

Alma Claire Allegra Rybinski

Importância dos materiais restauradores na identificação humana após exposição a altas  
temperaturas — Revisão Sistemática

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde  
Porto, 2023



Alma Claire Allegra Rybinski

Importância dos materiais restauradores na identificação humana após exposição a altas  
temperaturas — Revisão Sistemática

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde  
Porto, 2023

Alma Claire Allegra Rybinski

Importância dos materiais restauradores na identificação humana após exposição a altas temperaturas — Revisão Sistemática

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa,  
como parte dos requisitos para a obtenção do  
grau de Mestre em Medicina Dentária.

---

(Alma Claire Allegra Rybinski )

## RESUMO

**Objetivo:** Responder à seguinte questão de investigação: qual é o impacto das diferentes faixas de temperatura nas peças dentárias e em materiais restauradores tais como amálgama, resina composta, ionómero de vidro e coroas metalocerâmicas?

**Metodologia:** Foi efetuada uma pesquisa da literatura publicada entre 2004 e 2022 em bases de dados eletrônicas: *PubMed*, B-ON e *ScienceDirect*. A pesquisa foi sujeita a critérios de inclusão e exclusão devidamente identificados e os estudos foram selecionados seguindo os critérios do diagrama *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). A avaliação da qualidade metodológica dos artigos foi realizada de acordo com a ferramenta de *Quality Assessment Tool For In Vitro Studies* (QUIN) para os estudos *in vitro*.

**Resultados:** Dos 46 639 artigos potencialmente elegíveis, foram incluídos 8 estudos *in vitro* após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão estipulados. Os estudos indicam que os materiais restauradores têm a capacidade de resistir a elevadas temperaturas e exibem padrões de alterações macroscópicas e microscópicas específicas a cada faixa de temperatura.

**Conclusão:** A evidência dos estudos *in vitro* sugere que as restaurações com amálgama, as com coroas cerâmicas/metalocerâmicas e os tratamentos endodônticos apresentam menos alterações, quer nas suas composições químicas, quer ao nível macroscópico ou microscópico em comparação com outros materiais restauradores comuns, como por exemplo o compósito. Estes fornecem uma fonte de evidência forense após exposição a temperaturas até 1000°C, que podem ser usadas como meio de comparação e identificação positiva de vítimas sujeitas a altas temperaturas.

**Palavras-chaves:** “temperatura elevada”; "medicina dentária forense"; dente; "restauração dentária, permanente".

## ABSTRACT

**Objective:** To answer the following research question: what is the impact of different temperature ranges on teeth and restorative materials such as amalgam, composite resin, glass ionomer and metal-ceramic crowns?

**Methodology:** A literature search of articles published between 2004 e 2022 in electronic databases was carried out: PubMed, B-ON and ScienceDirect. The research was subjected to inclusion and exclusion criterias properly identified and the studies were selected following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyse (PRISMA) criteria. Methodological quality of the articles was assessed according to the Quality Assessment Tool For In Vitro Studies (QUIN) for in vitro studies.

**Results:** Of the 46 639 potentially eligible articles, 8 in vitro studies were included after applying the stipulated inclusion and exclusion criteria. Studies indicate that restorative materials have the ability to resist high temperatures and exhibit patterns of macroscopic and microscopic changes specific to each temperature range.

**Conclusion:** Evidence from in vitro studies suggests that amalgam restorations, ceramic and metaloceramic crowns and endodontic treatments show fewer changes, either in their chemical compositions, or at the macroscopic and microscopic level, compared to other common restorative materials such as the composite. They provide a source of forensic evidence after exposure to temperatures up to 1000°C that can be used as means of comparison and positive identification of victims subjected to high temperatures.

**Keywords:** “hot temperature”; “forensic dentistry”; tooth; “dental restoration, permanent”.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, Nathalie e Gauthier, às minhas irmãs, Marie e Noémie e aos meus sobrinhos, Saskia e Isaac.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora Professora Doutora Maria Inês Guimarães por toda a sua ajuda, disponibilidade, paciência, conselhos, ensino e apoio manifestados durante toda a elaboração e a construção deste trabalho. Obrigada pelas horas passadas presencialmente e em zoom e por toda a dedicação para me ajudar a fazer um trabalho sempre de melhor qualidade.

Quero agradecer igualmente ao Dr. Mickaël Rodrigues, que apesar do início da sua prática clínica, se disponibilizou para colaborar na nossa pesquisa.

Aos meus pais, Papa e Maman, por serem modelos de coragem, humildade, força e determinação. Pelo seu amor, amizade, paciência e apoio incondicionais. Não há palavras suficientes para agradecer tudo o que fazem por mim. Tenho a maior sorte do mundo por vos ter como pais e estou imensamente orgulhosa em ser vossa filha. Amo-vos com todo o meu coração.

À minha maravilhosa família Marie, Noémie, Fanny, Jean-Denis, Jules, Martin, Saskia, Isaac, Maïck, Papick, Papou, Nelly, Séverine, Pierre, Albin, Tristan, Delphine e Papa Stani. Obrigada pelos valores transmitidos e por serem fundamentais na pessoa que hoje sou.

Ao meu binómio de clínica e amiga, Capucine, obrigada por estes 5 anos ao teu lado todos os dias, por ter estado sempre presente e por todos os momentos de cumplicidade e risadinhas. Nunca falhou quando mais precisei.

A todos os meus amigos encontrados aqui, nomeadamente Cecile, Romane, Emma, Anais, Paola, Emilie, Elisa, Momo, Maxime e Lucien com quem passei momentos de vida fortes e incríveis.

Às minhas amigas de França, Anna e Vera, que mesmo distantes sempre me deram muita força.

Ao meu namorado, Luca, pelo seu amor e por ser o meu porto seguro.

À Universidade Fernando Pessoa pelo acolhimento e pela formação académica oferecida.  
À todos os docentes que tive nas aulas teóricas, práticas e clínicas, pelos ensinamentos que me transmitiram e pela prontidão em me ajudar.

À maravilhosa cidade de Porto, em que vivi momentos únicos que nunca esquecerei!

## ÍNDICE GERAL

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
AGRADECIMENTOS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xiii
I. INTRODUÇÃO .....	1
II. METODOLOGIA .....	3
III. RESULTADOS .....	9
IV. DISCUSSÃO .....	23
V. CONCLUSÃO .....	36
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> - Estratégia PICO ( <i>População, Intervenção, Comparação, Outcome</i> ) para a formulação da questão de pesquisa.....	3
<b>Tabela 2.</b> - Estratégia da pesquisa bibliográfica efetuada.....	4
<b>Tabela 3.</b> - Avaliação metodológica dos estudos in vitro com a ferramenta QUIN ( <i>Quality Assessment Tool For In Vitro Studies</i> ).....	7
<b>Tabela 4.</b> - Características dos estudos incluídos.....	9
<b>Tabela 5.</b> - Principais considerações das restaurações de amálgama, resina composta, ionómero de vidro, coroas cerâmicas/metalo-cerâmicas, IRM e dos tratamentos endodônticos submetidos a diferentes temperaturas de acordo com os autores dos estudos incluídos.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> - Diagrama de fluxo PRISMA ( <i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis</i> ).....	6
--	---

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**AM:** *ante-mortem*

**EDS:** *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*

**HU:** *Hounsfield units*

**IRM:** Intermediate Restorative Material

**NaCl:** Cloreto de sódio

**NaClO:** Hipoclorito de sódio

**OZE:** Óxido de zinco – eugenol

**PICO:** População, Intervenção, Comparação, *Outcome*

**PM:** *post-mortem*

**PRISMA:** *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

**PROSPERO:** *The International Prospective Register of Systematic Reviews*

**QUIN:** *Quality Assessment Tool For In Vitro Studies*

**SEM:** *Scanning Electron Microscopy*

**SEM/EDS:** *Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*

**TC:** Tomografia computadorizada

## I. INTRODUÇÃO

A Medicina Dentária Forense define-se como uma área de Medicina Dentária relacionada com a Lei, pois envolve a participação do Médico dentista em questões legais e criminais. Foca-se principalmente na identificação humana, nos casos em que a identidade é desconhecida ou para as quais uma identificação visual ou dactiloscópica não é uma opção (Sharma, 2020). A identificação humana sempre teve uma elevada importância na sociedade, pois permite a resolução de investigações médico-legais, a criação de certidões de óbito e acima de tudo, permite às famílias das vítimas a possibilidade de iniciar o difícil processo de luto (Vandragi *et al.*, 2016).

As peças dentárias são os constituintes mais indestrutíveis do organismo, pois são considerados o tecido mais resistente do corpo humano, uma vez que são capazes de resistir à decomposição cadavérica, propiciando a sua análise morfológica macroscópica ou radiológica, com o intuito da identificação humana, até mesmo em condições ambientais extremas. Os dentes possuem boa resistência à ação ambiental (calor, fogo e/ou humidade), assim como quando sujeitas a elevadas forças ou à submersão (Pol *et al.*, 2015).

Os materiais restauradores quando expostos a diferentes temperaturas, geralmente conservam as suas propriedades originais e respondem de maneira previsível, permitindo a possibilidade de uma identificação precisa e legalmente aceitável (Vandragi *et al.*, 2016). Estas particularidades constituem uma verdadeira diretriz para os peritos Médicos dentistas (Pol *et al.*, 2015).

Atualmente existem diferentes técnicas disponíveis de avaliação da estrutura dentária e dos materiais restauradores, quer ao nível macroscópico, quer ao nível microscópico. A análise SEM/EDS (*Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) fornece-nos imagens de alta-definição e determina a composição elementar (Yashoda *et al.*, 2021), enquanto a análise radiográfica, presente em quase todos os registos dentários dos pacientes na prática clínica, permite uma comparação precisa entre duas imagens: *ante-mortem* (AM) e *post-mortem* (PM) (Savio *et al.*, 2006).

O objetivo da presente revisão foi responder à seguinte questão de investigação: qual é o impacto das diferentes faixas de temperatura nas peças dentárias e em materiais restauradores tais como amálgama, resina composta, ionómero de vidro e coroas metalocerâmicas?

## II. METODOLOGIA

Nesta revisão sistemática foram considerados os critérios PICO (População, Intervenção, Comparação, *Outcome*) para a formulação da questão a qual este trabalho pretende responder (Tabela 1). A estratégia PICO é uma ferramenta comumente usada nas revisões sistemáticas, permite identificar os conceitos principais necessários para a elaboração desta e é reconhecida pela Cochrane. O PICO ajuda a formular uma questão clínica bem construída para permitir uma pesquisa bibliográfica de citações relevantes.

**Tabela 1.** - Estratégia PICO (População, Intervenção, Comparação, *Outcome*) para a formulação da questão de pesquisa.

Parâmetro.	Avaliação.
População (P)	Dentes extraídos com restaurações.
Intervenção (I)	Sujeição a várias faixas de temperaturas num forno laboratorial.
Comparação (C)	Dentes com restaurações que não foram submetidos a diferentes temperaturas.
Outcome (O)	Identificação humana de vítimas incineradas.

O registo da presente revisão sistemática foi submetido à base de dados PROSPERO (*The International Prospective Register of Systematic Reviews*) sob o código identificador 424620, estando a aguardar aprovação.

Para a elaboração desta revisão sistemática, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica de artigos científicos nas bases de dados *PubMed*, *B-ON* e *ScienceDirect* entre setembro 2022 e julho 2023. A pesquisa foi realizada por três investigadores de forma independente e executada mediante a combinação dos seguintes termos de pesquisa: “*hot temperature*”, “*forensic dentistry*”, *tooth* e “*dental restoration, permanent*”, as quais foram associadas

através dos operadores booleanos ‘AND’ e ‘OR’. A pesquisa bibliográfica foi efetuada sem limite temporal de publicação. Adicionalmente, foi realizada uma pesquisa manual a fim de identificar outros trabalhos que pudessem ser relevantes para a temática desta revisão sistemática e assim encontrar qualquer estudo pertinente que possa não ter sido identificado na pesquisa inicial. Foi também identificado um trabalho de tese, no entanto, devido ao facto do formato ser diferente, foi excluído. Contudo, esta referência foi usada para esclarecer aspetos específicos na elaboração da discussão. A estratégia da pesquisa bibliográfica efetuada é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** - Estratégia da pesquisa bibliográfica efetuada.

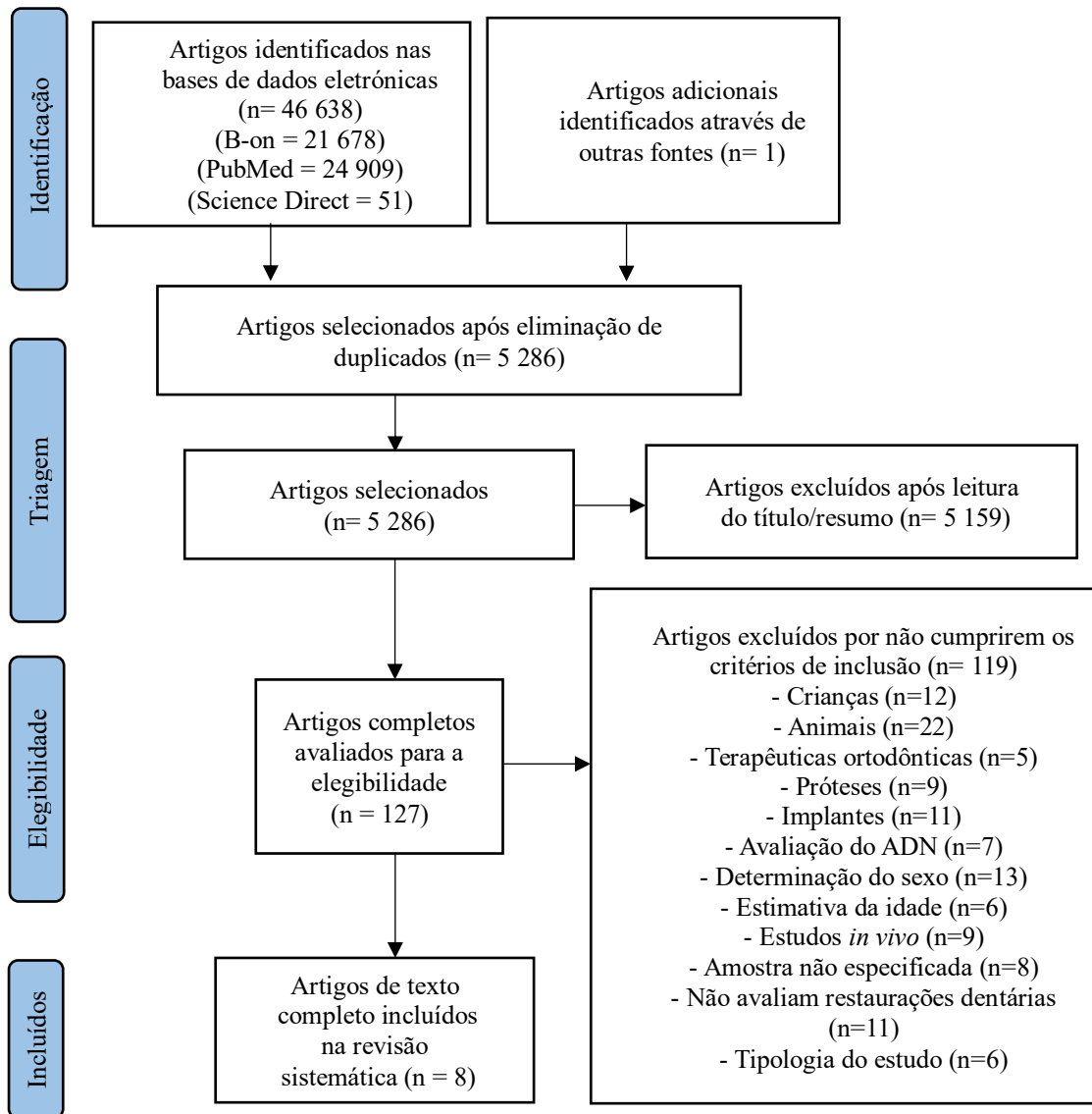
Base de dados	Termos de pesquisa	Articulação dos termos de pesquisa	Número de artigos encontrados
PubMed	<p>“hot temperature”, “forensic dentistry”, tooth, “dental restoration, permanent”</p>	<p>- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND tooth OR “dental restoration, permanent”</p>	24884
		<p>- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND tooth</p>	18
		<p>- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND “dental restoration, permanent”</p>	7
B-On	<p>“hot temperature”, “forensic dentistry”, tooth, “dental restoration, permanent”</p>	<p>- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND tooth OR “dental restoration, permanent”</p>	21620
		<p>- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND tooth</p>	51
		<p>- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND “dental restoration, permanent”</p>	7

Base de dados	Termos de pesquisa	Articulação dos termos de pesquisa	Número de artigos encontrados
ScienceDirect	“hot temperature”, “forensic dentistry”, tooth, “dental restoration, permanent”	- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND tooth OR “dental restoration, permanent”	51
		- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND tooth	0
		- “hot temperature” AND “forensic dentistry” AND “dental restoration, permanent”	0

A pesquisa bibliográfica foi restrita a (1) estudos *in vitro* realizados em dentes permanentes, (2) estudos em dentes humanos, (3) estudos em dentes restaurados ou não restaurados, (4) estudos numa população masculina ou feminina e (5) artigos na sua forma integral e publicados nos últimos 18 anos (2004-2022). Os critérios de exclusão corresponderam aos seguintes: (1) estudos realizados *in vivo*, (2) estudos realizados em dentes decíduos, (3) estudos realizados em dentes animais, (4) artigos numa outra língua que não português, inglês ou francês; (5) estudos realizados em tratamentos ortodônticos ou implantes; (6) estudos que não explicitavam o número de amostra.

O diagrama de fluxo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) representa de forma organizada todo o processo de busca, identificação, seleção de artigos e evidências para a elaboração desta revisão sistemática. A partir dos termos de pesquisa usados, foram identificados 46 639 artigos potencialmente elegíveis. Os artigos foram posteriormente importados para a plataforma Mendeley Reference Manager 2.85.0 para identificar e remover os duplicados. Depois da remoção dos duplicados, 5 286 artigos foram submetidos a uma triagem inicial através da leitura dos títulos e dos resumos. Foram assim selecionados 127 artigos para análise e leitura integral. Posteriormente, foram considerados 8 artigos para a realização desta revisão sistemática,

os quais preenchiam os critérios de inclusão previamente mencionados. O diagrama de fluxo PRISMA pode ser encontrado na Figura 1.



**Figura 1.-** Diagrama de fluxo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*).

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos nesta revisão foi realizada com recurso a ferramenta de QUIN (*Quality Assesment Tool For In Vitro Studies*) de acordo com Seth *et al.* (2022), para os estudos *in vitro*. A ferramenta de QUIN utiliza doze perguntas, cada uma pode ter quatro opções de resposta: “adequadamente especificado” (2 pontos), “inadequadamente especificado” (1 ponto), “não especificado” (0 ponto) e

não aplicável (exclui o critério do cálculo). Os pontos são depois adicionados para obter uma pontuação total para um determinado estudo *in vitro*. A pontuação final do QUIN para um estudo *in vitro* é calculada usando a seguinte fórmula:

$$\text{Pontuação final} = (\text{Pontuação total} \times 100) / (2 \times \text{o número de critérios aplicáveis})$$

Os 12 diferentes critérios avaliados na ferramenta de QUIN são os seguintes: (1) objetivos claramente definidos, (2) explicação detalhada do cálculo do tamanho da amostra, (3) explicação detalhada da técnica de amostragem, (4) detalhes do grupo de comparação, (5) explicação detalhada da metodologia, (6) detalhes do operador, (7) randomização, (8) método de medição do resultado, (9) detalhes do avaliador de resultados, (10) cegamento, (11) análise estatística e (12) apresentação dos resultados. Uma pontuação superior a 70% representa um risco de viés baixo, entre 50% e 70% o risco de viés é médio e inferior a 50% este último é alto. As avaliações da qualidade metodológica dos estudos *in vitro* de acordo com a ferramenta de QUIN e as categorias consideradas encontram-se descritas na Tabela 3.

**Tabela 3.** - Avaliação metodológica dos estudos *in vitro* com a ferramenta QUIN (*Quality Assessment Tool For In Vitro Studies*).

Estudos	Merlati <i>et al.</i> , (2004)	Savio <i>et al.</i> , (2006)	Woiset- schläger <i>et</i> <i>al.</i> , (2011)	Bagdey <i>et al.</i> , (2014)	Pol <i>et</i> <i>al.</i> , (2015)	Vandrangi <i>et al.</i> , (2016)	Sharma (2020)	Yashoda <i>et al.</i> , (2021)
Objetivos claramente definidos	2	2	2	2	2	2	2	2
Explicação detalhada do cálculo do tamanho da amostra	2	2	2	2	2	2	2	2
Explicação detalhada da técnica de amostragem	2	2	2	2	2	2	2	2
Detalhes do grupo de comparação	2	1	NA	2	2	1	2	NA

Estudos	Merlati <i>et al.</i> , (2004)	Savio <i>et al.</i> , (2006)	Woiset- schläger <i>et</i> <i>al.</i> , (2011)	Bagdey <i>et al.</i> , (2014)	Pol <i>et</i> <i>al.</i> , (2015)	Vandrangi <i>et al.</i> , (2016)	Sharma (2020)	Yashoda <i>et al.</i> , (2021)
Randomização	2	2	0	2	0	0	0	0
Método de medição do resultado	2	2	2	2	2	2	2	2
Detalhes do avaliador de resultados	1	2	2	1	2	2	2	2
Cegamento	0	0	0	0	0	0	2	0
Análise estatística	0	0	0	0	0	0	2	0
Apresentação dos resultados	2	2	2	1	2	2	2	2
Pontuação final	17	19	14	16	16	15	20	14
Pontuação total	70,8%	79,2%	63,6%	66,6%	66,6%	62,5%	83,3%	63,6%
Risco de viés	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Médio	Médio	Baixo	Médio

### III. RESULTADOS

Para a realização desta revisão sistemática, dos 46 639 artigos potencialmente elegíveis, foram incluídos 8 estudos *in vitro* após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão estipulados. Os estudos indicam que os materiais restauradores têm a capacidade de resistir a elevadas temperaturas e exibem padrões de alterações específicas a cada faixa de temperatura. Um total de 1060 dentes extraídos foram analisados para avaliar as suas respostas às várias faixas experimentais de temperaturas elevadas. O conteúdo dos artigos em análise é apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4.** - Características dos estudos incluídos.

Autor (ano)	Amostra (n° de dentes)	Metodologia	Dentes envolvidos	Material envolvido	Temperatura (°C)	Método de avaliação	Resultados
Merlati <i>et al.</i> (2004)	100	Estudo <i>in vitro</i> Aquecimento no forno Arrefecimento à temperatura ambiente	Incisivos, molares e pré-molares	- 25x sem restauração - 25x amálgama classe I -25x amálgama classe V -25x resina composta classe I	200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1100°C	Macroscópica (observação visual). Microscópica com estéreo-microscópio (magnificação 20X).	A distinção entre amálgama e resina composta foi ainda possível até 1100°C. Amálgama com localização e forma original. Resina composta: localização original, mas forma alterada.

Autor (ano)	Amostra (n° de dentes)	Metodologia	Dentes envolvidos	Material envolvido	Temperatura (°C)	Método de avaliação	Resultados
Savio <i>et al.</i> (2006)	90	Estudo <i>in vitro</i> Aquecimento no forno Arrefecimento à temperatura ambiente	Incisivos, caninos, molares e pré-molares	-30x sem restauração -30x com tratamento endodôntico restaurado com amálgama -30x com tratamento endodôntico restaurado com resina composta	200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1100°C	Radiografias periapicais antes e depois da exposição dos grupos a altas temperaturas com película KODAK Dental Intraoral E-Speed <sup>®</sup> (70 KVp, 15 mA, com tempo de exposição de 0.25–0.45s usando a técnica radiográfica do paralelismo) Revelação e fixação depois com KODAK Dental X-Ray Developer and Fixer <sup>®</sup> .	Amálgama no lugar original e com manutenção da forma até 1100°C e 600°C para o composto. Acima de 600°C, a resina composta ainda fica no lugar original, mas com forma alterada. Tratamentos endodônticos com aparência de “favos de mel” a partir de 600°C, reconhecíveis até 1000°C.

Revisão Sistemática

Autor (ano)	Amostra (n° de dentes)	Metodologia	Dentes envolvidos	Material envolvido	Temperatura (°C)	Método de avaliação	Resultados
Woiset-schläger <i>et al.</i> (2011)	122	Estudo <i>in vitro</i> Aquecimento no forno Arrefecimento à temperatura ambiente	Molares	10 materiais diferentes:  Restaurações provisórias: IRM, Ketac Fil (cimento ionómero de vidro)  Restaurações permanentes: TetricFlow, Tetric evo ceram, Dyract extra (resinas compostas), Vitablocks mark II (cerâmica), Oralloy magicap S (amálgama)  Bases e adesivos: 3M Vitrebond, Optibond, Xeno III	200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1100°C	Visual  Radiográfica por TC (com Siemens Medical <sup>©</sup> ) antes e depois da exposição dos dentes a temperaturas elevadas.  Avaliação da radio-densidade através da escala de Hounsfield com uso do sistema de PACS <sup>©</sup> .	Xeno III: único material que desaparece a temperaturas superiores a 400°C, até 400°C todas as restaurações não apresentam fissuras, nem alterações significativas de forma ou de dimensão.  A partir de 600°C, todas as restaurações apresentam contração menor ou maior, fissuras e alterações de forma com exceção de Vitablocks e Oralloy (cerâmica e amálgama).  A partir de 800°C, fissuras são visíveis em todas as restaurações.  Materiais restauradores têm padrões específicos de mudanças para cada faixa de temperatura.

Autor (ano)	Amostra (n° de dentes)	Metodologia	Dentes envolvidos	Material envolvido	Temperatura (°C)	Método de avaliação	Resultados
Bagdey <i>et al.</i> (2014)	80	Estudo <i>in vitro</i> Aquecimento no forno Arrefecimento à temperatura ambiente	Não é mencionado	-20x sem restauração -20x restauração com amálgama -20x restauração com ionómero de vidro -20x restauração com óxido de zinco eugenol	200°C, 400°C, 600°C e 800°C	Macroscópica (observação visual). Microscópica com estereomicroscópio.	Mudanças estruturais do esmalte a partir de 800°C, da dentina a partir de 600°C. Amálgama ainda identificável até 800°C. Ionómero de vidro: fragmentação da coroa a partir de 800°C, mas o material remanescente apresenta-se intacto. OZE: perda total do material devido a fragmentação da coroa a partir de 800°C.

Revisão Sistemática

Autor (ano)	Amostra (n° de dentes)	Metodologia	Dentes envolvidos	Material envolvido	Temperatura (°C)	Método de avaliação	Resultados
Pol <i>et al.</i> (2015)	375	Estudo <i>in vitro</i> Aquecimento no forno Arrefecimento à temperatura ambiente	Pré-molares e molares	-75x sem restauração -75x restauração coroa cerâmica -75x restauração amálgama classe I -75x restauração resina composta classe I -75x restauração ionómero de vidro classe I	200°C, 400°C, 600°C, 800°C e 1000°C durante 15 min.	Macroscópica (observação visual). Microscópica com estéreo-microscópio Zeiss Stemi DV4 Stereo Zoom Microscope © (magnificação 15X).	Alterações específicas a cada faixa de temperatura. Coroas cerâmicas: maior resistência ao calor. Amálgama e resina composta apresentam fragmentação a 1000°C. Ionómero de vidro apresenta fragmentação a 800°C.

Autor (ano)	Amostra (n° de dentes)	Metodologia	Dentes envolvidos	Material envolvido	Temperatura (°C)	Método de avaliação	Resultados
Van-drangi <i>et al.</i> (2016)	40	Estudo <i>in vitro</i> Aquecimento no forno Arrefecimento à temperatura ambiente	Molares	-10x sem restauração			Os dentes não restaurados apresentam principalmente e mudanças de cor com o aumento da temperatura.
				-10x restauração com amálgama classe I	200°C, 400°C, 600°C, 800°C e 1000°C durante 15 min.	Macroscópica (observação visual). Microscópica com estereomicroscópio KYOWA CZM4 <sup>©</sup> (magnificação 20X).	Amálgama intacto, no lugar original e sem alteração de forma até 1000°C.
				-10x restauração com ionómero de vidro classe I			Ionómero de vidro: as restaurações deslocam-se a acima de 600°C, análise com estereomicroscópio revela vestígios do material.
				-10x restauração com resina composta classe I			Resina composta: as restaurações deslocam-se a partir de 1000°C.

Revisão Sistemática

Autor (ano)	Amostr a (n° de dentes)	Metodo- logia	Dentes envol- vidos	Material envolvido	Tempe- ratura (°C)	Método de avaliação	Resultados	
Sharma (2020)	125	Estudo <i>in vitro</i> Aqueci- mento no forno Arrefeci- mento à temperatur a ambiente	Pré- molares	-25x sem restauração	resina composta classe I	200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1200°C	Macros- cópica (observaçã o visual). Micro- scópica com estéreo- microscópi o (magnifi- cação 20X).	Restaurações de amálgama classe I e coroas metalo- cerâmicas são ainda identificáveis até 1200°C.
				-25x restauração amálgama classe I				Restaurações de resinas compostas desaparecera m a partir de 800°C.
				-25x restauração ionómero de vidro classe I				Restaurações de ionómero de vidro desaparecera m a partir de 600°C.
				-25x restauração coroas metalocerâmicas				

Revisão Sistemática

Autor (ano)	Amostra (n° de dentes)	Metodologia	Dentes envolvidos	Material envolvido	Temperatura (°C)	Método de avaliação	Resultados
Yashoda <i>et al.</i> (2021)	128	Estudo <i>in vitro</i> Aquecimento no forno	Pré-molares e molares	-32x restauração amálgama classe I	500°C, 700°C, 900°C e 1100°C durante 20 min.	Macroscópica (observação visual).	Mudanças graduais de cor e fissuras nas superfícies dos dentes com o aumento da temperatura.
				-32x restauração resina composta classe I		Análise SEM com Hitachi T-300 <sup>©</sup> e tensão de aceleração de 20 kV para avaliar as alterações ultraestruturais.	Fragmentação observada na maioria dos dentes a partir de 1100°C.
				-32x restauração ionómero de vidro classe I		Análise EDS para avaliar quimicamente os materiais restauradores.	Todas as restaurações foram identificadas através as técnicas SEM/EDS.
				-32x restauração coroas metalocerâmicas			

Segundo o artigo de Merlati *et al* (2004), o propósito deste estudo *in vitro* foi comparar os efeitos observados entre dentes restaurados e dentes não restaurados quando submetidos a altas temperaturas. Uma amostra de 100 dentes extraídos foi dividida em 4 grupos de 25 dentes cada: (1) dentes não restaurados, (2) dentes restaurados com amálgama classe I, (3) dentes restaurados com amálgama classe V e (4) dentes restaurados com resina composta classe I. Antes das restaurações, todos os dentes foram desinfetados em hipoclorito de sódio (NaClO) a 5% durante uma hora e depois armazenados numa solução de cloreto de sódio (NaCl) a 0,9% durante um mês. Cada grupo foi colocado num forno, exposto a temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1100°C e depois deixado a arrefecer à temperatura ambiente. Os dentes foram depois avaliados macroscópica e microscopicamente com estereomicroscópio. Observou-se que os dentes restaurados pareciam apresentar fissuras e fragmentações de coroas a temperaturas mais baixas em comparação com os dentes não restaurados, provavelmente devido as alterações estruturais da coroa durante a preparação da cavidade. A partir de 200°C,

bolhas foram microscopicamente visíveis na superfície do amálgama, indicando o início do processo de evaporação do mercúrio. A 400°C, as resinas compostas apresentaram-se físsuras e de cor preta. A 600°C, as coroas desintegraram-se durante a manipulação pelo operador, no entanto, as restaurações ficaram inalteradas, com forma e dimensão corretas. Até 1100°C, as restaurações com amálgama permaneceram no lugar original, mantendo a sua forma enquanto as restaurações de resinas compostas permaneceram no lugar, mas com uma forma severamente alterada. A distinção entre a amálgama e a resina composta ainda foi possível apesar da desintegração da coroa. O trabalho de visualização e identificação macroscópica foi dificultado pelas mudanças de cor progressivas que foram observadas ao longo do experimento, pois o dente e as restaurações tornaram-se mais escuro. No entanto, o uso de estereomicroscópio a partir da interface defeituosa dente/restauração ajudou a resolver este problema.

No estudo *in vitro* realizado por Savio *et al.* em 2006, os autores procuraram avaliar as características radiográficas de dentes restaurados, não restaurados e dentes tratados endodonticamente após exposição a uma faixa experimental de altas temperaturas. Uma amostra de 90 dentes extraídos, desinfetados numa solução de NaClO a 5% durante uma hora e armazenados numa solução de NaCl a 0,9% durante um mês foi dividido em 3 grupos de 30 dentes cada: (1) dentes sem restaurações, (2) dentes endodonticamente tratados e restaurados com amálgama e (3) dentes endodonticamente tratados e restaurados com resina composta. Todas as peças dentárias foram colocadas num forno e submetidas a temperaturas elevadas: 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1100°C, tendo sido deixadas a arrefecer à temperatura ambiente. Foram realizadas radiografias periapicais de todos os dentes, antes e depois da exposição a altas temperaturas. Os resultados mostraram que ambos os dentes restaurados e não restaurados não foram fortemente afetados pela exposição até 200°C. Todos os dentes restaurados permaneceram intactos até 400°C. As restaurações com resinas compostas mantiveram a forma até 600°C. Acima de 600°C, a resina composta permaneceu no lugar original, mas a sua forma alterou. Por outro lado, as restaurações com amálgama apresentaram forma e localização inalteradas até 1000°C. Por fim, todos os dentes endodonticamente tratados foram reconhecíveis até 1100°C, mas denotaram-se alterações a partir de 400°C e uma aparência radiográfica de “favos de mel” a partir de 600°C.

No estudo de Woisetschläger *et al.* (2011), foi avaliado o uso de tomografia computadorizada (TC) de alta resolução numa amostra de 122 molares extraídos para definir radiologicamente a morfologia dos dentes e as propriedades dos materiais restauradores através unidades de Hounsfield (HU) após exposição a altas temperaturas. Os dentes foram preparados, preenchidos com materiais diferentes, separados por grupos, digitalizados com TC, submetidos a altas temperaturas (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1100°C), deixados a arrefecer à temperatura ambiente e por fim digitalizados com TC uma vez mais. Dez diferentes materiais restauradores foram usados, nomeadamente amálgama, cerâmica, *Intermediate Restorative Material* (IRM), cimento de ionómero de vidro, 3 tipos de resinas compostas, bases e adesivos. A avaliação radiográfica revelou que até 400°C nenhuma restauração apresentou fissuras ou alterações significativas de forma e dimensão. A partir de 600°C, todos os materiais apresentaram fissuras, retração e alterações de forma com exceção da cerâmica e da amálgama. A 800°C fissuras foram visíveis em todas as restaurações. O adesivo foi o único material a desaparecer totalmente a temperaturas superiores a 400°C. Os resultados mostraram que cada material tem uma HU específica para cada faixa de temperatura, permitindo assim a deteção e distinção de todos os materiais presentes, mesmo nos casos em que um exame físico dos dentes não é possível. Os autores afirmaram que a TC melhora a documentação de casos na identificação humana e tem de ser realizada sempre que possível.

Os principais objetivos do trabalho realizado por Bagdey *et al.* (2014) foram observar os efeitos do calor em dentes restaurados e não restaurados e depois avaliar a sua resistência a altas temperaturas. 80 dentes foram extraídos, desinfetados numa solução de NaClO a 5% durante duas horas, armazenados numa solução de NaCl a 0,9% durante um mês e posteriormente divididos em 4 grupos de 20 dentes cada: (1) dentes sem restauração, (2) dentes restaurados com amálgama, (3) dentes restaurados com ionómero de vidro e (4) dentes restaurados com óxido de zinco eugenol. Cada grupo foi colocado num forno e submetido as temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C e 800°C e depois avaliado macroscopicamente e microscopicamente com estereomicroscópio. Os resultados demonstraram que no grupo (1) o esmalte apresentou mudanças estruturais a partir de 800°C e a dentina a partir de 600°C. Bolhas foram observadas na superfície ao nível microscópico a partir de 200°C, indincando o início do processo de evaporação do

mercúrio. Os dentes do grupo (2) foram ainda identificáveis a 800°C, o amálgama conservou a sua forma original na porção de coroa remanescente, apesar da presença de fracturas identificadas microscopicamente a partir de 600°C. No grupo (3) foi observada uma perda da porção superficial da restauração e linhas de fractura desde 600°C. A partir de 800°C, só partes da coroa com o material restaurador permaneceram. No último grupo, foi observada perda do material restaurador devido à fragmentação da coroa a partir de 800°C. Os autores concluíram que os efeitos produzidos em dentes submetidos a altas temperaturas dependem de diferentes variáveis, tal como a intensidade ou a duração de exposição ao calor. Foi igualmente partilhado que a resistência é também influenciada pelo facto de os grupos terem sido aquecidos de maneira abrupta e não gradual.

No estudo conduzido por Pol *et al.* em 2015, os autores procuraram observar macroscopicamente os efeitos de temperaturas predeterminadas numa amostra composta por 375 dentes extraídos restaurados com diferentes materiais e dentes não restaurados e, em seguida examinados com estereomicroscópio para fins de identificação. Todos os dentes foram desinfetados numa solução de NaClO a 5% durante uma hora. Foram depois criados 5 grupos de 75 dentes cada: (1) grupo não restaurado, (2) grupo restaurado com coroas cerâmicas, (3) grupo restaurado com amálgama classe I, (4) grupo restaurado com resina composta classe I e (5) grupo restaurado com ionómero de vidro. Depois das restaurações, todos os grupos de dentes (incluindo o grupo controlo de dentes não restaurados) foram conservados numa solução de NaCl a 0,9% durante um mês. Os grupos foram em seguida colocados num forno e submetidos a temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C, 800°C e 1000°C durante 15 minutos e posteriormente deixados a arrefecer à temperatura ambiente. Os resultados demonstraram que ambos os grupos de dentes sem e com restaurações apresentam alterações macroscópicas e microscópicas específicas a cada faixa de temperatura. Restaurações com ionómero de vidro apresentaram fissuras a partir de 200°C e fragmentação a 800°C. Quando foram comparados dentes com resina composta e dentes com amálgama, verificou-se que os dentes com resina composta apresentavam fissuras a temperaturas mais baixas (400°C), quando comparadas com dentes com amálgama (800°C), no entanto, ambos os materiais apresentaram fragmentação a partir de 1000°C. Verificou-se que os dentes com coroas cerâmicas mostraram a maior resistência ao calor, não apresentavam fissuras, nem fragmentação até 1000°C. Os autores concluíram que cada material restaurador tem as suas próprias

características físico-químicas e que quando expostos a altas temperaturas, fornecem uma fonte de evidências forenses que podem ser utilizadas no processo de identificação humana.

O estudo *in vitro* realizado por Vandrangi *et al.* em 2016 visou identificar as alterações macroscópicas e microscópicas que se observam em dentes restaurados e em dentes não restaurados, quando submetidos a altas temperaturas e conseqüentemente avaliar a utilidade destas restaurações na identificação positiva de vítimas incineradas. Quarenta molares extraídos por diversos motivos foram recolhidos e desinfetados durante duas horas numa solução de NaClO a 5%. Esta amostra foi depois dividida em quatro grupos: (1) grupo controlo de 10 dentes não restaurados, (2) grupo de 10 dentes restaurados com resina composta classe I, (3) grupo de 10 dentes restaurados com ionómero de vidro classe I e (4) grupo de 10 dentes restaurados com amálgama classe I. Cada grupo constituído por 10 dentes foi submetido a temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C, 800°C e 1000°C durante 15 minutos e posteriormente deixado a arrefecer à temperatura ambiente. A avaliação de todas as amostras consistiu num exame macroscópico, para identificar as alterações volumétricas das restaurações e um exame microscópico, através o uso de estereomicroscópio, avaliando a interface dente-restauração em dentes restaurados e as mudanças de superfície de dentes não restaurados. Os resultados demonstraram que o aumento das temperaturas nos dentes tem como consequência essencialmente as mudanças de cor. O grupo não restaurado apresentou resistência sem perda de estrutura até 600°C, mas com o aumento da temperatura a camada mais exterior da coroa fraturou-se e a sua superfície tornou-se extremamente friável. No grupo restaurado com resina composta verificou-se contração volumétrica. A perda de selamento marginal foi visível em todas as temperaturas. A resina composta ficou no lugar original mantendo alguma forma até 800°C, mas tendo sido deslocado a partir de 1000°C. O grupo restaurado com ionómero de vidro apresentou perda de selamento marginal e fissuras a 600°C. Acima de 600°C a restauração moveu-se. No grupo restaurado com amálgama a granularidade foi observada a partir de 200°C devido à evaporação do mercúrio, elemento constituinte deste material, provocando contração e perda de selamento marginal. No entanto, a amálgama permaneceu intacta, no lugar certo e mantendo a sua forma até aos 1000°C. Os autores concordaram que os dentes e os materiais restauradores dentários podem atuar como adjuvantes valiosos ou mesmo ajudar diretamente na identificação de vítimas incineradas.

No estudo *in vitro* de Sharma (2020), o objetivo foi investigar quais os tipos de danos causados nos dentes restaurados e não restaurados quando submetidos a alta temperatura e avaliar se estes podem ajudar no processo de identificação humana, em casos de incineração através da comparação entre registos AM e PM. 125 pré-molares foram extraídos, desinfetados numa solução de NaClO a 5% por uma hora e depois armazenados numa solução de NaCl a 0,9% durante 15 dias. Posteriormente, 5 grupos de 25 dentes cada foram criados: (1) grupo controlo, (2) grupo restaurado com amálgama classe I, (3) grupo restaurado com resina composta classe I, (4) grupo restaurado com ionómero de vidro classe I e (5) grupo restaurado com coroas metalocerâmicas. Cada grupo foi submetido a temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1200°C num forno e deixados a arrefecer à temperatura ambiente. Todos os dentes foram avaliados macroscópica e microscopicamente com estereomicroscópio. Os resultados mostraram que as restaurações com amálgama classe I ainda podem ser identificáveis até 1200°C, porque conservam a forma inalterada apesar da desintegração da coroa. As coroas metalocerâmicas também resistem a altas temperaturas sem apresentar grandes alterações, devido à sua alta resistência ao desgaste. Outros materiais restauradores como a resina composta e o ionómero de vidro não foram capazes de mostrar resistência suficiente a elevadas temperaturas: as restaurações com resina composta desapareceram a partir de 800°C e as de ionómero de vidro a partir de 600°C. Os autores concluíram que a preservação da dentição sujeita a elevadas temperaturas é de alta importância, pois por vezes pode ajudar na identificação humana.

No trabalho de 2021 de Yashoda *et al.*, foi constituído uma amostra de 128 pré-molares e molares extraídos, onde foram depois criados 4 grupos de 32 dentes cada, restaurados com (1) ionómero de vidro classe I, (2) amálgama classe I, (3) resina composta classe I e (4) coroas metalocerâmicas, com o objetivo de investigar as alterações macroscópicas observadas através da técnica *Scanning Electron Microscopy* (SEM), e também as alterações de composições químicas através da técnica *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS) após aquecimento no forno à 500°C, 700°C, 900°C e 1100°C durante 20 minutos. Em qualquer temperatura, observou-se uma mudança gradual de cor em todos os grupos, assim como fissuras na superfície dos dentes. A partir de 1100°C, a grande maioria dos dentes apresentou fragmentação. A técnica EDS analisou a composição química de cada material restaurador antes e depois da exposição a altas temperaturas.

No grupo restaurado com ionómero de vidro (1), a análise por EDS revelou a presença de silicone, alumínio, cálcio e sódio quer previamente à incineração, quer posteriormente e permitiu a identificação positiva da restauração com precisão. O grupo restaurado com amálgama (2) apresentou prata, estanho, mercúrio e cobre antes da sua colocação no forno. Apesar da evaporação do mercúrio a partir de 500°C, as restaurações com amálgama conservaram estes componentes principais, o que permitiu a sua identificação. Após colocação no forno do grupo de dentes restaurados com resina composta (3), os elementos inicialmente presentes pré-incineração foram variáveis em cada faixa de temperaturas. No entanto, observou-se que o silicone, o alumínio e o bário permaneceram presentes ao longo do processo de queima. O último grupo que foi restaurado com coroas (4) tinha simultaneamente uma parte metálica e uma parte em cerâmica. A análise elementar demonstrou que a parte metálica conservou a mesma composição (crómio, alumínio e níquel) antes e depois da exposição a altas temperaturas com presença de silicone a mais a 1100°C. Na parte cerâmica foram detetados sódio e potássio a 1100°C que não estavam presentes pré-incineração com o silicone e alumínio. Os autores afirmaram que as técnicas SEM/EDS podem ser usadas para identificar positivamente vítimas, analisando os vários elementos presentes em dentes restaurados que foram incinerados, até ao ponto em que os materiais restauradores são altamente fragmentados pelo calor intenso.

#### IV. DISCUSSÃO

Mediante a literatura científica consultada para a realização desta revisão sistemática e tendo por base a análise dos oito artigos que cumpriram os critérios de elegibilidade, foi possível verificar que os dentes restaurados com coroas cerâmicas e com amálgama permanecem mais intactos quando submetidos a diferentes temperaturas, quando comparados com dentes restaurados com resina composta ou com ionómero de vidro. Além da avaliação da resistência dos materiais dentários restauradores a temperaturas elevadas, foi também avaliada a utilidade das restaurações mais comuns na identificação de restos humanos incinerados. Verificou-se que os materiais restauradores sofrem diversas modificações quando submetidos a diferentes temperaturas e possuem características próprias, que podem ser potencialmente úteis nos processos de identificação humana.

Todos os estudos incluídos nesta revisão sistemática incluíram dentes restaurados com amálgama. Em relação à resistência deste material quando sujeito a diferentes temperaturas, os estudos de Merlati *et al.* (2004), usando avaliação macroscópica e microscópica, de Savio *et al.* (2006), usando comparação de radiografias periapicais antes e depois da exposição ao calor e de Woisetschläger *et al.* (2011), usando avaliação visual, radiográfica e de radiodensidade, concordam em afirmar que a amálgama mantém a sua forma até aos 1100°C. Essas observações foram também confirmadas por um estudo conduzido por Patidar, Parwani e Wanjari, em 2010. Vandrangi e os seus colaboradores, em 2016, observaram também esta tendência, mas até 1000°C. No entanto, no estudo realizado por Pol *et al.* (2015), a amálgama fraturou a partir de 1000°C. Sharma (2020) foi o único autor a conduzir a experiência até 1200°C e concluiu que as restaurações com amálgama ainda podem ser identificáveis após serem sujeitas a esta temperatura. Em ambos os estudos de Merlati *et al.* (2004) e Bagdey *et al.*, foi microscopicamente observado que as restaurações com amálgama apresentaram bolhas nas suas superfícies a partir de 200°C, indicando o início do processo de evaporação do mercúrio. As diferenças observadas na resistência das restaurações com amálgama a diferentes temperaturas, segundo Bagdey *et al.* (2014), são provavelmente devido ao facto de existirem inconsistências de composições nas percentagens de mercúrio, prata e cobre entre as diferentes marcas deste material presentes no mercado. A Tabela 5 relaciona entre

si os vários resultados encontrados nas restaurações com amálgama submetidas a diferentes temperaturas.

Os resultados em relação aos dentes restaurados com resina composta foram mais divergentes. Merlati *et al.* (2004) encontraram alterações consideráveis de forma a partir de 1000°C, Savio *et al.* (2006) e Woisetschläger *et al.* (2011) a partir de 600°C. Apesar disso, as restaurações pareciam ficar no lugar original. A partir de 1000°C, a fragmentação foi observada no estudo de Pol *et al.* (2015), enquanto no estudo de Vandrangi *et al.* (2016), a resina composta foi completamente removida. Por outro lado, Sharma (2020) observou o desaparecimento completo do material a 800°C. No entanto, é de notar, que na experiência levada a cabo por Yashoda *et al.* (2021), os resultados da avaliação química por EDS demonstraram que a resina composta apresentava silicone, alumínio e bário tanto na pré-incineração, como na pós-incineração. A Tabela 5 relaciona entre si os vários resultados encontrados nas restaurações com resina composta submetidas a diferentes temperaturas.

Entre os oito artigos utilizados como base para esta revisão sistemática, seis deles estudaram o comportamento do cimento de ionómero de vidro perante diferentes temperaturas. Os estudos de Pol *et al.* (2015) e de Vandrangi *et al.* (2016) apresentaram muitas semelhanças nas suas metodologias (realização de classe I com ionómero de vidro em molares, exposições às mesmas temperaturas durante 15 minutos, arrefecimento à temperatura ambiente, seguido por uma avaliação macroscópica e uma avaliação microscópica com o estereomicroscópio), porém os resultados não foram semelhantes: no primeiro as restaurações apresentaram fragmentações a partir de 800°C, enquanto que no segundo as restaurações desapareceram acima de 600°C. Nas experiências de Sharma (2020), foram observadas ausências dos materiais a partir de 600°C, no entanto, o autor não mencionou a duração da exposição das amostras a altas temperaturas e no estudo de Bagdey *et al.* (2014), este fenómeno foi observado a partir de 800°C. De acordo com o trabalho de Jacinto Baptista da Cordona (2018), essas ausências podem ser explicadas pelo facto de o ionómero de vidro ser constituído maioritariamente por matéria orgânica que é destruída quando submetida a altas temperaturas, tornando a observação macroscópica deste material, impossível acima de 600°C. Contudo, Yashoda e os seus colaboradores (2021) afirmaram que ainda após exposição da amostra restaurada com ionómero de vidro a temperaturas até 1100°C, foi possível identificar positivamente a

restauração através da análise química dos elementos, tanto presentes na pré-incineração (silicone, alumínio, cálcio, molibdênio e sódio), como na pós-incineração (silicone, alumínio, cálcio e sódio). De acordo com Kiran *et al.* (2019), existe um fabricante específico que inclui também estrôncio na preparação do seu material, podendo assim ajudar potencialmente a identificação de uma vítima incinerada a partir da marca da restauração com ionómero de vidro detetada por EDS nos seus dentes. A Tabela 5 relaciona entre si os vários resultados encontrados nas restaurações de ionómero de vidro submetidas a diferentes temperaturas.

Relativamente às coroas, dois artigos estudaram as coroas metalocerâmicas e dois artigos estudaram as coroas exclusivamente cerâmicas. Yashoda *et al.* (2021) observaram através da técnica EDS que a parte metálica das coroas tinha quase a mesma composição, quer antes (crómio, alumínio e níquel), quer após (crómio, alumínio, níquel, silicone) a incineração. Coroas metalocerâmicas podiam ainda ser identificáveis após exposição a temperaturas mais altas, apesar das restaurações desapareceram (Yashoda *et al.*, 2021; Sharma, 2020). As coroas cerâmicas do estudo de Woisetschläger *et al.* (2011) apresentaram apenas pequenas mudanças de valores de HU ao longo do processo de incineração, seguindo praticamente o mesmo padrão que a dentina, tornando mais difícil a diferenciação entre este material restaurador e este tecido dentário fisiológico. Na experiência de Pol *et al.* (2015), nenhuma fissura e/ou fragmentação foram observadas até aos 1000°C, tornando as coroas cerâmicas as restaurações mais resistentes a altas temperaturas deste estudo. As alterações constatadas nas coroas submetidas a temperaturas elevadas foram mínimas, pois são restaurações fabricadas por volta de 900°C. A Tabela 5 relaciona entre si os vários resultados encontrados nas restaurações coroas cerâmicas e metalocerâmicas submetidas a diferentes temperaturas.

Woisetschläger e os seus colaboradores (2011) foram os únicos autores dos artigos incluídos nesta revisão sistemática a avaliar os efeitos de temperaturas elevadas em dentes restaurados com IRM e com bases ou adesivos. As restaurações de IRM apresentaram mudança de forma, fissuras e contração a partir de 600°C com um aumento dos valores de HU, traduzindo um aumento da radiodensidade deste material ao longo da faixa de temperaturas usadas. O adesivo *Xeno III* não foi detetado nas cavidades dos dentes a partir de 600°C, enquanto o outro adesivo *Optibond* iniciou o processo de alteração de forma e

dimensão, quando sujeito a altas temperaturas. A Tabela 5 relaciona entre si os vários resultados encontrados nas restaurações de IRM submetidas a altas temperaturas.

Numa perspetiva diferente do estudo realizado por Woisetschläger *et al.* (2011), o trabalho realizado por Savio e os seus colegas (2006), analisou o comportamento de dentes endodonticamente tratados incinerados. Até 1100°C, os tratamentos endodônticos foram ainda identificáveis: as formas e dimensões apresentaram poucas alterações, a radiopacidade foi só um pouco menos regular e foi descrita uma aparência de “favos de mel” com algumas zonas radiolúcidas. Este fenómeno pode ser explicado pela fluidificação do material endodôntico na câmara pulpar e nos canais, que vai mudar de estado durante o aumento da temperatura. Segundo Patel *et al.* (2020), a guta-percha mantém a sua radiopacidade porque existe na sua composição o sulfato de bário, um radiopacificador. O bário tem um peso atómico de 138, o que permite uma boa absorção dos raios-X e um ponto de fusão alto, à volta de 1580°C. Assim, os tratamentos endodônticos foram reconhecíveis para a análise forense até 800°C neste estudo. Reesu, Augustine e Urs (2015) e Bonavilla *et al.* (2008), estudaram o comportamento dos tratamentos endodônticos submetidos a altas temperaturas e referiram que em casos graves, em que os dentes avulsionaram-se da maxila ou da mandíbula, é possível replicar a forma das raízes, preenchendo a cavidade vazia com uma mistura de alginato com sulfato de bário antes de fazer a radiografia. Com este processo, conseguia-se uma melhor visualização da anatomia original e única das raízes, aumentando assim a possibilidade de uma identificação positiva. De acordo com Guimarães (2009), os tratamentos endodônticos permitem adicionar valiosas informações no processo de identificação humana, pois tornam possível a comparação das radiografias realizadas AM no âmbito do tratamento, com as radiografias obtidas PM. A Tabela 5 relaciona entre si os vários resultados encontrados nos dentes endodonticamente tratados submetidos a diferentes temperaturas.

**Tabela 5.** - Principais considerações das restaurações de amálgama, resina composta, ionômero de vidro, coroas cerâmicas/metaloceâmicas, IRM e dos tratamentos endodônticos submetidos a diferentes temperaturas de acordo com os autores dos estudos incluídos.

Autor (ano)	Amálgama	Resina composta	Ionômero de vidro	Coroas cerâmicas e metalocerâmicas	IRM	Tratamento endodôntico
Merlati <i>et al.</i> (2004)	Forma correta mantida até 1100°C.	Forma alterada a partir de 1000°C.	X	X	X	X
Savio <i>et al.</i> (2006)	Forma correta mantida até 1100°C.	Forma alterada a partir de 600°C.	X	X	X	Identificação positiva dos tratamentos endodônticos até 1100°C.
Woiset-schläger <i>et al.</i> (2011)	Forma correta mantida até 1100°C.	Forma alterada a partir de 600°C.	Fissuras visíveis a partir de 600°C.	Pequenas fissuras a partir de 800°C.	Mudanças de forma, fissuras, contração e aumento da radio-densidade a partir de 600°C.	X
Bagdey <i>et al.</i> (2014)	Forma correta mantida até 800°C.	X	Linhas de fraturas visíveis a partir de 600°C.	X	X	X

X: O material em consideração não foi estudado pelos autores.

Autor (ano)	Amálgama	Resina composta	Ionómero de vidro	Coroas cerâmicas e metalocerâmicas	IRM	Tratamento endodôntico
Pol <i>et al.</i> (2015)	Fractura da restauração a partir de 1000°C.	Fissuras visíveis a partir de 400°C, fragmentação observada a 1000°C.	Fissuras visíveis a partir de 200°C e fragmentação a partir de 800°C.	Sem fissuras nem fragmentações até 1000°C.	X	X
Van-drangi <i>et al.</i> (2016)	Forma correta mantida até 1000°C.	Forma mantida até 800°C, restauração deslocada a partir de 1000°C.	Fissuras visíveis a partir de 600°C, a restauração desapareceu acima desta temperatura.	X	X	X
Sharma (2020)	Identificação positiva da amálgama até 1200°C.	Desaparecimento da restauração a partir de 800°C.	Desaparecimento da restauração a partir de 600°C.	Identificação positiva das restaurações com coroas até 1200°C.	X	X
Yashoda <i>et al.</i> (2021)	Presença de prata, estanho, mercúrio e cobre antes da incineração.  Presença de prata, estanho e cobre depois da incineração, com evaporação do mercúrio a partir de 500°C.	Permanecimento do silicone, bário e alumínio ao longo do processo de incineração.	Presença de silicone, alumínio, cálcio, sódio e molibdênio antes da incineração.  Presença de silicone, alumínio, cálcio e sódio depois da incineração.	Parte metálica: crômio, alumínio e níquel pré e pós-incineração.  Parte cerâmica: silicone e alumínio pré-incineração.  Parte cerâmica: silicone, alumínio, potássio e sódio pós-incineração.	X	X

X: O material em consideração não foi estudado pelos autores.

No entanto, é de notar que a presente revisão sistemática não está livre de limitações. De acordo com a literatura consultada sobre o tema, verificou-se que os estudos *in vitro* realizados em dentes extraídos e posteriormente colocados num forno, não levaram em consideração as circunstâncias de vida real. Segundo os estudos de Merlati *et al.* (2004), Savio *et al.* (2006), Bagdey *et al.* (2014) e Vandrangi *et al.* (2016), os tecidos moles e duros envolvendo os dentes, naturalmente presentes em condições *in vivo*, conferem-lhes uma proteção adicional à exposição direta ao fogo e ao calor. Tendo por base o referido, a falta de simulação no laboratório deste parâmetro fisiológico, pode causar uma evaporação antecipada dos componentes orgânicos das restaurações, com subsequente quebra ou explosão precoce da coroa do dente.

De acordo com o trabalho de Alves Lopes Dias (2015), os lábios, as bochechas e a língua permitem proteger os dentes e assim atrasar o aumento da temperatura na cavidade oral. À medida que a temperatura aumenta, essas estruturas anatómicas retraem, expondo assim os dentes anteriores, tornando-os mais suscetíveis de se danificarem. No estudo de Kiran *et al.* (2019), é mencionado que os dentes posteriores com múltiplas raízes tendem a permanecer nos seus lugares dentro das secções corticais ósseas alveolares na maxila ou na mandíbula. Assim, os dentes posteriores são geralmente os dentes a serem poupados da influência destrutiva do calor. Além de todos os fatores já mencionados previamente, foi referido no trabalho de Vázquez, Rodríguez e Moreno (2012) que no caso em que um corpo humano ser submetido a um aumento extremo de calor, tal como durante uma incineração, o sistema digestivo produz um gás que vai chegar na cavidade oral, resultando numa protrusão da língua, protegendo assim ainda mais os dentes, em particular os posteriores. Por esta razão, no estudo de Vandrangi e os seus colaboradores (2016), apenas dentes posteriores foram utilizados, ao contrário dos dentes anteriores, os posteriores são geralmente melhor conservados devido à proteção térmica oferecida pelos tecidos adjacentes. Além disso, Bagdey *et al.* (2014) e Yashoda *et al.* (2021) referem que os dentes foram restaurados especificamente para o estudo e após extração dos mesmos, enquanto que nos casos reais pode existir um período de tempo mais ou menos importante entre a realização de uma restauração dentária e o momento da sua incineração. Na literatura presente desta revisão sistemática, o tempo decorrido entre a restauração dos dentes e a exposição a altas temperaturas não pode ser sujeito a análise.

Um outro aspeto importante e igualmente limitante, corresponde ao facto de que os materiais foram submetidos a um choque térmico controlado e limitado num forno laboratorial. Em cada experiência, após a exposição a temperaturas alvo, as amostras foram removidas do forno e deixadas arrefecer à temperatura ambiente. Segundo Moreno *et al.* (2009) e Bagdey *et al.* (2014), um choque térmico agudo aumenta o risco de destruição da peça dentária, enquanto que se for submetido a altas temperaturas gradualmente é capaz de suportar até 1200°C. De acordo com os resultados obtidos no estudo de Shekhawat e Chauhan de 2016, observou-se ao contrário que um grupo de dentes submetidos a uma exposição direta de calor extrema apresentou mais fissuras nas coroas a 400°C, com uma destruição total do esmalte a partir de 600°C. Os danos estruturais foram assim muito mais importantes do que no caso de uma exposição gradual a altas temperaturas. Estes resultados já foram admitidos por Ferreira, de Ferreira e Ortega em 2008. Além disso, todos os autores concordam que existem muitos outros fatores associados às condições de incineração, tal como a duração da exposição a altas temperaturas, a velocidade de aumento da temperatura, a existência de um ambiente aberto ou fechado, a presença de aceleradores ou contaminantes, bem como as substâncias utilizadas para extinguir o fogo. Na análise forense das vítimas de incineração, todos esses fatores precisam de ser considerados.

Corpos e restos cadavéricos podem ser submetidos a várias temperaturas, durante acidentes com elevadas temperaturas. De acordo com Pol *et al.* (2015) e Yashoda *et al.* (2021), a temperatura média num incêndio doméstico situa-se à volta de 649°C, podendo ser entre 871°C e 982°C durante uma cremação e podendo alcançar os 800°C a 1100°C, quando a gasolina é usada. O estudo de Hofer (2007), explanou que nas temperaturas abaixo de 200°C, ambos os dentes restaurados e os dentes não restaurados são pouco afetados. Portanto, os estudos *in vitro* incluídos nesta revisão sistemática usaram uma ampla faixa de temperaturas situadas entre 200°C e 1200°C, simulando as temperaturas registadas em vários acidentes com temperaturas elevadas.

A grande capacidade de resistência dos dentes à maioria dos efeitos ambientais, nomeadamente ao calor, explica-se pela suas estruturas histológicas e composições elementares. De acordo com Prakash *et al.* (2014), o esmalte é composto por 96% de matéria inorgânica, enquanto a dentina é composta por 76% de matéria inorgânica e 20%

orgânica, principalmente colagénio tipo 1. O colagénio assim presente na dentina é estabilizado e protegido contra as desnaturações e os encolhimentos térmicos pelo conteúdo inorgânico circundante. No entanto, esta proteção não é ilimitada e quando as temperaturas aumentam, o colagénio é destruído, deixando o componente inorgânico mais frágil e suscetível de ser perdido. Segundo Patel *et al.* (2020), a ocorrência de uma rutura do esmalte é frequente e explica-se pela desidratação e conseqüente contração da dentina abaixo constituída por matéria orgânica e água. Enquanto o esmalte tem uma alta concentração de matéria inorgânica, conforme mencionado anteriormente, a sua composição mineral consiste em quantidades significativas de fosfato de cálcio na forma de cristais de hidroxiapatita. Assim, quando o esmalte e a matriz de colagénio da dentina abaixo são submetidos a altas temperaturas, o esmalte sofre da perda da sua pequena quantidade de água naturalmente presente, resultando numa forte contração, induzindo mudanças de organização dos cristais de hidroxiapatita e finalmente, separação da coroa. Num estudo de George *et al.* (2017), foi referido que os dentes dos idosos apresentam uma dentina esclerótica que resulta da oclusão dos túbulos dentinários pela deposição de mineral no lúmen do túbulo. Verificou-se que a dentina esclerótica é hipermineralizada e pobre em matéria orgânica (colagénio), sendo a relação mineral/matriz duas a três vezes superior às da dentina normal. A mineralização da dentina esclerótica é 40% maior em comparação à dentina normal, tornando assim os dentes dos idosos mais resistentes do que os dentes permanentes jovens.

Corpos humanos submetidos a altas temperaturas durante um período prolongado são muitas vezes reduzidos a elementos esqueléticos de grande fragilidade. As estruturas dentárias são consideradas como os tecidos mais resistentes e duráveis do corpo humano e têm a capacidade de sobreviver essas condições extremas (Hill, Lain e Hewson, 2011). No entanto, muitos estudos indicam que os dentes enfraquecem a partir de 600°C e tornam-se muito frágeis. A fragmentação é uma das complicações mais relevantes nos restos humanos incinerados. Qualquer manipulação é suscetível de danificar os dentes e, portanto, passível de se poder perder informações valiosas sobre as vítimas. Embora que existe uma expectativa da comunidade para recuperar, identificar e devolver todas as vítimas às suas famílias o mais rapidamente possível, isso entra em desacordo com a execução do processo exigente de DVI (*Disaster Victim Identification*). Uma identificação positiva e segura só pode ser alcançada quando existe um sistema ordenado,

estruturado e metódico. De acordo com Hill, Lain e Hewson (2011), o sucesso do procedimento de identificação humana é medido por o treinamento dos socorristas no reconhecimento da complexidade de um acidente e da necessidade de assistência especializada, pois, o processo de identificação correto pode ser impedido pela não preservação dos restos mortais através da manipulação dos referidos por pessoas não adequadamente treinadas. Deve-se ter especial cuidado durante o manuseio dos dentes incinerados para evitar uma maior desintegração e fragmentação dos mesmos (Merlati *et al.*, 2004; Bagdey *et al.*, 2014; Yashoda *et al.*, 2021). O estudo conduzido por Woisetschläger *et al.* (2011) enfatiza a importância do uso de TC que permite obter elementos iniciais sem interferir com os corpos, evitando assim uma destruição precoce dos dentes. Aliás, um estudo de 2015, realizado por Albuquerque e os seus colaboradores, demonstrou que as fissuras e as fragmentações observados nos dentes restaurados apareciam a temperaturas mais baixas do que sob circunstâncias reais, provavelmente devido à perda de integridade estrutural do tecido duro na preparação da cavidade, o que pode ter resultado no seu dano precoce (Albuquerque *et al.*, 2015). Pelo contrário, no trabalho de Hill, Lain e Hewson (2011), foi admitido que os dentes com coroas restauradas são potencialmente capazes de sobreviver a temperaturas elevadas. Foi explicado que durante uma incineração, a humidade naturalmente presente nos dentes evapora-se e resulta num aumento da pressão na matriz do esmalte e da dentina. Neste caso, uma cavidade preparada numa coroa dentária, pode atuar como uma abertura que vai permitir a passagem de ar e líquido para fora do espaço confinado, libertando a pressão e tornando assim o dente restaurado menos suscetível de fragmentar-se devido ao aumento da pressão.

Numa perspetiva mais real e “prática”, no artigo de Bush e Miller (2011), os autores descreveram a identificação de três vítimas do voo 3407 da Colgan Air, o caso de um avião que caiu em fevereiro de 2009 perto de Buffalo nos Estados Unidos de América. Todos os 49 passageiros e tripulantes morreram. Após a sua queda, um incêndio deflagrou durante onze horas, causando uma grave destruição dos ossos e dos dentes das vítimas presentes a bordo. O trabalho de Steadman *et al.* (2014), foca-se também na recuperação e identificação das vítimas do acidente do voo 3407 da Colgan Air e dá-nos uma melhor compreensão do trabalho que foi necessário. O trauma do impacto nas vítimas causou um deslocamento ocasional das estruturas dentárias identificáveis e estas poderiam ser encontradas da região da cabeça e do pescoço até as regiões das cavidades torácica e

abdominal. Durante as operações médico-dentárias de urgência, três áreas distintas foram necessárias: uma área para a autópsia e a radiologia dentária, uma outra para a recolha e o armazenamento dos registos e, por fim, uma última para o estabelecimento de um centro de tecnologia da informação médico-dentária que trata com a inserção e a comparação de dados. A autópsia orofacial incluiu nomeadamente a realização de um conjunto de radiografias PM e um exame clínico para iniciar a documentar o perfil dentário de cada vítima, antes de um interrogatório com as famílias. Para evitar uma degradação ainda mais importante dos restos humanos e a perda de estruturas dentárias associadas, os corpos foram protegidos e envoltos. Cinquenta e dois por cento das vítimas tinham a maxila e mandíbula completas e sessenta e quatro tinham pelo menos um arco dentário completo. A condição das vítimas variou, pois foram encontrados corpos completos e intactos, mas também pequenas estruturas maxilofaciais segmentadas só. O objetivo da equipa de análise médico-dentária forense foi então recolher, reconhecer e atribuir as estruturas dentárias deslocadas encontradas para cada vítima. Embora os restos de muitas delas tenham sido identificados usando métodos clássicos de comparação dos registos dentários AM e PM, três vítimas tinham restos dentários limitados. Segundo Bush e Miller (2011), a seção central do avião foi exposta ao fogo por mais tempo e por isso, teve um dano térmico maior. De acordo com a lista de passageiros, estas três vítimas estavam sentadas nesta área. Duas delas tinham o mesmo perfil AM: o dente número 46 foi endodonticamente tratado e restaurado com uma coroa metalocerâmica, o dente 47 apresentou uma restauração oclusal com amálgama e o dente 48 encontrava-se ausente. Estas duas vítimas (cujos registos AM foram designados A e B) estavam sentadas na mesma área e no mesmo lado do avião, por isso não foi possível usar o local de recuperação dos corpos para os distinguir. Usando a comparação entre as radiografias AM e PM, foi em primeiro lugar sugerido uma possível identificação a partir dos padrões anatómicos do osso para a vítima B. Para confirmar esta hipótese, os peritos médico-dentistas usaram a técnica SEM/EDS para analisar a composição elementar dos materiais de obturação endodônticos presentes nos canais distais dos dentes 46. A partir das bases de dados dos materiais dentários e após confirmação pelos médicos dentistas que realizaram os dois tratamentos, foi admitido com certeza a hipótese previamente formulada. A vítima B foi assim identificada positivamente, e por exclusão, também a vítima A o foi. No corpo da terceira vítima, um dente só foi recolhido, que apresentava um tratamento por espigão e resina composta. Neste caso, a necessidade de realizar investigações adicionais foi de grande importância. A técnica SEM/EDS revelou muito

rapidamente a composição elementar dos materiais usados no espigão e na resina composta, permitindo assim a identificação positiva da vítima. Assim, apesar das condições adversas do próprio acidente, foi possível identificar com certeza todas as pessoas presentes a bordo, a partir de restos de restaurações ainda presentes nas peças dentárias das vítimas.

Além disso, foi referido por Çarikçioğlu *et al.* em 2021 a importância das consultas de rotina periódicas e a manutenção de registos dentários atualizados, que permitem num primeiro lugar conferir aos pacientes uma saúde oral, mas também potencialmente poderem ajudar a identificação forense. Quanto mais características específicas de cada paciente são documentadas, mais o processo de identificação positiva é suscetível de ter sucesso. Por isso, é aconselhado a todos os médicos dentistas conservem os seus registos dentários, que deverão ser o mais completo possível, incluindo todas as radiografias efetuadas e especificando todas as características orofaciais, como por exemplo agenesias, alterações de forma, de tamanho, de número, entre outros. De acordo com Reesu, Augustine e Urs (2015), as peças dentárias podem também ser modificados por padrões de mastigação ou por alguns hábitos ocupacionais. Por exemplo, num paciente com onicofagia crónica é possível de observar padrões específicos de desgaste no bordo incisal dos incisivos; ou é também comum observar nos operadores de fábricas de baterias uma desmineralização ácida nos dentes anteriores, devido aos vapores provenientes dos materiais utilizados. Deve igualmente ser incluído detalhes sobre cada tratamento realizado, tal como o material restaurador utilizado e a face envolvida na restauração.

Por fim, é de notar que no futuro a diferenciação visual de vítimas de incêndios pode-se tornar muito difícil, devido ao facto das gerações mais jovens terem cada vez menos restaurações e mais acesso a materiais restauradores radiolúcidos, não metálicos, que mimetizam a cor dos dentes. Por esta razão, recomenda-se o uso de técnicas de análise mais avançadas, tal como aquelas que já foram mencionadas anteriormente, nomeadamente a TC, o uso de estereomicroscópio, ou a SEM/EDS que se revelou muito útil para distinguir vários materiais que foram combinados. Num estudo que Soon, Bush, Bush levaram a cabo em 2015, foram realizados procedimentos de restauração dentária em camadas para replicar o mais próximo possível a estrutura e cor dos dentes. A combinação das restaurações com ionómero de vidro, com restaurações de resina

composta permitiu por exemplo fornecer ao dente restaurado uma combinação das propriedades carioestáticas do ionómero de vidro e das propriedades de resistência da resina composta. Os dentes restaurados foram depois incinerados e a técnica de SEM/EDS foi posteriormente usada para avaliar a capacidade de distinguir restaurações realizadas em camadas complexas. Revelou-se que a distinção destas, referidas por análise SEM/EDS foi possível, independentemente das suas diferentes propriedades, tais como a adesão ou viscosidade. A análise elementar dos componentes químicos foi a mesma, quer pré-incineração, quer pós-incineração. No entanto, os autores referiram que a diferenciação só é possível se os materiais restauradores dentários foram de diferentes tipos ou marcas. A distinção de várias restaurações do mesmo tipo ou da mesma marca colocadas em camadas é impossível, por exemplo, não podem ser diferenciados tons de cores diferentes nas restaurações com resina composta após exposição a altas temperaturas. Ao contrário, no estudo de Bush, Bush e Miller (2006), dez marcas diferentes de resina composta presentes no mercado atual dos Estados Unidos de América foram positivamente diferenciadas e identificadas após incineração através da análise SEM/EDS. Assim, em situações de acidentes aéreos, de explosões ou de cremações, os autores afirmaram que a possibilidade de identificação positiva de uma vítima através da recuperação e análise da restauração com resina composta e comparação dos registos dentários permanece. De acordo com Bux *et al.* (2006) e Majumder *et al.* (2023), os peritos Médicos Dentistas podem também utilizar o ácido fosfórico e a luz ultravioleta para facilitar a identificação visual e a diferenciação das restaurações dentárias que têm uma cor semelhante à cor dos dentes. O comportamento das resinas compostas quando expostas à luz ultravioleta é um fenómeno bem conhecido e documentado desde os anos 1980: foi observado num estudo de 1985, por Clark e Ruddick que num total de 27 restaurações com resina composta, 22 foram facilmente identificadas através do uso de luz ultravioleta, que quando comparada com a radiação infravermelha, num estudo posterior de 1989 por Clark e Meeks, foi admitido que a radiação ultravioleta tem comprimentos de onda mais eficazes para detetar as restaurações com resina composta do que os comprimentos de onda emitidos pela radiação infravermelha.

## V. CONCLUSÃO

Os materiais restauradores utilizados em Medicina dentária têm uma grande capacidade de resistência a condições extremas de calor e reagem de forma previsível quando submetidos a diferentes temperaturas, oferecendo assim um método comparativo muito útil e prático para as investigações forenses. Os dentes restaurados fornecem uma fonte de evidências, mesmo que expostos a temperaturas tão elevadas como os 1000°C e podem ajudar diretamente na identificação positiva de vítimas. O uso das técnicas recentemente desenvolvidas, como por exemplo a TC e o SEM/EDS permitem fornecer ainda mais evidências forenses que facilitam a distinção e a identificação de vários materiais submetidos à incineração.

A identificação dentária forense das vítimas de incêndio revela-se um trabalho meticuloso, rigoroso e muito diverso, pois cada acidente é diferente. Um exame médico-dentário periódico, a atualização dos registos dentários e o conhecimento do comportamento das peças dentárias e dos materiais restauradores, quando confrontados a diferentes temperaturas são critérios essenciais a ter em conta, nos casos em que a identificação humana é necessária. A conjunção das características orais e dos diversos tratamentos dentários realizados num paciente durante a sua vida, devem ser devidamente registados, pois, todas essas características representam um verdadeiro guia para tentar identificar positivamente uma pessoa. Além de ser uma importante potencial fonte de evidências forenses, a manutenção de registos atualizados permite também proteger os pacientes de qualquer efeito indesejável de um material que pode ser detetado posteriormente.

No que diz respeito aos resultados apresentados, consegue-se propor a coroa cerâmica, a coroa metalocerâmica, o tratamento endodôntico e a restauração com amálgama, como os materiais restauradores mais resistentes ao calor e, portanto, mais suscetíveis de conservar fontes de informações forenses e potencialmente mais úteis na identificação humana. Os estudos mais recentes concordam que a coroa cerâmica, a coroa metalocerâmica, o tratamento endodôntico e as restaurações de amálgama são capaz de resistir a diferentes temperaturas 1000°C-1200°C, ao contrário do ionómero de vidro e do IRM que apresentam importantes modificações estruturais a partir de 600°C. Os

resultados muito divergentes observados relativamente as restaurações com resina composta não nos permitem tirar conclusões exatas sobre a temperatura máxima na qual estas resistem.

Mostra-se então necessária a realização de mais estudos que reproduzam o mais possível as condições *in vivo*, criando por exemplo estruturas que simulem os tecidos circundantes aos dentes ou usando dentes extraídos previamente restaurados.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque Neto, A. D. *et al.* (2015). Effect of high temperatures to the oro-dental tissues and dental materials: A review. *Revista Brasileira de Odontologia Legal*, 2, pp. 89-104.

Alves Lopes Dias, T. (2015). Alterações post-mortem dos tecidos dentários: a sua relevância na identificação humana. *Dissertação Candidatura ao Grau de Mestre em Medicina Dentária, submetida ao Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto*, pp. 7-14.

Bagdey, S. P. *et al.* (2014). Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: A forensic study. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 6(1), pp. 62–66.

Bonavilla, J. D. *et al.* (2008). Identification of incinerated root canal filling materials after exposure to high heat incineration. *Journal of Forensic Sciences*, 53(2), pp. 412-418.

Bush, M., Bush, P. J. e Miller, R. (2006). Detection and classification of composite resins in incinerated teeth for forensic purposes. *Journal of Forensic Sciences*, 51(3), pp. 636-642.

Bush, M. e Miller, R. (2011). The crash of Colgan Air flight 3407: Advanced techniques in victim identification. *Journal of the American Dental Association*, 142(12), pp. 1352-1356.

Bux, R. *et al.* (2006). The value of examination aids in victim identification: a retrospective study of an airplane crash in Nepal in 2002. *Forensic Science International*, 164(2-3), pp. 155-158.

Çarıkçioğlu, B. *et al.* (2021). Effects of high temperature on dental restorative materials for forensic purposes. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 17(1), pp. 78-86.

Clark, D. H. e Meeks, D. R. (1989). A preliminary investigation of ultraviolet and near infrared wavelengths in the postmortem detection of composite dental restorative materials. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 22(2), pp. 219-224.

Clark, D. H. e Ruddick, R. F. (1985). Post mortem detection of tooth-coloured dental restorations by ultra violet radiation. *Acta medicae legalis e socialis*, 35(1), pp. 278-284.

Ferreira, J. L., de Ferreira, A. E. e Ortega, A. I. (2008). Methods for the Analysis of hard dental tissues exposed to high temperatures. *Forensic Science International*, 178 (2-3), pp. 119-124.

George *et al.* (2017). The effects of temperature on extracted teeth of diferente age groups: A pilot study. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 9(3), pp. 165-174.

Guimarães, M. I. (2009). Importância dos registos dentários em situações de grandes catástrofes. *Dissertação de Candidatura ao Grau de Mestre em Medicina Legal, submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto*, pp. 20-24.

Hill, A. J., Lain, R. e Hewson, I. (2011). Preservation of dental evidence following exposure to high temperatures. *Forensic science international*, 205(1-3), pp. 40–43.

Hofer, M. (2007). Diploma Thesis Dental Biometrics: Human Identification Based On Dental Work Information. *Doctoral dissertation submitted at the Universidade Estadual Paulista*, pp. 36-37.

Jacinto Baptista de Cardona, D. E. (2018). Análise macroscópica e radiográfica de tecidos e materiais dentários sujeitos a altas temperaturas. *Dissertação de Candidatura ao Grau de Mestre em Medicina Legal, submetida à Universidade Católica Portuguesa*, pp. 1-69.

Kiran, R. *et al.* (2019). Effect of Heat on the Fluorescence Properties of Tooth-Colored Restorative Materials and Their Forensic Implications. *Journal of Forensic Sciences*, 64(6), pp. 1698-1706.

Majumder, H. *et al.* (2023). Restoring Teeth Aids in Restoring Identity- Role of Restorative Dentistry in Forensic Odontology. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 17(4), pp. 8-12.

Merlati, G. *et al.* (2004). Further study of restored and un-restored teeth subjected to high temperatures. *The Journal of Forensic Odonto-stomatology*, 22(2), pp. 34–39.

Moreno, S. *et al.* (2009). Effect of high temperatures on different dental restorative systems: Experimental study to aid identification processes. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 1(1), pp. 4-11.

Patel, A. *et al.* (2020). Forensic Identification of Endodontically Treated Teeth after Heat-Induced Alterations: An In Vitro Study. *European endodontic journal*, 5(3), pp. 271-276.

Patidar K. A., Parwani R. e Wanjari S. (2010). Effects of high temperature on different restorations in forensic identification: Dental samples and mandible. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 2(1), pp. 37-43.

Pol, C. A. *et al.* (2015). Effects of elevated temperatures on different restorative materials: An aid to forensic identification processes. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 7(2), pp. 148–152.

Prakash, A. P. *et al.* (2014). Scorching effects of heat on extracted teeth – A forensic view. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 1(6), pp. 186-90.

Reesu, G. V., Augustine J. e Urs, A. B. (2015). Forensic considerations when dealing with incinerated human dental remains. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 29(3), pp. 13-17.

Savio, C. *et al.* (2006). Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: experimental study to aid identification processes. *Forensic Science International*, 158(2-3), pp. 108–116.

Seth, V. H. *et al.* (2022). Development and validation of a risk-of-bias tool for assessing in vitro studies conducted in dentistry: The QUIN. *The Journal of prosthetic dentistry*, S0022-3913(22)00345-6.

Sharma, S. (2020). Macroscopic and microscopic effects of elevated temperatures on unrestored and restored teeth: An in-vitro forensic study. *Asian Journal of Medical Sciences*, 11(2), pp. 75–85.

Shekhawat, K. S. e Chauhan, A. (2016). Analysis of dental hard tissues exposed to high temperatures for forensic applications: An in vitro study. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 8(2), pp. 90-94.

Soon, A. S., Bush, M. A. e Bush, P. J. (2015). Complexed layered dental restorations: Are they recognizable and do they survive extreme conditions? *Forensic Science International*, 254(1), pp. 1-4.

Steadman, D. W. *et al.* (2014). Recovery and Identification of Victims of the Colgan Air Flight 3407 Crash. *Commingle Human Remains: Methods in Recovery, Analysis and Identification*, 18(1), pp. 389-406.

Vandurangi, S. K. *et al.* (2016). Adjunctive role of dental restorations in personal identification of burnt victims. *Journal of Oral Maxillofacial Pathology*, 20(1), pp. 154-161.

Vázquez, L., Rodríguez, P. e Moreno, F. (2012). In vitro macroscopic Analysis of dental tissues and some dental materials used in endodontics, submitted to high temperatures for forensic applications. *Revista Odontológica Mexicana*, 16(3), pp. 171-181.

Woisetschläger, M. *et al.* (2011). Fire victim identification by post-mortem dental CT: radiologic evaluation of restorative materials after exposure to high temperatures. *European Journal of Radiology*, 80(2), pp. 432–440.

Yashoda, V., *et al.* (2021). An Ultrastructural Study on the Effect of High Temperatures on Teeth and Restorative Materials That Aids in the Identification of Human Remains. *BioMed Research International*, pp. 1-6.