



CATÓLICA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

---

UISEU

## IDENTIFICAÇÃO EM DESDENTADOS – UTILIZAÇÃO DE QR CODE EM PRÓTESES REMOVÍVEIS

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

Por:  
Sara Filipa Bento Rafael

Viseu, 2023





CATÓLICA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

---

VISEU

## IDENTIFICAÇÃO EM DESDENTADOS – UTILIZAÇÃO DE QR CODE EM PRÓTESES REMOVÍVEIS

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

Por:  
Sara Filipa Bento Rafael

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Doutora Cristina Figueiredo  
Coorientador: Mestre Filipe Araújo

Viseu, 2023



## **Dedicatória**

*Aos meus pais, José e Rosália  
Pelo apoio incondicional e por me terem permitido chegar até aqui*



## Agradecimentos

À minha orientadora, a **Profª. Doutora Cristina Figueiredo**, por toda a motivação, apoio e partilha de conhecimentos ao longo da realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, o **Mestre Filipe Araújo**, por toda a ajuda indispensável à realização desta investigação.

À **LASERARTE**, na pessoa do **Sr. Jorge Oliveira**, pela realização do corte das peças a laser e pelas explicações sobre a realização deste processo.

À **SERIDOIS**, nomeadamente ao **Sr. Carlos Silva** e ao **Sr. Dylan Matias**, pela realização da gravação dos QR Codes e por todas as informações que me forneceram sobre este processo.

À **LaserDesign**, na pessoa do **Sr. Luís Oliveira**, pela realização da gravação de alguns dos QR Codes.

Ao Laboratório de Prótese Dentária **SL Dente**, nomeadamente ao **Sr. Rodrigo Rocha** pela fresagem das peças e ao **Sr. Paulo Costa** e pela ajuda na realização dos testes de temperatura.

À **Profª. Doutora Ana Peixoto Gomes** pela sua simpatia e disponibilidade na realização dos testes laboratoriais recorrendo a substâncias corrosivas.

À minha binómia, **Stephanie Oliveira**, pela sua amizade durante estes 5 anos.

Aos **meus pais**, por todo o apoio e motivação e por acreditarem sempre em mim.



# Resumo

## Introdução

A análise da estrutura dentária é uma ferramenta essencial para o processo de identificação humana e, por esse motivo, a identificação em desdentados totais torna-se mais difícil. Como a prótese dentária pode ser o único elemento existente capaz de permitir a identificação de desdentados totais, a sua marcação com Quick Response Codes (QR Codes), que codifiquem informação identificativa, constitui uma solução para facilitar a identificação humana.

## Material e Métodos

Foram selecionados materiais para testar a viabilidade do processo de obtenção de peças, com avaliação de qual o processo mais vantajoso entre fresagem e corte a laser. Após o fabrico e gravação a laser de QR Codes em peças de diferentes tamanhos e materiais foi avaliada a sua legibilidade e resistência quando expostos a altas temperaturas (600°C e 1000°C) durante um período de 30 minutos e à ação de substâncias corrosivas (ácido sulfúrico e hidróxido de sódio).

## Resultados

O menor tamanho legível foi de 7,5mm x 7,5mm. A exposição de titânio e aço inoxidável a altas temperaturas revelou o problema da oxidação destes materiais após exposições prolongadas a altas temperaturas. O titânio apresentou alta resistência à corrosão por ácido sulfúrico e resistência moderada à corrosão por hidróxido de sódio. O aço inoxidável apresentou resistência muito baixa à corrosão por ácido sulfúrico e alta resistência à corrosão por hidróxido de sódio.

## Conclusão

Ainda que não tenha sido possível diminuir o tamanho de QR Code legível, este estudo desenvolveu um método rápido, eficiente e acessível de fabrico de peças e gravação de QR Codes e testou a sua resistência a dois procedimentos físico-químicos. São necessários mais estudos para que este método de identificação possa ser amplamente aplicado no futuro.

**Palavras-chave:** Ciências Forenses; Medicina Dentária Forense; Prostodontia; Sistemas de Identificação de pacientes; Sistemas de Identificação de Próteses, QR Code



# **Abstract**

## **Introduction**

Tooth structure analysis is an essential tool for the human identification process and, for this reason, identification in completely edentulous individuals becomes complex. Because the prosthesis can be the only element that allows the identification of completely edentulous individuals, the marking of dental prostheses with Quick Response (QR) Codes that encode identifying information is a solution to simplify the establishment of identity.

## **Material and Methods**

Materials were selected to test the viability of the plate obtaining process, with an evaluation of the most advantageous process between milling and laser cutting. After the manufacture of different size plates and QR Code laser engraving, their readability and resistance to high temperatures (600°C and 1000°C) for a period of 30 minutes and to the action of corrosive substances (sulfuric acid and sodium hydroxide) were evaluated.

## **Results**

The smallest readable size was 7.5mm x 7.5mm. The exposure of titanium and stainless steel to high temperatures revealed the problem of oxidation of these materials after prolonged exposure to high temperatures. Titanium showed high resistance to sulfuric acid corrosion and moderate resistance to sodium hydroxide corrosion. Stainless steel showed very low resistance to sulfuric acid corrosion and high resistance to sodium hydroxide corrosion.

## **Conclusion**

Even though it was not possible to reduce the size of the readable QR Code, this study developed a fast, efficient and accessible method of manufacturing plates for QR Code engraving and tested its resistance to two physical-chemical procedures. More studies are needed so that this identification method can be widely applied in the future.

**Keywords:** Forensic Sciences; Forensic Dentistry; Prosthodontics; Patient Identification Systems; Denture Identification Marking, QR Code.



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
1.1. A MEDICINA DENTÁRIA FORENSE NO PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO .....	3
1.2. IDENTIFICAÇÃO EM PRÓTESES TOTAIS.....	6
1.3. O QR CODE COMO MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO .....	10
1.4. OBJETIVOS.....	11
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
2.1. DESENHO E CONFEÇÃO DO QR CODE.....	15
2.2. ANÁLISE DA LEITURA DO QR CODE .....	21
2.3. SIMULAÇÃO DE TEMPERATURAS ELEVADAS.....	22
2.4. ESTUDO DA RESISTÊNCIA DOS QR CODES À AÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CORROSIVAS .....	23
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
3.1. CONFEÇÃO DE PEÇAS E GRAVAÇÃO DE QR CODES .....	27
3.2. MINIATURIZAÇÃO E PESAGEM DOS QR CODES .....	29
3.3. SIMULAÇÃO DE TEMPERATURAS ELEVADAS.....	32
3.4. RESISTÊNCIA DOS QR CODES À AÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CORROSIVAS .....	35
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
4.1. LIMITAÇÕES E PERSPETIVAS FUTURAS .....	51
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>59</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - QR Code gerado para teste da gravação a laser .....	15
Figura 2 - Plataforma online utilizada para gerar o QR Code .....	16
Figura 3 - Disco de titânio Scheftner® Starbond Ti5 .....	17
Figura 4 - Disco de cromo-cobalto Mesa® Magnum Splendidum .....	17
Figura 5 - Imagem representativa dos tamanhos dos QR Codes .....	17
Figura 6 - Ficheiros STL desenhados em software FreeCAD .....	17
Figura 7 - Máquina de corte a laser de fibra .....	18
Figura 8 - Software CypCut Laser Cutting System .....	18
Figura 9 - Máquina de gravação a laser Sisma Big Smark 200F .....	19
Figura 10 - Máquina de gravação a laser Widlaser F200.....	20
Figura 11 - Software de gravação a laser EZCAD .....	20
Figura 12 - Balança analítica Sartorius BL60S utilizada para pesagem das peças.....	21
Figura 13 - Forno protético Kavo EWL Type 5635.....	22
Figura 14 - Soluções preparadas para submersão dos QR Codes.....	23
Figura 15 - Hidróxido de Sódio na forma sólida.....	23
Figura 16 - Solução de ácido sulfúrico a 98%.....	23
Figura 17 - Peças-protótipo obtidas através de fresagem. a) titânio GR5; b) cromo-cobalto.	27
Figura 18 - Peças obtidas a partir de corte a laser. a) titânio grau 1; b) aço inoxidável .....	28
Figura 19 - Peças resultantes do corte a laser .....	28
Figura 20 - Diferentes QR Codes utilizados nesta investigação .....	30
Figura 21 - Gráfico da temperatura (°C) do forno protético em relação ao tempo (minutos) .	32



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação da legibilidade consoante o método de gravação e o material utilizado para confeção do QR Code .....	29
Tabela 2 - Diferenças na massa (g) das peças dos diferentes materiais utilizados nesta investigação .....	30
Tabela 3 - Alterações observadas após exposição de QR Codes em titânio GR1 aos patamares de temperatura definidos .....	33
Tabela 4 - Alterações observadas após exposição de QR Codes em aço inoxidável aos patamares de temperatura definidos .....	33
Tabela 5 - Legibilidade e alterações verificadas durante uma exposição de 10 horas a hidróxido de sódio de QR Codes em titânio GR1 e aço inoxidável .....	35
Tabela 6 - Legibilidade e alterações verificadas durante uma exposição de 10 horas a ácido sulfúrico de QR Codes em titânio GR1 e aço inoxidável .....	37



# 1. INTRODUÇÃO

---



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. A MEDICINA DENTÁRIA FORENSE NO PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO

A Medicina Dentária Forense é a ciência que une a Medicina Dentária e as Ciências Forenses, no processo de análise e interpretação de factos de natureza médico-dentária, com o propósito de contribuir, com dados científicos e objetivos para o esclarecimento da Justiça.<sup>1-3</sup>

As principais áreas de aplicação da Medicina Dentária Forense atualmente incluem a identificação de indivíduos cuja identidade é desconhecida através da análise de dentes, maxilares e ossos craniofaciais, a análise e avaliação de lesões dentárias, maxilares e tecidos orais resultantes de situações de abuso, agressão, desastres em massa ou consequentes a atos criminosos, a análise e identificação de marcas de mordida encontradas em vítimas ou vestígios materiais encontrados no local do crime, a estimativa da idade de indivíduos, vivos ou não, a contribuição na investigação antropológica e arqueológica e a jurisprudência do foro médico-dentário, incluindo o papel de perito médico-legal.<sup>4-6</sup>

A identificação humana é uma das principais áreas de atuação do médico-dentista forense nomeadamente em indivíduos vítimas de desastres naturais, violência ou atos criminosos. As metodologias utilizadas baseiam-se no princípio da variabilidade, praticamente inesgotável de combinações possíveis de características orais e da resistência oferecida pelas peças dentárias à maioria dos fenómenos destrutivos que ocorrem *pos-mortem* (PM).<sup>7,8</sup>

Uma vez que a estrutura dentária constitui a parte mais dura e mais bem protegida do corpo humano, sendo resistente a condições ambientais extremas, à imersão prolongada em água, trauma ou decomposição, é das últimas estruturas a sofrer alterações PM, tornando-se, assim, uma ferramenta essencial para a identificação humana.<sup>1,4,8-10</sup>

O processo de identificação humana consiste na determinação da identidade de um indivíduo através da definição de características e traços únicos que tornem possível a sua distinção de qualquer outro indivíduo. A necessidade deste processo é justificada por uma variedade de razões, destacando-se desde logo motivos éticos, sociais e legais. Embora não se aplique de forma igual em todas as culturas, é

aceite de forma geral que fornecer provas tangíveis aos familiares sobre a identidade do indivíduo é uma parte essencial do processo de luto. Existem também aspetos do foro jurídico como execuções de testamento, pagamento de dívidas ou questões relacionadas com seguros de vida que apenas podem prosseguir quando se dá a certificação da morte.<sup>4,11</sup>

A identificação humana pode ser feita através de dois métodos: o método comparativo, que se baseia na comparação entre os registos dentários *PM* e *ante-mortem* (*AM*) com o objetivo de estabelecer a identificação do indivíduo, e o método reconstrutivo, utilizado quando os registos dentários *AM* não estão disponíveis e não existe informação prévia referente à possível identificação do indivíduo em questão. Com o método reconstrutivo o objetivo é o estabelecimento de um perfil *PM* em que se incorporam informações que possam facilitar a pesquisa dos registos *AM*, nomeadamente género, idade e afinidade populacional.<sup>1,5,7,12</sup>

Segundo a *American Board of Forensic Odontology* (*ABFO*), após consideração de todos os dados disponíveis para a identificação humana (escritos, fotográficos e radiográficos) existem quatro possíveis conclusões: identificação positiva, em que os dados *AM* e *PM* correspondem em detalhe suficiente e sem discrepâncias inexplicáveis, estabelecendo-se que de facto se trata do mesmo indivíduo; identificação possível, em que os dados *AM* e *PM* mostram características semelhantes, contudo, devido à qualidade da evidência disponível, é difícil estabelecer a identidade; evidência insuficiente, em que não existe informação suficiente para se obter conclusões; e exclusão, em que os registos *AM* e *PM* são claramente inconsistentes entre si.<sup>13</sup>

Por outro lado, segundo o *Comité Internacional da Cruz Vermelha* (*ICRC*), a decisão final no processo de identificação deve enquadrar-se numa das três seguintes categorias: identificação, existindo coerência em toda a informação relevante ao caso e consistência suficiente na comparação de características individuais, para além da ausência de discrepâncias que provoquem a exclusão (todas as discrepâncias devem ser explicadas), de forma a concluir que o indivíduo em questão é de facto a pessoa esperada, excluindo qualquer outra possibilidade; exclusão, quando toda a informação relevante para o caso é incoerente ou existem discrepâncias sérias (absolutas ou inexplicáveis), levando à conclusão de que o

indivíduo em questão não é a pessoa esperada; inconclusivo, aplicando-se a uma situação em que a informação disponível sobre o caso não é suficiente para decidir com certeza a favor de nenhuma das possibilidades anteriores (identificação ou exclusão) e, neste caso, não é possível chegar a uma conclusão suficientemente fundamentada, sendo necessário obter mais informação sobre o caso.<sup>14</sup>

A identificação pode ser feita em diversas modalidades, recorrendo a um único ou a múltiplos identificadores primários ou através de uma combinação de provas circunstanciais e identificadores secundários, isto se aceite em tribunal. São considerados métodos primários de identificação: a identificação através da dactiloscopia, a identificação através do ADN e a identificação através de registos antropológicos, médicos e dentários. Os identificadores primários em si são suficientes para estabelecer a identificação, ao contrário dos identificadores secundários. São considerados identificadores secundários características como a altura, o sexo e a idade do indivíduo, a roupa ou as joias usadas, documentos pessoais, fragmentos capilares, a localização do cadáver, entre outros.<sup>15</sup>

Todos os métodos de identificação científica envolvem a comparação de informação obtida *PM* com dados recolhidos *AM* para estabelecer uma identificação positiva. Registos de impressões digitais podem ser comparados aos tirados do corpo, amostras de DNA disponíveis antes da morte podem ser comparadas às recuperadas de tecidos *PM* e as informações dentárias e médicas podem ser comparadas com registos e imagens *AM*. Cada método tem as suas vantagens e deficiências, mas todos dependem da existência de material *AM* e, se não houver presunção de identidade do indivíduo, podem ser obtidas pistas através da análise dos restos mortais, limitando o número de potenciais candidatos e levando eventualmente à sua identificação.<sup>16</sup>

## 1.2. IDENTIFICAÇÃO EM PRÓTESES TOTAIS

A maioria das identificações dentárias baseia-se na combinação existente entre restaurações, cáries, dentes perdidos e/ou dispositivos protéticos. Contudo, a identificação torna-se mais difícil em indivíduos desdentados, uma vez que a reabsorção óssea e a consequente atrofia da maxila e da mandíbula acabam por destruir as características identificadoras que restam, provocando alterações às estruturas ósseas e impedindo a concordância entre os registos *ante* e *pos-mortem*. Os registos dentários de indivíduos edêntulos são muitas vezes escassos, complicando ainda mais o processo identificativo. Para além disso, os pacientes com próteses totais tendem a não visitar o seu médico-dentista de forma frequente e são pacientes que, quando comparados a pacientes não desdentados, não exigem a realização de tantos exames, que tipicamente constituiriam o registo dentário *AM*. As radiografias são de particular importância na identificação dentária, mas raramente são realizadas em desdentados totais e mesmo nos casos em que existem, são muitas vezes referentes à fase pré-edêntula do indivíduo.<sup>17-20</sup>

Existem diversas vantagens na marcação de próteses dentárias, permitindo a sua utilização na identificação de vítimas de desastres naturais, como cheias, terremotos ou tsunamis, de crimes e de acidentes, situações em que o dispositivo protético pode ser o único elemento que permite realizar a identificação. A marcação de próteses dentárias tem também aplicações fora do contexto forense, nomeadamente na identificação e devolução de próteses perdidas, facto particularmente importante em instituições, como hospitais e lares de idosos, e também na identificação de indivíduos que sofram de amnésia, demência, perda de memória ou de outras doenças do foro psiquiátrico e mental.<sup>17,18,21,22</sup>

Para que uma marcação de próteses dentárias cumpra os requisitos standard é necessário que esta seja biologicamente inerte quando incorporada na prótese, que tenha durabilidade sem provocar enfraquecimento da estrutura do dispositivo protético e que seja económica e de fácil e rápida execução. Deve também ser resistente à ação da humidade, temperatura, de agentes químicos e dos agentes de limpeza e desinfeção usados no quotidiano. A marcação deve para além de garantir uma estética aceitável, manter-se visível, de modo a possibilitar a sua leitura e durabilidade sem provocar enfraquecimento da estrutura protética.<sup>18,23</sup>

Na literatura estão descritos diversos métodos de marcação de próteses dentárias, que são classificados em duas categorias principais: métodos de inclusão e métodos de superfície.<sup>17,23,24</sup>

Os métodos de marcação de superfície incluem a técnica de gravação, que consiste na gravação de números ou letras na superfície da prótese com o auxílio de uma broca esférica de pequenas dimensões, e a técnica de marcação em relevo, que pressupõe o desenho dos caracteres identificadores no modelo de gesso, que, depois do seu processamento, origina letras estampadas em relevo na superfície de impressão da prótese. Ambas as técnicas apresentam vantagem no que diz respeito ao aspeto económico, no entanto a técnica de gravação, ainda que seja de fácil execução, tende a provocar impactação alimentar, infeções bacterianas e irritação das mucosas orais e a técnica de marcação em relevo é descrita como uma técnica prejudicial, uma vez que promove a irritação contínua dos tecidos orais.<sup>17,23,24</sup>

Em oposição aos métodos de superfície, os métodos de inclusão são mais permanentes, mas consomem mais tempo na sua execução, necessitando de técnicos de laboratório preparados para os executar, para além de existir a possibilidade de deslocação, distorção ou rasgamento durante o processo de inclusão na prótese. A marcação através de métodos de inclusão pode ser feita com a utilização de materiais metálicos ou não metálicos, microchips e micro-etiquetas.<sup>23,25</sup>

Os códigos de barras estão incluídos nos métodos de inclusão e codificam informação através de séries de barras e espaços imprimidos em intervalos definidos. Os códigos de barras, para além da sua utilização na marcação de próteses dentárias, podem ser utilizados na marcação de coroas e pontes, resistindo a temperaturas superiores a 600°C e garantindo acesso à informação independentemente do envolvimento de água ou fogo. É também um método de fácil execução com um custo relativamente baixo, necessitando, no entanto, de equipamentos especializados e de preço elevado, para realizar a sua leitura.<sup>23,25,26</sup>

Outro método de inclusão é a identificação através de cartão lenticular, em que é utilizada uma lente lenticular para produzir imagens com ilusão de profundidade e com a capacidade de mudarem ou de se moverem conforme o ângulo em que são observadas. É um método económico, rápido, de fácil execução,

resistente à água e à deterioração, permitindo o armazenamento de uma grande quantidade de informação, mas não apresenta resistência ao fogo, e a informação inserida não pode ser alterada.<sup>17,23,25</sup>

O método da banda de identificação consiste na inclusão de uma banda de aço inoxidável, através da preparação de uma reentrância superficial preparada na base da prótese, que é depois coberta com resina acrílica transparente. As bandas de identificação apresentam grande resistência à corrosão, ainda que não sejam resistentes a temperaturas elevadas, tornando-se ilegíveis a temperaturas a partir dos 1100°C. São, no entanto, uma solução com facilidade de execução e que não exige equipamento especial, de estética aceitável e preço acessível.<sup>17,18,23</sup>

A inclusão de identificadores RFID (*radio-frequency identification*) nas próteses dentárias é um método estético e eficaz, permitindo uma identificação rápida e confiável do seu utilizador. Um identificador RFID, também denominado de transponder, é constituído por um microchip e uma antena, sendo que a antena permite ao microchip transmitir dados ao leitor, que por sua vez converte as ondas de rádio refletidas pelo identificador RFID em informação digital. São preferíveis devido ao seu tamanho reduzido, à grande quantidade de dados que conseguem armazenar e à sua resistência aos agentes de desinfeção e a soluções de hipoclorito a 1%, clorexidina a 4% e perborato de sódio a 4%, para além de resistirem a temperaturas acima dos 300°C, mas o seu preço elevado torna este método de identificação pouco disponível.<sup>17,23,25,27</sup>

Com o aumento da compreensão e interesse na marcação de próteses dentárias, foram introduzidos métodos tecnológicos através da inclusão de microchips eletrónicos com informação do paciente gravada. Os microchips são radiopacos, mostram boa adesividade à resina acrílica, apresentam resistência a temperaturas até 600°C e excelente resistência a ácidos. A principal desvantagem neste método de identificação prende-se com o facto de não ser possível ao médico-dentista inserir informação no microchip, sendo tal apenas possível ao fabricante, para além de ser necessário equipamento adicional para transferir a informação para um computador.<sup>17,21,23,25</sup>

Numa tentativa de encontrar um método simples e de baixo custo, foi estudada a incorporação de cartões de memória MicroSD como sistema de

marcação de dispositivos protéticos. Toda a informação relevante para a identificação do paciente é armazenada no cartão, que é depois envolvido em papel celofane e colocado na superfície externa na zona do palato na prótese dentária e coberto com resina acrílica. As principais vantagens da utilização do cartão de memória incluem o facto de ter um tamanho reduzido, não interferindo com a função oral ou com a estrutura da prótese e de não ser necessário equipamento ou treino específico para o fabrico de uma prótese com este método de marcação, sendo possível aceder e regravar a informação em qualquer computador, recorrendo a um leitor de cartões de memória. Quanto às desvantagens, prendem-se principalmente com a resistência do cartão à temperatura e às forças excessivas. Tendo em conta que alguns fabricantes apontam para uma resistência à temperatura até cerca de 85°C, esta característica mostra-se insuficiente para a identificação humana. Na eventualidade da existência de uma fratura da prótese dentária, também o cartão de memória pode ser danificado devido à sua fraca resistência ao choque. O facto de ser necessária a remoção do cartão da prótese dentária para conseguir aceder à informação constitui também uma desvantagem.<sup>28-30</sup>

Quanto ao posicionamento da marcação na prótese dentária, os locais considerados mais apropriados são, na maxila, a zona posterior da superfície palatina ou a região vestibular da tuberosidade maxilar e, na mandíbula, a face externa do flanco lingual da prótese. Estes locais são escolhidos devido à sua fácil acessibilidade para realizar a leitura da marcação, à existência de espessura de resina acrílica para a inclusão sem dificuldades técnicas e ao facto de não interferirem com a componente estética da prótese. As zonas oclusais são normalmente descartadas, uma vez que pode existir a perda de detalhes aquando da realização de ajustes oclusais.<sup>17,19,28</sup>

### 1.3. O QR CODE COMO MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO

O Quick Response (QR) Code consiste num método bidimensional de codificar informação, também designado de código matrix, capaz de armazenar uma quantidade de informação considerável, para além dos dados de identificação pessoal, como uma breve história médica ou dentária do paciente. O QR Code permite armazenar informação sob a forma de Uniform Resource Locator (URL), texto simples, contacto pessoal, localização GPS e muito mais, até um máximo de 4926 caracteres alfanuméricos ou 7089 caracteres numéricos, podendo ser lido por qualquer dispositivo com máquina fotográfica.<sup>31-33</sup>

A vantagem mais significativa da utilização do QR Code como método de identificação em próteses dentárias prende-se com a sua base tecnológica simples, permitindo um rápido, eficaz e fácil acesso à informação, uma vez que não são necessários leitores específicos. Os QR Codes são criados facilmente e podem ser impressos em qualquer superfície e lidos em qualquer direção, para além de que a sua leitura de proximidade adiciona uma maior segurança ao utilizador da prótese, tornando-se quase impossível a leitura de um QR Code não desejado.<sup>31,34</sup>

Como a informação nos QR Codes é armazenada tanto na vertical, como na horizontal, para a mesma quantidade de informação, o espaço necessário para o QR Code é 25% menor, quando comparado com o espaço necessário para um código de barras unidimensional. Também a capacidade de restaurar e corrigir erros no código se revela bastante importante na identificação, dado que, caso parte do código se danifique, a informação pode ser recuperada. Existem 4 níveis de correção de erros em QR Codes: L (*low*), M (*medium*), Q (*quartile*) e H (*high*), sendo o nível L o mais baixo e tolera apenas que 7% da área do QR Code seja destruída sem se tornar ilegível e o nível H o mais alto e tolera até 30% de destruição do código para manter a sua legibilidade. Ainda que um maior nível de correção de erros possibilite que o código tolere um maior dano, essa característica também torna a imagem mais elaborada e densa, o que dificulta a impressão do QR Code em dimensões reduzidas.<sup>33,35</sup>

#### **1.4. OBJETIVOS**

Considera-se objetivo geral desta monografia analisar a utilização de marcação de próteses removíveis totais com QR Codes de diferentes materiais, de forma a contribuir para a identificação humana em situações com interesse forense.

Consideram-se ainda objetivos específicos:

- Analisar o menor tamanho do QR Code que possibilite a sua leitura;
- Analisar a viabilidade da fresagem das peças para gravação do QR Code em dimensões diminutas;
- Testar a resistência das peças a temperaturas elevadas e verificar se a integridade dos QR Codes se mantém de modo a permitir a sua leitura;
- Testar a resistência das peças à ação de agentes químicos e verificar se a integridade dos QR Codes se mantém de modo a permitir a sua leitura;



## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

---



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Em primeiro lugar, foi realizada uma revisão da literatura sobre o tema desta investigação. Para tal, realizou-se uma pesquisa de artigos científicos publicados entre 2015 e 2022, através dos motores de busca PubMed®, Science Direct® e B-on®. As palavras-chave inseridas foram: forensic dentistry, forensic odontology, human identification, denture labelling, denture marking, denture prosthesis, prosthodontics, sendo estas usadas de forma isolada ou combinadas com operadores booleanos.

Numa segunda fase, realizou-se um estudo *in vitro*, que consistiu no desenvolvimento de peças e no seu estudo.

Esta investigação está incluída no projeto “Aplicação de tecnologias digitais na reabilitação oral”, desenvolvido na Plataforma “Precision Dental Medicine” no Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde, aprovado na Comissão de Ética para a Saúde (CES-UCP), nº 201, em 24 de março de 2022.

### 2.1. DESENHO E CONFEÇÃO DO QR CODE

Numa primeira fase foi gerado um QR Code de teste de nível de correção Tipo L, contendo dados de um paciente fictício (Figura 1), através da plataforma online <https://qrplanet.com> (Figura 2).

Para a criação do QR Code, e tendo em conta os resultados obtidos por Oliveira<sup>36</sup>, os dados pessoais utilizados foram: o nome, a data de nascimento, o grupo sanguíneo, o número de telefone/telemóvel de emergência e o número de utente de saúde.



Figura 1 - QR Code gerado para teste da gravação a laser

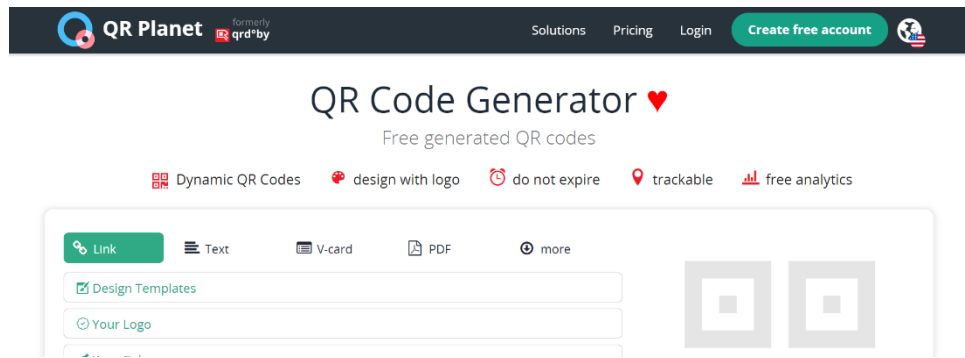


Figura 2 - Plataforma online utilizada para gerar o QR Code

Inicialmente, o QR Code gerado foi gravado em dois materiais diferentes, previamente selecionados devido às suas propriedades físicas. Foram utilizados o titânio (Ti) e o cromo-cobalto (Cr-Co). O disco de titânio Scheftner® Starbond Ti5 (Figura 3) é constituído por titânio grau 5 (GR5), que é uma liga de titânio TiAl6V4, que apresenta na sua composição 89,4% de titânio, 6,2% de alumínio, 4% de vanádio e uma quantidade inferior a 0,4% de carbono, hidrogénio, ferro e oxigénio.<sup>37</sup> O disco de cromo-cobalto Mesa® Magnum Splendidum (Figura 4) tem na sua composição 60,0% de cobalto, 28,0% de crómio, 9% de tungsténio, 1,5% de silício e 1,5% de outros elementos, como manganésio e ferro.<sup>38</sup>

Foram desenhadas três peças com os seguintes tamanhos: 7,5mm x 7,5mm, 5mm x 5mm e 2,5mm x 2,5mm, todas com 0,5mm de espessura (Figura 5). O seu desenho foi realizado recorrendo ao software de *Computer-Aided Design (CAD)* FreeCAD, originando 3 ficheiros em formato STL (*Standard Tessellation Language*) (Figura 6), que foram depois introduzidos no software CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) hyperDENT®. As peças foram fabricadas em discos de fresagem para CAD-CAM com recurso à fresadora Coritec® 350i da Imes-Icore®.



Figura 3 - Disco de titânio Scheftner® Starbond Ti5



Figura 4 - Disco de cromo-cobalto Mesa® Magnum Splendidum



Figura 5 - Imagem representativa dos tamanhos dos QR Codes

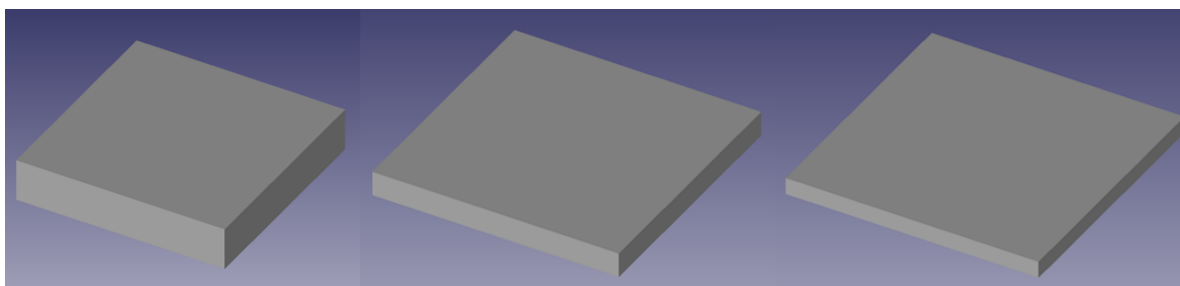


Figura 6 - Ficheiros STL desenhados em software FreeCAD

Devido à inviabilidade deste método de corte, desenvolveu-se um método de corte alternativo através de corte a laser. Foram então cortadas peças de titânio grau 1 (GR1) e de aço inoxidável austenítico a partir de folhas com a espessura de 0,5mm, com recurso a uma máquina de corte a laser de fibra (Figura 7), através da criação de ficheiros 2D no software CypCut Laser Cutting System (Figura 8). O titânio GR1 é considerado titânio comercialmente puro, apresentando apenas quantidades residuais de nitrogénio, hidrogénio, oxigénio e ferro. O aço inoxidável austenítico tem na sua composição ferro, crómio, carbono e níquel.



Figura 7 - Máquina de corte a laser de fibra

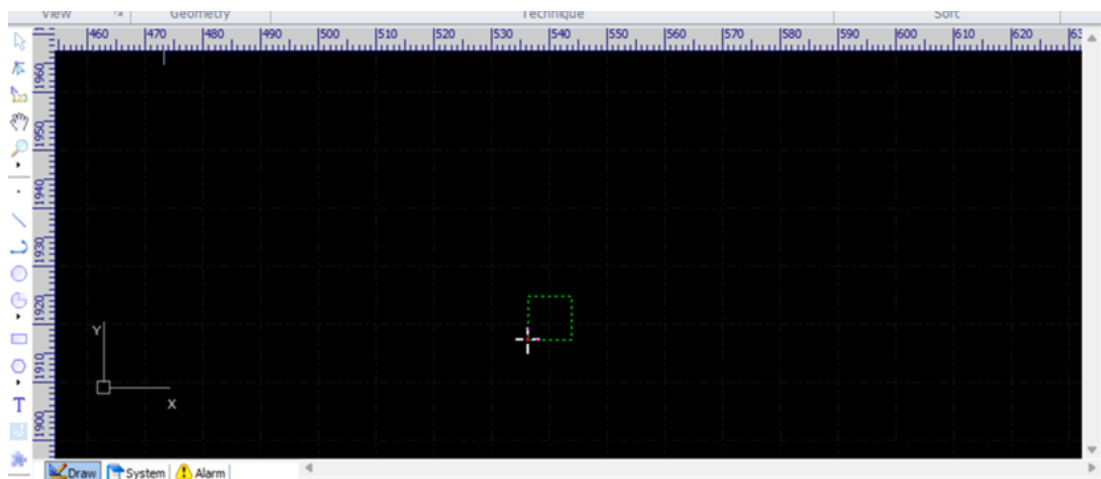


Figura 8 - Software CypCut Laser Cutting System

Quanto à gravação do QR Code, esta foi primeiramente realizada na máquina de laser de luz pulsada de itérbio Sisma Big Smark 200F (Figura 9), tal como na investigação anteriormente realizada sobre este tópico.<sup>39</sup> Esta máquina trabalha em média num comprimento de onda entre os 1059 e os 1064nm, com uma precisão de 0,5 mm.



Figura 9 - Máquina de gravação a laser Sisma Big Smark 200F

Devido à falha do primeiro método de gravação, procurou-se um método alternativo, desta vez com recurso à máquina de gravação a laser de luz pulsada de itérbio Widlaser F200 (Figura 10) que trabalha num comprimento de onda de 1064nm, tem um tamanho mínimo de linha de 0,1mm e uma resolução de até 2000 DPI. A imagem do QR Code é importada para o *software* de gravação a laser EZCAD (Figura 11) para que se realize a gravação.



Figura 10 - Máquina de gravação a laser Widlaser F200

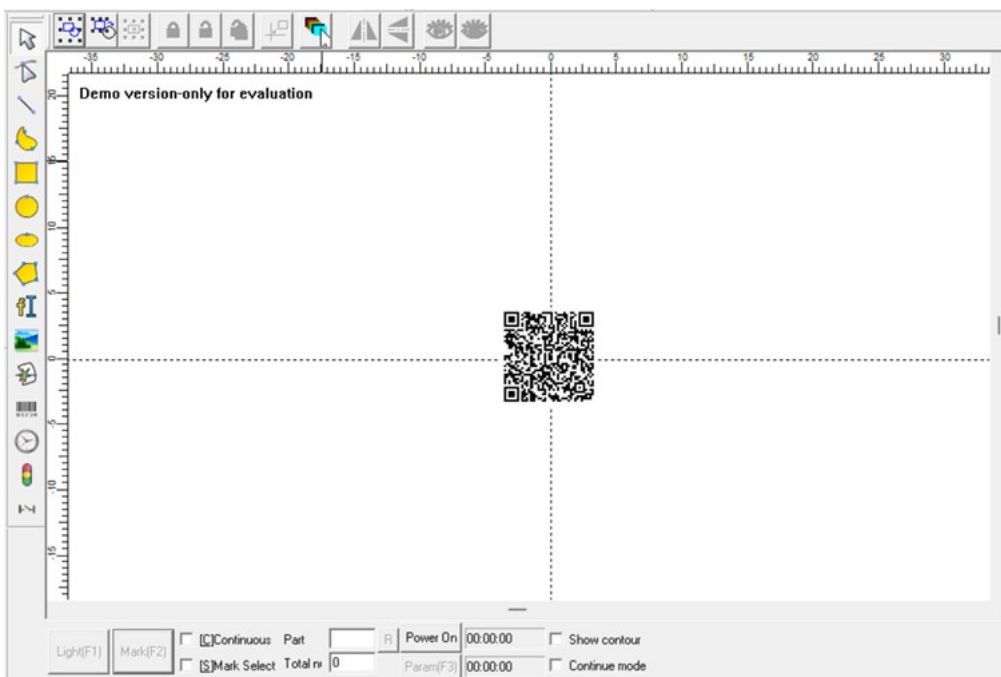


Figura 11 - Software de gravação a laser EZCAD

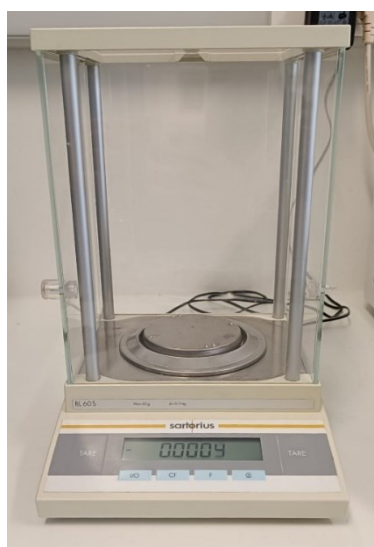
## 2.2. ANÁLISE DA LEITURA DO QR CODE

De forma a analisar a possibilidade de leitura de acordo com o tamanho do QR Code, utilizaram-se três peças de titânio e três peças de cromo-cobalto nos tamanhos descritos anteriormente. A capacidade de leitura de cada uma das peças foi testada com duas câmaras fotográficas com resolução de 13 e 64 Megapíxeis (MP).

A leitura foi feita em duas modalidades:

- Leitura direta, através da câmara fotográfica do telemóvel, de maneira a testar se as dimensões escolhidas permitem o acesso à informação armazenada no QR Code.
- Leitura indireta, através de realização de fotografia com o mesmo dispositivo e com recurso à ferramenta de zoom, de forma a testar a possibilidade de leitura dos QR Codes de menores dimensões através da ampliação da fotografia.

Como forma de verificar qual dos materiais utilizados nesta investigação tem menor massa, foi pesado um exemplar de titânio GR5, cromo-cobalto, titânio GR1 e aço inoxidável, sendo que foram pesados exemplares de titânio GR5 e cromo-cobalto das três dimensões utilizadas para a análise da leitura nesta investigação. Foi utilizada a balança analítica Sartorius BL60S (Figura 12) com um grau de precisão de 0,0001g. A pesagem foi realizada 3 vezes, procedendo-se depois ao



*Figura 12 - Balança analítica Sartorius BL60S utilizada para pesagem das peças*

cálculo da sua média.

### 2.3. SIMULAÇÃO DE TEMPERATURAS ELEVADAS

De forma a simular uma situação catastrófica com temperaturas extremas, foram selecionadas peças de titânio GR1 e de aço inoxidável com o QR Code gravado.

Foram utilizadas as temperaturas de 600°C (temperatura aproximada de um incêndio doméstico) e 1000°C (temperatura a que a coroa dentária não restaurada se reduz a fragmentos).

A exposição a 600°C e a 1000°C foi realizada num laboratório de prótese dentária, recorrendo a um forno protético Kavo EWL Type 5635 (Figura 13). Este forno protético permitiu a subida da temperatura desde a temperatura ambiente até às temperaturas previamente definidas.

As peças foram expostas no patamar de temperaturas definidas durante um período de 30 minutos.

As alterações verificadas e a integridade do QR Code foram depois descritas e organizadas numa tabela, segundo o tipo de material e as dimensões da peça.



Figura 13 - Forno protético Kavo EWL Type 5635

## 2.4. ESTUDO DA RESISTÊNCIA DOS QR CODES À AÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CORROSIVAS

Foram selecionadas peças de titânio GR1 e aço inoxidável com o QR Code gravado para serem individualmente submergidas em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e hidróxido de sódio (NaOH) (Figura 14). Estas substâncias inserem-se, respetivamente, nas categorias de ácido forte e base forte, de acordo com a química



Figura 14 - Soluções preparadas para submersão dos QR Codes

clássica.

A solução de ácido sulfúrico utilizada corresponde a uma solução comercial a 98% (Figura 16).

O hidróxido de sódio apresenta-se na forma sólida (Figura 15), sendo necessária a preparação da sua solução. Para a preparação de uma solução de 200ml a 1 molar foram pesados 7,98g de NaOH que foram dissolvidos em 200ml de água. Tratando-se de uma reação exotérmica a dissolução deste sólido foi feita em gelo e dentro da *hotte*.

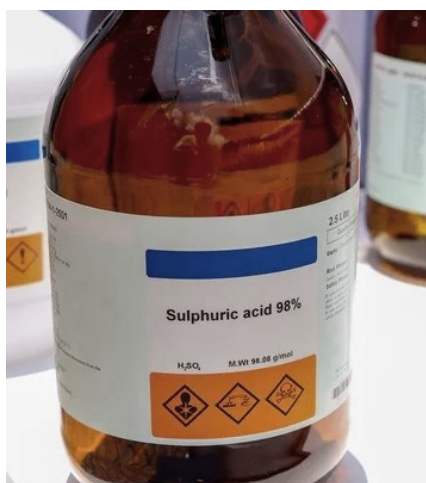


Figura 16 - Solução de ácido sulfúrico a 98%



Figura 15 - Hidróxido de Sódio na forma sólida

As peças foram submergidas durante um período de 10 horas e analisadas periodicamente de hora a hora. Todo este processo foi realizado dentro de uma *hotte* ventilada, devido à libertação de vapores, libertados principalmente pelo ácido sulfúrico.

Os resultados foram organizados em forma de tabela e categorizados segundo o tipo de material, tendo sido avaliada a legibilidade do QR Code e as alterações verificadas.

## **3. RESULTADOS**

---



### 3. RESULTADOS

#### 3.1. CONFEÇÃO DE PEÇAS E GRAVAÇÃO DE QR CODES

A fresagem das peças mostrou-se complexa, tendo sido inicialmente fresadas peças-protótipo de cromo-cobalto e titânio grau 5 (Figura 17) em laboratório de prótese através de uma fresadora CAD-CAM.

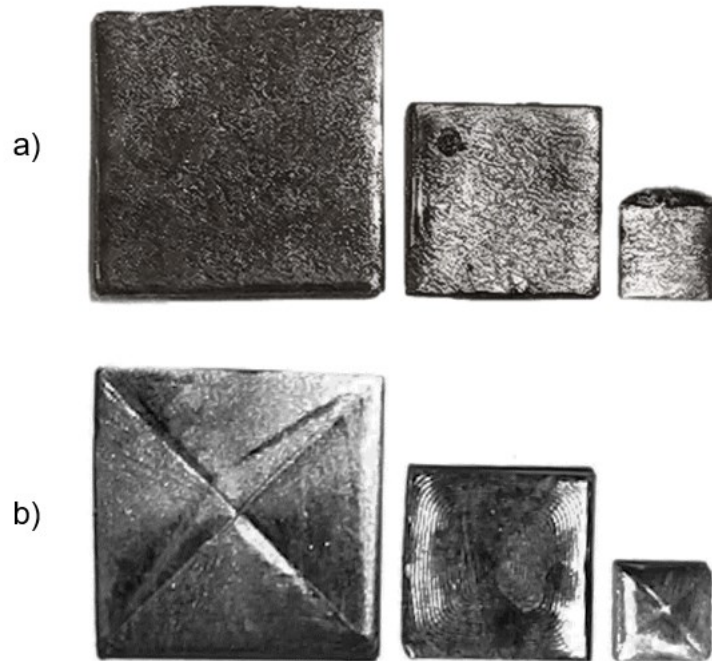


Figura 17 - Peças-protótipo obtidas através de fresagem. a) titânio GR5; b) cromo-cobalto.

Este método de corte mostrou-se moroso, de alto custo e tecnicamente de difícil execução, tornando-se inviável para a realização deste estudo.

Como alternativa ao corte 3D a partir de discos de fresagem, foram cortadas a laser peças a partir de folhas de titânio GR1 e de aço inoxidável já com a espessura pretendida (0,5mm) (Figura 17).

Deste modo simplificou-se o processo de corte, tornando-o bidimensional, o que se provou vantajoso do ponto de vista técnico, monetário e temporal.

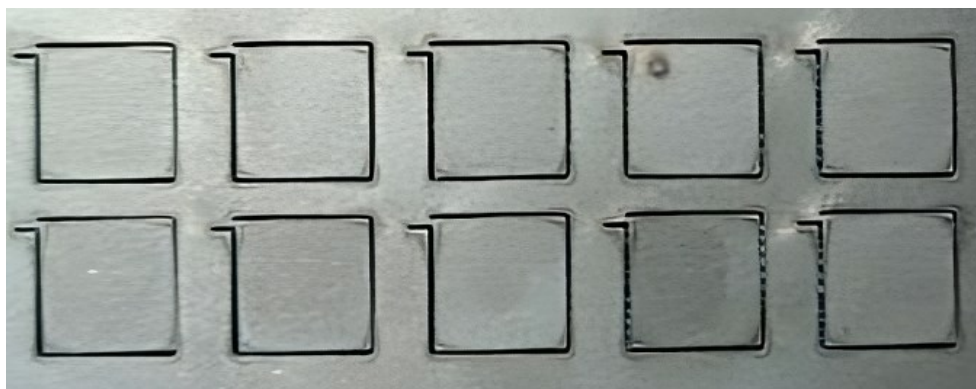


Figura 19 - Peças resultantes do corte a laser



Figura 18 - Peças obtidas a partir de corte a laser. a) titânio grau 1; b) aço inoxidável

### 3.2. MINIATURIZAÇÃO E PESAGEM DOS QR CODES

De forma a testar a possibilidade de diminuição dos tamanhos dos QR Codes, experimentou-se a leitura das peças-protótipo, de cada tamanho, de ambos os materiais e com os dois métodos de gravação utilizados, tendo sido obtidos os seguintes resultados:

*Tabela 1 - Avaliação da legibilidade consoante o método de gravação e o material utilizado para confeção do QR Code*

		<b>Titânio Gr5</b> (gravado com Sisma Big Smark 200F)	<b>Titânio Gr5</b> (gravado com Widlaser F200)	<b>Cr-Co</b> (gravado com Widlaser F200)
<b>7,5mm x 7,5mm</b>	Leitura Direta	Não legível	Legível	Legível
	Leitura Indireta	Não legível	Legível	Legível
<b>5,0mm x 5,0mm</b>	Leitura Direta	Não legível	Não legível	Não legível
	Leitura Indireta	Não legível	Não legível	Não legível
<b>2,5mm x 2,5mm</b>	Leitura Direta	Não legível	Não legível	Não legível
	Leitura Indireta	Não legível	Não legível	Não legível

Verificou-se que apenas foi possível realizar a leitura de QR Codes com tamanho de 7,5mm x 7,5mm, não sendo possível realizar a leitura do QR Codes com as dimensões de 5,0mm x 5,0mm e 2,5mm x 2,5mm.

Não sendo possível a leitura de peças de outras dimensões, as peças de titânio GR1 e de aço inoxidável apenas foram cortadas com as dimensões de 7,5mm x 7,5mm. Na Figura 20 podem observar-se exemplos das peças utilizadas nesta investigação.

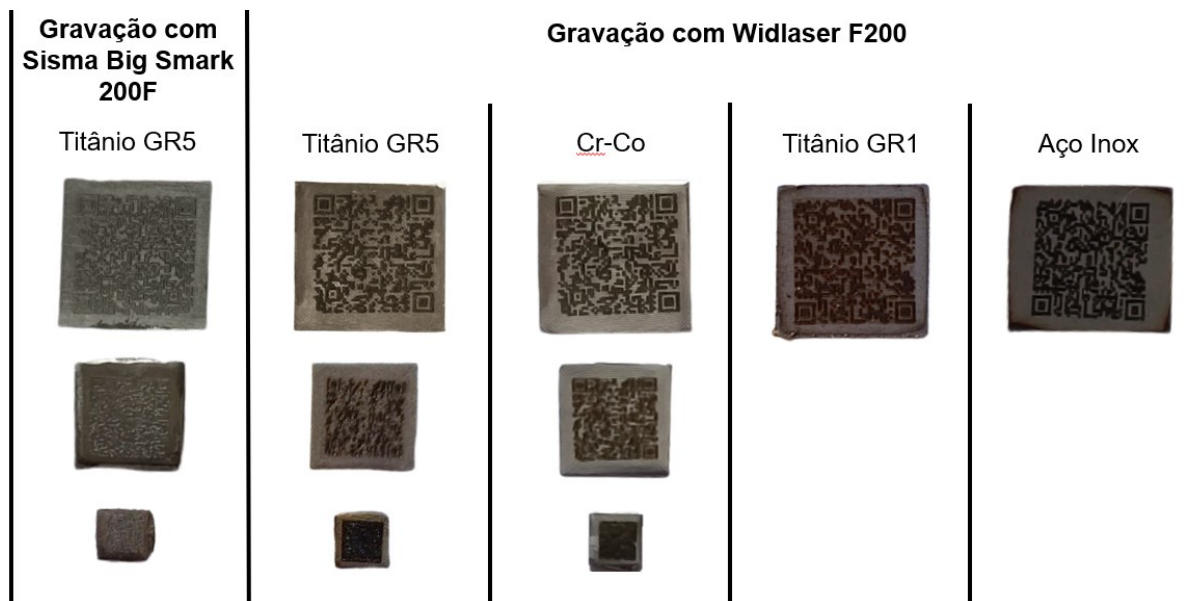


Figura 20 - Diferentes QR Codes utilizados nesta investigação

É possível observar que as peças gravadas na Sisma Big Smark apresentam uma gravação sem cor, o que não permite aos dispositivos de leitura a interpretação do contraste entre as áreas vazias e os elementos que compõem de facto o QR Code.

Para avaliar as diferenças na massa das peças dos dois materiais e, conseqüentemente no impacto da sua aplicação numa prótese dentária foi realizada a pesagem de uma peça de cada um dos 3 tamanhos, com os resultados explícitos na seguinte tabela:

Tabela 2 - Diferenças na massa (g) das peças dos diferentes materiais utilizados nesta investigação

		Titânio GR5		Cr-Co		Titânio GR1		Aço Inox	
Nº da pesagem		Massa (g)	Valor médio (g)	Massa (g)	Valor médio (g)	Massa (g)	Valor médio (g)	Massa (g)	Valor médio (g)
<b>7,5mm x 7,5mm</b>	1	0,1897	0,1897	0,2731	0,2734	0,1182	0,11827	0,1719	0,1718
	2	0,1897		0,2736		0,1183		0,1718	
	3	0,1897		0,2735		0,1182		0,1717	
<b>5,0mm x 5,0mm</b>	1	0,0743	0,074233	0,1672	0,1672				
	2	0,0742		0,1672					
	3	0,0742		0,1672					
<b>2,5mm x 2,5mm</b>	1	0,0176	0,017567	0,0384	0,03843				
	2	0,0176		0,0384					
	3	0,0175		0,0385					

Ao analisar os dados da tabela, pode concluir-se que, de entre os materiais avaliados, o cromo-cobalto é o material mais pesado e o titânio GR1 o mais leve. O titânio GR5 e o aço inoxidável apresentam pesos intermédios e praticamente semelhantes, sendo que estes rondam aproximadamente a metade do peso das peças de cromo-cobalto.

### 3.3. SIMULAÇÃO DE TEMPERATURAS ELEVADAS

Para a realização da simulação de um ambiente de temperaturas elevadas, as peças gravadas foram expostas a 600°C e a 1000°C num forno protético. A relação tempo-temperatura encontra-se descrita no seguinte gráfico:

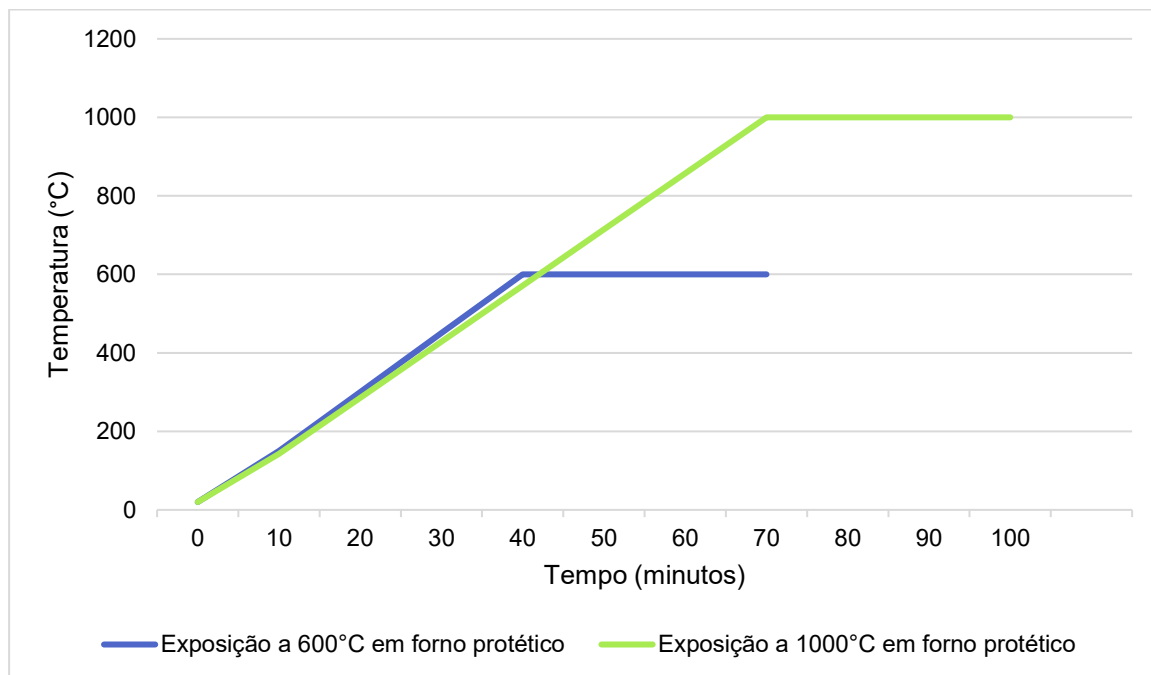


Figura 21 - Gráfico da temperatura (°C) do forno protético em relação ao tempo (minutos)

Para atingir os 600°C desde a temperatura ambiente, o forno protético demorou cerca de 40 minutos e para atingir os 1000°C necessitou de cerca de 1 hora e 10 minutos, permanecendo depois nesses patamares de temperatura durante um período de 30 minutos.

As alterações sofridas pelos QR Codes após a exposição aos patamares de temperatura definidos encontram-se descritos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Alterações observadas após exposição de QR Codes em titânio GR1 aos patamares de temperatura definidos













Titânio GR1								
7,5mm x 7,5mm								
Antes da exposição			Imediatamente após a exposição			Após arrefecimento		
Legibilidade	Aspeto macroscópico	Estado do QR Code	Observações macroscópicas		Estado do QR Code	Observações macroscópicas		
600°C	Legível		Intacto	Superfície com ligeira coloração amarelada		Destruído	Oxidação da superfície	
1000°C	Legível		Intacto	Superfície com coloração alaranjada		Destruído	Oxidação completa da peça	

Tabela 4 - Alterações observadas após exposição de QR Codes em aço inoxidável aos patamares de temperatura definidos

Aço Inoxidável								
7,5mm x 7,5mm								
Antes da exposição			Imediatamente após a exposição			Após arrefecimento		
Legibilidade	Aspeto macroscópico	Estado do QR Code	Observações macroscópicas		Estado do QR Code	Observações macroscópicas		
600°C	Legível		Intacto	Superfície escurecida		Destruído	Oxidação da superfície	
1000°C	Legível		Intacto	Superfície escurecida		Destruído	Oxidação completa da peça	













Os QR Codes gravados em ambos os materiais mantiveram a sua integridade após a exposição aos patamares de temperatura definidos previamente, apresentando apenas alterações colorimétricas.

No entanto, com o passar do tempo dá-se um processo de oxidação dos metais consequente à exposição a temperaturas elevadas, que destrói os QR Codes. O grau de oxidação é proporcional à temperatura a que o metal foi exposto, sendo que a oxidação das peças expostas a 1000°C é tão elevada que não se observam quaisquer vestígios do QR Code. Por outro lado, nas peças expostas a 600°C, ainda se observam marcações da gravação a laser.

### 3.4. RESISTÊNCIA DOS QR CODES À AÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CORROSIVAS

De forma a avaliar a resistência dos QR Codes à ação de substâncias corrosivas, foram submergidos exemplares de QR Codes em titânio GR1 e aço inoxidável numa base forte (hidróxido de sódio) e num ácido forte (ácido sulfúrico) durante um período de 10 horas. A sua legibilidade e as alterações verificadas de hora a hora foram descritas nas seguintes tabelas:

Tabela 5 - Legibilidade e alterações verificadas durante uma exposição de 10 horas a hidróxido de sódio de QR Codes em titânio GR1 e aço inoxidável

		Hidróxido de Sódio					
		Titânio GR1			Aço Inox		
Tempo de exposição	Legibilidade	Observações macroscópicas		Legibilidade	Observações macroscópicas		
Situação inicial	Legível	Superfície polida de cor cinzenta		Legível	Superfície polida de cor cinzenta		
1 hora	Legível	Sem alterações		Legível	Sem alterações		
2 horas	Legível	Sem alterações		Legível	Sem alterações		
3 horas	Legível	Superfície começa a apresentar coloração alaranjada		Legível	Sem alterações		
4 horas	Legível	Superfície com coloração alaranjada		Legível	Sem alterações		
5 horas	Legível	Superfície com coloração alaranjada		Legível	Pequenos sinais de corrosão na superfície da peça		





























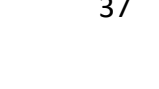

Hidróxido de Sódio						
		Titânio GR1		Aço Inox		
Tempo de exposição	Legibilidade	Observações macroscópicas		Legibilidade	Observações macroscópicas	
6 horas	Legível	Superfície com coloração alaranjada		Legível	Pequenos sinais de corrosão na superfície da peça	
7 horas	Legível	Superfície com coloração alaranjada		Legível	Pequenos sinais de corrosão na superfície da peça	
8 horas	Não legível	Corrosão pontual da superfície		Legível	Pequenos sinais de corrosão na superfície da peça	
9 horas	Não legível	Corrosão pontual da superfície		Legível	Pequenos sinais de corrosão na superfície da peça	
10 horas	Não legível	Corrosão pontual da superfície		Legível	Pequenos sinais de corrosão na superfície da peça	

Tabela 6 - Legibilidade e alterações verificadas durante uma exposição de 10 horas a ácido sulfúrico de QR Codes em titânio GR1 e aço inoxidável

		Ácido Sulfúrico					
		Titânio GR1			Aço Inox		
Tempo de exposição	Legibilidade	Observações macroscópicas		Legibilidade	Observações macroscópicas		
Situação inicial	Legível	Superfície polida de cor cinzenta		Legível	Superfície polida de cor cinzenta		
1 hora	Legível	Sem alterações		Legível	Ligeira corrosão da superfície		
2 horas	Legível	Sem alterações		Não legível	Corrosão parcial da superfície		
3 horas	Legível	Sem alterações		Não legível	Corrosão parcial da superfície		
4 horas	Legível	Sem alterações		Não legível	Corrosão parcial da superfície		
5 horas	Legível	Sem alterações		Não legível	Corrosão parcial da superfície		
	Legível	Superfície com coloração levemente alaranjada					
6 horas	Legível	Superfície com coloração levemente alaranjada		Não legível	Corrosão parcial da superfície		
	Legível	Superfície com coloração levemente alaranjada					
7 horas	Legível	Superfície com coloração levemente alaranjada		Não legível	Corrosão parcial da superfície		
8 horas	Legível	Superfície com coloração levemente alaranjada		Não legível	Corrosão parcial da superfície		

Ácido Sulfúrico						
		Titânio GR1		Aço Inox		
Tempo de exposição	Legibilidade	Observações macroscópicas		Legibilidade	Observações macroscópicas	
9 horas	Legível	Superfície com coloração levemente alaranjada		Não legível	Corrosão parcial da superfície	
10 horas	Legível	Superfície com coloração levemente alaranjada		Não legível	Corrosão parcial da superfície	

A peça em titânio GR1 submergida em hidróxido de sódio manteve a sua integridade até às 7 horas de exposição, até se formarem focos de corrosão na superfície da peça que destruíram elementos do QR Code, tornando-se ilegível na 8ª hora de exposição. Por outro lado, a peça em titânio GR1 submergida em ácido sulfúrico apenas apresentou uma leve alteração de cor durante as 10 horas de exposição.

A peça em aço inoxidável submergida em hidróxido de sódio manteve-se legível durante todo o tempo de exposição, desenvolvendo apenas pequenas marcas de corrosão na superfície que em nada afetaram a leitura do QR Code. No entanto, a peça em aço inoxidável submergida em ácido sulfúrico apenas manteve a sua integridade durante a primeira hora do estudo, deteriorando-se progressivamente ao longo das horas e destruindo a camada superficial da peça onde se encontrava a gravação do QR Code.

## **4. DISCUSSÃO**

---



#### 4. DISCUSSÃO

Nesta investigação, procurou-se o desenvolvimento de um método de identificação para aplicação em próteses dentárias totais, através da geração de QR Codes para aplicação em peças de metais resistentes do menor tamanho possível, de modo a não afetarem a estrutura das próteses dentárias, testando a resistência das mesmas à ação de temperaturas elevadas e à ação de substâncias corrosivas, de modo a simular situações de interesse forense, em que a identificação de desdentados totais é mais complexa e pode depender da prótese dentária quando todos os outros métodos falham.

A seleção dos materiais para gravação dos QR Codes foi um passo importante para o início desta investigação, procurando-se a utilização de materiais que, para além de serem biocompatíveis, apresentassem, em simultâneo, resistência à corrosão e alto ponto de fusão, de modo a melhor resistirem à ação da temperatura. Também foi considerado o custo dos materiais como parâmetro para a sua escolha, uma vez que materiais com um custo inferior tornam mais acessível a implementação deste método de identificação.<sup>23,31</sup>

Deste modo, excluíram-se materiais como a prata, o ouro ou o cobre, não só devido ao seu elevado custo monetário, mas também pelos seus pontos de fusão relativamente baixos, sendo o da prata cerca de 960°C, o do ouro cerca de 1060°C e o do cobre cerca de 1085°C.<sup>40,41</sup> Ligas nobres constituídas por associações entre paládio, platina, ouro, prata e cobre e entre estes e outros metais foram também excluídas pelo seu alto custo, uma vez que nesta investigação se procura o desenvolvimento de um método de identificação acessível e que tenha viabilidade para ser amplamente aplicado a todos os pacientes que assim o desejem. Deste modo, escolheram-se inicialmente para esta investigação o titânio GR5 e a liga de cromo-cobalto que, tendo sido utilizados na investigação anteriormente realizada sobre este tema na Universidade Católica Portuguesa<sup>36</sup>, careciam de maior investigação sobre a sua resistência à ação de agentes físicos e térmicos.

O cromo-cobalto (Cr-Co) consiste numa liga metálica não nobre com diversas aplicações na área da Medicina e Medicina Dentária, para o fabrico de implantes ortopédicos e estruturas utilizadas para reabilitação oral, devido à sua excelente biocompatibilidade e propriedades mecânicas, incluindo uma taxa de desgaste lenta

e grande resistência à corrosão, garantida pela formação espontânea de um filme protetor constituído maioritariamente por  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  na sua superfície. O cromo-cobalto é usado para a construção de esqueletos de próteses parciais removíveis desde 1929 e mantém a sua popularidade até aos dias de hoje devido ao seu baixo custo, baixa densidade, semelhante resistência à corrosão e melhores propriedades mecânicas, quando comparado a ligas nobres, como as ligas de ouro, ainda que apresente uma baixa ductilidade, que pode levar a uma maior incidência de componentes fraturados. O cromo-cobalto é utilizado para o fabrico de estruturas para a área da Medicina Dentária sob a forma de lingotes para fundição ou de discos de fresagem.<sup>42-45</sup>

O titânio é um material que apresenta diversas vantagens, desde logo a sua biocompatibilidade, propriedades mecânicas, elevada resistência à corrosão e a sua baixa densidade, sendo o material de escolha para aplicações intraósseas em Medicina. Ainda que o titânio apresentasse uma resistência à corrosão e integração tecidual superiores, quando em comparação com o aço inoxidável ou ligas de Cr-Co, as suas propriedades mecânicas e comportamento tribológico restringiam o seu uso nalgumas situações. Com a adição de pequenas quantidades alumínio (6%) e vanádio (4%), ferro (máximo de 0,25%) e de oxigénio (máximo de 0,2%) ao titânio, originou-se a liga Ti6Al4V ou titânio GR5, o que aumentou consideravelmente o seu desempenho mecânico, tornando-se por esta razão num material vastamente utilizado em implantes dentários. Este material apresenta, no entanto, uma desvantagem em relação ao titânio comercialmente puro, uma vez que existem preocupações relacionadas ao potencial risco para a saúde associado à libertação lenta de alumínio e vanádio. Este tipo de titânio encontra-se disponível sob a forma de disco de fresagem, para o fabrico de estruturas para reabilitação oral, incluindo coroas, pontes e infraestruturas de implantes, como por exemplo barras, utilizadas em Implantologia Oral. A escolha deste material para esta investigação justifica-se não só pelas suas propriedades, mas também pela sua popularidade na área da Medicina Dentária.<sup>42,46,47</sup>

Devido às dificuldades encontradas na obtenção de peças através de fresagem de discos desta liga de titânio e, também, de cromo-cobalto, optou-se pelo corte a laser a partir de folhas já com a espessura pretendida. Deste modo, foram seleccionados o titânio grau 1 e o aço inoxidável, dado serem materiais fabricados

com a espessura desejada para esta investigação, o que, para além de facilitar o processo de corte, tornou o processo de obtenção do material mais acessível, em termos de custo e disponibilidade no mercado, devido à sua utilização noutras indústrias, para além de ultrapassar o problema da dificuldade técnica da sua manipulação.

O titânio GR1 é uma das 4 ligas (Ti grau 1 a 4) classificadas como titânio comercialmente puro (CP-Ti) pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM). O titânio comercialmente puro contém titânio elementar e quantidades residuais de outros elementos, como nitrogénio, hidrogénio, oxigénio e ferro e a sua resistência aumenta com o aumento da quantidade de oxigénio e de ferro, assim como o seu grau. Deste modo, o titânio grau 1 é o tipo de CP-Ti com maior pureza, menor resistência mecânica e maior ductilidade à temperatura ambiente.<sup>42,46,47</sup> Estas desvantagens em nada influenciam esta investigação, uma vez que a finalidade dos QR Codes é a sua inclusão em próteses dentárias, pelo que a estrutura das mesmas lhes garante proteção. Após a pesagem das peças, este foi o material com menor peso, o que é um dado positivo pois o impacto da sua inserção na prótese é menor.

Por último, o aço inoxidável foi um material escolhido pela sua facilidade de obtenção e vasta gama de aplicações no quotidiano, sendo utilizado todo o tipo de finalidades, incluindo instrumentos cirúrgicos, utensílios de cozinha, eletrodomésticos, veículos, equipamentos industriais, joias, entre outros. Na Medicina Dentária o aço inoxidável é a principal liga utilizada em Ortodontia. Apesar do seu baixo custo e facilidade de fabricação, esta liga não é muito utilizada em Implantologia Oral devido a uma potencial resposta alérgica ao níquel, para além da sua suscetibilidade à corrosão puntiforme e por fissuras, que tem como produtos ferro, crómio, níquel e molibdénio, elementos que libertam iões que podem acumular-se nos tecidos adjacentes ao implante, podendo ser posteriormente transportados para diferentes partes do corpo e produzir uma resposta potencialmente desfavorável. A principal característica do aço inoxidável é a sua resistência à corrosão, que resulta da formação de uma fina camada de óxido de crómio ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), com cerca de 2nm, quando em contacto com o oxigénio, que impede o aço de continuar a reagir com o ambiente e o protege contra processos corrosivos.<sup>42,48</sup>

As maiores dificuldades desta investigação centraram-se no processo de fabricação das peças com as dimensões pretendidas e na subsequente gravação do QR Code nas mesmas.

O corte destas peças a partir de discos de fresagem em laboratório dentário revelou-se um processo de difícil execução. Como a fresagem é um processo de subtração de material a 3 dimensões, é necessário definir e realizar o corte em altura, comprimento e largura. Após terminado o corte pela fresadora, é necessário realizar o acabamento e polimento manual de cada peça, de forma a fazer a remoção do seu suporte de fixação. A dureza dos materiais influencia as estratégias de calibração da fresadora, e subsequentemente o tempo de realização do corte das peças. O tempo médio para o corte de uma peça de 7,5mm x 7,5mm em titânio é de 40 minutos, ao passo que para o corte de uma peça de 2,5mm x 2,5mm o tempo médio de corte aumenta para 50 minutos. Para realizar o corte de uma peça de cromo-cobalto de 7,5mm x 7,5mm o tempo médio de corte é de 50 minutos e de uma peça de 2,5mm x 2,5mm é de 60 minutos. O tempo de corte do cromo-cobalto é superior devido à sua dureza (280-380HV) ser superior à do titânio (320HV).<sup>42</sup> Para além disso, o tempo de acabamento e polimento manual de cada peça é de cerca de 30 minutos. Com a diminuição do tamanho das peças, a precisão da fresagem diminui e o seu acabamento e polimento manual também se tornam mais difíceis e imperfeitos. O custo de produção de uma peça fresada é também bastante elevado, pois é necessária a aquisição de discos de fresagem de titânio e cromo-cobalto que têm por si só um preço elevado, acrescentando ainda o custo do processo de fresagem, que provoca um enorme desgaste às fresas, e do tempo de trabalho útil dispensado pelo técnico de laboratório para realizar o acabamento e polimento de cada peça.

Como solução, desenvolveu-se uma alternativa ao corte 3D, transformando o corte das peças num processo bidimensional através da obtenção de folhas dos metais escolhidos com a espessura pretendida de 0,5mm, de maneira a tornar possível o seu corte a laser. Este processo revelou-se muito mais eficiente, sendo possível a obtenção de cada peça em poucos segundos.

O processo de gravação a laser consiste na remoção de material da superfície do material até uma profundidade especificada, neste caso com a

finalidade de obter o desenho de um QR Code legível. A cor originada pela gravação a laser é gerada pelo crescimento de uma fina camada de óxidos na superfície dos metais, à medida que estes são aquecidos. Esta camada aumenta ou diminui seletivamente alguns comprimentos de onda à luz natural, conferindo a aparência de cor. Os parâmetros do processo, como a intensidade do laser, a temperatura do material, o tamanho da área gravada, a posição da amostra, relativamente ao foco de luz pulsada e ao centro de trabalho do sistema afetam a repetibilidade das cores criadas. Os primeiros QR Code, gravados na Sisma Big Smark 200F não tinham legibilidade devido ao baixo contraste entre a cor do metal e os elementos do QR Code.

Ainda que a incorporação do código QR em próteses dentárias já tenha sido investigada anteriormente em dois momentos na Universidade Católica Portuguesa<sup>36,49</sup>, a procura da otimização do tamanho do QR Code continua. Os resultados obtidos em 2019 ditaram que o menor tamanho que permitia a leitura do QR Code era de 7,5mm x 7,5mm, tendo sido conseguida uma diminuição de quase 44% na área do QR Code em comparação com os resultados obtidos em 2017, em que o menor tamanho legível tinha dimensões de 10mm x 10mm.

Nesta investigação não foi possível diminuir o tamanho legível, ainda que tenha sido utilizado um QR Code com menos caracteres (125 caracteres) do que o utilizado na investigação anterior (162 caracteres) e com a utilização de telemóveis com maior resolução, o que pode ser justificado pela falta de capacidade das máquinas de gravação a laser para manter a definição dos elementos que compõem o QR Code em dimensões tão diminutas. Mesmo com a escolha de um QR Code com nível de correção L, que corresponde ao tipo de QR Code menos denso e complexo, os elementos do QR Code compactaram-se nas peças com dimensões mais pequenas, tornando-se indistinguíveis uns dos outros, não permitindo aos telemóveis atuais com câmaras fotográficas de alta resolução a realização da sua leitura.

De modo a avaliar a resistência dos QR Codes a situações extremas significativas para a investigação forense, submeteram-se peças a dois procedimentos físico-químicos: exposição a altas temperaturas e a substâncias altamente corrosivas.

Não foi possível realizar a avaliação da legibilidade dos QR Codes após a exposição a 600°C e a 1000°C devido a constrangimentos temporais relacionados com a utilização do forno protético e à reação de oxidação consequente do contacto com o oxigénio após a exposição a altas temperaturas, mas os QR Codes mantiveram inicialmente a sua integridade após serem retirados do forno protético, até se iniciar o processo de oxidação dos metais que provocou extrema degradação às peças.

Ainda que o titânio apresente um alto ponto de fusão (cerca de 1670°C), este apresenta alterações colorimétricas da sua superfície derivadas do processo de oxidação a temperaturas tão baixas quanto os 300°C, temperatura à qual o titânio adquire uma cor amarelada. Quando o titânio é exposto ao ar, à temperatura ambiente, forma-se espontaneamente uma camada muito fina (5-10nm) de óxidos de titânio na sua superfície. Estes óxidos têm uma grande capacidade protetora, impedindo a continuação da oxidação do titânio em diversas circunstâncias nomeadamente, durante o processo de esterilização em autoclave de instrumentos fabricados neste material. No entanto, a exposição a altas temperaturas promove a formação de uma camada de óxidos de titânio mais espessa e cristalina que altera a sua cor. Quanto maior é a temperatura, mais espessa se torna a camada de óxidos. A literatura refere que entre os 600°C e os 800°C a superfície do titânio tem uma oxidação de cor cinzenta e que aos 1000°C o titânio adquire uma cor esbranquiçada, tal como aconteceu nesta investigação.<sup>40,50-52</sup>

O aço inoxidável sofre um processo de oxidação semelhante ao do titânio com a formação de óxidos na sua superfície que aumentam de espessura conforme aumenta a temperatura, o que causa, também, a sua mudança de cor. A oxidação pode originar diversas cores, consoante o tempo, a temperatura e do tipo de aço. Estas cores podem ser impingidas propositadamente aos aços através de um tratamento térmico que consiste num processo de têmpera que ocorre entre os 300°C e os 850°C. Nesta investigação a peça exposta aos 600°C durante 30 minutos adquiriu uma tonalidade laranja-escura, e a peça exposta a 1000°C adquiriu uma cor cinzento-escura, devido à maior espessura de óxidos formada a esta temperatura mais elevada.

A oxidação a altas temperaturas consiste, deste modo, num problema que deve ser estudado e ultrapassado, uma vez que torna os QR Codes inutilizáveis. Conclui-se que a escolha de materiais com alto ponto de fusão não tem como consequência direta a sua resistência e a manutenção da sua integridade após exposição prolongada a altas temperaturas. Ainda que as peças sejam incluídas em próteses acrílicas, estas desintegram-se totalmente aos 600°C, o que causaria uma exposição direta da peça a essa temperatura, numa situação de incêndio em habitação.<sup>53</sup>

Ácidos e bases que se ionizam completamente quando dissolvidos em água são designados ácidos fortes e bases fortes. O ácido sulfúrico é um ácido forte, que mesmo diluído reage com metais reativos como o titânio, o ferro, o alumínio e o níquel, produzindo hidrogénio gasoso e sais.<sup>54</sup> O titânio oferece resistência à corrosão em soluções diluídas de ácido sulfúrico a baixas temperaturas. A resistência das ligas de titânio à exposição a ácidos fortes depende da concentração do ácido, da temperatura e da composição da liga e quando o ácido atinge certas temperaturas ou concentrações, pode existir a destruição da camada protetora de óxidos que se forma na superfície do titânio.<sup>55</sup> Nesta investigação o QR Code em titânio manteve-se legível durante as 10 horas de exposição ao ácido sulfúrico. Por outro lado, o aço inoxidável convencional tem limitada utilidade quando exposto ao ácido sulfúrico em concentrações intermédias devido à agressividade da reação. Nesta investigação o QR Code submergido em ácido sulfúrico apresentou fraca resistência a esta substância, tornando-se ilegível à segunda hora de exposição.

O hidróxido de sódio, também conhecido por soda cáustica, é uma base forte utilizada em produtos de limpeza, que à temperatura ambiente se apresenta na forma sólida e de cor branca. As ligas de titânio são geralmente muito resistentes à corrosão causada por substâncias básicas, como o hidróxido de sódio, no entanto foi possível observar nesta investigação que o QR Code de titânio se tornou ilegível às 8 horas de exposição a esta substância, devido à corrosão da sua superfície. O aço inoxidável apresenta resistência a todas as concentrações de hidróxido de sódio até uma temperatura de 65°C, tal como se verificou nos dados recolhidos neste estudo, sendo que o QR Code submergido nesta substância se manteve legível durante as 10 horas de exposição.<sup>55</sup>

A utilização de substâncias corrosivas para a realização de ataques contra a integridade física, também denominada vitriolagem, é uma realidade com consequências severas, como danos incapacitantes e permanentes e desfiguração, podendo mesmo levar à morte das suas vítimas.<sup>56</sup> A incidência deste crime varia bastante entre grupos étnicos e culturais, tal como as motivações para o cometer. Em países asiáticos, como a Índia, o Bangladesh ou o Paquistão, as vítimas são sobretudo mulheres, devido a recusa de propostas de casamento, disputas de propriedades ou dotes de casamento, acabando por ser vítimas de um padrão generalizado de violência de género.<sup>56,57</sup> Este género de ataques é também perpetuado por grupos criminosos, existindo uma grande incidência no Reino Unido.<sup>56,58</sup> O ácido sulfúrico e o ácido nítrico são muitas vezes escolhidos para a realização destes ataques, mas também são utilizadas bases fortes, especialmente quando o acesso a estes ácidos é restrito.<sup>56</sup> Os efeitos variam dependendo da área do corpo afetada, mas é comum envolverem a zona facial e da cabeça, tornando as vítimas irreconhecíveis.<sup>56-58</sup> Ataques graves podem causar a morte devido ao efeito imediato das queimaduras ou devido a sepsia ou falência de órgãos múltipla.<sup>56</sup> A identificação visual das vítimas é difícil neste tipo de casos, podendo ser necessário, em desdentados, recorrer à prótese dentária para realizar a sua identificação. Nesta investigação procurou-se simular um cenário hipotético extremo em que os QR Codes identificadores se encontravam em contacto direto com as substâncias corrosivas, situação bastante difícil de acontecer em contexto real dado que as peças devem ser incluídas nas próteses dentárias estando protegidas pelo acrílico que as compõe.

Segundo o Barómetro da Saúde Oral de 2022, desenvolvido pela Ordem dos Médicos Dentistas<sup>59</sup>, apenas 32,3% da população portuguesa possui todos os dentes, inferindo-se que quase 70% da população portuguesa tem falta de dentes. Dentro do universo dos desdentados estima-se que 39,2% dos indivíduos tem falta de 1 a 5 dentes, 9,3% tem falta de 6 a 8 dentes, 12,8% tem falta de mais de 8 dentes e 6,4% tem falta de todos os dentes. A percentagem de desdentados totais diminuiu 2,3% em relação ao ano anterior, mantendo-se, no entanto, maior prevalência em indivíduos do sexo feminino. Considerando os dados obtidos pelo Instituto Nacional de Estatística, estima-se que em 2022 a população residente em Portugal seria cerca de 10,4 milhões, o que significaria a existência de cerca de

665,6 mil desdentados totais. 72,4% dos indivíduos com falta de mais de 6 dentes apresentam a sua substituição por prótese dentária, tendo havido uma subida de 0,1% em comparação com o ano anterior.<sup>60</sup> É de esperar que a quantidade de indivíduos desdentados totais a utilizar prótese dentária tenha acompanhado essa tendência de crescimento e que existam cada vez menos desdentados totais sem qualquer reabilitação, e como tal, a marcação das próteses dentárias pode ter um papel importante na identificação dos indivíduos que compõem este ainda grande grupo.

A marcação de próteses dentárias não é regulada por lei em Portugal, ao contrário do que acontece em países como a Suécia e a Islândia ou em alguns estados americanos, nem é comumente praticada.<sup>22</sup> No Reino Unido, os dentistas são incentivados pelos *National Health Services* (NHS) a praticar a marcação de próteses dentárias pela permissão para adicionar o seu custo aos seus honorários, sendo, no entanto, obrigatório o fornecimento deste serviço aos membros das forças armadas. Na Austrália, os *Nursing Home Standards* requerem que todos os residentes em lares tenham as suas próteses dentárias marcadas e na Malásia, o ministério da saúde nacional recomenda que todas as próteses dentárias totais novas sejam marcadas antes da sua entrega ao paciente, utilizando um sistema de identificação único que permite a identificação dos pacientes em qualquer parte do mundo.<sup>22,61</sup>

Como a recente tragédia dos incêndios de Pedrógão Grande em 2017 provou, nenhum país está imune ao desastre. Já em 2010, na situação de cheia que ocorreu na ilha da Madeira foi solicitada a presença de médicos-dentistas para auxiliar na identificação das vítimas.<sup>62</sup> Recuando ainda mais no tempo, ao tsunami do oceano Índico de 2004, estima-se que cerca de 54% das vítimas na Tailândia tenham sido identificadas através dos registos dentários, provando assim a importância da identificação dentária na identificação de vítimas de desastres naturais.<sup>63</sup> Em desdentados totais a prótese dentária pode ser o único elemento que permite realizar a identificação, devido às características únicas de proteção que a cavidade oral proporciona, sendo por isso importante a implementação de métodos de marcação de próteses dentárias, para que a identificação destes indivíduos seja facilitada.

Os QR Codes têm sido estudados como método de identificação em próteses dentárias, através de estudos *in vitro* e aplicação em casos clínicos. Foram reportados diferentes métodos de criação de QR Codes, sendo que alguns autores referem a utilização de *softwares*<sup>64-67</sup> e outros a utilização de *websites*<sup>32,39,49</sup> como o utilizado para gerar o QR Code de teste gerado para esta investigação. Vários estudos realizaram a incorporação do QR Code na prótese após impressão e corte em papel, sendo envolvido em papel laminado e depois incluído na prótese com acrílico autopolimerizável<sup>64-67</sup>. As investigações realizadas na Universidade Católica Portuguesa tomaram uma abordagem diferente gravando o QR Code em peças de metal.<sup>39,49</sup> A resistência dos QR Codes foi também já estudada, através de exposições por longos períodos de tempo a ácidos fortes, água, calor e fratura<sup>49,66,68,69</sup>. O interesse dos pacientes por este método foi também avaliado numa população no Chile, sendo este o método preferido dos pacientes devido à sua melhor estética, simplicidade e precisão.<sup>70</sup> Os pacientes mostraram-se também abertos a este método de marcação de próteses dentárias em Viseu, Portugal, sendo que 109 dos 134 inquiridos nesse estudo responderam favoravelmente à utilização do mesmo, depois da explicação do seu conceito.<sup>39</sup>

As vantagens da utilização do QR Code para identificação em próteses dentárias são inúmeras, mas o seu rápido e fácil acesso à informação sem necessidade de leitores específicos é sem dúvida a mais atraente. Combinando esta característica com a sua facilidade de criação e possibilidade de impressão em qualquer superfície, este é um método de identificação promissor com muito a ser estudado.

#### **4.1. LIMITAÇÕES E PERSPETIVAS FUTURAS**

Esta investigação conseguiu desenvolver um método de fabrico de peças e gravação de QR Codes mais simples e acessível, com ambições de que possa ser aplicado em massa em pacientes desdentados totais no futuro. A criação de um protótipo através a inclusão de um QR Code numa prótese dentária de um paciente, testando o método de inclusão e a legibilidade do QR Code após a inclusão é um desafio futuro a acrescentar à busca contínua por melhores materiais, que devem ser testados quanto ao seu desempenho em situações de interesse forense.



## **5. CONCLUSÃO**

---

---



## 5. CONCLUSÃO

Este estudo, a análise dos seus resultados e as dificuldades superadas permitiram alcançar as seguintes conclusões:

- O corte bidimensional de peças a laser em tamanhos diminutos para gravação do QR Code é um processo muito mais eficiente, rápido e acessível do que o processo de fresagem.
- O menor tamanho de QR Code legível foi de 7,5mm x 7,5mm, não sendo possível uma diminuição do tamanho legível em relação aos dados existentes na literatura.
- A escolha de materiais com alto ponto de fusão não significa que estes mantenham a sua integridade após a exposição a altas temperaturas devido ao processo de oxidação por elas causado.
- O titânio foi o material estudado que melhor resistiu à exposição prolongada, tendo o seu QR Code permanecido legível durante as 10 horas de exposição direta ao ácido sulfúrico e 7 horas à exposição direta ao hidróxido de sódio.
- A busca por materiais com melhores propriedades e a sua avaliação continua de modo a tornar este método de identificação mais seguro e resistente perante situações extremas, consequentes de desastres naturais, crimes, e violência em que a identificação forense atua.



## **6. BIBLIOGRAFIA**

---

---



## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Ata-Ali J, Ata-Ali F. Forensic dentistry in human identification: a review of the literature. *J Clin Exp Dent*. 2014;6(2):162-7.
2. Prajapati G, Sarode SC, Sarode GS, Shelke P, Awan KH, Patil S. Role of forensic odontology in the identification of victims of major mass disasters across the world: a systematic review. *PLoS One*. [Internet]. 2018 [cited 2022 Nov 19];13(6):e0199791 doi:10.1371/journal.pone.0199791
3. Shamim T. Forensic odontology. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2010;20(1):1-2.
4. Adams C, Carabott R, Evans S, editors. *Forensic odontology: an essential guide*: Wiley-Blackwell; 2014.
5. Prasad S, Sujatha G, Sivakumar G, Muruganandhan J. Forensic dentistry – what a dentist should know. *Indian J Multidiscip Dent*. 2012;2(2):443-7.
6. Stavrianos C, Kokkas A, Andreopoulos E, Eliades A. Applications of forensic dentistry: part-I. *Res J Med Sci*. 2010;4(3):179-86.
7. Pretty IA, Sweet D. A look at forensic dentistry – part 1: the role of teeth in the determination of human identity. *Br Dent J*. 2001;190(7):359-66.
8. Krishan K, Kanchan T, Garg AK. Dental evidence in forensic identification - an overview, methodology and present status. *Open Dent J*. 2015;9:250-6.
9. Divakar KP. Forensic odontology: the new dimension in dental analysis. *Int J Biomed Sci*. 2017;13(1):1-5.
10. Shah P, Velani PR, Lakade L, Dukle S. Teeth in forensics: a review. *Indian J Dent Res*. 2019;30(2):291-9.
11. Almeida SM, Delwing F, Azevedo JAP, Nogueira RKT, Falcão FP, Carvalho SPM. Effectiveness of dental records in human identification. *Rev Gaucha Odontol*. 2015;63(4):502-6.
12. Sweet D. Forensic dental identification. *Forensic Sci Int*. 2010;201(1):3-4.
13. Odontology ABoF. Body identification information & guidelines. [Internet] 2017 [2022 Nov 26]. Available from: <http://abfo.org/wp-content/uploads/2012/08/ABFO-DRM-Section-4-Standards-Guidelines-Sept-2017-New-page-numbers.pdf>
14. Cross ICotR. The forensic human identification process: an integrated approach [eBook]: Online ICRC publication; 2022 [cited 2022 Nov 26]. Available from: <https://www.icrc.org/en/publication/4590-forensic-human-identification-process-integrated-approach>.
15. Taylor J, Kieser J. *Forensic odontology: principles and practice*. Wiley-Blackwell; 2016.
16. Senn DR, Weems RA, editors. *Manual of forensic odontology*. 5th ed: CRC press; 2013.

17. Rathee M, Yadav K. Denture identification methods: a review. *IOSR J Dent Med Sci.* 2014;13(10):58-61.
18. Stavrianos C, Stavrianou I, Kafas P. Denture identification system based on Swedish guidelines: a forensic aspect. *Internet J Forensic Sci.* 2008;3(1):1-4.
19. Mohan J, Kumar CD, Simon P. “Denture marking” as an aid to forensic identification. *J Indian Prosthodont Soc.* 2012;12(3):131-6.
20. Richmond R, Pretty IA. Antemortem records of forensic significance among edentulous individuals. *J Forensic Sci.* 2007;52(2):423-7.
21. Bali SK, Naqash TA, Abdullah S, Mir S, Nazir S, Yaqoob A. Denture identification methods: a review. *Int J Health Sci Res.* 2013;3(4):100-4.
22. Kalyan A, Clark RK, Radford DR. Denture identification marking should be standard practice. *Br Dent J.* 2014;216(11):615-7.
23. Datta P, Sood S. The various methods and benefits of denture labeling. *J Forensic Dent Sci.* 2010;2(2):53-8.
24. Thomas T, Muruppel AM, Dinesh N, Gladstone S, George N. Dentures in forensic identification – a review of methods benefits. *J Adv Med Dent Sci.* 2014;2(1):85-94.
25. Bathala LR, Rachuri NK, Rayapati SR, Kondaka S. Prosthodontics an “arsenal” in forensic dentistry. *J Forensic Dent Sci.* 2016;8(3):173-4.
26. Ağüloğlu S, Zortuk M, Beydemir K. Denture barcoding: a new horizon. *Br Dent J.* 2009;206(11):589-90.
27. Richmond R, Pretty IA. The use of radio-frequency identification tags for labeling dentures—scanning properties. *J Forensic Sci.* 2009;54(3):664-8.
28. Kareker N, Aras M, Chitre V. A review on denture marking systems: a mark in forensic dentistry. *J Indian Prosthodont Soc.* 2014;14(1):4-13.
29. Luthra R, Arora S, Meshram S. Denture marking for forensic identification using memory card: an innovative technique. *J Indian Prosthodont Soc.* 2012;12(4):231-5.
30. Colvenkar SS, Gopal S. Micro secure digital card: a novel method for denture identification. *J Forensic Dent Sci.* 2014;6(3):183-6.
31. Nogueira TE, de Menezes Bandeira ACF, Leles CR, Silva RF. Use of QR code as personal identification of complete dentures—literature review. *Rev Bras Odontol Leg.* 2018;5(1):61-7.
32. Jain AR, Sindhu P, Krishnan CV. A new alternative technique for denture identification. *World J Dent.* 2015;6(3):188-92.
33. Singh S. QR code analysis. *Int J Adv Res Comput Sci Softw Eng.* 2016;6(5):89-92.
34. Uzun V, Bilgin S. Evaluation and implementation of QR code identity tag system for healthcare in Turkey. *SpringerPlus.* 2016;5(1):1-24.

35. Tiwari S. An introduction to QR code technology. In: 2016 international conference on information technology (ICIT): IEEE; 2016. p. 39-44.
36. Oliveira BVM. Utilização de código QR como método de identificação em próteses totais [master's thesis]. Universidade Católica Portuguesa; 2019.
37. Alloys SD. Starbond Ti5 Disc - Technical data sheet.
38. MESA. Magnum Splendidum - Technical data sheet.
39. Fernandes AMAA. Identificação em desdentados totais: marcação codificada de próteses totais. 2017.
40. Gale WF, Totemeier TC. Smithells metals reference book. 8th ed: Elsevier; 2003.
41. Reardon AC. Metallurgy for the non-metallurgist. 2nd ed. Materials Park, Ohio: ASM International; 2011.
42. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. 12th ed: Elsevier Health Sciences; 2012.
43. Cheng H, Xu M, Zhang H, Wu W, Zheng M, Li X. Cyclic fatigue properties of cobalt-chromium alloy clasps for partial removable dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 2010;104(6):389-96.
44. Shi L, Northwood DO, Cao Z. The properties of a wrought biomedical cobalt-chromium alloy. *J Mater Sci.* 1994;29:1233-8.
45. Zimmermann J, Colombi Ciacchi L. Origin of the selective Cr oxidation in CoCr alloy surfaces. *J Phys Chem Lett.* 2010;1(15):2343-8.
46. Elias CN, Lima JHC, Valiev R, Meyers MA. Biomedical applications of titanium and its alloys. *JOM.* 2008;60(3):46-9.
47. Veiga C, Davim J, Loureiro A. Properties and applications of titanium alloys: a brief review. *J Rev Adv Mater Sci.* 2012;32(2):14-34.
48. Verhoeven JD. Steel metallurgy for the non-metallurgist. 1st ed: ASM International; 2007.
49. Fernandes AMAA. Identificação em desdentados totais - marcação codificada [master's thesis]. Universidade Católica Portuguesa; 2017.
50. Young DJ. High temperature oxidation and corrosion of metals. 2nd ed: Elsevier; 2008.
51. Gemelli E, Camargo N. Oxidation kinetics of commercially pure titanium. *Matéria.* 2007;12(3):525-31.
52. Sim S-R, Ryu D-W. A Method for Instant Estimation of the Temperature Experienced by Fire-Damaged Reinforced Concrete Structures Using Titanium. *Materials (Basel).* 2020;13(8):1993.
53. Corte-Real A, Vieira DN. Identificação em medicina dentária forense. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press; 2015.

54. Lew K. Acids and bases. Infobase Publishing; 2009.
55. Cramer SD, Covino BS, editors. ASM Handbook, Volume 13B, Corrosion: Materials: ASM International; 2005.
56. Byard RW. The manifestations of acid attacks (vitriolage or vitriolism). *Forensic Sci Med Pathol.* 2020;16(3):387-8.
57. Calcini G. Acid Attacks: An Overview of Legal Measures and Motivation Trends in India, Pakistan, Bangladesh, Colombia, and Cambodia. *Dignity.* 2022;7(4):1-16.
58. Ahmed F, Maroof H, Ahmed Ne, Sheridan R. Acid attacks: A new public health pandemic in the west? *Int J Surg.* 2017;4832-3.
59. OMD. Barómetro de Saúde Oral. 2022.
60. OMD. Barómetro de Saúde Oral. 2021.
61. John J, Mani SA, Nambiar P, Sulaiman H. Denture marking: a mandatory procedure to aid forensic identification. *Disaster Prev Manag.* 2011;20(4):378-85.
62. OMD. Madeira: médicos dentistas ajudaram na identificação das vítimas 2010.
63. Schuller-Götzburg P, Suchanek J. Forensic odontologists successfully identify tsunami victims in Phuket, Thailand. *Forensic Sci Int.* 2007;171(2-3):204-7.
64. Dineshshankar J, Venkateshwaran R, Vidhya J, Anuradha R, Mary GP, Pradeep R, et al. Denture bar-coding: An innovative technique in forensic dentistry. *J Pharm Bioallied Sci.* 2015;7(Suppl 2):S350-3.
65. Rajendran V, Karthigeyan S, Manoharan S. Denture marker using a two-dimensional bar code. *J Prosthet Dent.* 2012;107(3):207-8.
66. Sudheendra US, Sowmya K, Vidhi M, Shreenivas K, Prathamesh J. 2D barcodes: a novel and simple method for denture identification. *J Forensic Sci.* 2013;58(1):170-2.
67. Basavanna JM, Jain A, Misra SK. Denture barcoding in forensic dentistry: A future option. *J Forensic Dent Sci.* 2016;8(1):52-5.
68. Poovannan S, Jain AR, Krishnan CJ, Chandran CR. An In vitro evaluation of the reliability of QR code denture labeling technique. *J Forensic Dent Sci.* 2016;8(3):179.
69. Ragavendra TR, Mhaske S, Gouraha A, Yuwanathi M, Kamath KP, Saawarn S, et al. Quick response code in acrylic denture: will it respond when needed? *J Forensic Sci.* 2014;59(2):514-6.
70. Rojas-Torres J, Navarro-Cáceres P, Fonseca GM. Attitudes, Perceptions, and Preferences of Individuals from Temuco (Chile) About Denture Marking. *J Forensic Sci.* 2019;64(4):1187-95.