



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

UISEU

Prevalência e aplicações das Impressoras 3D na Medicina Dentária em Portugal

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para
obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária*

Renata da Costa Abrantes

Viseu, 2024



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

VISEU

Prevalência e aplicações das Impressoras 3D na Medicina Dentária em Portugal

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para
obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária*

Orientador:

Professor Doutor Tiago Marques

Coorientadores:

Professor Doutor Danilo Fernandes

Professor Mestre Filipe Araújo

Por: Renata da Costa Abrantes

Viseu, 2024

Membros do Júri das Provas Públicas

Presidente: Professora Doutora Patrícia Sofia Soares Couto

Professora Auxiliar da Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Medicina Dentária

Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde (CIIS), Viseu, Portugal

Arguente: Professora Doutora Cristina Isabel de Paiva Figueiredo

Professora Auxiliar da Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Medicina Dentária

Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde (CIIS), Viseu, Portugal

Orientador: Professor Doutor Tiago Miguel Santos Marques

Professor Auxiliar da Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Medicina Dentária,

Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde (CIIS), Viseu, Portugal

Data das provas públicas: 19/07/2024

Validação e confirmação pelos serviços escolares:

___ / ___ / ___

**Normality is a paved road:
It's comfortable to walk, but no flowers grow on it.**

Vincent Van Gogh

Agradecimentos

Ao meu orientador, **Professor Doutor Tiago Marques**, pela sua exemplar orientação. A sua constante disponibilidade, prontidão e ajuda ao longo de todo o percurso foram fundamentais para a realização desta tese.

Aos meus coorientadores, **Mestre Filipe Araújo e Professor Doutor Danilo Fernandes**, pelo apoio constante e ajuda prestada.

Aos meus pais, pela dedicação e apoio desde sempre. Em especial à minha mãe, por ser a minha maior confidente e companheira, e por acreditar, antes de mim mesma, que conseguiria alcançar todos os meus feitos ao longo da vida.

Aos meus avós, por serem um pilar fundamental ao longo da minha vida. Sou muito grata por todo o carinho, apoio incondicional e força que me dão constantemente.

À minha irmã, que me acompanha desde sempre, por todo o companheirismo e por ser o meu exemplo a seguir.

Ao meu namorado, **Ricardo Pereira**, por ser o meu refúgio. Todo o apoio constante deu-me forças para continuar quando tudo parecia impossível.

Às minhas colegas e amigas, em especial à minha binómia **Francisca Cardoso e Beatriz Sanches**, por todas as gargalhadas, lágrimas e apoio diário. A vossa amizade tornou esta jornada mais leve e especial para mim.

Aos meus amigos, a minha segunda família, por terem sempre acreditado em mim.

Resumo

Introdução: Nas últimas décadas temos acompanhado um avanço digital significativo que revolucionou a prática clínica na Medicina Dentária. As Impressoras 3D surgem nos anos 80 como técnica de Manufatura Aditiva, que consiste na criação de um objeto pela adição de material camada a camada, através de um modelo digital 3D, contrariamente à técnica convencional de Manufatura Subtrativa. O propósito deste estudo é avaliar as aplicações e a prevalência desta tecnologia em Portugal.

Materiais e métodos: Foi realizado um questionário na plataforma *Qualtrics*, constituído por 18 perguntas, com a finalidade de avaliar variáveis como o conhecimento das tecnologias de Impressão 3D, as crenças acerca da compatibilidade de diversos materiais, assim como vantagens e limitações associadas a esta tecnologia. O questionário foi partilhado de forma pessoal na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa e *online* nas redes sociais, no grupo “Brigada da Cureta” e no Fórum Nacional de Medicina Dentária.

Resultados: Dos Médicos Dentistas inquiridos, 92 são utilizadores de impressoras 3D. Dos 137 MD que não utilizam, 47,4% dos (n=65) justificou que o laboratório dentário produzia todos os pedidos. Verificou-se uma associação estatisticamente significativa entre o tempo de utilização e as variáveis modelos de diagnóstico $p < 0,001$ e pontes e coroas provisórias $p < 0,006$. Uma grande parte dos MD (92%) acredita que no futuro as impressoras 3D terão um papel crucial na Medicina Dentária, o que reflete uma expectativa positiva do impacto desta tecnologia

Conclusão: As impressoras 3D parecem vir a ter um papel crucial na prática dentária do futuro, até a curto prazo. Na população de Médicos Dentistas em Portugal, a maioria pondera adquirir uma impressora 3D e reconhece a sua utilidade e mais-valia, no entanto apresentam também diversos entraves à sua compra. Mais estudos são necessários de modo a avaliar a sua aplicabilidade em Portugal e no estrangeiro e dar segurança aos Médicos Dentistas para a sua compra.

Palavras-chave: Impressão Tridimensional, Prevalência, Portugal

Abstract

Introduction: In recent decades, we have witnessed significant digital advancements that have revolutionized clinical practice in Dentistry. 3D printers emerged in the 1980s as a form of Additive Manufacturing, which involves creating an object by adding material layer by layer, using a 3D digital model, as opposed to the conventional Subtractive Manufacturing technique. The purpose of this study is to evaluate the applications and prevalence of this technology in Portugal.

Materials and Methods: A questionnaire was conducted on the Qualtrics platform, consisting of 18 questions, aiming to evaluate variables such as knowledge of 3D printing technologies, beliefs regarding the compatibility of various materials, as well as advantages and limitations associated with this technology. The questionnaire was shared personally at Faculty of Dental Medicine- Universidade Católica Portuguesa and online on social media platforms, within the "Brigada da Cureta" group and the National Forum of Dental Medicine.

Results: Out of the surveyed Dentists, 92 are users of 3D printers. Among the 137 Dentists who do not use it, 47.4% (n=65) justified their non-use by stating that "the dental laboratory fulfills all orders." There was a statistically significant association between usage time and the variables diagnostic models ($p < 0.001$) and provisional bridges and crowns ($p < 0.006$). A large portion of Dentists (92%) believes that in the future, 3D printers will play a crucial role in Dentistry, reflecting a positive expectation of the impact of this technology.

Conclusion: 3D printers seem to have a crucial role in the future dental practice, even in the short term. In the population of Dentists in Portugal, the majority consider acquiring a 3D printer and recognize its usefulness and added value, but they encounter various barriers to its purchase. Further studies are needed to evaluate their applicability in Portugal and abroad and provide Dentists with confidence in purchasing them.

Keywords: Three-Dimensional Printing, Prevalence, Portugal

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. História	3
1.2. Funcionamento	3
1.3. Tecnologias	4
1.4. Aplicabilidade	6
1.5. Limitações	8
1.6. Objetivo	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1. Desenho do estudo	13
2.2. Caracterização da amostra	13
2.3. Instrumento de recolha e análise dos dados	14
2.4. Questões éticas e deontológicas	14
3. RESULTADOS	15
4. DISCUSSÃO	31
5. CONCLUSÃO	39
6. BIBLIOGRAFIA	43
7. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Caraterização da amostra por sexo e idade	17
Tabela 2 – Caraterização do conhecimento acerca das impressoras 3D.....	19
Tabela 3 – Caraterização do tipo de materiais compatíveis com impressoras 3D	19
Tabela 4 – Caraterização das vantagens das impressoras 3D na Medicina Dentária	20
Tabela 5 – Caraterização das finalidades da utilização da impressora 3D	22
Tabela 6 – Caraterização das limitações da utilização da impressora 3D.....	23
Tabela 7 – Caraterização dos conhecimentos das tecnologias das impressoras 3D.....	23
Tabela 8 – Cruzamento da proporção de utilização com as opiniões mais relevantes sobre as impressoras 3D	24
Tabela 9 – Cruzamento do tempo de utilização com as opiniões mais relevantes sobre as impressoras 3D.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Caraterização da região onde exerce atividade.....	18
Figura 2 – Caraterização da proporção de casos produzidos mensalmente com o uso das impressoras 3D.....	21
Figura 3 – Caraterização do tempo de utilização da impressora 3D.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS

- 3D- Tridimensional
- MA- Manufatura Aditiva
- TC- Tomografia Computorizada
- CBCT- Tomografia Computorizada de Feixe Cônico
- RM- Ressonância Magnética
- CAD- *Computer-Aided-Design*
- ASTM- *American Section of the International Standart Organization*
- SLA- Stereolithography
- UV- Ultra-Violeta
- DLP- *Digital Light Processing*
- FDM- Modelagem por Deposição Fundida
- MD- Médicos Dentistas
- SLS- Sinterização Seletiva a Laser
- CAD-CAM- *Computer-Aided Design - Computer-Aided Manufacturing*

1. INTRODUÇÃO

1. Introdução

1.1. História

A Medicina Dentária atual é muito diferente daquela praticada no final do século passado. Esta evolução exponencial muito se deve ao aparecimento e desenvolvimento de novas tecnologias. Atualmente, o fabrico por técnica aditiva, nomeadamente as inovadoras impressoras digitais tridimensionais (3D), está a ganhar terreno como forte aliada na prática clínica. (1)

Esta técnica é definida como “processo de unir materiais para criar objetos a partir de dados de modelo 3D, geralmente camada por camada, em oposição aos métodos de Manufatura Subtrativa”, segundo a terminologia EN ISO/ASTM 52,900. A Manufatura Subtrativa consiste no processo de remoção de material a partir de um bloco sólido, através de técnicas de fresagem, para criar um objeto. Comparando com a Manufatura Aditiva (MA), apresenta limitações relevantes como o desperdício de material e dificuldade em atingir geometrias complexas pela inacessibilidade das fresas alcançarem reentrâncias. (2,3)

As impressoras 3D assumem-se, nos finais dos anos 80 e anos 90, como protagonistas desta nova revolução industrial, visto que, estando capacitadas a produzir materiais tais como cerâmicas, plásticos e metais, mostram a todos os médicos dentistas a sua grande aplicabilidade na medicina dentária. (3,4)

1.2. Funcionamento

O modo de funcionamento das impressoras 3D resume-se em três etapas fulcrais: obtenção de dados, processamento de dados e fabrico. De modo a obter dados, poder-se-á recorrer a várias fontes, como o *scanner* intraoral e extraoral, tomografia computadorizada (TC), tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT) ou Ressonância Magnética (MRI). (3,5)

Segue-se o processamento de dados através do CAD (*Computer-Aided Design*), que é amplamente utilizado em setores como o *design* industrial, a engenharia e ambientes de produção. Este é responsável por converter informações digitais em modelos exatos 3D, possibilitando a visualização de

modelos de trabalho digitalmente, ampliar e conferir áreas críticas, assim como produzir enceramentos de diagnóstico. (4)

Depois de finalizar o design do objeto, o arquivo é transferido para o software da impressora através de um ficheiro STL, onde são definidas as variáveis de construção e os parâmetros para dividir o objeto em camadas e adicionar as estruturas de suporte. (1,5,7)

Por fim, o pós-processamento é responsável pela remoção e limpeza dos materiais de suporte, sendo que cada tecnologia tem as suas instruções dadas pelo fabricante. Esta etapa é especialmente exigente quando a produção envolve materiais metálicos, pelas nanopartículas e resíduos de pós metálicos impercetíveis, o que pode representar um perigo à segurança e saúde do operador. (1)

1.3. Tecnologias

Segundo a ASTM (*American Section of the International Standart Organization*) existem, no total, sete tecnologias associadas ao funcionamento da impressão 3D: Estereolitografia, Jato de Material, Modelação por Deposição Fundida, Jato de Ligante, Fusão em Leito de pó, Laminação de Folhas e Deposição de Energia Direta. (8)

A mais amplamente utilizada é a Estereolitografia (SLA) em que a plataforma é submersa numa resina líquida e depois polimerizada através de laser Ultra-Violeta (UV). A cada camada depositada, a plataforma realiza um movimento descendente correspondente à espessura da camada, garantindo que a resina anterior não polimerizada cobre uniformemente a camada anterior. Esta técnica permite um rápido fabrico com elevada precisão, contudo, apresenta como limitações a restrita disponibilidade de materiais, sendo apenas aplicável a polímeros fotorpolimerizáveis líquidos e o longo tempo de produção, visto que o material segue um feixe de laser e no pós processamento esta tecnologia exige etapas adicionais para atingir o acabamento superficial desejado e as corretas propriedades mecânicas. Esta técnica é frequentemente aplicada na produção de coroas provisórias e definitivas, guias cirúrgicas, próteses parciais fixas e modelos de diagnóstico. (1,7,8,9)

A tecnologia DLP (*Digital Light Processing*) é a segunda mais utilizada. Esta técnica difere da SLA pela fonte de luz, sendo a imagem criada por uma

lâmpada em forma de arco ou micro espelhos dispostos de forma retangular. resolução da imagem projetada está relacionada com o número de micro espelhos, que funcionam como interruptores de luz. À medida que cada camada é exposta à luz, ela endurece, e o processo repete-se até à conclusão do objeto. Contrariamente a outras técnicas, o objeto físico é elevado a partir da resina líquida, percorrendo um movimento ascendente. A vantagem desta técnica reside no facto de que cada camada pode ser fotopolimerizada com uma única exposição a laser, o que leva a que o tempo de construção não seja afetado pela complexidade geométrica ou pelo número de objetos. (1,9,10)

Uma terceira técnica é o *Jetting*, em que, como o nome indica, é bombeado a jato um fotopolímero sobre a plataforma de construção através de uma cabeça de impressão, funcionando de forma muito semelhante a uma tradicional impressora a jato de tinta. Uma particularidade desta técnica é a capacidade de produção de modelos em cores completas, no entanto, não é isento de desvantagens. A incapacidade de esterilização, o elevado custo dos materiais e a possibilidade dos materiais de suporte causarem irritações cutâneas apresentam-se como fatores que não devem ser descurados.(1,5,9)

A técnica FDM (Modelagem por Deposição Fundida) consiste na extrusão de um material termoplástico camada por camada. Os materiais termoplásticos mais utilizados são o PLA (ácido polilático), policarbonato e poliamida e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno). As impressoras 3D FDM de baixo custo são mais utilizadas na criação de objetos geometricamente simples, como modelos anatómicos básicos. Esta técnica destaca-se pela boa relação custo-eficácia, rentabilidade, elevada resistência mecânica e biocompatibilidade dos materiais na cavidade oral. Porém, precisão da técnica FDM é influenciada por fatores como a velocidade do movimento da extrusora, o tamanho dos incrementos e o fluxo de material, o que pode prejudicar a qualidade final da impressão. (1,8,11)

Na tecnologia SLS, um laser é utilizado para fundir um pó fino de material, permitindo a construção gradual de estruturas camada por camada. Enquanto uma cama de pó desce de forma incremental, uma nova camada fina de material é uniformemente distribuída sobre a superfície. Os materiais utilizados nesta técnica são em forma de pó, sendo os mais comuns: Co-Cr (cromo cobalto), titânio, PEEK (Polieteretercetona) e poliamidas. É uma técnica dispendiosa e é aplicada no fabrico de coroas, implantes e próteses parciais. (1,5)

1.4. Aplicabilidade

São, assim, evidentes as evoluções das técnicas desenvolvidas nesta área que, apesar de temporalmente recente, têm já mostrado a sua grande aplicabilidade na prática clínica de Medicina Dentária, nas suas várias vertentes. Salientam-se as mais comuns: a realização de modelos de diagnóstico; goteiras oclusais; guias cirúrgicas; pontes e coroas provisórias; modelos de alinhadores transparentes; modelos para pontes e coroas; entre outras finalidades. (12)

As impressoras 3D vieram, indiscutivelmente, economizar tempo e recursos. Uma das mais relevantes aplicações das impressoras 3D centra-se na área da Prostodontia, visto que possibilita o registo digital rápido, impressão de próteses em consultório e colaboração digital com laboratórios. (13)

Comparativamente com os métodos convencionais, a literatura científica comprovou o sucesso na impressão 3D de coroas cerâmicas permanentes, assim como coroas provisórias, com melhores ajustes marginais e internos, e contactos proximais mais precisos. As tecnologias como SLA e SLS têm sido amplamente adotadas nesta área por alcançarem uma superfície de elevada qualidade. Apesar da MA apresentar vantagens como a capacidade de criar várias geometrias simultaneamente e economia de material, enfrentam alguns entraves como: o pós-processamento poder resultar em estruturas mais porosas na técnica SLS, assim como o encolhimento anisotrópico e efeito de degraus. (15)

Uma das primeiras e mais utilizadas aplicações da tecnologia de MA foi a criação de modelos impressos 3D dos dentes e maxilares do paciente, auxiliando o diagnóstico e planeamento do tratamento; assim como a impressão de modelos definitivos para a produção de próteses fixas suportadas por implantes ou dentes naturais. Esta aplicabilidade permite a personalização do tratamento, dada a qualidade da reprodução da anatomia dentária única de cada paciente, especialmente em casos com necessidades especiais, devido a determinadas condições ou lesões. (8,15)

A tecnologia de impressão 3D tem sido também empregada na produção de guias cirúrgicas, que auxiliam os profissionais na realização de procedimentos menos invasivos e com maior previsibilidade e *outcome*, na medida em que orientam de forma precisa a inserção de implantes dentários. Essas ferramentas indicam não apenas a posição de inserção, mas também os ângulos e a profundidade ideais do implante, assegurando uma transferência rigorosa para o paciente. Ao otimizar o posicionamento do implante, as guias cirúrgicas levam em consideração diversos fatores, incluindo aspectos anatômicos, cirúrgicos e protéticos. Estas peças devem ser resistentes, biocompatíveis e permitir a esterilização e desinfecção, dado o risco de infecção que podem desenvolver. Além disso, a transparência é também um fator importante por permitir uma melhor visibilidade e diminuir a taxa de erros e complicações. (1,2,8,14)

Alguns fatores podem influenciar a precisão das guias cirúrgicas, como a espessura da camada; a orientação e posição na plataforma de construção, sendo 45° o ideal na tecnologia SLA; a seleção de materiais e a tecnologia de fabrico- há um consenso na literatura de que as impressoras industriais proporcionam maior precisão e qualidade das guias cirúrgicas, quando comparadas com as impressoras “de mesa”. (8,15)

As próteses removíveis podem também ser criadas com recurso à tecnologia de impressão 3D. O polimetilmetacrilato (PMMA) é o material mais comumente usado no fabrico de próteses dentárias removíveis completas convencionais, sendo o *gold standard* na técnica de impressão 3D devido à sua facilidade de processamento, biocompatibilidade com os tecidos orais e boas propriedades estéticas. Contudo, as próteses completas removíveis impressas em 3D apresentam limitações significativas como a falta de retenção devido aos polímeros impressos; dificuldade em equilibrar a oclusão, instabilidade de cor a longo prazo e a propensão do PMMA à colonização microbiana no meio oral. (1,16)

Também a área da Ortodontia acompanhou este salto tecnológico. A prova disso é o sistema *Invisalign*®, que realinha digitalmente os dentes do paciente, com o objetivo de criar uma série de modelos impressos em 3D destinados ao fabrico de "alinhadores". (1,17)

A tecnologia da impressão 3D revolucionou o planeamento do tratamento ortodôntico, permitindo uma simulação virtual precisa dos movimentos dentários

em modelos digitalizados. Isto possibilita a previsão dos resultados do tratamento e uma estimativa do tempo necessário. Antes do surgimento da impressão 3D, os alinhadores eram tradicionalmente produzidos através de um processo de termoformação com materiais termoplásticos. visto que tanto o processo de termoformação quanto o ambiente intraoral tinham o potencial de modificar as propriedades do material, influenciando assim o desempenho global dos alinhadores. (7,17,18)

Outra principal aplicação da impressão 3D são as goteiras oclusais, responsáveis pelo tratamento de disfunções temporomandibulares. O processo tradicional inclui impressões em alginato e registo oclusal em cera, o que pode levar a erros e tornar-se dispendioso. Apesar das goteiras oclusais impressas em 3D levarem a uma redução do desperdício de material e de tempo de cadeira, apresentam menor resistência ao desgaste e à flexão; além da falta de literatura acerca da biocompatibilidade, durabilidade e estabilidade a longo prazo. (1,19,20)

A impressão 3D de modelos anatômicos surge também como auxílio também na perspectiva educativa. A reprodução realista dos tecidos duros e tecidos moles permite que os estudantes e MD possam praticar simulações no âmbito da cirurgia oral e maxilofacial, enriquecendo a sua formação tanto na atividade clínica como pré-clínica. (8)

1.5. Limitações

Com o advento da MA na medicina dentária, registam-se benefícios na produção de materiais, no que toca a diversos parâmetros, como a rapidez, a eficiência e a qualidade. Apesar de todas as vantagens denotadas e das francas melhorias verificadas na prática com a sua utilização, também apresentam alguns entraves, não sendo por isso transversalmente rotineiras. Um dos principais obstáculos é o custo elevado tanto da aquisição como da manutenção, não estando ao alcance de todo e qualquer médico dentista. (1,2)

Adicionalmente, a restrição de materiais é uma limitação a ser considerada: técnicas como SLA e DLP são limitadas a polímeros líquidos fotopolimerizáveis, sendo necessário remover os materiais de suporte; assim como a FDM apenas pode produzir com materiais termoplásticos, restringindo a diversidade de objetos que possam ser produzidos. (5)

O pós-processamento pode levar bastante tempo devido a tarefas como a remoção das estruturas de suporte e o acabamento dos objetos impressos, impactando o tempo total de produção. (1,11)

A operação de impressoras 3D em contextos profissionais, como na Medicina Dentária, é limitada pela necessidade de formação especializada. O processo exige conhecimento técnico para configurar e calibrar a impressora 3D corretamente, além de habilidades no uso do software CAD-CAM (Computer-Aided Design- Computer-Aided Manufacturing). Além disso, é fundamental compreender as propriedades dos diferentes materiais de impressão e como manuseá-los corretamente, incluindo fatores como de esterilização e propriedades do material, o que representa uma barreira significativa para a adoção mais ampla desta tecnologia. (1,12)

Além disso, a literatura é escassa quanto ao desempenho a longo prazo das restaurações impressas tridimensionalmente na cavidade oral, mais especificamente no que concerne à formação de placa bacteriana e biocompatibilidade. (11)

Estas limitações impelem à necessidade de produzir mais investigação relativamente a estes tópicos, com vista a obter um maior conhecimento quanto às impressoras 3D e, por conseguinte, uma maior aceitação junto dos médicos dentistas.

1.6. Objetivo

Atendendo a que, ao momento da realização deste estudo, a literatura científica em Portugal é extremamente reduzida nesta área e de modo a providenciar aos clínicos dados fidedignos para uma decisão consciente e informada quanto à utilidade das impressoras 3D, consideramos ser necessário realizar mais estudos. Os objetivos da presente tese são:

- Averiguar a prevalência da utilização de impressoras 3D na atualidade em medicina dentária
- Os desafios que as impressoras 3D enfrentam no caminho para a sua integração plena nas clínicas dentárias
- O impacto futuro que poderão ter na prática clínica de Medicina Dentária em Portugal

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2. Materiais e Métodos

2.1. Desenho do estudo

Esta investigação consiste num Estudo Transversal Observacional Descritivo, seguida de estatística descritiva e inferencial, da prevalência, aplicações e experiência da utilização das impressoras 3D pelos médicos dentistas em Portugal. Foi partilhado um questionário da plataforma *Qualtrics*, de forma pessoal aos docentes que lecionam na clínica universitária da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa (FMDUCP) e por via *online* através das redes sociais, no grupo “Fórum de Medicina Dentária” e no grupo “Brigada da Cureta”. Este questionário esteve ativo entre o dia 24 de março e o dia 17 de maio de 2024.

2.2. Caracterização da amostra

Foi elaborado um questionário com base em outros questionários validados cientificamente (Anexo 1). Este questionário inclui 18 perguntas, em formato de escolha múltipla e resposta simples, de modo a obter informações caracterizadoras dos médicos dentistas, o seu conhecimento e utilização atual das impressoras 3D e o interesse na sua utilização. (12,21)

O questionário permitiu a participação de qualquer médico dentista, utilizador ou não utilizador das impressoras 3D na sua prática clínica. Avaliaram-se, assim, diversas variáveis, como o género e a idade dos médicos dentistas, a faculdade frequentada, o ano de conclusão do curso, a utilização de impressoras 3D, o conhecimento de impressoras 3D, as crenças acerca da compatibilidade de diversos materiais, assim como vantagens e limitações que considera relevantes acerca das impressoras 3D.

A amostra de médicos dentistas esteve dependente do número de questionários totalmente preenchidos e anonimizados. Os MD utilizadores de impressoras 3D que não exercessem em Portugal não foram contabilizados para o estudo.

2.3. Instrumento de recolha e análise dos dados

A análise dos dados realizou-se recorrendo ao programa IBM SPSS *Statistics*, versão 27.0 (IBM Corp, Armonk, NY, USA), após estes terem sido compilados e organizados numa base de dados no Microsoft Office Excel (Los Angeles, CA, USA).

De seguida foram utilizados métodos de análise estatística descritiva e inferencial a fim de determinar a prevalência e aplicações das impressoras 3D em Portugal.

Considerou-se o valor de $p < 0,05$, como estatisticamente significativo.

2.4. Questões éticas e deontológicas

O pedido de parecer para a concretização deste estudo foi encaminhado à Presidente da Comissão de Ética para a Saúde da UCP (Universidade Católica Portuguesa), Prof.^a Dr.^a Mara de Sousa Freitas. A aprovação foi concedida através de email no dia 10 de abril de 2024 (Anexo 2).

É de destacar que os dados recolhidos foram totalmente anonimizados e não houve qualquer identificação dos inquiridos.

3. RESULTADOS

3. Resultados

Inicialmente, responderam ao questionário 244 médicos dentistas, sendo que destes 56,1% (n=137) afirmaram não utilizar impressora 3D na prática clínica. Dos 137 médicos dentistas que não utilizavam a impressora 3D, 47,4% (n=65) justificou que não o fazia porque “o laboratório dentário produzia todos os pedidos”, 32,8% (n=45) referiu que o investimento inicial era muito exigente, 5,8% (n=8) defenderam que não viam qualquer benefício na aquisição e 13,9% (n=19) referiram outro motivo, nomeadamente não terem clínica própria. Por outro lado, 60,6% (n=83) dos que não utilizam impressora 3D afirmaram ponderar comprar a mesma no futuro e que a maioria, 92,0%(n=126) acredita que no futuro as impressoras 3D terão um papel crucial na medicina dentária.

Posto isto, a partir deste ponto, o trabalho incide no grupo de médicos dentistas que utiliza impressora 3D, ou seja, os 107 que responderam afirmativamente. Contudo, foi necessário retirar 15 casos porque apenas responderam que utilizavam e não responderam ao resto do questionário.

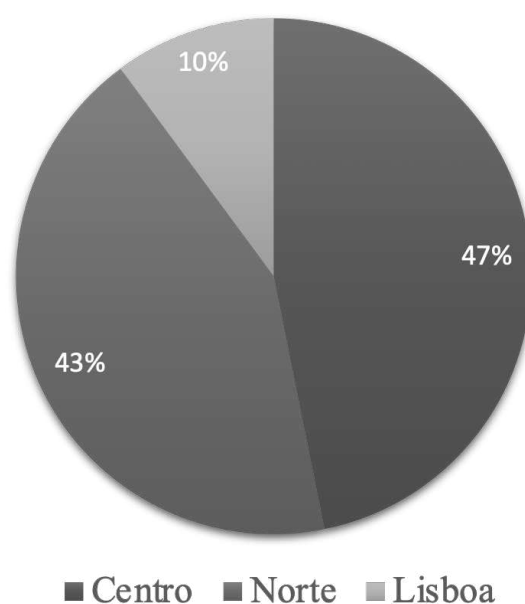
Apresenta-se na tabela 1 a caracterização da amostra por sexo e idade. Verifica-se que 69,6% (n=64) dos médicos dentistas inquiridos são do sexo masculino e que 64,1% (n=59) tinham entre os 30 e os 49 anos de idade. É de referir que com pelo menos 50 anos tem-se sete médicos dentistas, cinco do sexo masculino e dois do feminino.

Tabela 1 – Caracterização da amostra por sexo e idade

Idade	Sexo		Total n(%)
	Masculino n(%)	Feminino n(%)	
Inferior a 30 anos	16 (25,0)	10 (35,7)	26 (28,3)
De 30 a 49 anos	43 (67,2)	16 (57,1)	59 (64,1)
De 50 a 59 anos	5 (7,8)	2 (7,1)	7 (7,6)
Total	64 (100)	28 (100)	92 (100)

Dos 92 médicos dentistas que utilizam impressora 3D tem-se que 85,9% (n=79) exercem a sua atividade em Portugal e os restantes 14,1% (n=13) fora do país. Dos médicos dentistas que exercem a atividade me Portugal, 43,0% (n=34) exerce no norte, 46,8% (n=37) no centro e 10,1% (n=8) em Lisboa, como está demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Caraterização da região onde exerce atividade



A partir deste ponto consideram-se os Médicos Dentistas que exercem atividade em Portugal, ou seja, 79 inquiridos.

Relativamente à obtenção de conhecimento acerca das impressoras 3D, tabela 2, destaca-se o conhecimento através da internet, referido por 35,4% (n=28) dos MD e o conhecimento obtido por meio de outra fonte de informação indicado por 44,3% (n=35) dos inquiridos. Observa-se ainda que dezasseis dos médicos dentistas referiram que frequentaram uma pós-graduação que levou a

que conhecessem esta tecnologia e treze médicos afirmaram que tinham realizado formação.

Tabela 2 – Caracterização do conhecimento acerca das impressoras 3D

Como obteve conhecimento acerca das impressoras 3D	Sim n (%)	Não n (%)
Obtive conhecimento por meio de uma pós-graduação	16 (20,6%)	63 (79,7%)
Obtive conhecimento através de uma formação	13 (16,5%)	66 (83,5%)
Obtive conhecimento através da internet	28 (35,4%)	51 (64,6%)
Obtive conhecimento por meio de outra fonte de	35 (44,3%)	44 (55,7%)

Quanto ao tipo de materiais que os MD pensam ser compatíveis com as impressoras 3D, tabela 3, destacam-se: as resinas fotopolimerizáveis referidas por 81,0% (n=64) dos inquiridos e os polímeros termoplásticos indicados por 60,8% (n=48) dos médicos dentistas. Os materiais ceras, cerâmicas e metais foram referidos por 20,8%, 29,1% e 29,1% dos médicos dentistas, respetivamente.

Tabela 3 – Caracterização do tipo de materiais compatíveis com impressoras 3D

Que tipo de materiais pensa ser compatíveis com impressoras 3D	Sim n (%)	Não n (%)
Resinas fotopolimerizáveis	64 (81,0%)	15 (19,0%)
Ceras	16 (20,3%)	63 (79,7%)
Cerâmicas	23 (29,1%)	56 (70,9%)
Metais	23 (29,1%)	56 (70,9%)
Polímeros termoplásticos	48 (60,8%)	31 (39,2%)

Quanto às vantagens que as impressoras 3D acrescentam no âmbito da medicina dentária, Tabela 4, destaca-se: a redução do tempo na cadeira, referida por 67,1% (n=53) dos inquiridos; alta precisão e desempenho, indicada por 53,2% (n=42) dos médicos e melhoria de comunicação com o paciente referida por 55,7% (n=44) dos médicos dentistas.

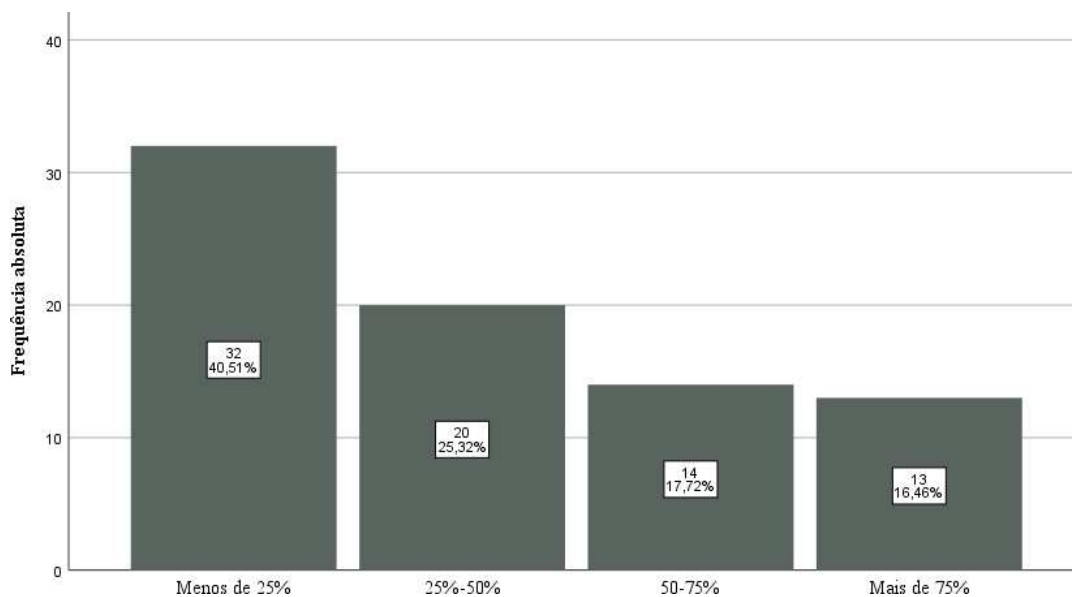
O custo reduzido e a capacidade de produção de designs complexos mostraram-se como vantagens evidenciadas por cerca de 50% dos médicos dentistas.

Tabela 4 – Caraterização das vantagens das impressoras 3D na medicina dentária

Vantagens das impressoras 3D na medicina dentária	Sim n (%)	Não n (%)
Redução do tempo na cadeira	53 (67,1%)	26 (32,9%)
Custo reduzido	40 (50,6%)	39 (49,4%)
Capacidade de produção de designs complexos	41 (51,9%)	38 (48,1%)
Alta precisão e desempenho	42 (53,2%)	37 (46,8%)
Economia de material	31 (39,2%)	48 (60,8%)
Melhoria de comunicação com o paciente	44 (55,7%)	35 (44,3%)
Independência em relação aos laboratórios dentários	37 (46,8%)	42 (53,2%)
Melhores resultados clínicos	32 (40,5%)	47 (59,5%)

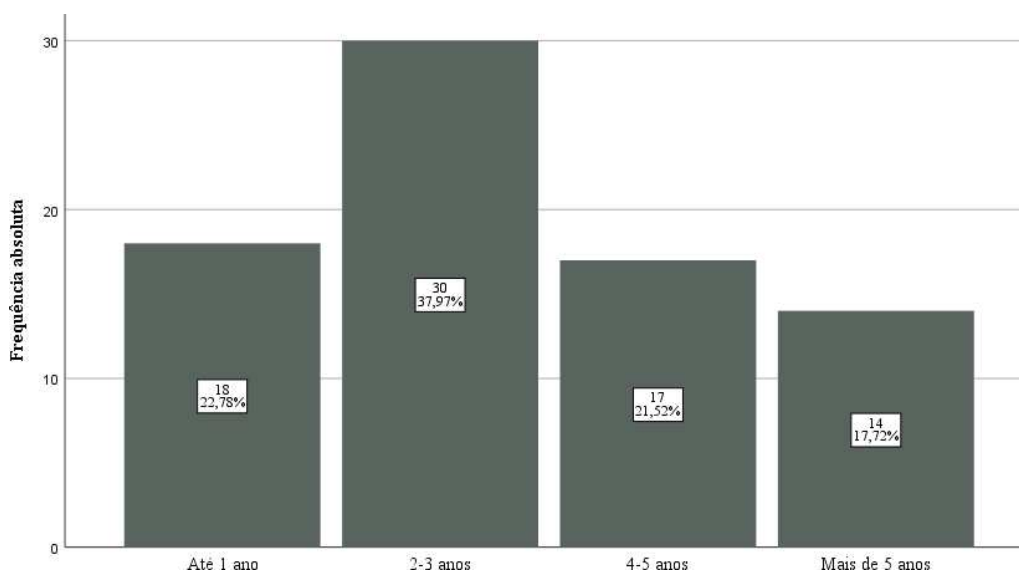
Relativamente à proporção de casos produzidos mensalmente com o uso das impressoras 3D, figura 2, 65,8% (n=52) dos médicos dentistas utiliza mensalmente até 50% dos casos e 34,2% (n=27) dos médicos acima dos 50% dos casos.

Figura 2 – Caracterização da proporção de casos produzidos mensalmente com o uso das impressoras 3D



Quanto ao tempo, em anos, de utilização das impressoras, Figura 3, 38,0% (n=30) dos médicos dentistas utiliza há mais de dois anos e menos de quatro anos; 39,2% (n=31) dos inquiridos utiliza há pelo menos 4 anos.

Figura 3 – Caracterização do tempo de utilização da impressora 3D



Relativamente às finalidades da utilização, Tabela 5, destacam-se: modelo de diagnóstico referido por 77,2% (n=61) dos médicos dentistas; guias cirúrgicas indicadas por 58,2% (n=46) dos inquiridos e igual percentagem 48,1% (n=38) dos médicos dentistas referiu como finalidade modelos para pontes e coroas e pontes e coroas provisórias.

Tabela 5 – Caracterização das finalidades da utilização da impressora 3D

Finalidades da impressora 3D	Sim n (%)	Não n (%)
Modelo de diagnóstico	61 (77,2%)	18 (22,8%)
Guias cirúrgicas	46 (58,2%)	33 (41,8%)
Goteiras oclusais	32 (40,5%)	47 (59,5%)
Modelos para alinhadores invisíveis	12 (15,2%)	67 (84,8%)
Alinhadores invisíveis	5 (6,3%)	74 (93,7%)
Modelos para pontes e coroas	38 (48,1%)	41 (51,9%)
Pontes e coroas provisórias	38 (48,1%)	41 (51,9%)
Outra finalidade	13 (16,5%)	66 (83,5%)

Quanto às limitações da utilização da impressora 3D identificadas pelos médicos dentistas inquiridos destacam-se: material limitado, referido por 32,9% (n=26); necessidade de operadores especializados, indicado por 40,5% (n=32) dos inquiridos e tempo de produção referido por 36,7% (n=29) dos médicos dentistas.

Tabela 6 – Caracterização das limitações da utilização da impressora 3D

Limitações da impressora 3D	Sim n (%)	Não n (%)
Material limitado	26 (32,9%)	53 (67,1%)
Necessidade de operadores especializados	32 (40,5%)	47 (59,5%)
Custo elevado	13 (16,5%)	66 (83,5%)

Aumento da velocidade de produção com diminuição de precisão	11 (13,9%)	68 (86,1%)
Tempo de produção	29 (36,7%)	50 (63,3%)
Outra limitação	9 (11,4%)	70 (89,6%)

Relativamente ao conhecimento das tecnologias de impressão 3D, tabela 7, os médicos dentistas destacaram a Esteriolitografia (SLA) referida por 81,0% (n=64) dos inquiridos; a Polimerização por luz (DLP) indicada por 79,7% (n=63) dos médicos e a Fusão seletiva a laser (SLS) referida por 46,8% (n=37) dosMD.

Tabela 7 – Caraterização dos conhecimentos das tecnologias das impressoras 3D

Conhecimento das tecnologias da impressora 3D	Sim n (%)	Não n (%)
Esteriolitografia (SLA)	64 (81,0%)	15 (19,0%)
Fusão Seletiva a Laser (SLS)	37 (46,8%)	42 (53,2%)
Polimerização por Luz (DLP)	63 (79,7%)	16 (20,3%)
Jetting	8 (10,1%)	49 (62,0%)
Modelagem por Deposição Fundida (FDM)	30 (38,0%)	49 (62,0%)

Na tabela 8 apresentam-se os resultados do cruzamento da proporção de materiais produzidos pelas impressoras 3D com as opiniões mais relevantes sobre as mesmas. Concluiu-se pela aplicação do teste de independência do qui-quadrado que a proporção de materiais utilizados com recurso às impressora 3D é estatisticamente independente do tipo de materiais mais conhecidos que a impressora utiliza, das vantagens com maior reconhecimento da impressora, das finalidades mais comuns na utilização da impressora, das maiores limitações encontradas e das tecnologias mais conhecidas.

Tabela 8 – Cruzamento da proporção de utilização com as opiniões mais relevantes sobre as impressoras 3D

Acerca da impressora 3D	Escolha	Resposta	Proporção de utilização da impressora 3D			χ^2 (p)
			Menos de 25% n (%)	Entre 25% a 50% n (%)	Mais de 50% n (%)	
Tipos de materiais mais conhecidos	Resinas	Sim	26 (81,3)	14 (70,0)	24 (88,9)	2,667 (0,264)
		Não	6 (18,8)	6 (30,0)	3 (11,1)	
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
	Polímeros	Sim	17 (53,1)	14 (70,0)	17 (63,0)	1,554 (0,460)
		Não	15 (46,9)	6 (30,0)	10 (37,0)	
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
Vantagens com maior reconhecimento	Redução do tempo de cadeira	Sim	19 (59,4)	14 (70,0)	20 (74,1)	1,536 (0,512)
		Não	13 (40,6)	6 (30,0)	7 (25,9)	
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
	Alta precisão e desempenho	Sim	15 (46,9)	11 (55,0)	16 (59,3)	0,938 (0,626)
		Não	17 (53,1)	9 (45,0)	11 (40,7)	
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
Melhoria da comunicação com o paciente	Sim	17 (53,1)	12 (60,0)	15 (55,6)	0,236 (0,889)	
	Não	15 (46,9)	8 (40,0)	12 (44,4)		
	Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)		
Maiores finalidades	Modelos de diagnóstico	Sim	25 (78,1)	14 (70,0)	22 (81,5)	0,886 (0,642)
		Não	7 (21,9)	6 (30,0)	5 (18,5)	

		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
		Sim	19 (59,4)	10 (50,0)	17 (63,0)	
	Guias cirúrgicas	Não	13 (40,6)	10 (50,0)	10 (37,0)	0,823 (0,663)
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
		Sim	13 (40,6)	9 (45,0)	16 (59,3)	
	Modelos para pontes e coroas	Não	19 (59,4)	11 (55,0)	11 (40,7)	2,140 (0,343)
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
		Sim	13 (40,6)	9 (45,0)	16 (59,3)	
	Pontes e coroas	Não	19 (59,4)	11 (55,0)	11 (40,7)	2,140 (0,343)
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
		Sim	9 (28,1)	7 (35,0)	10 (37,0)	
	Material limitado	Não	23 (71,9)	13 (65,0)	17 (63,0)	0,580 (0,748)
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
		Sim	15 (46,9)	8 (40,0)	9 (33,3)	
Maiores limitações	Operadores especializados	Não	17 (53,1)	12 (60,0)	18 (66,7)	1,117 (0,572)
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
		Sim	16 (50,0)	6 (30,0)	7 (25,9)	
	Tempo de produção	Não	16 (50,0)	14 (70,0)	20 (74,1)	4,172 (0,124)
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
		Sim	24 (75,0)	18 (90,0)	22 (81,5)	
	SLA	Não	8 (25,0)	2 (10,0)	5 (18,5)	1,806 (0,405)
		Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
Tecnologias mais conhecidas		Sim	12 (37,5)	10 (50,0)	15 (55,6)	2,025 (0,363)
	SLS	Não	20	10	12	

		(62,5)	(50,0)	(44,4)	
	Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	
DLP	Sim	23 (71,9)	19 (95,0)	21 (77,8)	
	Não	9 (28,1)	1 (5,0)	6 (22,2)	4,174 (0,124)
	Total	32 (100)	20 (100)	27 (100)	

χ^2 (p) – estatística teste qui-quadrado (nível de significância)

Na tabela 9 apresentam-se os resultados do cruzamento do tempo de utilização das impressoras 3D com as opiniões mais relevantes sobre as mesmas. Concluiu-se pela aplicação do teste de independência do qui-quadrado que a proporção de materiais utilizados com recurso às impressoras 3D é estatisticamente independente das seguintes variáveis: tipo de materiais que os MD pensam ser compatíveis; vantagens das impressoras 3D com maior reconhecimento por parte dos inquiridos; finalidades mais comuns na utilização das impressoras 3D, limitações apontadas e tecnologias mais conhecidas. No entanto, notou-se uma associação estatisticamente significativa entre os modelos de diagnóstico e pontes e coroas provisórias e MD que utilizam impressoras 3D há mais tempo.

Tabela 9 – Cruzamento do tempo de utilização com as opiniões mais relevantes sobre as impressoras 3D

Acerca da impressora 3D	Escolha	Resposta	Tempo de utilização da impressora 3D			χ^2 (p)	
			Menos de 2 anos n (%)	Entre 2 a 4 anos n (%)	Mais 4 anos n (%)		
Tipos de materiais mais conhecidos	Resinas	Sim	16 (88,9)	25 (83,3)	23 (74,2)	1,768 (0,413)	
		Não	2 (11,1)	5 (16,7)	8 (25,8)		
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)		
	Polímeros	Sim	13 (72,2)	15 (50,0)	20 (64,5)	2,632 (0,268)	
		Não	5 (27,8)	15 (50,0)	11 (35,5)		
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)		
Vantagens com maior reconhecimento	Redução do tempo de cadeira	Sim	13 (72,2)	18 (60,0)	22 (71,0)	1,109 (0,574)	
		Não	5 (27,8)	12 (40,0)	9 (29,0)		
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)		
	Alta precisão e desempenho	Sim	12 (66,7)	14 (46,7)	16 (51,6)	1,857 (0,395)	
		Não	6 (33,3)	16 (53,3)	15 (48,4)		
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)		
	Melhoria da comunicação com o paciente	Sim	12 (66,7)	19 (63,3)	13 (41,9)	3,966 (0,138)	
		Não	6 (33,3)	11 (36,7)	18 (58,1)		
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)		
	Maiores finalidades	Modelos de diagnóstico	Sim	10 (55,6)	26 (86,7)	25 (80,6)	6,530 (0,038)
			Não	8 (44,4)	4 (13,3)	6 (19,4)	
			Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
Guias cirúrgicas		Sim	10 (55,6)	17 (56,7)	19 (61,3)	0,202 (0,904)	
		Não	8 (44,4)	13 (43,3)	12 (38,7)		
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)		
Modelos para	Sim	7 (38,9)	14 (46,7)	27 17 (54,8)	1,200		

	pontes e coroas	Não	11 (61,1)	16 (53,3)	14 (45,2)	(0,549)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
		Sim	6 (33,3)	11 (36,7)	21 (67,7)	
	Pontes e coroas	Não	12 (66,7)	19 (63,3)	10 (32,3)	7,934 (0,019)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
		Sim	4 (22,2)	8 (26,7)	14 (45,2)	
	Material limitado	Não	14 (77,8)	22 (73,3)	17 (54,8)	3,568 (0,168)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
		Sim	6 (33,3)	12 (40,0)	14 (45,2)	
Maiores limitações	Operadores especializados	Não	12 (66,7)	18 (60,0)	17 (54,8)	0,666 (0,717)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
		Sim	6 (33,3)	14 (46,7)	9 (29,0)	
	Tempo de produção	Não	12 (66,7)	16 (53,3)	22 (71,0)	2,155 (0,340)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
		Sim	13 (72,2)	26 (86,7)	25 (80,6)	
	SLA	Não	5 (27,8)	4 (13,3)	6 (19,4)	01,530 (0,465)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
		Sim	8 (44,4)	13 (43,3)	16 (51,6)	
Tecnologias mais conhecidas	SLS	Não	10 (55,6)	17 (56,7)	15 (48,4)	0,473 (0,789)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	
		Sim	15 (83,3)	23 (76,7)	25 (80,6)	
	DLP	Não	3 (16,7)	7 (23,3)	6 (19,4)	0,335 (0,846)
		Total	18 (100)	30 (100)	31 (100)	

χ^2 (p) – estatística teste qui-quadrado (nível de significância)

4. DISCUSSÃO

4. Discussão

Dos 92 médicos dentistas inquiridos, 69,6% (n=64) são do sexo masculino, o que não coincide com a realidade do nosso país. Segundo a Ordem dos Médicos Dentistas (OMD), em 2021, 61,6% do total de membros inscritos na Ordem são do sexo feminino e tem se constatado ao longo dos últimos anos uma crescente taxa de feminização, tendo atingido 160% relativamente a 2020. Nas camadas mais jovens, a predominância do sexo feminino é ainda mais notável, sendo entre os médicos dentistas com 30 anos ou menos, 73% são mulheres. (22)

Quanto à faixa etária, a maioria dos inquiridos do estudo, 64,1% (n=59), tinha entre 30 a 49 anos de idade, o que está em linha com os dados da OMD. Em 2021, a média de idade dos membros ativos na OMD foi de 40 anos, porém 70% dos médicos dentistas tinham até 45 anos. A tendência em Portugal é de aumento da faixa mais jovem, visto que o número de estudantes do Mestrado Integrado em Medicina Dentária tem vindo a aumentar progressivamente nas últimas décadas. (22)

Uma grande parte dos MD inquiridos estudaram na Universidade Católica Portuguesa (UCP) devido à forma como foi distribuído o questionário, através de difusão *online* junto de professores que lecionam na Faculdade de Medicina Dentária e antigos alunos desta faculdade, pela partilha pessoal na clínica universitária e também no grupo “Brigada da Cureta”, podendo este facto constituir uma limitação do estudo.

Dos 92 médicos dentistas utilizadores de impressora 3D, tem-se que 14,1% (n=13) exerce a sua atividade fora do país. Todavia, este número pode estar subestimado, visto que, à partida, o questionário era apenas a MD que exercessem em Portugal, o que se encontrava explanado no cabeçalho. A percentagem de clínicos que exercem no estrangeiro é pertinente dada a realidade atual. Segundo o bastonário da OMD, Miguel Pavão: “o mercado de trabalho nacional está com uma cada vez maior saturação, originando uma progressiva precarização e desvalorização da profissão e o aumento dos fluxos migratórios para exercício da profissão em outros países, nomeadamente dos mais jovens”. Em 2021, dos médicos dentistas que pediram suspensão por

exercerem no estrangeiro, 27,6% praticam a sua atividade em França e 23,5% no Reino Unido. No estrangeiro, os clínicos poderão encontrar melhores condições financeiras, mas também melhores infraestruturas e condições logísticas no trabalho, como material dentário mais atualizado. Nesta classe, inserem-se as Impressoras 3D, tema deste estudo. (22)

A distribuição e utilização das impressoras 3D na prática clínica na Europa ainda é um tema desconhecido, na medida em que a literatura científica neste âmbito é escassa. Seria pertinente, no futuro, realizar estudos semelhantes noutros países europeus, de modo a obter uma comparação das realidades demográficas na Europa.

Os técnicos de prótese têm, indiscutivelmente, um papel relevante na Medicina Dentária em Portugal: quanto aos motivos que levaram os 137 médicos dentistas a não utilizarem impressoras 3D, 47,4% (n=65) responderam que o laboratório dentário produzia todos os pedidos. Este dado está em linha com os resultados do estudo de Marta Revilla-León et al, em que 44% justificaram que não utilizavam esta tecnologia pelo mesmo motivo. (12)

A comunicação entre o médico dentista e o técnico de prótese é fundamental no sucesso do tratamento. Esta cooperação garante que o trabalho protético vá ao encontro das expectativas e necessidades do paciente, levando a uma melhor qualidade nos cuidados prestados dentro dos prazos estabelecidos. Atualmente, esta comunicação é melhorada e facilitada pelo avanço tecnológico a que assistimos nas últimas décadas: a facilidade em obter fotografias com boa qualidade através de telemóvel, scanner intraoral, e a troca instantânea de informação estão diretamente relacionados com a excelência e distinção do tratamento. (24-27)

Apesar da impressão 3D ter proporcionado autonomia aos médicos dentistas, dispensando a necessidade de recorrer a laboratórios dentários, também os técnicos de prótese acompanharam este avanço digital. Ao adotar a MA nos seus procedimentos, os protésicos têm a oportunidade de aprimorar os seus trabalhos e beneficiar de todas as vantagens associadas, agilizando os seus procedimentos. (27)

Outro grande entrave à adoção global desta tecnologia é o investimento inicial na aquisição nas impressoras 3D, que pode variar consoante o modelo e a marca. Acresce a este custo o despendido em materiais de impressão e

formação dos operadores, o que nunca deverá ser descurado. Não obstante estes gastos, a generalização e difusão das impressoras 3D influenciou as tendências do mercado, levando a um aumento da concorrência e economias de escala e, com isto, uma maior acessibilidade a um maior leque de utilizadores. (9)

Nos dias de hoje, os clínicos têm intenção de aprimorar as suas técnicas e, para tal, recorrer a tecnologias de ponta, entre elas as Impressoras 3D. Apenas 5,8% (n=8) dos MD inquiridos justificaram que não reconheciam qualquer benefício na aquisição, contrastando com 34% dos clínicos inseridos no estudo de Marta Revilla-León et al. Este dado não é discutido no estudo referido, no entanto em Portugal apresenta-se, de seguida, os benefícios mencionados. (12)

Quanto aos benefícios das impressoras 3D, é de realçar que 67,1% dos inquiridos apontaram como vantagem a redução do tempo de cadeira, enquanto que no estudo realizado por Marta Revilla-León et al, apenas 20%. Por exemplo, na área da Prostodontia, o scanner intraoral e a impressão 3D transformaram a fabricação de próteses. Dois exemplos da contribuição da impressão 3D são a eliminação da necessidade realizar impressões tradicionais em alginato e a possibilidade da impressão direta de próteses de silicone com boa estética, o que reduz o número de consultas necessárias para o paciente e melhora a sua perceção do tratamento. (5,12)

Além disso, a redução do tempo de cadeira melhora a relação custo-eficácia: é gasto menos tempo em cada procedimento e reduzem-se as despesas gerais laborais e operacionais. Durante tratamentos demorados há um maior risco de fadiga, complicações e desconforto, levando a menor adesão ao plano de tratamento. (3,11)

Apesar dos múltiplos benefícios que a impressão 3D ofereceu, não se deve negligenciar alguns aspetos desta tecnologia. A maior limitação apontada pelos MD (40,5%) foi a necessidade de operadores especializados, devido à complexidade das técnicas associadas e dos *softwares* de *design*. A falta de formação e especialização na operação de impressoras 3D pode levar ao mau funcionamento e calibração, e, por conseguinte, resultar em ineficiências, erros e resultados aquém do pretendido. São necessários operadores qualificados para abordar questões relacionadas com a compatibilidade de materiais,

disponibilidade e rentabilidade nos processos de impressão 3D. Desta forma, esta necessidade de especialização resulta em tempo e custo de aprendizagem, assim como um bom conhecimento técnico digital para dominar esta tecnologia, o que pode ser uma causa para os MD preferirem recorrer aos laboratórios dentários. (2,24)

A restrição de materiais foi a segunda limitação mais apontada. Apesar das tecnologias SLA e DLP serem as mais populares na prática clínica, estão restritas a polímeros fotocuráveis e ainda não são capazes de criar objetos com diferentes materiais numa única impressão. A técnica FDM é distinta neste aspeto, sendo capaz de criar, com vários extrusores, um único objeto com múltiplos gradientes de materiais e estar apta a usar praticamente todos os materiais que possam ser extrudados. No entanto, comparativamente a outras técnicas como SLA, a técnica FDM produz peças com uma qualidade de impressão inferior, principalmente no acabamento da superfície, apresentando linhas e camadas visíveis: esta desvantagem pode comprometer a estética e a durabilidade. (8,10)

A sustentabilidade e a consciência ecológica são valores fundamentais nos dias de hoje. Uma das desvantagens apontadas por um inquirido deste estudo às impressoras 3D foi o seu impacto ambiental. A falta de métodos organizados de reciclagem para os resíduos pode levar a danos ambientais e desperdício de material. Desta forma, é essencial a realização de estudos que analisem a pegada ecológica dos processos de MA, em comparação com os processos convencionais realizados nos laboratórios dentários. (4)

Quanto à toxicologia, o método de produção destas tecnologias pode levar a riscos de saúde ocupacional, devido à emissão de compostos orgânicos voláteis (VOCs), gases tóxicos e partículas ultrafinas. Esta exposição continuada a polímeros sintéticos pode levar a doenças respiratórias como a DPOC (doença pulmonar obstrutiva crónica), asma, rinite alérgica, entre outras. Deste modo, tendo em vista este ponto, é imprescindível a incorporação de regras que garantam a saúde e segurança dos operadores destas tecnologias, assim como a viabilidade intraoral para o paciente. (4,29,30)

Similar aos resultados do estudo realizado por Kübra Gülnur Topsakal et al, a tecnologia mais conhecida pelos MD utilizadores de impressoras 3D no nosso estudo é a SLA (81%), seguida da DLP (79,7%). A popularidade da técnica

SLA, a primeira a surgir na Impressão 3D, pode ser justificada pelas suas vastas vantagens: rapidez da produção, capacidade de criar geometrias complexas devido à alta resolução, bom acabamento da superfície do objeto, resistência à temperatura e facilidade em retirar resina não polimerizada. É de realçar que existe mais literatura científica sobre esta técnica e as suas aplicabilidades, o que poderá contribuir para a sua maior popularização. (3,21)

A tecnologia DLP surge como a segunda mais conhecida em ambos os estudos, apresentando algumas vantagens comparativamente à SLA: na DLP, o tempo de construção é independente da complexidade da geometria da camada ou do número de objetos a ser impressos. Tendo em conta que a camada inteira é fotopolimerizada de uma única vez, o tempo necessário para solidificar uma camada não varia em função dos detalhes ou de números de peças a serem produzidas simultaneamente. (7,11)

Quanto às aplicações das impressoras 3D, a mais utilizada pelos MD em Portugal foram os modelos de diagnóstico. Este dado entra em linha com os resultados do estudo de Marta Revilla-León et al, assim como os resultados do estudo realizado por Tamas Hegedus et al. Os inquiridos destes estudos referiam considerar os modelos impressos em 3D mais precisos do que os modelos em gesso. (4,12)

Os modelos impressos em 3D permitem uma reprodução real da anatomia do paciente e são usados para inúmeras finalidades. Entre estas, está descrito o seu fulcral papel no que concerne ao planeamento do tratamento, tanto na perspetiva do MD como na perspetiva do paciente; o paciente pode concretamente observar e perceber o tratamento a ser realizado. Há ainda a realçar a redução da necessidade de ajustes posteriores recorrendo a esta tecnologia. Por fim, podem ter um importante contributo na formação de estudantes de Medicina Dentária e MD.(1,11)

Contrariamente aos resultados do estudo de Kübra Gülnur Topsakal et al, em que os MD apontaram como principal aplicação das impressoras 3D a produção de alinhadores invisíveis ortodônticos, neste estudo apenas 6,3% dos inquiridos utilizam. Esta baixa percentagem pode justificar-se pela produção destas peças por grandes empresas especializadas, equipadas com impressoras 3D industriais e pessoal especializado nesta área, além de terem a capacidade de investir em tecnologias de ponta, o que permite o fabrico em larga

escala. Desta forma, os MD podem preferir terceirizar, visto que exige um planeamento e produção mais exigentes relativamente a outras aplicações. (17,21)

Através da tabela 9, concluímos que existe uma associação estatisticamente significativa entre o tempo de utilização de impressoras 3D e a aplicação em modelos de diagnóstico e fabrico de pontes e coroas provisórias. Constatou-se que os MD que utilizam impressoras 3D há mais anos, tendem a utilizá-las para estes fins. Este resultado sugere que, à medida que os MD conhecem melhor as tecnologias, os benefícios e as limitações das impressoras 3D, adquirem mais experiência e confiança para utilizá-la da sua prática clínica. Este dado está em linha com o estudo de Kübra Gülnur Topsakal et al, tendo justificado que os MD mais experientes dominam as tecnologias mais inovadoras. (14,21)

Dos MD não utilizadores de impressoras 3D, 60,6% (n=83) pondera a aquisição no futuro, o que demonstra receptividade à sua utilização e perceção dos benefícios associados. Este dado não está em concordância com o estudo Marta Revilla-León et al, em que apenas 21% ponderam a sua aquisição ou aluguer. (12)

É de destacar que 92,0% (n=126) dos MD, independentemente de serem utilizadores ou não, acredita que no futuro as impressoras 3D terão um papel crucial na Medicina Dentária, estando em linha com o estudo de Kübra Gülnur Topsakal et al (97,7%). Estes dados confirmam que os MD têm acompanhado o avanço digital marcante nesta área e reflete uma perceção generalizada da confiança desta tecnologia revolucionar a prática clínica. (21)

Em suma, este estudo é uma mais-valia ao fornecer dados que podem servir como base para pesquisas futuras, dada a escassa literatura científica acerca de impressoras 3D em Portugal.

5. CONCLUSÃO

5. Conclusão

A Medicina Dentária tem feito uma evolução exponencial, com novas técnicas e novos materiais a surgir recentemente. A aposta no digital será certamente parte integrante do futuro, tendo as impressoras 3D especial enfoque neste processo.

Em Portugal, a aquisição de impressoras 3D é um objetivo da maioria dos clínicos, no entanto ainda existem vários obstáculos apontados à compra, entre eles a necessidade de operadores especializados e a restrição de materiais: estes entraves impedem a sua adoção generalizada.

Uma grande maioria dos Médicos Dentistas acredita firmemente que a Impressão 3D terá um grande impacto na prática clínica futura. Com o contínuo avanço da era digital, é expectável a crescente adoção da Manufatura Aditiva por parte dos clínicos.

Maior investigação futura nesta área permitirá garantir eficácia das impressoras 3D, com novas aplicabilidades, e garantir a segurança no seu uso, tanto para o clínico como para o paciente.

6. BIBLIOGRAFIA

6. Bibliografia

1. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J.* 2015;219(11):521–9.
2. Bae EJ, Jeong ID, Kim WC, Kim JH. A comparative study of additive and subtractive manufacturing for dental restorations. *J Prosthet Dent.* 2017;118(2):187–93.
3. Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D printing in digital prosthetic dentistry: An overview of recent developments in additive manufacturing. *J Clin Med.* 2021;10(9):1–14.
4. Hegedus T, Kreuter P, Kismarci-Antalffy AA, Demeter T, Banyai D, Vegh A, et al. User Experience and Sustainability of 3D Printing in Dentistry. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(4):1–15.
5. Luis J, Javier J. Digital tools and 3D printing technologies integrated into the workflow of restorative treatment: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2019;121:3–8.
6. Manuel P, Cabral V. Utilização da Tecnologia CAD-CAM pelos Médicos Dentistas formados nas Faculdades de Medicina Dentária Portuguesas. Universidade Católica Portuguesa; 2017.
7. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D printing in dentistry-State of the Art. *Oper Dent.* 2020;45(1):30–40.
8. Revilla-León M, Özcan M. Additive Manufacturing Technologies Used for Processing Polymers: Current Status and Potential Application in Prosthetic Dentistry. *J Prosthodont.* 2019;28(2):146–58.
9. Jeong M, Radomski K, Lopez D, Liu JT, Lee JD, Lee SJ. Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. *Dent J.* 2024;12(1):1–15.
10. Oberoi G, Nitsch S, Edelmayer M, Janjic K, Müller AS, Agis H. 3D printing- Encompassing the facets of dentistry. *Front Bioeng Biotechnol.* 2018;6:1–13.
11. Wang J, Goyanes A, Gaisford S, Basit AW. Stereolithographic (SLA) 3D printing of oral modified-release dosage forms. *Int J Pharm.* 2016;503(1-2):207–12.

12. Revilla-León M, Frazier K, Costa J da, Haraszthy V, Ioannidou E, MacDonnell W, et al. Prevalence and applications of 3-dimensional printers in dental practice: An American Dental Association Clinical Evaluators Panel survey. *J Am Dent Assoc.* 2023;154(4):355–6.
13. Zaharia C, Gabor A-G, Gavrilovici A, Stan AT, Idorasi L, Sinescu C, et al. Digital Dentistry — 3D Printing Applications. *J Interdiscip Med.* 2017;2(1):50–3.
14. Tian Y, Chen CX, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning.* 2021;2021:1–14.
15. Rezaie F, Farshbaf M, Dahri M, Masjedi M, Maleki R, Amini F, et al. 3D Printing of Dental Prostheses: Current and Emerging Applications. *J Compos Sci.* 2023;7:1–12.
16. Anadioti E, Musharbash L, Blatz MB, Papavasiliou G, Kamposiora P. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):1–9.
17. Sehwat S, Kumar A, Prabhakar M, Nindra J. The expanding domains of 3D printing pertaining to the speciality of orthodontics. *Mater Today Proc.* 2021;50:1611–8.
18. Anadioti E, Kane B, Soulas E. Current and Emerging Applications of 3D Printing in Restorative Dentistry. *Curr Oral Health Rep.* 2018;5(2):133–9.
19. Pradiés G, Morón-Conejo B, Martínez-Rus F, Salido MP, Berrendero S. Current applications of 3D printing in dental implantology: A scoping review mapping the evidence. *Clin Oral Implants Res.* 2023;34(S1):1–22.
20. Venezia P, Muzio LL, Furia CDE, Torsello F. Digital manufacturing of occlusal splint: From intraoral scanning to 3D printing. *J Osseointegration.* 2019;11(3):535–9.
21. Topsakal KG, Gökmen Ş, Eser Misir S, Duran GS, Görgülü S. Evaluation of the usage prevalence and knowledge levels of the dentists about oral scanners and 3D printers. *Sağlık Bilim Derg.* 2023;32(2):156–63.
22. Ordem dos Médicos Dentistas. Ordem dos Médicos Dentistas 2022 - Os números da Ordem. Porto: Ordem dos Médicos Dentistas. 2022:1-39.
23. Ordem dos Médicos Dentistas. Médicos dentistas formados no estrangeiro. Disponível em: <https://www.omd.pt/2023/10/medicos->

- dentistas-estrangeiro/. Acesso em 2024 Jun.
24. Christensen GJ. Improving dentist-technician interaction and communication. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(4):475–8.
 25. Afsharzand Z, Rashedi B, Petropoulos VC. Communication between the dental laboratory technician and dentist: Work authorization for fixed partial dentures. *J Prosthodont.* 2006;15(2):123–8.
 26. Santos VLC. Comunicação entre médico dentista e técnico de prótese dentária na execução protocolar do mantenedor de espaço removível. Instituto Universitário Egas Moniz; 2021.
 27. Derksen W, Wismeijer D, Hanssen S, Tahmaseb A. Dental technician of the future. *Forum Implantol.* 2015;11(1):12–20.
 28. Despeisse M, Minshall T. Skills and education for additive manufacturing: A review of emerging issues. *IFIP Adv Inf Commun Technol.* 2017;513:289–97.
 29. Mohammadian Y, Nasirzadeh N. Toxicity risks of occupational exposure in 3D printing and bioprinting industries: A systematic review. *Toxicol Ind Health.* 2021;37(9):573–84.
 30. Maines EM, Porwal MK, Ellison CJ, Reineke TM. Sustainable advances in SLA/DLP 3D printing materials and processes. *Green Chem.* 2021;23(18):6863–97.

7. ANEXOS

Anexo 1: Questionário

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma tese de Mestrado realizada na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa e poderá ser preenchido por qualquer médico dentista. A finalidade deste estudo será apurar a prevalência, aplicações e experiência da utilização das impressoras 3D na Medicina Dentária em Portugal.

O questionário demora cerca de 2 minutos a ser preenchido, é totalmente anónimo e os resultados obtidos serão utilizados somente para fins académicos.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Qual a sua idade?

- Menos de 30 anos
- 30-49 anos
- 50-59 anos
- Mais de 60 anos

2. Qual o seu género?

- Masculino
- Feminino
- Outro

3. Exerce atualmente em Portugal?

- Sim
- Não

4. Em que região/regiões de Portugal exerce?

- Norte
- Centro
- Lisboa

- Alentejo
- Algarve
- Ilhas

5. Qual o nome da faculdade que frequentou?

6. Em que ano terminou o curso?

7. Utiliza impressora 3D na prática clínica?

- Sim
- Não

Se a resposta for não à pergunta 7. for “não” deverá responder a partir da pergunta 16.

Se a resposta à pergunta 7. for “sim”:

8. Como obteve conhecimento acerca das impressoras 3D?

- Não conheço impressoras 3D
- Obtive conhecimento por meio de uma pós-graduação
- Obtive conhecimento através de uma formação
- Obtive conhecimento através da internet
- Obtive conhecimento por meio de outra fonte de informação

9. Que tipo de materiais pensa ser compatíveis com impressoras 3D?

- Resinas fotopolimerizáveis
- Ceras
- Cerâmicas
- Metais
- Polímeros termoplásticos

10. Que vantagens considera que as impressoras 3D acrescentam no âmbito da Medicina Dentária?

- Redução do tempo de cadeira
- Custo reduzido
- Capacidade de produção de designs complexos
- Alta precisão e desempenho
- Economia de material
- Melhoria da comunicação com o paciente
- Independência em relação a laboratórios dentários

11. Qual a proporção de casos produzidos mensalmente com o uso das impressoras 3D?

- Mais de 75%
- 50-75%
- 25-50%
- Menos de 25%

12. Há quantos anos utiliza impressora 3D?

- Até 1 ano
- 2-3 anos
- 4-5 anos
- Mais de 5 anos

13. Para que finalidades mais utiliza as impressoras 3D?

- Modelos de diagnóstico
- Guias cirúrgicas
- Goteiras oclusais
- Modelos para alinhadores invisíveis
- Alinhadores invisíveis
- Modelos para pontes e coroas
- Pontes e coroas provisórias

- Outra finalidade (indicar qual)

14. Que limitações aponta para o uso das impressoras 3D?

- Material limitado
- Necessidade de operadores especializados
- Custo elevado
- Aumento da velocidade de produção com diminuição da precisão
- Tempo de produção
- Outro (indicar qual)

15. Conhece as tecnologias das impressoras 3D? Se sim, indique quais:

- Esteriolitografia (SLA)
- Fusão Seletiva a Laser (SLS)
- Polimerização por Luz (DLP)
- *Jetting*
- Modelagem por Deposição Fundida (FDM)

16. Que motivo o/a levou a não adquirir uma impressora 3D?

- O investimento inicial é muito exigente
- O laboratório dentário produz todos os meus pedidos
- Não vejo nenhum benefício na sua aquisição
- Outro motivo (indicar qual)

17. Pondera a aquisição desta tecnologia no futuro?

- Sim
- Não

18. Acredita que as impressoras 3D terão um papel crucial no futuro da medicina dentária?

- Sim
- Não

Anexo 2: Parecer da comissão de ética



UNIVERSIDADE
CATOLICA
PORTUGUESA

Parecer sobre o projeto n.º 11

Comissão de Ética para a Saúde da Universidade Católica Portuguesa

Mandato 2023/2027

<p>Projeto de Investigação</p> <p>Na reunião do dia 10 de abril de 2024 a CES-UCP esteve reunida e apreciou do ponto de vista ético os elementos submetidos pelo investigador, no dia 8 de abril de 2024, em resposta a parecer prévio da CES, datado de 14 de fevereiro de 2024. Sobre a apreciação redige o parecer que agora se apresenta.</p>
<p>Título: Prevalência e Aplicações das Impressoras 3D na Medicina Dentária em Portugal</p>
<p>Investigador Principal: Tiago Miguel Santos Marques Orientadores: Danilo Fernandes e Filipe Araújo</p>
<p>Resumo/Elementos solicitados pelo parecer da CES-UCP: O investigador submeteu os esclarecimentos solicitados no parecer desta CES, de 14 de fevereiro de 2023, nos termos abaixo enunciados:</p> <p>Exma. Presidente da Comissão de Ética, Antes de mais peço desculpa pelo atraso no envio dos esclarecimentos, mas aguardei que os temas de tese fossem aprovados definitivamente em Científico. Irei responder ponto por ponto a cada uma das dúvidas suscitadas.</p> <p>Esclarecimento: na declaração de aprovação pelo Conselho Científico, a tese é apresentada com o respetivo título em língua inglesa ("Prevalence and applications of 3-dimensional printers in dental practice in Portugal"), embora em todos os outros documentos apresentados a esta CES apareça sempre com o título em língua portuguesa. Esta informação carece de esclarecimento.</p> <p>Resposta: Relativamente ao título foi alterado em Científico para língua portuguesa e já foi aprovado com o novo título.</p> <p>Apreciação pela CES-UCP: esclarecimento satisfatório.</p> <p>Esclarecimento: Segundo o formulário de submissão a esta CES, os orientadores do projeto são Danilo Fernandes e Filipe Araújo. No entanto, na declaração de aprovação pelo Conselho Científico diz-se que a tese da aluna Renata da Costa Abrantes está sob a orientação de Tiago Miguel Santos Marques. Esta informação carece de esclarecimento.</p> <p>Resposta: A declaração de aprovação apenas menciona o Orientador Principal os restantes coorientadores já fazem parte da investigação, mas normalmente esta declaração apenas é emitida com o investigador principal. Os dois coorientadores já foram também aprovados em Científico.</p> <p>Apreciação pela CES-UCP: esclarecimento satisfatório.</p> <p>Esclarecimento: O investigador declara que a população do estudo abrange apenas médicos dentistas a exercer em Portugal, embora, mais à frente, na parte relativa aos procedimentos, afirme que o questionário será "aplicado a médicos dentistas e a estudantes de medicina dentária". Esta desconformidade deve ser clarificada. O processo amostral não está descrito, por isso, deve ser clarificado o modo como a população será contactada para participar neste estudo. Por email? Como têm acesso ao email?</p> <p>Resposta: Foi um lapso meu na preenchimento do formulário o questionário apenas vai ser submetido a Médicos dentistas através de canais próprios (SPEMD mailing list e rede sociais).</p> <p>Apreciação pela CES-UCP: esclarecimento satisfatório.</p> <p>Esclarecimento: solicita-se ao investigador uma declaração sobre a desnecessidade da avaliação sobre o impacto da proteção de dados. Semelhante declaração deve ser clara (ainda que sucinta), fundamentada e não consistir em mera remissão para um endereço eletrónico.</p>



Resposta: A declaração de desnecessidade da avaliação sobre o impacto de dados e as declarações de conflitos de interesse dos restantes membros da equipa encontram-se em anexo. Foram submetidas e estão em conformidade.

Apreciação pela CES-UCP: esclarecimento satisfatório.

Apreciação sobre os esclarecimentos submetidos pelo investigador principal: Os esclarecimentos foram satisfatórios para o esclarecimento das dúvidas e emissão de parecer ético correspondente.

Estiveram presentes na reunião n.º 6 da CES-UCP

Presidente: Doutora Mara de Sousa Freitas

Vice-presidente: Doutora Maria Vânia Nunes

Doutora Bárbara Nazaré

Doutora Cristina de Sá Carvalho

Doutora Marta Brites

Doutor Nélio Veiga

Mestre Maria Ivone Gaspar

Dra. Soledade Duarte

Conclusão

Ouvidos a Relatora e o plenário da reunião do dia 10 de abril de 2024, realizada em formato híbrido, esta CES delibera, por unanimidade, a emissão de **Parecer Favorável**, assumindo que o investigador considerou a introdução do duplicado do consentimento informado.

Esta CES solicita à Investigadora Principal que, aquando da conclusão do estudo, lhe seja enviada uma síntese dos resultados obtidos e respetivas conclusões, via eletrónica, para o correio eletrónico da CES UCP.

A Presidente,

Mara de Sousa Freitas

Mara de Sousa Freitas

10 de abril de 2024