

Avaliação de diferentes materiais restauradores dentários submetidos a altas temperaturas: Uma perspectiva forense

Evaluation of different dental restorative materials subjected to high temperatures: A forensic perspective

Mafalda Jantarada^{1*} , Inês Morais Caldas^{1,2,3} 

¹FMDUP, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

²Associate Laboratory i4HB – Institute for Health and Bioeconomy, University Institute of Health Sciences – CESPU, 4585-116 Gandra, Portugal TOXRUN—Toxicology Research Unit, University Institute of Health Sciences, CESPU, CRL, 4585-116 Gandra, Portugal

³UCIBIO – Applied Molecular Biosciences Unit, Forensics and Biomedical Sciences Research Laboratory, University Institute of Health Sciences (IH-TOXRUN, IU-CS- CESPU), 4585-116 Gandra, Portugal

*Autor correspondente/Corresponding author: up201905621@fmd.pt

Recebido/Received: 17-05-2024; Revisto/Revised: 30-09-2024; Aceite/Accepted: 28-01-2025

Resumo

Introdução: A Medicina Dentária Forense é de fundamental importância para a identificação humana através da recolha de dados dentários, uma vez que dentes, próteses e restaurações apresentam uma elevada resistência a condições extremas. **Objetivos:** Contribuir para o conhecimento do comportamento dos dentes e restaurações em situações de exposição a temperaturas elevadas, como método auxiliar na identificação humana em Medicina Dentária Forense. **Materiais e Métodos:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed e Scopus sobre o comportamento de materiais restauradores dentários submetidos a altas temperaturas. Usaram-se os termos “forensic”, “temperature” e “restoration”, sem limite temporal, em inglês, português ou espanhol, e os operadores booleanos OR e AND foram utilizados. Foram obtidos 93 trabalhos, dos quais se selecionaram 15. **Resultados:** A maioria dos estudos são *in vitro* com dentes extraídos com diferentes materiais restauradores que foram submetidos a várias temperaturas, tendo-se registado as alterações dos mesmos. Dentro das alterações observadas, a mudança de cor foi o achado mais característico de cada faixa de temperaturas. A Coroa Metalo-Cerâmica foi o que melhor conservou as suas propriedades, já o Cimento de Ionómero de Vidro é aquele que mais precocemente apresenta fragmentação. **Conclusões:** O material restaurador utilizado influencia a preservação dos vestígios dentários submetidos a altas temperaturas. As coroas metálo-cerâmicas demonstram alta estabilidade em altas temperaturas, tornando-se um bom indicador forense, enquanto que outros materiais apresentam comportamentos variados. A utilização de meios complementares de diagnóstico é recomendável, ainda que sejam necessários mais estudos e criação de protocolos do seu uso.

Palavras-chave: Medicina Dentária Forense; Identificação Humana; Restauração Dentária; Tratamentos dentários; Antropologia Forense; Temperatura.

Abstract

Introduction: Forensic Dental Medicine is of fundamental importance for human identification through the collection of dental data, since teeth, prostheses, and restorations exhibit high resistance to extreme conditions. **Objectives:** To contribute to the understanding of the behavior of teeth and restorations when exposed to high temperatures, as an auxiliary method in human identification within Forensic Dental Medicine. **Materials and Methods:** A bibliographic search was conducted in the PubMed and Scopus databases regarding the behavior of dental restorative materials subjected to high temperatures. The terms “forensic”, “temperature”, and “restoration” were used without any time limit, in English, Portuguese, or Spanish, employing the Boolean operators OR and AND. A total of 93 studies were obtained, of which 15 were selected. **Results:** Most studies were *in vitro*, involving extracted teeth restored with various materials that were subjected to different temperatures, and the resulting changes were recorded. Among the observed alterations, color change was the most characteristic finding for each temperature range. The metal-ceramic crown was found to best preserve its properties, while glass ionomer cement was the material that showed fragmentation at the earliest stage. **Conclusions:** The restorative material used influences the preservation of dental evidence when exposed to high temperatures. Metal-ceramic crowns demonstrate high stability at elevated temperatures, making them a good forensic indicator, whereas other materials exhibit varied behaviors. The use of complementary diagnostic methods is recommended, although further studies and the development of usage protocols are necessary.

Keywords: Forensic Dentistry; Human Identification; Dental Restoration; Dental treatments; Forensic Anthropology; Temperature.

1. INTRODUÇÃO

A Medicina Dentária Forense desempenha um papel crucial na identificação humana por meio da análise de dados dentários, uma vez que dentes, próteses e restaurações dentárias possuem grande resistência a condições extremas. Tal deve-se à sua composição particularmente estável, sendo também importante a proteção conferida por tecidos moles e outros possíveis materiais ou elementos (e.g., capacete), podendo ser muitas vezes o único meio para identificação de um cadáver (Savio *et al.*, 2006; Delattre, 2000). Esta área científica demonstra-se relevante em situações onde a identificação de indivíduos é desconhecida após a ocorrência de, por exemplo, sismos, tsunamis, ataques terroristas ou acidentes de avião, quando não é possível fazer um reconhecimento direto dos cadáveres. Utilizam-se dados dentários únicos do cadáver para identificar o indivíduo, quando suficientes, ou permite fazer uma redução do grupo populacional a que a vítima pertence, uma vez que através destes dados pode-se muitas vezes determinar características como a ancestralidade, sexo ou idade, não sendo necessário recorrer a técnicas primárias como a genética ou lofoscopia. (Hinchliffe, 2011).

Os dentes e as intervenções dentárias possuem um grande número de características distintas que, isoladamente, ou em conjunto, podem contribuir para uma identificação positiva (Valenzuela *et al.*, 2000). Adicionalmente, avaliar certas características dos dentes ou restaurações tem outra função importante na Medicina Dentária Forense: estabelecer as condições de morte do indivíduo. Por exemplo, numa morte por incêndio, ao avaliar a cor ou o grau de fragmentação de uma restauração é possível ter-se uma noção da temperatura atingida, ou até a duração da exposição ao mesmo (Bagdey *et al.*, 2014).

A identificação de um indivíduo por meios dentários depende principalmente de duas abordagens: o método comparativo de identificação dentária e o perfil dentário *postmortem*. Quando os registos dentários *antemortem* são inacessíveis e os métodos de identificação alternativos não são viáveis, a Medicina Dentária Forense pode ajudar a reduzir o potencial grupo populacional ao qual o falecido pode pertencer (Dostalova *et al.*, 2012).

Segundo a Associação Americana de Odontologia Forense, existem vários critérios para classificar a identificação humana por meio de dados dentários (American Board of Forensic Odontology, 2017):

Identificação Positiva: Os dados *antemortem* e *postmortem* coincidem com detalhes suficientes para estabelecer que são de o mesmo indivíduo. Além disso, não existem discrepâncias irreconciliáveis.

Possível identificação: Os dados *antemortem* e *postmortem* apresentam características consistentes, porém, devido à qualidade dos mesmos, não é possível estabelecer uma identificação dentária positiva.

Evidência insuficiente: A informação disponível é insuficiente para fundamentar uma conclusão.

Exclusão: Os dados *antemortem* e *postmortem* são claramente inconsistentes. Contudo, deve ser entendido que a identificação por exclusão é uma técnica válida em determinadas circunstâncias.

A comparação de dados *antemortem* e *postmortem* em medicina dentária forense inclui avaliar a presença de

1. INTRODUCTION

Forensic Dentistry plays a crucial role in human identification through the analysis of dental data, as teeth, prostheses, and dental restorations exhibit high resistance to extreme conditions. This is due to their particularly stable composition, along with the protection provided by soft tissues and other possible materials or elements (e.g., helmet), often making them the only means of identifying a cadaver (Savio *et al.*, 2006; Delattre, 2000). This scientific field is particularly relevant in situations where the identification of individuals is unknown after events such as earthquakes, tsunamis, terrorist attacks, or plane crashes, when direct recognition of the bodies is not possible. Unique dental data from the cadaver is used to identify the individual when sufficient, or to reduce the population group to which the victim belongs - as these data can often determine characteristics such as ancestry, sex, or age, without the need to resort to primary techniques such as genetics or fingerprint analysis (Hinchliffe, 2011).

Teeth and dental interventions possess a large number of distinctive characteristics that, individually or collectively, can contribute to a positive identification (Valenzuela *et al.*, 2000). Additionally, assessing certain characteristics of teeth or restorations has another important function in Forensic Dentistry: establishing the conditions of the individual's death. For example, in a fire-related death, by evaluating the color or degree of fragmentation of a restoration, it is possible to estimate the temperature reached or even the duration of exposure to it (Bagdey *et al.*, 2014).

The identification of an individual through dental means primarily relies on two approaches: the comparative dental identification method and the postmortem dental profile. When antemortem dental records are inaccessible and alternative identification methods are not viable, Forensic Dentistry can help reduce the potential population group to which the deceased may belong (Dostalova *et al.*, 2012).

According to the American Board of Forensic Odontology, there are several criteria for classifying human identification based on dental data (American Board of Forensic Odontology, 2017):

Positive Identification: Antemortem and postmortem data match with sufficient detail to establish that they belong to the same individual. Additionally, there are no irreconcilable discrepancies.

Possible Identification: Antemortem and postmortem data present consistent characteristics; however, due to their quality, it is not possible to establish a positive dental identification.

Insufficient Evidence: The available information is insufficient to support a conclusion.

Exclusion: Antemortem and postmortem data are clearly inconsistent. However, it should be understood that identification by exclusion is a valid technique in certain circumstances.

The comparison of antemortem and postmortem data in forensic dentistry includes evaluating the presence of restorations, endodontic treatments, prostheses, implants,

restaurações, tratamentos endodônticos, próteses, implantes, bem como a identificação de má oclusões ou fraturas dentárias, entre outros indicadores, com o fim de estabelecer concordância entre os dois registros (Berketa *et al.*, 2012).

É, no entanto, difícil distinguir muitas vezes materiais restauradores, especialmente os estéticos, até mesmo por profissionais experientes (Bux *et al.*, 2002). Em situações de elevadas temperaturas também se torna uma tarefa especialmente difícil pela carbonização dos materiais restauradores, que acima de certa temperatura podem ser mesmo indistinguíveis do dente ou inexistentes. Existe, no entanto, a vantagem dos elementos restauradores que usam elementos metálicos ou porcelana serem muito pouco afetados pelo fogo (Harvey, 1976).

Em relação às restaurações dentárias, os aspectos mais relevantes a serem tidos em consideração para a obtenção de uma identificação positiva passam por avaliar o seu número, em que dentes estão localizadas, classificá-las por classe, averiguar a extensão e o desenho da cavidade (*e.g.*, com métodos radiográficos complementares), e comparar com os registros odontológicos da possível vítima suspeita (Savio *et al.*, 2006).

As estruturas dentárias são muito estáveis e duradouras no período *postmortem*. No entanto, é necessário perceber-se se os tratamentos e materiais restauradores apresentam a mesma durabilidade, uma vez que numa situação de identificação comparativa, é crucial que o Médico Dentista entenda se determinada modificação pode ter ocorrido no caso de haver exposição a temperaturas elevadas. Esta exposição pode causar mudanças que explicam dissonâncias entre os registros *antemortem* e os dados *postmortem*, evitando-se assim, falsas exclusões. Desta forma, torna-se essencial perceber qual o comportamento dos diferentes materiais restauradores e se os mesmos influenciam a preservação dos vestígios dentários submetidos a altas temperaturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados PubMed e Scopus sobre o comportamento de materiais restauradores dentários submetidos a altas temperaturas. Foram usados os termos "*forensic*", "*temperature*" e "*restoration*", sem limitação temporal, em inglês, português ou espanhol, e os operadores booleanos *OR* e *AND* foram utilizados para melhorar a busca (Tabela 1).

Foram utilizados os critérios de inclusão:

- Textos completos.
- Revisões sistemáticas ou bibliográficas, estudos *in vitro*, meta-análises e livros/documentos.
- Resultados obtidos sobre o comportamento de dentes e restaurações em temperaturas extremas.

E os seguintes critérios de exclusão:

- Artigos sem acesso ao texto completo.
- Artigos cujo tamanho amostral era inferior a 20.
- Estudos que avaliaram outro tipo de material que não material de restauração.

Foram apenas selecionados os artigos com um tamanho amostral de pelo menos 20 dentes, com ou sem restaurações,

as well as identifying malocclusions or dental fractures, among other indicators, to establish concordance between the two records (Berketa *et al.*, 2012).

However, distinguishing many restorative materials, especially aesthetic ones, is often difficult even for experienced professionals (Bux *et al.*, 2002). In high-temperature situations, this task becomes particularly challenging due to the carbonization of restorative materials, which, above a certain temperature, may become indistinguishable from the tooth or even nonexistent. However, restorative elements that contain metal or porcelain have the advantage of being minimally affected by fire (Harvey, 1976).

Regarding dental restorations, the most relevant aspects to consider for obtaining a positive identification include evaluating their number, determining which teeth they are located on, classifying them by type, assessing the extent and design of the cavity (*e.g.*, using complementary radiographic methods), and comparing them with the dental records of the suspected victim (Savio *et al.*, 2006).

Dental structures are highly stable and durable in the postmortem period. However, it is necessary to understand whether restorative treatments and materials exhibit the same durability, as in a comparative identification scenario, it is crucial for the forensic dentist to determine whether certain modifications may have occurred in cases of exposure to high temperatures. This exposure can cause changes that explain discrepancies between antemortem records and postmortem data, thereby preventing false exclusions. Thus, it is essential to understand how different restorative materials behave and whether they influence the preservation of dental remains subjected to high temperatures.

2. MATERIALS AND METHODS

A search was conducted in the PubMed and Scopus databases on the behavior of dental restorative materials subjected to high temperatures. The terms "*forensic*," "*temperature*," and "*restoration*" were used without time limitations in English, Portuguese, or Spanish, with Boolean operators *OR* and *AND* used to refine the search (Table 1).

Inclusion criteria:

- Full-text articles.
- Systematic or bibliographic reviews, *in vitro* studies, meta-analyses, and books/documents.
- Results obtained on the behavior of teeth and restorations under extreme temperatures.

Exclusion criteria:

- Articles without full-text access.
- Articles with a sample size of fewer than 20.
- Studies evaluating materials other than restorative materials.

The selected articles have a sample size of at least 20 teeth, with or without restorations, as this is considered the minimum for statistically significant sample sizes following the model defined by Peduzzi *et al.*, which suggests that 10 to 15 samples should be used per variable. In this case,

pois este é considerado o valor mínimo nesta tipologia de estudos, para que se tenha uma amostra com valor estatístico significativo seguindo o modelo definido por Peduzzi e seus colaboradores, que sugere que 10 a 15 amostras devem ser usadas por cada variável existente. Neste caso estamos perante duas variáveis, o material restaurador e a temperatura (Peduzzi *et al*, 1996).

the two variables are restorative material and temperature (Peduzzi *et al.*, 1996).

Tabela/Table 1: Estratégia de pesquisa bibliográfica na Pubmed e Scopus e resultados obtidos/Bibliographic search strategy in PubMed and Scopus and results obtained.

Data/ Date	Base de dados/ Database	Equação de pesquisa/ Search Equation	Número de artigos obtidos/ Number of Articles Obtained
12/01/2024	PubMed	(FORENSIC [ALL FIELDS] OR FORENSIC DENTISTRY [MESH TERMS]) AND ((DENTAL RESTORATION [ALL FIELDS]) OR (RESTORATION [ALL FIELDS])) AND TEMPERATURE [ALL FIELDS])	53
12/01/2024	Scopus	FORENSIC AND RESTORATION AND TEMPERATURE	40
			TOTAL: 93

3. RESULTADOS

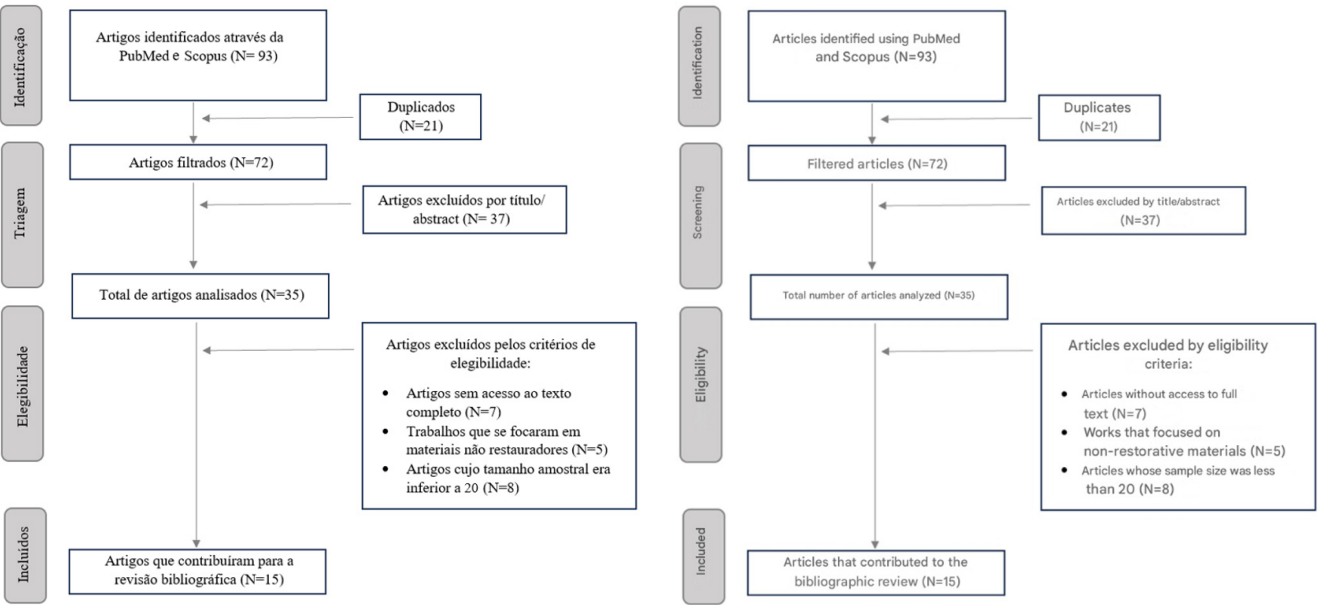
Foram encontrados, inicialmente, 93 artigos científicos. Posteriormente, foram eliminados os duplicados, resultando 72 artigos. Destes, 37 foram excluídos por análise do título ou resumo, quando estes não foram considerados relevantes. Assim, apenas 35 artigos foram filtrados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Foram excluídos 7 artigos pela impossibilidade de acesso aos mesmos.

Os 5 trabalhos que se focaram em outro tipo de materiais dentários não considerados restauradores (*e.g.*, tratamento endodôntico, implantes), foram excluídos. Também foram descartados os 8 estudos *in vitro* que usaram amostras de dentes inferiores a 20 uma vez que não apresentavam um tamanho amostral relevante. Por conseguinte, foram selecionados os 15 artigos que contribuíram para a revisão bibliográfica (Figura 1).

3. RESULTS

Initially, 93 scientific articles were identified. After removing duplicates, 72 articles remained. Of these, 37 were excluded after title or abstract analysis when deemed irrelevant. Thus, 35 articles were filtered according to the inclusion and exclusion criteria. 7 articles were excluded due to inaccessible full texts.

5 studies that focused on other types of dental materials unrelated to restorations (*e.g.*, endodontic treatments, implants) were excluded. Additionally, 8 *in vitro* studies that used sample sizes of fewer than 20 teeth were discarded, as they lacked statistically relevant sample sizes. Consequently, 15 articles were selected for the literature review (Figure 1).



Figura/Figure 1: Diagrama de fluxo PRISMA do processo de pesquisa bibliográfica e seleção de artigos científicos/PPRISMA Flow Diagram for the bibliographic research and selection process of scientific articles.

Na Tabela 2 encontra-se um resumo das principais características e achados dos estudos científicos analisados.

Table 2 provides a summary of the main characteristics and findings of the analyzed scientific studies.

Tabela/Table 2: Principais características e conclusões dos trabalhos revisados/Main Characteristics and Conclusions of the Reviewed Studies.

Ano/ Year	Autores/ Authors	Tipo de artigo/ Article Type	Objetivo/ Objective	Principais resultados e Conclusões/ Main Results and Conclusions
2021	Yashoda V, Munisekhar MS, Shylaja S, Rao KA, Reddy SK, Muddebihal F, Alam MK	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (in vitro study)	"Analisar os efeitos da incineração em dentes e materiais restauradores usando Microscopia Eletrônica de Varimento/Espectroscopia de Dispersão de Energia (SEM/EDS)"/"Analyze the effects of incineration on teeth and restorative materials using Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS);"	"A mudança na cor e na aparência externa são as alterações mais comumente observadas em materiais restauradores e dentes incinerados. Foram observadas fraturas na superfície dos dentes em todas as temperaturas. A 500°C, 700°C e 900°C, alguns dentes tinham esmalte intacto com dentina, enquanto que aos 1100°C, existiu uma fragmentação extensa de todos os dentes e restaurações."/"Color change and external appearance alterations are the most commonly observed changes in incinerated teeth and restorative materials. Fractures on the tooth surface were observed at all temperatures. At 500°C, 700°C, and 900°C, some teeth had intact enamel with dentin, while at 1100°C, extensive fragmentation of all teeth and restorations occurred."
2021	Çankıoğlu B, Misilli T, Deniz Y, Aktaş Ç	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (in vitro study)	"Observar os efeitos da alta temperatura em diferentes materiais dentários restauradores, detectando alterações na sua composição microestrutural e elemental"/"Observe the effects of high temperature on different dental restorative materials, detecting changes in their microstructural and elemental composition:"	"Em geral, aos 900°, as resinas compostas tendem a apresentar variações de cor (cinza), alterações de rugosidade superficial e propensão a fissuras. Os ionômeros de vidro, por sua vez, mostram uma maior estabilidade dimensional, mas também apresentam fissuras em alguns casos, com coloração cinza, havendo importantes variações, mediante a marca utilizada."/"In general, at 900°C, composite resins tend to show color variations (gray), surface roughness changes, and susceptibility to cracks. Glass ionomers, on the other hand, demonstrate greater dimensional stability but also present cracks in some cases, with gray coloration, showing significant variations depending on the brand used."
2019	Kiran R, Chapman J, Tennant M, Forrest A, Walsh LJ	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (in vitro study)	"Avaliar o efeito do calor no comportamento da fluorescência de materiais restauradores contemporâneos da cor dos dentes e da estrutura dentária natural quando submetidos a uma faixa de temperaturas, usando iluminação com comprimento de onda de luz de 405 nm."/"Evaluate the effect of heat on the fluorescence behavior of contemporary tooth-colored restorative materials and natural dental structure when subjected to a range of temperatures, using 405 nm wavelength light illumination."	"Os materiais restauradores à base de resina ainda apresentaram fluorescência a 200°C e a 500°C e existiram grandes alterações de cor. Os materiais contendo fluoróforos inorgânicos ainda apresentavam fluorescência a 900°C, enquanto a 1200°C nenhum dos materiais testados neste estudo apresentava qualquer fluorescência."/"Resin-based restorative materials still exhibited fluorescence at 200°C and 500°C, and significant color changes were observed. Materials containing inorganic fluorophores still exhibited fluorescence at 900°C, whereas at 1200°C, none of the materials tested in this study showed any fluorescence."
2017	Biancalana RC, Vicente SA, Alves da Silva RH, Pires-de- Souza FC	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (in vitro study)	"Avaliar o efeito da ação da fonte de calor na estabilidade da cor de restaurações de resina composta (CR) e cimento de ionômero de vidro (CIV), discriminá-las e comparar com dados odontológicos antemortem."/"Evaluate the effect of heat on the color stability of composite resin (CR) and glass ionomer cement (GIC) restorations, distinguish them, and compare them with antemortem dental records."	"Restaurações com cimento de fosfato de zinco apresentaram descoloração, fissuras e desintegração em altas temperaturas. A amálgama apresentou perda de selamento marginal e descoloração, com formação de glóbulos em temperaturas mais altas. O ionômero de vidro mostrou descoloração e fraturas. Coroas de metal Ni-Cr perderam o brilho e foram deslocadas aos 1100°C. Coroas de cerâmica mantiveram-se estáveis inicialmente, mas perderam a morfologia em altas temperaturas. A mandíbula sofreu escurecimento e fraturas aos 400°C, tornando-se cinza e carbonizada a 1100°C."/"Zinc phosphate cement restorations showed discoloration, cracks, and disintegration at high temperatures. Amalgam exhibited marginal seal loss and discoloration, with globule formation at higher temperatures. Glass ionomer showed discoloration and fractures. Ni-Cr metal crowns lost their shine and dislodged at 1100°C. Ceramic crowns initially remained stable but lost their morphology at high temperatures. The mandible darkened and fractured at 400°C, turning gray and carbonized at 1100°C."
2016	Vandragi SK, Radhika MB, Paremla K, Reshma V, Sudhakara M, Hosthor SS	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (in vitro study)	"Avaliar a utilidade das restaurações mais comuns na identificação pessoal em casos de queimaduras."/"Evaluate the usefulness of common dental restorations in personal identification in burn cases."	"A restauração de amálgama era resistente e intacta mesmo a 1000°C, enquanto que o cimento de ionômero de vidro e a restauração composta são identificáveis até 600°C. A preparação da cavidade residual deixa uma pista para estreitar o espectro de identificação."/"Amalgam restorations were resistant and intact even at 1000°C, whereas glass ionomer cement and composite restorations were identifiable up to 600°C. The residual cavity preparation provides a clue to narrow the identification spectrum."
2015	Krishan K, Kanchan T, Garg AK	Revisão narrativa/ Narrative review	"Destacar a importância dos dentes no processo de identificação, a sua utilidade na estimativa do perfil biológico (ancestralidade, sexo, idade e estatura) e o estado atual da evidência odontológica em medicina forense. A revisão também se concentra na quantidade de informações que podem ser extraídas dos dentes sobre a vítima por meio de anomalias dentárias e outros registros odontológicos."/"Highlight the importance of teeth in the identification process, their usefulness in estimating biological profiles (determining relevant data such as age, sex, race, etc.), and the current state of dental evidence in forensic medicine. The review also focuses on the amount of information that can be extracted from teeth about the victim through dental anomalies and other dental records."	"...Apesar dos avanços nas principais técnicas de identificação, tais como perfis de ADN, impressões digitais e reconstrução facial, a comparação de registros dentários (registos sob a forma de observações dentárias e radiografias) desempenha um papel significativo na identificação dos falecidos em incidentes de mortalidade em massa, tais como como acidentes aéreos, outros acidentes graves, ataques terroristas e catástrofes naturais..."/"...despite advances in major identification techniques such as DNA profiling, fingerprint analysis, and facial reconstruction, dental record comparison (records in the form of dental observations and radiographs) plays a significant role in identifying deceased individuals in mass casualty incidents such as air accidents, severe accidents, terrorist attacks, and natural disasters."

2015	Pol CA, Ghige SK, Gosavi SR, Hazarey VK	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (<i>in vitro study</i>)	“Observar macroscopicamente os efeitos de temperaturas predeterminadas (200°C-400°C-600°C-800°C-1000°C) em dentes não restaurados e diferentes materiais restauradores e, em seguida, examiná-los sob um estereomicroscópio para fins de identificação.”/“Macroscopically observe the effects of predetermined temperatures (200°C-400°C-600°C-800°C-1000°C) on unrestored teeth and different restorative materials and then examine them under a stereomicroscope for identification purposes.”	“Dentes sem restauração resistiram até 200°C, mas fragmentaram em temperaturas mais altas. Coroas cerâmicas não apresentaram fissuras até 1000°C. Restaurações de compósito fissuraram a 400°C e a amálgama a 800°C, ambos fragmentando aos 1000°C. O ionômero de vidro apresentou fissuras a 200°C e fragmentou a 800°C. A 400°C, todos os materiais, exceto a cerâmica, mostraram contração marginal, e a 800°C as coroas cerâmicas começaram a soltar-se.”/“Unrestored teeth resisted up to 200°C but fragmented at higher temperatures. Ceramic crowns did not crack up to 1000°C. Composite restorations cracked at 400°C, and amalgam at 800°C, both fragmenting at 1000°C. Glass ionomer cement cracked at 200°C and fragmented at 800°C. At 400°C, all materials except ceramics showed marginal contraction, and at 800°C, ceramic crowns began to detach.”
2015	Reesu, G.V, Augustine, J., Urs, A.B.	Revisão narrativa/ Narrative review	“Apresentar uma revisão composta por vários estudos sobre restos dentários humanos incinerados e discutir o seu impacto no processo de identificação humana e sugerir uma abordagem passo a passo.”/“Present a review of various studies on incinerated human dental remains and discuss their impact on the human identification process, suggesting a step-by-step approach.”	“...a identificação de restos mortais humanos pode ser baseada em algumas características dentárias exclusivas do indivíduo e também ser identificada pelas diferenças anatômicas da sua dentição junto com as modificações feitas durante o tratamento dentário.”/“... the identification of human remains can be based on some unique dental characteristics of the individual and also be identified through the anatomical differences in their dentition along with modifications made during dental treatment.”
2014	Bagdey SP, Moharil RB, Dive AM, Thakur S, Bodhade A, Dhobley AA	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (<i>in vitro study</i>)	“Investigar as alterações macroscópicas e microscópicas dos dentes e diversos materiais de restauração dentária expostos a uma faixa de alta temperatura (200-800°C).”/“Investigate the macroscopic and microscopic changes of teeth and various dental restorative materials exposed to a range of high temperatures (200-800°C).”	“Dentes não restaurados mostraram descoloração progressiva com o aumento da temperatura, com microfraturas surgindo a 400°C, fragmentação da coroa a 600°C, e fissuras no esmalte a 800°C. A amálgama contraiu a partir de 200°C, surgiram bolhas, perda da vedação marginal e fissuras na restauração a 600°C. O óxido de zinco e eugenol mostrou extrusão e fissuras desde 200°C, com fragmentação do mesmo a 800°C. O ionômero de vidro extruiu e apresentou perda de vedação marginal desde 200°C, com fragmentação da coroa a 600°C, e aos 800°C tornou-se branco e opaco.”/“Unrestored teeth showed progressive discoloration with increasing temperature, with microfractures appearing at 400°C, crown fragmentation at 600°C, and enamel cracks at 800°C. Amalgam contracted from 200°C, developed bubbles, marginal seal loss, and fractures at 600°C. Zinc oxide eugenol showed extrusion and cracks from 200°C, with fragmentation at 800°C. Glass ionomer cement extruded and showed marginal seal loss from 200°C, with crown fragmentation at 600°C, turning white and opaque at 800°C.”
2012	Dostalova T, Eliasova H, Seydlova M, Broucek J, Vavrickova L	Revisão narrativa/ Narrative review	Descrever as técnicas empregadas pela medicina dentária forense para identificar restos mortais humanos e também fornecer detalhes de alguns dos novos desenvolvimentos nesta área.”/“Describe forensic dental techniques used to identify human remains and also provide details on some new developments in this field.”	“Foi demonstrado que a identificação dentária de uma pessoa é baseada em características individuais únicas da dentição e das restaurações dentárias, na resistência relativa dos tecidos dentários mineralizados e nas restaurações dentárias às alterações resultantes da decomposição e de extremos ambientais adversos, como condições de temperatura e forças físicas violentas.”/“It has been demonstrated that a person's dental identification is based on unique individual characteristics of dentition and dental restorations, on the relative resistance of mineralized dental tissues and restorations to changes resulting from decomposition and adverse environmental extremes, such as high-temperature conditions and violent physical forces.”
2011	Hill AJ, Lain R, Hewson I	Relato de casos/ Case report	“Apresentar dois casos em que se preservaram evidências dentárias submetidas a temperaturas elevadas para fins forenses.”/“Present two cases where dental evidence subjected to high temperatures was preserved for forensic purposes.”	“Estes dois casos demonstram as dificuldades significativas que surgem quando há perda e degradação de provas dentárias vitais de restos frágeis incinerados durante a investigação do local, recuperação do corpo, transporte dos restos mortais para a morgue e movimentação dos restos mortais dentro da morgue.”/“These two cases demonstrate the significant difficulties that arise when there is loss and degradation of vital dental evidence from fragile incinerated remains during site investigation, body recovery, transportation of remains to the morgue, and handling within the morgue.”
2009	Moreno F, Moreno S, Merlati, G, Marin L, Savio, C.	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (<i>in vitro study</i>)	“Observar os efeitos das altas temperaturas nos dentes restaurados com amálgama, compósito e material de preenchimento temporário modificado com óxido de zinco (ZnO) vs. dentes não restaurados.”/“Observe the effects of high temperatures on teeth restored with amalgam, composite, and modified zinc oxide temporary filling material vs. unrestored teeth.”	“As restaurações classe I feitas de amálgama e feitas de material restaurador temporário modificado com ZnO podem ser identificados até 1200°C porque mantêm a sua forma apesar da desintegração das coroas, enquanto o sistema compósito/adesivo classe I com base de IV permaneceram no lugar, mas com uma forma alterada.”/“Class I restorations made of amalgam and modified ZnO temporary restorative material can be identified up to 1200°C because they maintain their shape despite crown disintegration, whereas Class I composite/adhesive systems with glass ionomer base remained in place but with altered shape.”
2006	Savio C, Merlati G, Danesino P, Fassina G, Menghini P	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (<i>in vitro study</i>)	“Avaliar as características radiográficas de dentes não restaurados, tratados endodonticamente e restaurados após exposição a uma faixa experimental de altas temperaturas.”/“Evaluate the radiographic characteristics of unrestored, endodontically treated, and restored teeth after exposure to a range of high temperatures.”	“As restaurações com resina composta mantiveram a sua forma até 600°C. A amálgama manteve a sua forma até aos 1000°C e os tratamentos endodônticos foram reconhecíveis até os 1100°C.”/“Composite restorations maintained their shape up to 600°C. Amalgam maintained its shape up to 1000°C, and endodontic treatments were recognizable up to 1100°C.”
2005	Bose RS, Mohan B, Lakshminarayanan L	Artigo original (<i>estudo in vitro</i>)/ Original article (<i>in vitro study</i>)	“Avaliar as alterações que ocorrem em dentes restaurados com amálgama, compósitos, ionômeros de vidro, acrílico de cura térmica e cerâmica.”/“Evaluate the changes that occur in teeth restored with amalgam, composites, glass ionomers, heat-cured acrylic, and ceramics.”	“Algumas restaurações foram capazes de suportar temperaturas elevadas, outras foram reduzidas a uma massa irreconhecível em temperaturas relativamente baixas.”/“Some restorations were able to withstand high temperatures, while others were reduced to an unrecognizable mass at relatively low temperatures.”

2004	Merlati G, Savio C, Danesino P, Fassina G, Menghini P	Artigo original (estudo <i>in vitro</i>) / Original article (in vitro study)	"Estudar dentes que contêm amálgamas classes I e V e restaurações compostas e compará-los com dentes não restaurados quando expostos a altas temperaturas."/ "Study teeth containing class I and V amalgams and composite restorations and compare them with unrestored teeth when exposed to high temperatures."	"Dentes não restaurados seguiram o mesmo padrão de descoloração e fragmentação observado em estudos anteriores. Em dentes restaurados, a 200°C, as restaurações mantiveram o selamento marginal, embora a amálgama apresentasse bolhas de mercúrio. A 400°C, o esmalte começou a fissurar e as restaurações de compósito ficaram pretas. A 600°C, as coroas desintegraram-se da raiz, mas as restaurações mantiveram a forma. A 800°C, houve separação entre os dentes e restaurações, ficando o compósito branco. A 1000°C e 1100°C, as coroas fragmentam-se, mas as restaurações de amálgama e compósito permaneceram, embora deformadas."/ "Unrestored teeth followed the same pattern of discoloration and fragmentation observed in previous studies. In restored teeth, at 200°C, restorations maintained marginal sealing, although amalgam showed mercury bubbles. At 400°C, enamel began to crack, and composite restorations turned black. At 600°C, crowns disintegrated from the root, but restorations retained their shape. At 800°C, there was separation between teeth and restorations, with the composite turning white. At 1000°C and 1100°C, crowns fragmented, but amalgam and composite restorations remained, although deformed."
------	---	---	---	--

Dos 15 artigos analisados, 11 são estudos *in vitro* em que amostras de dentes com diferentes materiais restauradores foram submetidos a altas temperaturas para avaliar alterações macro e microscópicas nos dentes e nas restaurações. A maioria dos estudos focou-se nos principais materiais restauradores (resina composta, cimento de ionômero de vidro (CIV), amálgama e coroa ou ponte metal-cerâmica (MC)), e foi realizada uma avaliação qualitativa macroscópica e/ou com estereomicroscópio das alterações visíveis a nível da coloração, integridade e estrutura das mesmas (Yashoda *et al.*, 2021; Çarikçioğlu *et al.*, 2021; Kiran *et al.*, 2019; Biancalana *et al.*, 2017; Vandrangi *et al.*, 2016; Pol *et al.*, 2015; Bagdey *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2009; Savio *et al.*, 2006; Bose *et al.*, 2005; Merlati *et al.*, 2004). Para além disso, foi feita uma análise radiográfica (Savio *et al.*, 2006) e uma análise com microscopia eletrónica de varrimento para avaliação de alterações microestruturais (Çarikçioğlu *et al.*, 2021).

Três dos artigos analisados eram revisões narrativas, que salientavam a importância da Medicina Dentária Forense no processo de identificação humana e resumiam as principais técnicas utilizadas nesta área, bem como apresentavam novos desenvolvimentos (Krishan *et al.*, 2015; Reesu *et al.*, 2015; Dostalova *et al.*, 2012).

Um artigo de estudo de casos foi também adicionado a esta revisão por apresentar, de uma forma prática, como a preservação de evidências dentárias em situações de exposição a altas temperaturas tem utilidade na identificação humana, bem como as dificuldades associadas a esse processo (Hill *et al.*, 2011).

Os materiais e métodos de cada estudo *in vitro* foram semelhantes. Foram usados dentes extraídos com diferentes materiais restauradores e foram submetidos a temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C (alguns estudos usaram ainda temperaturas de 500°C, 700°C ou 1100°C), entre 15 e 30 minutos, e foram deixados a arrefecer a temperatura ambiente antes de serem analisados.

Os principais resultados globais estão presentes na Tabela 3.

Aos 200°C não há alteração no selamento marginal de coroas e amálgama, mas existe uma pequena extrusão de compósitos e CIV. Surgem bolhas na amálgama e a raiz começa a apresentar fraturas.

Aos 400°C os dentes apresentam-se negros e os compósitos também, podendo estar fragmentados. Os estudos que avaliaram o material CIV referiram que este apresentava uma cor castanho escuro, no entanto um artigo referiu ser castanho claro (Bagdey

Out of the 15 analyzed articles, 11 are *in vitro* studies, in which samples of teeth with different restorative materials were subjected to high temperatures to evaluate macro and microscopic changes in the teeth and restorations. Most studies focused on major restorative materials (composite resin, glass ionomer cement (GIC), amalgam, and metal-ceramic crown or bridge (MC)), and qualitative macroscopic evaluations and/or stereomicroscope assessments of visible changes in color, integrity, and structure were conducted (Yashoda *et al.*, 2021; Çarikçioğlu *et al.*, 2021; Kiran *et al.*, 2019; Biancalana *et al.*, 2017; Vandrangi *et al.*, 2016; Pol *et al.*, 2015; Bagdey *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2009; Savio *et al.*, 2006; Bose *et al.*, 2005; Merlati *et al.*, 2004). In addition, radiographic analysis was performed (Savio *et al.*, 2006), along with scanning electron microscopy (SEM) for assessing microstructural changes (Çarikçioğlu *et al.*, 2021).

Three articles were narrative reviews highlighting the importance of forensic dentistry in the human identification process, summarizing the main techniques used in this field, and presenting new developments (Krishan *et al.*, 2015; Reesu *et al.*, 2015; Dostalova *et al.*, 2012).

One case report was also included in this review for practically demonstrating how the preservation of dental evidence in high-temperature exposure situations can be useful in human identification, as well as the challenges associated with this process (Hill *et al.*, 2011).

The methodologies of each *in vitro* study were similar. Extracted teeth with different restorative materials were subjected to temperatures of 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, and 1000°C (some studies also included 500°C, 700°C, or 1100°C), for 15 to 30 minutes, and were allowed to cool at room temperature before analysis.

The main global results are presented in Table 3.

At 200°C, there is no change in the marginal sealing of crowns and amalgam, but there is a slight extrusion of composites and GIC. Bubbles form in the amalgam, and the root begins to show fractures.

At 400°C, the teeth appear black, as do the composites, which may also be fragmented. Studies that evaluated the GIC material reported that it presented a dark brown color; however, one article mentioned it as light brown (Bagdey *et al.*, 2014). Amalgam begins to show marginal contraction, and crowns begin to darken with the progressive increase in temperature.

et al., 2014). A amálgama começa a ter contração marginal e as coroas começam a escurecer com o aumento progressivo de temperatura.

Aos 600°C os compósitos estão brancos, o CIV negro e as coroas desintegram-se, mas todas as restaurações permanecem intactas. Há, no entanto, um estudo que refere que o compósito apenas se tornou branco aos 800°C (Moreno *et al.*, 2009).

Aos 800°C os dentes começam a ficar brancos, há fragmentação do esmalte e do CIV. Bagdey *et al.*, 2014 refere que o CIV passa a branco, já Yashoda *et al.*, 2021 indica que fica branco aos 1100°C. Os restantes estudos referem-no como negro.

Aos 1000°C todos os materiais apresentam alguma fratura ou alteração da forma, exceto as coroas cerâmicas. No entanto Vandurangi *et al.*, 2016 refere que a amálgama ainda se encontra intacta.

Dois artigos ainda estudaram o óxido de zinco eugenol (ZOE). Referem que aos 200°C há uma extrusão do material, aos 400°C fragmenta, e que aos 600°C fica escuro. Aos 800°C, Bagdey e seus colaboradores, referem que se perde por completo a restauração, enquanto Moreno e seus colaboradores referem que ainda está presente e é branca (Bagdey *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2009).

Foi ainda avaliada a fluorescência de resina composta após submissão a grandes temperaturas. Concluiu-se que até aos 900°C, materiais que contêm fluoróforos inorgânicos apresentavam fluorescência. Aos 1200°C, nenhum material mostrou qualquer fluorescência (Kiran *et al.*, 2019).

A avaliação radiográfica verificou-se compatível com os resultados dos restantes estudos (Savio *et al.*, 2006).

A análise com microscopia eletrónica de varrimento e espectroscopia de energia dispersiva de raios X (SEM/EDS), revelou que a composição elemental do material foi conservada, havendo apenas alterações quantitativas do mesmo (Çarıkçioğlu *et al.*, 2021).

At 600°C, composites turn white, GIC becomes black, and crowns disintegrate, but all restorations remain intact. However, one study mentions that the composite only turned white at 800°C (Moreno *et al.*, 2009).

At 800°C, the teeth begin to turn white, and there is fragmentation of the enamel and GIC. Bagdey *et al.*, 2014, states that the GIC turns white, while Yashoda *et al.*, 2021, indicates that it turns white at 1100°C. The remaining studies describe it as black.

At 1000°C, all materials exhibit some degree of fracture or deformation, except for ceramic crowns. However, Vandurangi *et al.*, 2016, reports that amalgam remains intact.

Two articles also studied zinc oxide-eugenol (ZOE). They report that at 200°C, there is extrusion of the material; at 400°C, it fragments; and at 600°C, it darkens. At 800°C, Bagdey and collaborators report that the restoration is completely lost, while Moreno and collaborators report that it is still present and has turned white (Bagdey *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2009).

The fluorescence of composite resin after exposure to high temperatures was also evaluated. It was concluded that up to 900°C, materials containing inorganic fluorophores exhibited fluorescence. At 1200°C, no material showed any fluorescence (Kiran *et al.*, 2019).

Radiographic evaluation was consistent with the findings of the other studies (Savio *et al.*, 2006).

The analysis with scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM/EDS), revealed that the elemental composition of the material was preserved, with only quantitative changes observed (Çarıkçioğlu *et al.*, 2021).

Tabela/Table 3: Principais achados (visuais e com estereomicroscópio) in vitro de diferentes materiais restauradores submetidos a altas temperaturas./Main findings (visual and with stereomicroscope) in vitro of different restorative materials subjected to high temperatures.

Temperatura/ Temperature	Compósito/ Composite	Cimento de ionómero de vidro/ Glass ionomer cement	Amálgama/ Amalgam	Coroas metal-cerâmica/ Metal-ceramic crowns	Controlo/ Control
200°C	Pequena extrusão marginal/ Small marginal extrusion	Pequena extrusão marginal/ Small marginal extrusion	Selamento marginal intacto e surgimento de bolhas/ Intact marginal seal Perda de brilho/ Loss of shine and blistering	Selamento marginal intacto/ Intact marginal seal	Coroa amarelada/ Yellow crown Microfraturas na raiz/ Microfractures in the root
400°C	Cor negra Aparecimento de algumas fissuras/ Black color	Cor castanha escura/ Appearance of some cracks	Contração marginal/ Marginal contraction Cor negra escura/ Dark brown color	Mais escura/ Darker color	Mais escura/ Darker color Algumas fraturas/ Some fractures
600°C	Cor branca/ White color	Cor negra/ Black color Contração marginal/ Marginal contraction	Semelhante aos 400°C/ Similar to 400°C	Mais escura/ Darker color	Coroa desintegra-se/ Crown disintegrates Cor cinzenta/ Grey color
800°C	Contração marginal/ Marginal contraction	Fragmentação por expansão/ Fragmentation due to expansion	Surgem algumas fissuras e perda do selamento marginal/ Some cracks and loss of marginal seal	Mais escura/ Darker color	Cor branca/ White color Fragmentação do esmalte/Fragmentation of the enamel
1000°C	Fratura/ Fracture	Cor mais escura/ Darker color	Alguma fratura/ Some fractures	Descolamento marginal cervical/Cervical marginal detachment	Fragmentação do cimento e dentina/ Fragmentation of cement and dentin

4. DISCUSSÃO

As estruturas dentárias são as mais resilientes e protegidas do corpo (por tecidos moles, duros e muitas vezes outros elementos), apresentando notável resistência às temperaturas extremas, e perdurando por muito tempo após a morte. O seu interesse na identificação humana baseia-se na individualidade dos dentes, uma vez que não existem dois conjuntos iguais (Reesu *et al.*, 2015). Assim, a existência de conhecimento referente às alterações que cada material restaurador sofre com o alcance de determinada temperatura, revela-se muito útil na identificação humana e na determinação das temperaturas atingidas pelos incêndios/desastres.

Dentro das alterações das restaurações observadas, a mudança de cor foi o achado mais característico de cada faixa de temperaturas, estando esta alteração relacionada com o nível de carbonização do dente (Merlati *et al.*, 2004). Assim, a avaliação da cor dentária é um critério que deve ser evitado na identificação humana, nas situações que envolveram altas temperaturas. Desta forma, no processo de estimativa da idade, por exemplo, os investigadores devem abster-se da utilização de procedimentos como os descritos, em 2024, por Martín-Martín e seus colaboradores.

A MC é o material restaurador que melhor conserva as suas propriedades com o calor, já o CIV é aquele que mais precocemente apresenta fragmentação. Estes achados permitem concluir que quando existem registos *antemortem* que documentem a presença de Coroas MC, é expectável encontrá-las no exame *posmortem*. Já o CIV não é tão provável de se encontrar, mas também não é tão frequente a sua utilização em contexto clínico, sendo muitas vezes utilizado apenas como restauração provisória.

Existiram algumas discrepâncias nos resultados, particularmente quando foi utilizado o CIV. Estes diferentes achados podem dever-se aos métodos utilizados por cada investigador, bem como ao tipo/marca de CIV usado, uma vez que, em 2021, Çarıkçioğlu e seus colaboradores relataram algumas diferenças estruturais mediante a marca comercial do CIV, pois contém diferentes composições. Nesta medida, o investigador deve ter em mente que, quando é documentada a existência de restaurações em CIV, poderá esperar-se diversos resultados em situações que envolvam exposição a altas temperaturas.

Restaurações com ZOE também apresentaram alguma discrepância nos resultados, possivelmente pelo motivo suprarreferido, pelo que idênticas considerações deverão ser feitas nestes casos.

Para além de uma análise visual ou microscópica com um estereomicroscópio da superfície de dentes e restaurações submetidos a altas temperaturas, podem usar-se técnicas como a radiografia, fluorescência ou coloração para que o reconhecimento destes materiais seja mais evidente (Reesu *et al.*, 2015), sendo por isso aconselhável a realização destes exames complementares de diagnóstico em casos que envolvam exposição a altas temperaturas.

É importante ainda ter em consideração que, nos estudos *in vitro*, não são considerados fatores como a proteção dos dentes pelos tecidos moles e duros da vítima (Reesu *et al.*, 2015).

4. DISCUSSION

Dental structures are the most resilient and protected parts of the body (by soft tissues, hard tissues, and often other elements), exhibiting remarkable resistance to extreme temperatures and persisting for a long time after death. Their importance in human identification lies in the individuality of teeth, as no two sets are identical (Reesu *et al.*, 2015). Thus, knowledge regarding the changes that each restorative material undergoes at specific temperatures proves highly useful in human identification and in determining the temperatures reached during fires or disasters.

Among the observed changes in restorations, color change was the most characteristic finding across the temperature ranges, with this alteration being related to the level of tooth carbonization (Merlati *et al.*, 2004). Therefore, the evaluation of tooth color is a criterion that should be avoided in human identification in situations involving high temperatures. Consequently, in age estimation processes, for example, researchers should refrain from using procedures like those described in 2024 by Martín-Martín and collaborators.

MC is the restorative material that best retains its properties under heat, whereas GIC is the material that most quickly fragments. These findings suggest that when there are antemortem records documenting the presence of MC crowns, it is likely to find them during the postmortem examination. Conversely, GIC is less likely to be found and is also less commonly used in clinical contexts, as it is often employed only as a temporary restoration.

There were some discrepancies in the results, particularly when GIC was used. These differing findings may be attributed to the methods employed by each researcher, as well as the type or brand of GIC used. In 2021, Çarıkçioğlu and collaborators reported structural differences depending on the commercial brand of GIC, as they contain different compositions. As such, researchers should bear in mind that when the presence of GIC restorations is documented, varying results may be expected in situations involving exposure to high temperatures.

Restorations with ZOE also showed some discrepancies in the results, possibly for the aforementioned reasons, and similar considerations should be made in such cases.

In addition to a visual or microscopic analysis using a stereomicroscope of the surface of teeth and restorations subjected to high temperatures, techniques such as radiography, fluorescence, or staining can be used to make the recognition of these materials more evident (Reesu *et al.*, 2015). It is therefore advisable to perform these complementary diagnostic exams in cases involving exposure to high temperatures.

It is also important to consider that in *in vitro* studies, factors such as the protection of teeth by the victim's soft and hard tissues are not accounted for (Reesu *et al.*, 2015).

5. CONCLUSIONS

MC crowns are highly stable, making them a good indicator for human identification through dental analysis in high-temperature situations. Other restorative materials, however, exhibit different behaviors, possibly due to their varying compositions, which depend on the brand.

5. CONCLUSÕES

As Coroas MC são bastante estáveis, sendo por isso um bom indicador na identificação humana por análise dentária, em situações de altas temperaturas. Já os restantes materiais restauradores exibem comportamentos distintos, possivelmente devido às suas diferentes composições, dependentes da marca.

A utilização de meios complementares na identificação humana, como o uso de microscopia, radiografia, coloração ou fluorescência, podem trazer importantes informações adicionais sobre as estruturas dentárias e os seus tratamentos, sendo por isso recomendada a sua utilização.

É, no entanto, necessário realizarem-se mais estudos para acrescentar ao conhecimento existente e melhorar ou criar protocolos para a utilização destas técnicas na Medicina Dentária Forense.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não ter conflito de interesses.

CONTRIBUIÇÕES AUTORAIS

Conceitualização: I.M.C. e M.B.T.J.; metodologia: I.M.C. e M.B.T.J.; redação – preparação do rascunho original: M.B.T.J.; redação – revisão e edição: I.M.C.; supervisão: I.M.C. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/REFERENCES

- American Board of Forensic Odontology. Body Identification Information & Guidelines, disponível em: <http://abfo.org/wp-content/uploads/2012/08/ABFO-Body-ID-Information-Guidelines-Feb-2017.pdf>. Consultado em 20-01-2024.
- Bagdey SP, Moharil RB, Dive AM, Thakur S, Bodhade A, Dhobley AA. Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: A forensic study. *J Forensic Dent Sci.* **6**(1):62-6. 2014.
- Berketa JW, James H, Lake AW. Forensic odontology involvement in disaster victim identification. *Forensic Sci Med Pathol.* **8**(2):148-56, 2012.
- Biancalana RC, Vicente SA, Alves da Silva RH, Pires-de-Souza FC. Color Stability of Dental Restorative Materials Submitted to Heat Sources, for Forensic Purposes. *J Forensic Sci.* **62**(2):355-360, 2017.
- Bose RS, Mohan B, Lakshminarayanan L. Effects of elevated temperatures on various restorative materials: an *in vitro* study. *Indian J Dent Res.* **16**(2):56-60, 2005.
- Bux R, Heidemann D, Enders M, Bratzke H. The value of examination aids in victim identification: a retrospective study of an airplane crash in Nepal in 2002. *Forensic Sci Int.* **164**(2-3):155-8, 2006.
- Çarıkçıoğlu B, Misilli T, Deniz Y, Aktaş Ç. Effects of high temperature on dental restorative materials for forensic purposes. *Forensic Sci Med Pathol.* **17**(1):78-86, 2021.
- Delattre VF. Burned beyond recognition: Systematic approach to the dental identification of charred human remains. *J Forensic Sci.* **45**(3):589-96, 2000.
- Dostalova T, Eliasova H, Seydlova M, Broucek J, Vavrickova L. The application of CamScan 2 in forensic dentistry. *J Forensic Leg Med.* **19**(7):373-80, 2012.
- Harvey W. Dental Identification and Forensic Odontology. London: Henry Kimpton Publishers **2**:67-82, 1976.
- Hill AJ, Lain R, Hewson I. Preservation of dental evidence following exposure to high temperatures. *Forensic Sci Int.* **205**(1-3):40-3, 2011.
- Hinchliffe J. Forensic odontology, part 2. Major disasters. *Br Dent J.* **210**(6):269-74, 2011.
- Kiran R, Chapman J, Tennant M, Forrest A, Walsh LJ. Effect of Heat on the Fluorescence Properties of Tooth-Colored Restorative Materials and Their Forensic Implications. *J Forensic Sci.* **64**(6):1698-1706, 2019.
- Krishan K, Kanchan T, Garg AK. Dental Evidence in Forensic Identification - An Overview, Methodology and Present Status. *Open Dent J.* **9**:250-6, 2015.
- Martín-Martín J, Santos I, Gaitán-Arroyo MJ, Suarez J, Rubio L, Martín-de-Las-Heras S. Dental color measurement to estimate age in adults: a systematic review and meta-analysis. *Forensic Sci Med Pathol*, 2024.
- Merlati G, Savio C, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Further study of restored and un-restored teeth subjected to high temperatures. *J Forensic Odontostomatol.* **22**(2):34-9, 2004.
- Moreno F, Moreno S, Merlati, G, Marin L, Savio, C. Effect of high temperatures on different dental restorative systems: Experimental study to aid identification processes. *J Forensic Dent Sci.* **1**(1):17-23, 2009.
- Peduzzi P, Concato J, Kemper E, *et al.* A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *J Clin Epidemiol.* **49**(12):1373-9, 1996.
- Pol CA, Ghige SK, Gosavi SR, Hazarey VK. Effects of elevated temperatures on different restorative materials: An aid to forensic identification processes. *J Forensic Dent Sci.* **7**(2):148-52, 2015.
- Reesu GV, Augustine J, Urs AB. Forensic considerations when dealing with incinerated human dental remains. *J Forensic Leg Med.* **29**:13-7, 2015.

The use of complementary methods in human identification, such as microscopy, radiography, staining, or fluorescence, can provide important additional information about dental structures and their treatments, making their use highly recommended.

However, further studies are needed to expand existing knowledge and improve or develop protocols for applying these techniques in Forensic Dentistry.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Conceptualization: I.M.C. and M.B.T.J.; methodology: I.M.C. and M.B.T.J.; writing – original draft preparation: M.B.T.J.; writing – review and editing: I.M.C.; supervision: I.M.C. All authors read and agreed with the published version of the manuscript.

- Savio C, Merlati G, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: experimental study to aid identification processes. *Forensic Sci Int.* **158**(2-3):108-16, 2006.
- Valenzuela A, Martin-de las Heras S, Marques T, Exposito N, Bohoyo J. M. The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster. *Int J Legal Med.* **113**(4):236-9, 2000.
- Vandragi SK, Radhika MB, Paremala K, Reshma V, Sudhakara M, Hosthor SS. Adjunctive role of dental restorations in personal identification of burnt victims. *J Oral Maxillofac Pathol.* **20**(1):154-61, 2016.
- Yashoda V, Munisekhar MS, Shylaja S, Rao KA, Reddy SK, Muddebihal F, Alam MK. An Ultrastructural Study on the Effect of High Temperatures on Teeth and Restorative Materials That Aids in the Identification of Human Remains. *Biomed Res Int.* 2021:1-6, 2021.