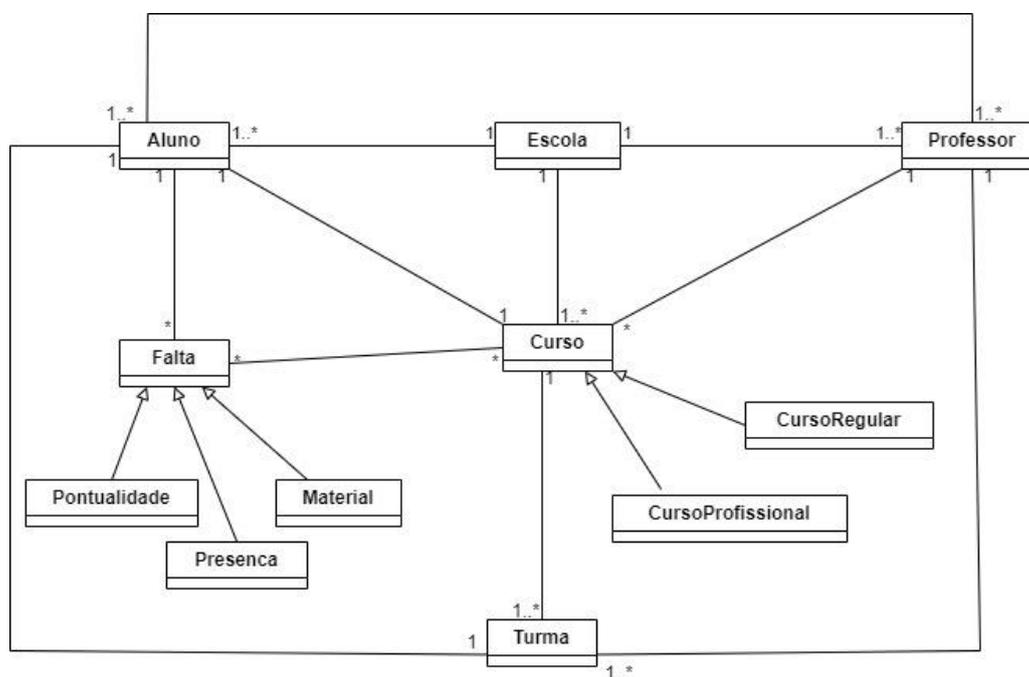


Figura 6. Modelo de Domínio UML do sistema "Escola" (exemplo) [OS, 24]

Como se observa no exemplo anterior, o sistema é composto por várias classes principais que representam entidades no domínio educativo, como *Escola*, *Aluno*, *Professor*, *Turma* e *Curso*. As classes estão interligadas através de relações que refletem suas interações no sistema. A escola é responsável por manter cursos, agregar professores, agregar turmas, e gerir alunos. A classe *Aluno* representa um ou mais estudantes que estão matriculados na escola. Os alunos estão associados a uma turma e participam em diferentes cursos. Cada aluno está sujeito a um controle de presença, que pode ser registado através da classe *Falta*. Existem três tipos de faltas: *Pontualidade*, *Presença* e *Material*. A classe *Professor* representa um ou mais docentes que pertencem à escola. Cada professor pode ser responsável por diversas turmas, que por sua vez têm vários alunos. As turmas também são caracterizadas em função do tipo de curso a que estão associadas, por exemplo, *CursoRegular* ou *CursoProfissional* [OS, 24].

## 2.3. Tecnologias utilizadas

Nesta secção apresentam-se as principais tecnologias utilizadas, através das secções 2.3.1 Blender, e, 2.3.2 UltiMaker Cura.

### 2.3.1. Blender

O Blender é uma ferramenta que permite a criação de conteúdos em 3D. Oferece funcionalidades completas para modelação, renderização, animação, pós-produção, criação e visualização de conteúdo 3D interativo, com os benefícios de portabilidade através da instalação de uma aplicação *lightweighted*. Dirigido a profissionais e artistas desta área, o Blender pode ser utilizado para criar visualizações de espaços tridimensionais, imagens estáticas, bem como vídeos de alta qualidade.

O Blender incorpora um motor 3D em tempo real, que permite a criação de conteúdos 3D interativos, para reprodução *standalone*.

Originalmente desenvolvido pela empresa 'Not a Number' (NaN), o Blender é agora desenvolvido como *software* livre, e o seu código fonte está disponível sobre a licença GNU GPL [OB, 25].

A figura seguinte ilustra a interface aplicacional do Blender. Observa-se neste caso a modelação 3D de um donut, atividade realizada na fase inicial deste projeto uma vez que é um clássico no processo de aprendizagem de modelação vetorial.

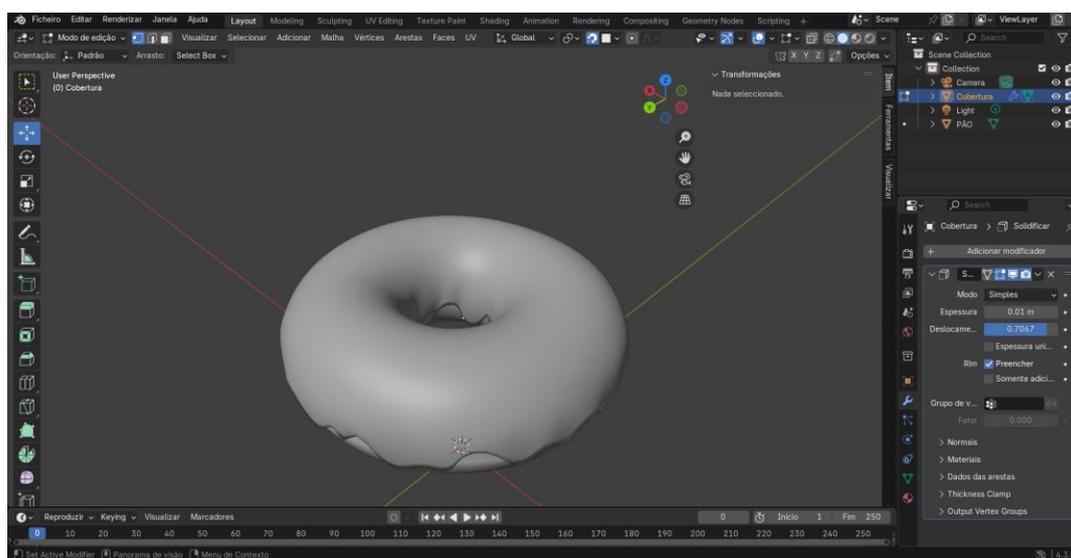


Figura 7. Modelação 3D de um donut no Blender.

### 2.3.2. UltiMaker Cura

Ultimaker é um dos principais fabricantes de impressoras 3D do mercado.

O Ultimaker Cura é um *software* para processamento e conversão vetorial. Em concreto, é usado para converter modelos 3D (e.g. realizados no Blender) em instruções específicas para a impressora, permitindo que ela crie os objetos camada por camada com a devida precisão e detalhe [UM, 23].

A figura seguinte ilustra a interface aplicacional do Ultimaker Cura. Observa-se neste caso a visualização de um modelo 3D correspondente ao *donut* ilustrado na secção anterior.

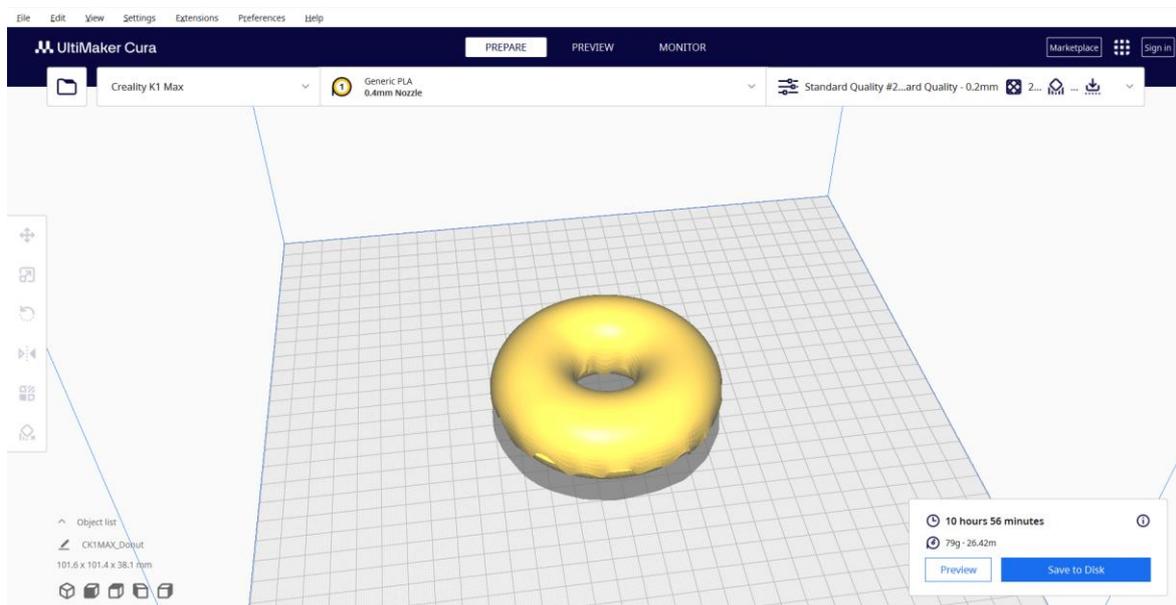


Figura 8. Ficheiro stl convertido para gcode no UltiMaker Cura.

### 3. Projeto Modelação e Impressão 3D

Apresentam-se neste capítulo os principais artefactos produzidos no projeto. Além de aspetos formais ao nível dos modelos e *workflow* de trabalho, destaca-se a identificação e demonstração de dois casos de estudo.

#### 3.1. Casos de Uso do Projeto Modelação e Impressão 3D

No diagrama seguinte, observam-se os casos de uso do Projeto Modelação e Impressão 3D.

Como se observa, existem três atores: 1) *Designer*, 2) *Print Operator*, e 3) *Printer*. O *Designer* pode criar modelos (que recorre à utilização de vetores e texturas), verificar modelos e exportar modelos. O *Print Operator* consegue importar modelos (que recorre às exportações de modelos do *Designer*), Converter modelos (*slice*), colocar materiais, e a gerir a impressão (que recorre à configuração da impressora e à impressão feita pelo *printer*). Observa-se ainda, o título e a fronteira do sistema (representado por um retângulo).

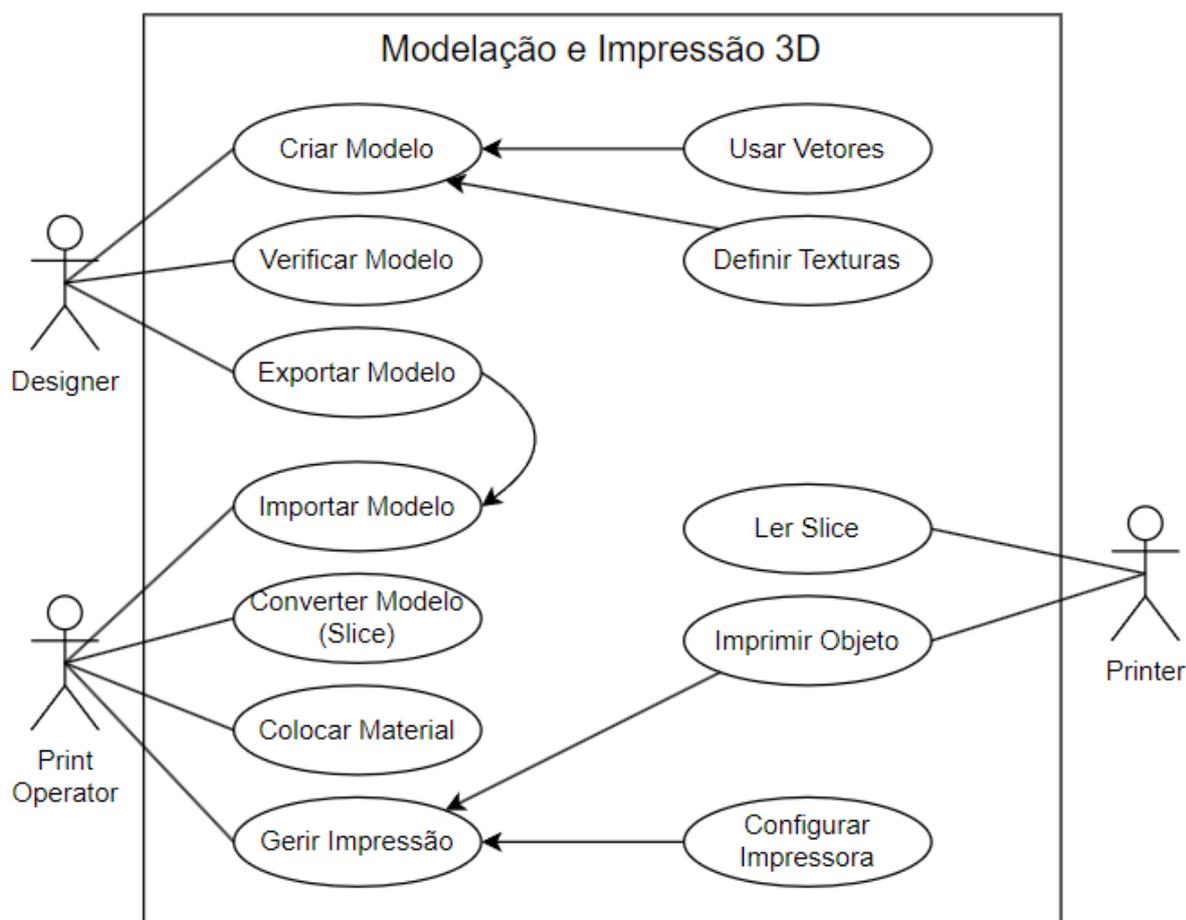


Figura 9. Casos de uso do Projeto Modelação e impressão 3D

### 3.2. Modelo de Domínio do Projeto Modelação e Impressão 3D

O seguinte diagrama apresenta o modelo de domínio que representa um sistema constituído por diversas classes principais que modelam um ambiente de criação e manipulação de objetos tridimensionais. As classes estão interligadas por meio de relações que refletem as suas interações dentro do sistema.

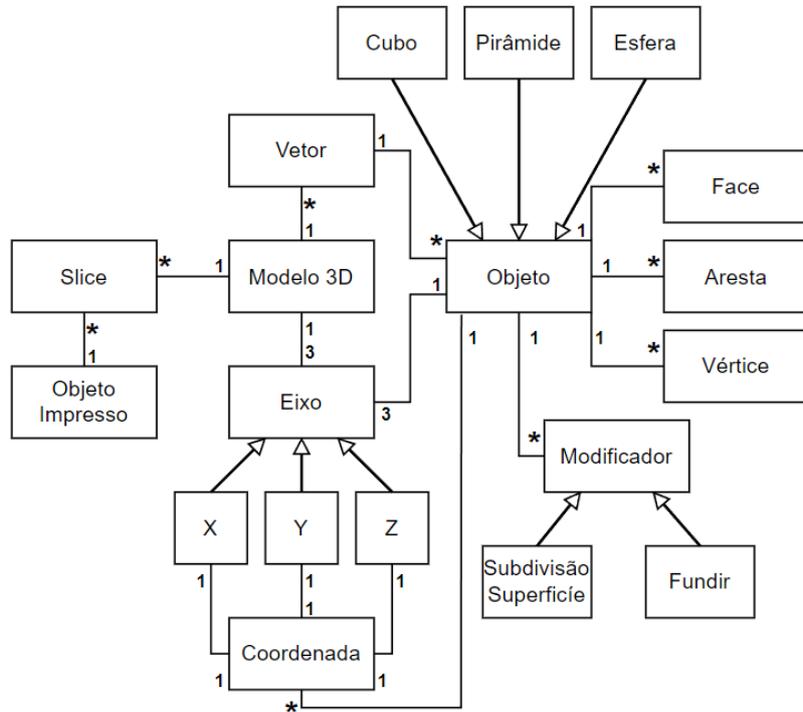


Figura 10. Modelo de domínio do Projeto Modelação e impressão 3D

A classe Objeto constitui a entidade central do modelo e pode representar diferentes formas geométricas, nomeadamente Cubo, Pirâmide e Esfera. Cada objeto é composto por elementos fundamentais, tais como Face, Aresta e Vértice, que definem a sua estrutura geométrica.

Os objetos podem ser modificados através da classe Modificador, a qual permite a aplicação de transformações como Subdivisão de Superfície e Fundir. Para determinar a sua posição no espaço tridimensional, os objetos são associados a um Modelo 3D, que, por sua vez, está ligado a um sistema de coordenadas composto pelos eixos X, Y e Z. Cada eixo é definido por uma Coordenada, possibilitando a manipulação precisa dos modelos.

O modelo inclui a classe Vetor, que pode estar associada ao Modelo 3D, permitindo a representação de direções e magnitudes relacionadas com os objetos. Quando o modelo está pronto para ser impresso, este pode ser dividido em Slices, os quais, por sua vez, constituem um Objeto Impresso, representando o processo de fatiamento essencial para a impressão tridimensional.

Este modelo de domínio proporciona uma estrutura organizada e funcional para a criação, modificação e impressão de objetos tridimensionais, garantindo uma representação clara dos elementos envolvidos em todo o processo.

### 3.3. Workflow

Neste contexto, define-se um *workflow* como o fluxo de trabalho que representa todas as fases necessárias, desde a criação do modelo digital até à sua materialização em formato físico. O objetivo deste *workflow* é garantir uma transição eficiente entre os vários passos do processo, assegurando a qualidade e a precisão do produto final.

Na figura seguinte, apresenta-se o *workflow* adotado neste projeto, dividido em três fases principais: Modelação, Conversão e Impressão.

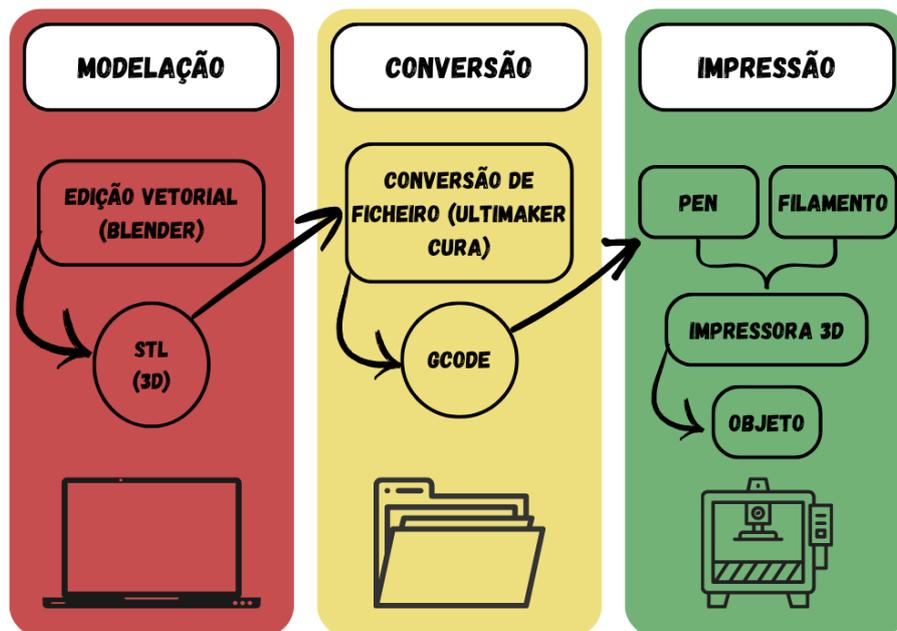


Figura 11. Workflow do projeto Impressão e Modelação 3D.

Como se observa, o *workflow* é constituído por três fases principais:

#### 1. Modelação

O processo tem início com a modelação tridimensional do objeto, realizada através de *software* de edição vetorial, neste caso o Blender. O utilizador cria o modelo e, posteriormente, exporta-o no formato stl (*Standard Triangle Language*) que é amplamente utilizado na impressão 3D por descrever a geometria da superfície do objeto.

#### 2. Conversão

O ficheiro stl é então importado para o *software* de fatiamento Ultimaker Cura, que converte o modelo para o formato gcode. Este formato contém todas as instruções que a impressora 3D irá seguir, como movimentos do extrusor, temperaturas e velocidades. Após esta conversão, o ficheiro gcode é transferido para uma pen USB para posterior utilização.

#### 3. Impressão

Na fase final, o ficheiro gcode foi inserido na impressora 3D através da pen USB. A impressora utiliza então o filamento que é o material de impressão para produzir fisicamente o objeto.

### 3.4. Casos de Estudo

Nesta secção apresentam-se casos de estudo desenvolvidos no âmbito do projeto, com o objetivo de demonstrar, através de exemplos práticos a aplicação dos conhecimentos adquiridos em modelação e impressão 3D. Estes casos representam desafios concretos cuja resolução permitiu explorar diferentes fases do processo, desde a conceção digital até à materialização física dos modelos.

#### 3.4.1. Jogo de Xadrez

O caso de estudo apresentado nesta secção centra-se na recriação e recuperação de uma peça de xadrez em falta, utilizando ferramentas de modelação e impressão 3D. São descritas as etapas desde a identificação do problema até à produção final da peça, com recurso ao Blender para modelação e ao Ultimaker Cura para preparação da impressão.

##### 3.4.1.1. Problema

No contexto deste caso de estudo, surgiu a necessidade de substituir uma peça em falta num tabuleiro de xadrez, nomeadamente o cavalo. A ausência desta peça comprometia a jogabilidade e a integridade do conjunto, tornando-se imperativo encontrar uma solução viável para a sua reposição.

Diante deste desafio, foi proposta a recriação da peça através de modelação 3D no *software* Blender, seguida da sua conversão para o *software* Ultimaker Cura, permitindo assim a preparação adequada para impressão 3D. Esta abordagem visou assegurar que a peça recriada fosse o mais fiel possível ao original, tanto em termos de dimensões como de detalhes estéticos.

A imagem seguinte ilustra o tabuleiro de xadrez com a ausência da peça do cavalo, evidenciando a necessidade de reposição.

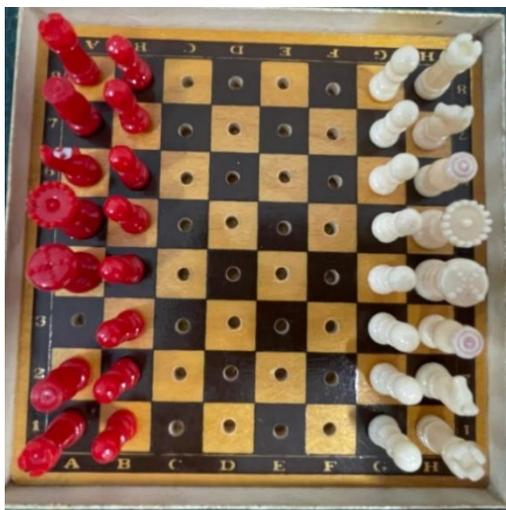


Figura 12. Tabuleiro sem a peça do cavalo

### 3.4.1.2. Modelação

Para garantir um bom resultado na recriação da peça, o primeiro passo consistiu na análise detalhada do cavalo original. Foram usadas imagens de referência para facilitar a modelação e garantir a fidelidade ao *design* existente.

O processo de modelação teve início no Blender, onde foi definida a forma base do cavalo, utilizando ferramentas de escultura digital para capturar os detalhes característicos da peça. Posteriormente, foram aplicadas técnicas de refinamento, como ajustes de topologia e suavização das superfícies, assegurando que o modelo ficasse otimizado para a fase de impressão 3D.

A imagem seguinte apresenta a peça original do cavalo utilizada como referência para a modelação 3D.



Figura 13. Cavalo original

A imagem seguinte apresenta uma captura de ecrã do ambiente de trabalho no Blender, onde foi desenvolvido o modelo tridimensional da peça.

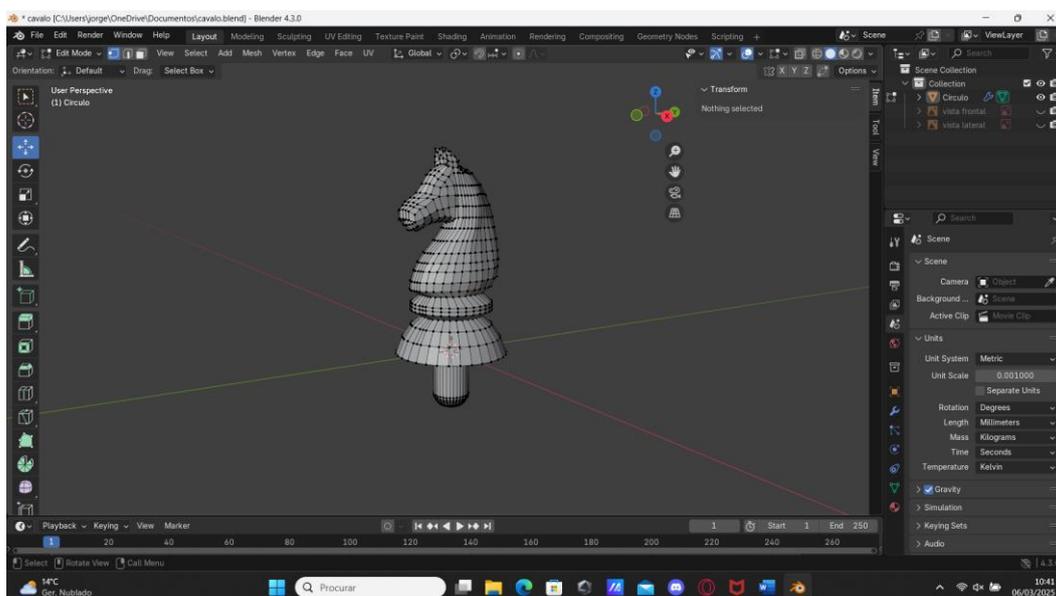


Figura 14. Ambiente de trabalho no Blender com o cavalo modelado

Nas figuras seguintes observa-se o modelo finalizado do cavalo no Blender. Apresentam-se diversas vistas do processo de escultura digital da peça.

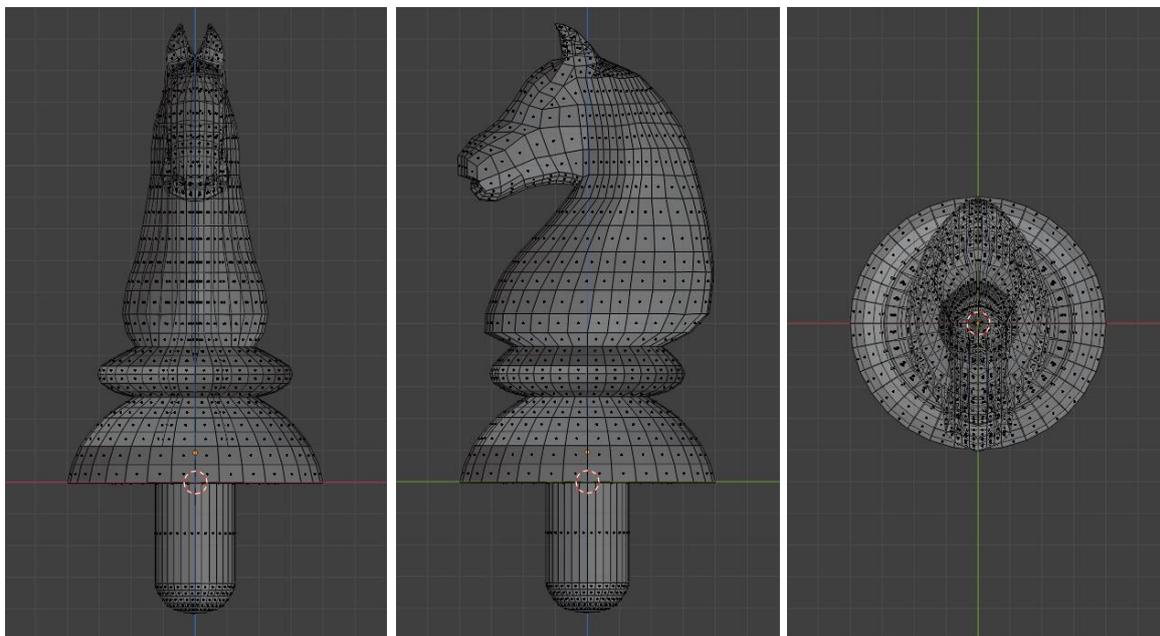


Figura 15. Imagens com zoom aos detalhes do modelo de perspectivas diferentes

### 3.4.1.3. Impressão

Após a conclusão da modelação, foi necessário preparar o ficheiro para impressão 3D. Para tal, o modelo foi exportado do Blender em formato stl e importado para o *software* Ultimaker Cura (como ilustra a Figura 14), onde foram ajustados parâmetros essenciais, como a escala, a densidade de preenchimento e o posicionamento na mesa de impressão.

O processo de impressão foi realizado numa impressora 3D, utilizando um material adequado para a reprodução de peças de jogo, garantindo a durabilidade e a resistência necessárias. Durante a impressão (Figura 15), foi acompanhada a formação da peça para assegurar que a estrutura se mantinha estável e sem falhas.

Após a conclusão da impressão, o cavalo foi removido da plataforma e submetido a retoques finais, como a remoção de suportes e o acabamento da superfície para maior semelhança com as restantes peças do tabuleiro.

Por fim, a peça impressa foi colocada no tabuleiro, restaurando assim a integridade do conjunto e permitindo que o jogo fosse novamente jogado na sua plenitude.

A imagem seguinte apresenta o modelo carregado no Ultimaker Cura, destacando o interior do objeto e as definições aplicadas.

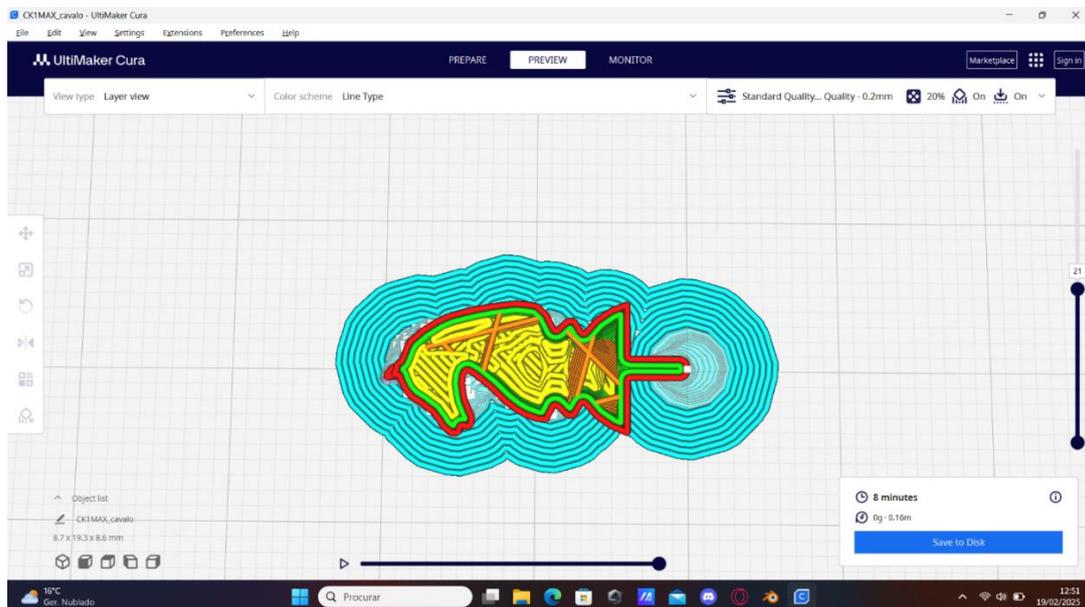


Figura 16. Modelo do cavalo visto por dentro através do Ultimaker Cura

A imagem seguinte é um registo fotográfico do momento da impressão da peça na impressora 3D, evidenciando a formação da estrutura camada a camada.

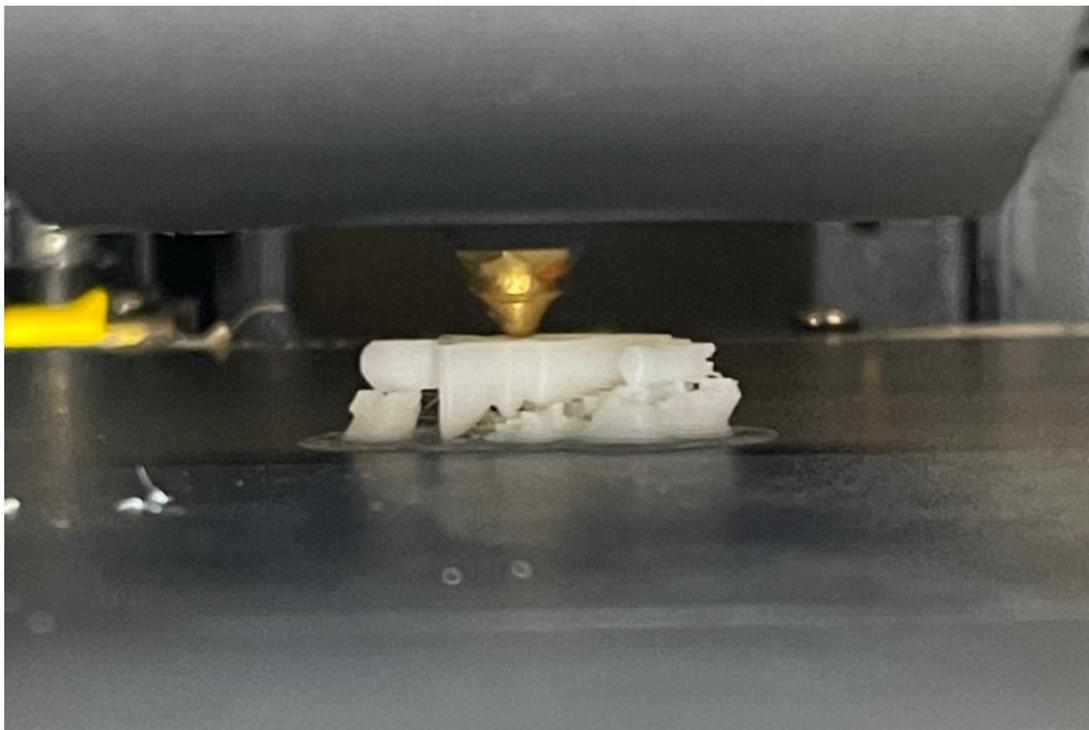


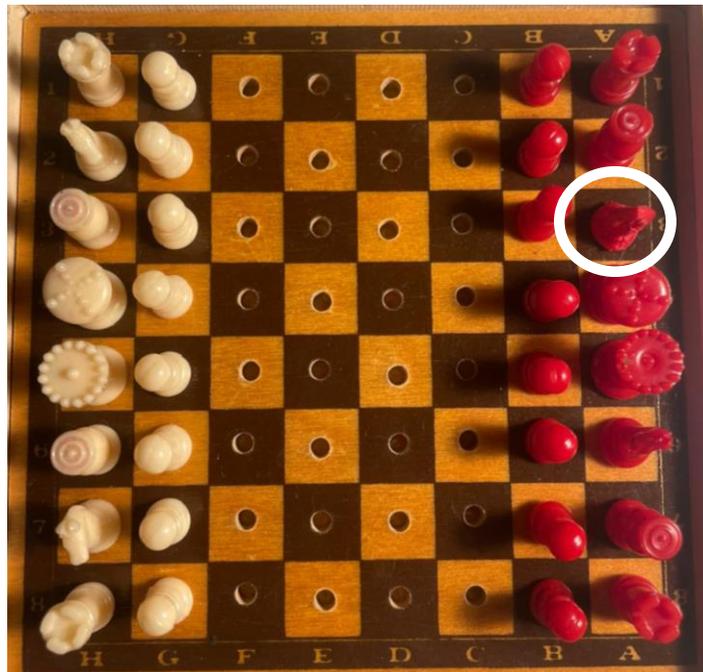
Figura 17. Cavalo a ser impresso na impressora 3D

Na figura seguinte observa-se o protótipo do cavalo finalmente impresso, e pintado de vermelho para substituir o cavalo em falta no tabuleiro.



*Figura 18. Imagem do cavalo impresso.*

Para finalizar esta sequência de figuras, ilustra-se o jogo de xadrez com a peça do cavalo impressa e colocada na posição da original, completando assim as peças do tabuleiro.



*Figura 19. Tabuleiro com o cavalo impresso no seu devido lugar.*

### 3.4.2. Obras do artista plástico Jorge Castanho

Nesta secção é apresentado o segundo caso de estudo, realizado em colaboração com o professor Jorge Castanho, artista plástico e docente de Artes Visuais no Liceu Camões. O objetivo principal consistiu em converter e adaptar ficheiros antigos de modelação 3D, originalmente criados no software Maya, para formatos compatíveis com impressão 3D, possibilitando assim a produção física de peças artísticas para fins expositivos.

#### 3.4.2.1. Problema

O problema identificado neste caso de estudo prende-se com a incompatibilidade entre os ficheiros originais desenvolvidos pelo professor Jorge Castanho e as impressoras 3D atuais. As suas peças artísticas, criadas anteriormente no *software* Maya, estavam guardadas em formatos específicos que não eram reconhecidos pelas ferramentas modernas de fatiamento (*slicing*) e impressão.

Esta limitação tecnológica impedia a materialização física dos modelos digitais. A situação exigia, assim, um processo de conversão técnica para um formato adequado (como stl ou gcode), permitindo que as obras pudessem ser impressas e utilizadas em contexto expositivo.

#### 3.4.2.2. Conversão

Para resolver a incompatibilidade, foi realizada a conversão dos ficheiros do formato original (Maya) para stl, e posteriormente para gcode, utilizando ferramentas como o Blender e o Ultimaker Cura. Este processo exigiu cuidados específicos para garantir que os detalhes estéticos e estruturais das peças fossem preservados durante a adaptação.

Foram também ajustadas as proporções e a orientação dos modelos, de modo a otimizar o resultado final na impressão, respeitando as intenções artísticas do autor.

A figura seguinte ilustra o modelo convertido após importação onde se visualiza a peça artística já convertida e ajustada no Blender, pronta para exportação em stl.

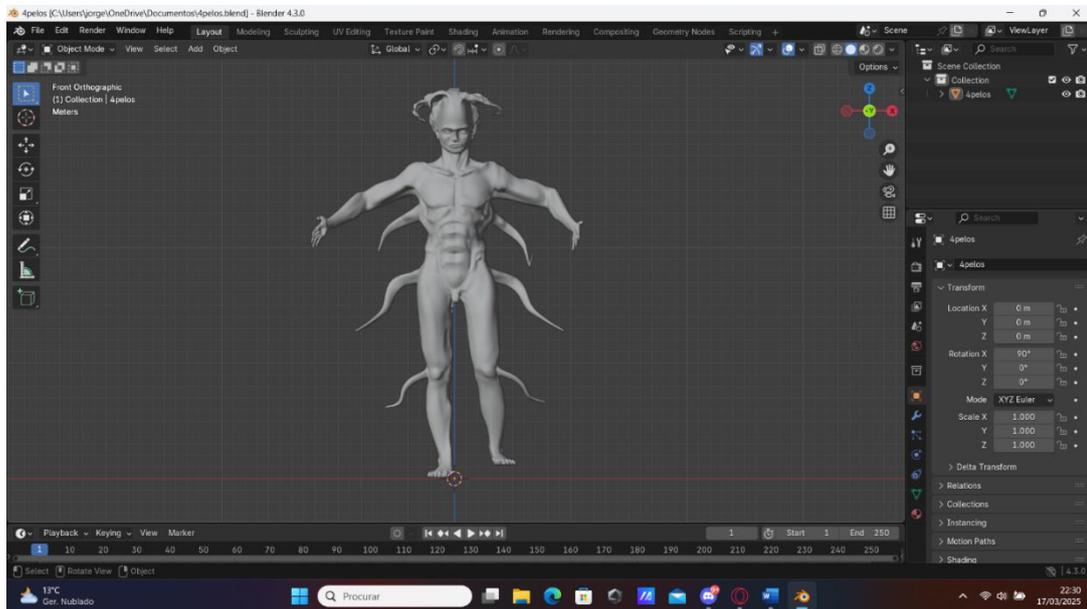


Figura 20. Modelo importado para o Blender após conversão do ficheiro Maya.

A imagem seguinte apresenta o modelo convertido e carregado no software Ultimaker Cura, já com as definições aplicadas para o processo de *slicing*.

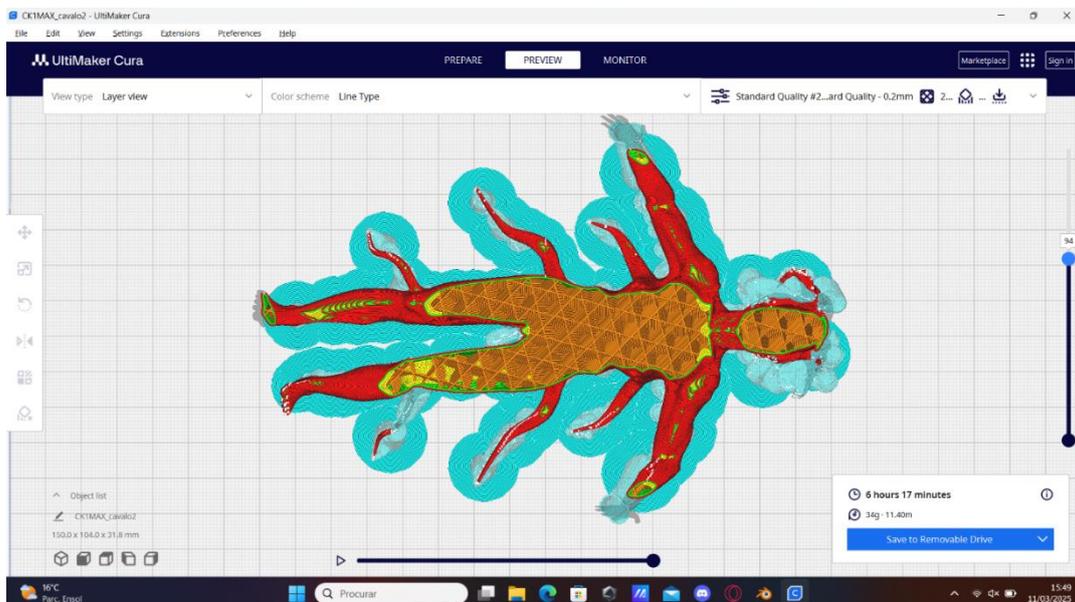


Figura 21. Pré-visualização do modelo no Ultimaker Cura com parâmetros de impressão definidos.

### 3.4.2.3. Impressão

Concluído o processo de conversão e preparação, os modelos foram impressos em equipamentos 3D disponíveis na escola. A impressão foi realizada com parâmetros cuidadosamente definidos, como densidade, altura de camada e materiais compatíveis com a natureza artística da peça.

As impressões finais resultaram em objetos fiéis ao modelo original, com qualidade para serem apresentados em exposições ou contextos educativos. Este caso de estudo destaca a importância da conversão digital como meio de preservação e reinterpretação da arte criada digitalmente.

A imagem seguinte mostra a impressão de uma das obras convertidas, evidenciando o processo de construção por camadas.



*Figura 22. Peça artística em processo de impressão na impressora 3D*

A imagem seguinte apresenta a peça finalizada, impressa com sucesso e preparada para fins expositivos.



*Figura 23. Peça artística impressa e pronta para ser exposta..*

## 4. Conclusões

Neste capítulo apresenta-se a discussão (que inclui as conclusões preliminares), a reflexão sobre a prática, e finalmente o trabalho futuro.

### 4.1. Discussão

Este trabalho permitiu desenvolver e consolidar novos conhecimentos/competências no domínio da modelação e impressão 3D.

Considerando o contexto e motivação, perante o problema identificado:

*“Atualmente, muitos alunos não têm conhecimento de como operar nestes dispositivos devido à falta de materiais orientadores claros e acessíveis. Este cenário pode limitar o pleno aproveitamento das tecnologias disponíveis e comprometer o desenvolvimento de projetos inovadores. No momento, a escola carece de recursos humanos que utilizem modelação e impressão 3D”*, definiram-se seis objetivos principais:

- **O1** – Analisar o enquadramento teórico do projeto;
- **O2** - Definir os casos de uso do projeto, i.e. identificação dos principais atores, processos e fronteiras do sistema;
- **O3** - Elaborar o modelo de domínio que traduza as relações estáticas das principais classes do projeto;
- **O4** - Definir o *workflow* do sistema;
- **O5** – Efetuar modelação e impressão 3D sobre casos de estudo.
- **O6** – Desenvolver materiais pedagógicos que sejam orientadores em processos de modelação e impressão 3D

Assim, relativamente a:

- **O1** – Como se demonstrou no Capítulo 2, foram estudadas e incluídas no presente relatório: Modelação e impressão 3D, Perspetiva Histórica, Metodologias, e Tecnologias Utilizadas;
- **O2** – Como se demonstrou na secção 3.1, foram definidos os casos de uso do projeto, identificados os principais atores e processos associados, bem como as fronteiras do sistema;
- **O3** – Como se demonstrou na secção 3.2, foi elaborado o modelo de domínio que traduz as principais relações estáticas das classes do projeto;
- **O4** – Como se demonstrou na secção 3.3, foi definido o fluxo de trabalho inerente a tarefas de modelação e impressão 3D;
- **O5** – Como se demonstrou na secção 3.4, foram utilizados cenários reais para instanciação lógica e física dos modelos 3D.
- **O6** – Foi ainda desenvolvido um tutorial sobre impressão 3D para utilização e partilha na sala LED (Como se demonstra na secção de Anexos).

Conclui-se preliminarmente que os objetivos principais foram alcançados.

#### 4.2. Reflexão sobre a prática

Nesta secção são apresentadas as principais dificuldades encontradas e o respetivo contributo para as aprendizagens durante a evolução no projeto.

Assim, surgiram várias dificuldades que se revelaram importantes enquanto elementos de experiência e aprendizagem.

Uma das principais dificuldades relacionou-se com a utilização do *software* Blender. Sendo uma ferramenta bastante completa e exigente, a sua complexidade obriga à aquisição progressiva de competências técnicas, exigindo dedicação, prática e pesquisa constante para dominar as suas funcionalidades e modos de trabalho.

Outra limitação significativa prende-se com o acesso à impressora 3D, uma vez que este equipamento se encontra disponível apenas na escola. Esta restrição implica a necessidade de uma gestão rigorosa do tempo, bem como o planeamento cuidadoso de todas as fases do projeto que envolvem impressão, assegurando a sua execução dentro do contexto escolar.

Parte do projeto envolveu ainda a colaboração com o professor Jorge Castanho, que solicitou a conversão de modelos antigos, originalmente em formato “.obj”, para o formato gcode, de modo a permitir a respetiva impressão nas impressoras disponíveis na escola. Este desafio contribuiu para o aprofundamento do conhecimento sobre processos de *slicing* e formatos de ficheiro adequados à impressão 3D, assim como para o contacto com diferentes estilos de modelação.

Apesar dos desafios, as dificuldades identificadas assumiram um papel construtivo, promovendo o desenvolvimento de mais competências técnicas, organizacionais e de resolução de problemas, essenciais para a consolidação da aprendizagem no contexto da modelação e impressão 3D.

Finalmente, dadas as competências adquiridas, fui convidado para representar a Escola Secundária de Camões com a missão de demonstrar processos de modelação e impressão 3D no *stand* da Futurália 2025 (Figura 24 e Figura 25).

A imagem seguinte foi captada durante o evento da Futurália onde se observa o autor com fotos de modelos 3D afixadas na parede do stand.



Figura 24. O autor da PAP com imagens de modelos 3D de Jorge Castanho e do próprio, no stand da Futurália

A imagem seguinte também foi captada do evento referido. Observam-se três alunos da escola a trabalhar no stand.



Figura 25. Alunos da escola a trabalhar no stand da Futurália.

#### 4.3. Trabalho futuro

No futuro, pretende-se aprofundar os conhecimentos e competências adquiridos na área da modelação e impressão 3D, através da realização de formações complementares especializadas e/ou um curso superior nesta área. Existe também a intenção de desenvolver modelos tridimensionais com um propósito específico, seja no âmbito artístico, funcional ou educativo, promovendo assim novas aplicações práticas e significativas das aprendizagens obtidas durante a execução deste projeto.

## Referências

- [CG, 4] ChatGPT. *Versão 4*, OpenAI.  
Fonte gerada com base em interações diretas com o modelo de linguagem da OpenAI (GPT-4), utilizado como apoio à elaboração do relatório.
- [DMPX, 24] YouTube. *Dicas para modelar peça de xadrez – Blender: Try this Pro Tip For Much Faster Modelling*.  
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uWvUWH9-rUI&list=LL&index=204>  
[online] Acedido em: 17/01/2025.
- [EDIO, 24] Educative Inc. *What is a use case diagram?*  
Disponível em: <https://www.educative.io/answers/what-is-a-use-case-diagram>  
[online] Acedido em: 25/09/2024.
- [HK, 24] XYZDims. *Figura 3: Impressão 3D — Hideo Kodama*.  
Disponível em: <https://xyzdims.com/tag/hideo-kodama/>  
[online] Acedido em: [23/11/2024].
- [OB, 25] UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina. *O que é Blender?*  
Disponível em:  
[https://www.udesc.br/arquivos/ceavi/id\\_cpmenu/291/blender\\_15380734741151\\_291.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/ceavi/id_cpmenu/291/blender_15380734741151_291.pdf)  
[online] Acedido em: 08/01/2025.
- [OS, 24] Oumar Sow *Modelo de Domínio UML do sistema “Escola” (exemplo)*. Relatório académico.
- [RB, 24] Revista Robótica. *História da Impressão 3D*.  
Disponível em: <https://www.robotica.pt/breve-historia-da-impressao-3d/>  
[online] Acedido em: 22/11/2024.
- [TTBL, 24] YouTube. *TUTORIAL DEFINITIVO: Do Blender para Impressora 3D (passo-a-passo)*.  
Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=MtXUAVAGOn4&list=LL&index=213&t=1054s>  
[online] Acedido em: 05/12/2024.
- [UM, 23] 3DCRIAR. *Ultimaker Cura: A Ferramenta Essencial para a Impressão 3D de Sucesso*.  
Disponível em: <https://3dcriar.com.br/ultimaker-cura-para-impressao-3d-de-sucesso/>  
[online] Acedido em: 08/01/2025.
- [WIKI, 10] Wikipédia. *Figura 4: Projeto RepRap (primeira impressora 3D)*.  
Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto\\_RepRap](https://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto_RepRap)  
[online] Acedido em: [23/11/2024].



## Anexos

Tutorial sobre impressão 3D para utilização e partilha na sala LED.

Como se demonstra, o principal desafio foi desenvolver os seguintes recursos de uma forma compacta, clara e acessível.

(Autor: Bernardo Mello)



## COMO LIGAR A IMPRESSORA?

Para ligar a impressora basta clicar no botão Vermelho que se situa na parte detrás da impressora ao lado do cabo de alimentação



## • COMO ARRANJAR OS FICHEIROS?

Os modelos 3D desta impressora são apenas em gcode, que não são muito fáceis de encontrar gratuitamente na internet, por isso procura se modelos 3D em STL e usamos o programa UltiMaker para converter os ficheiros para STL.



- **COMO TRASFERIR OS FICHEIROS PARA A IMPRESSORA**

Após ter os ficheiros guardados no computador, vamos transferi-los para uma pen e vamos inseri-la na entrada USB que está na parte da frente da impressora à esquerda do ecrã.

Para verificar se os ficheiros já estão na impressora, vamos clicar na Terceira opção da barra lateral e depois clicar na opção USB drive como está na imagem.



## Como imprimir?

Para imprimir basta seleccionar o modelo que queres imprimir e clicar no botão de print no ecrã, a seguir a impressora vai começar a aquecer e a medir as dimensões da impressão, após isso finalmente a impressão começa

