

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA VIDA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**

Gabrielle Cristiny Moreira

**Análise de tecidos dentais e materiais dentários submetidos a altas
temperaturas: Revisão de literatura**

Governador Valadares

2022

Gabrielle Cristiny Moreira

**Análise de tecidos dentais e materiais dentários submetidos a altas
temperaturas: Revisão de literatura**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Odontologia, do Instituto de Ciências da Vida, da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Francielle Silvestre Verner

Governador Valadares

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Moreira, Gabrielle Cristiny .

Análise de tecidos dentais e materiais dentários submetidos a altas temperaturas : Revisão de literatura / Gabrielle Cristiny Moreira. -- 2022.

63 f.

Orientadora: Francielle Silvestre Verner

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Faculdade de Odontologia, 2022.

1. Identificação humana . 2. Altas temperaturas. 3. Materiais dentários. I. Verner, Francielle Silvestre , orient. II. Título.

Gabrielle Cristiny Moreira

**Análise de tecidos dentais e materiais dentários submetidos a altas
temperaturas: Revisão de literatura**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Odontologia, do Instituto de Ciências da Vida, da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Odontologia.

Aprovada em 14 de dezembro de 2022

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Francielle Silvestre Verner – Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares



Profa. Francielle Silvestre Verner por:

Prof. Dr. Cleidiel Aparecido Araujo Lemos
Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares



Profa. Francielle Silvestre Verner por:

Profa. Dra. Larissa de Oliveira Reis
Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares

AGRADECIMENTOS

À Deus pela proteção, saúde, sabedoria e força para concluir minha jornada na graduação.

À minha família, principalmente à minha mãe, Marlene, e minha irmã, Yasmin, que me acompanharam de perto e sempre torceram por mim. Ao meu pai, Elias, minha avó, Agnária, minha tia, Marcia, e meu avô, Antônio, pela ajuda financeira durante esses anos de curso. À minha avó Maria da Conceição que esteve e está sempre orando pela minha vida.

À minha orientadora, Francielle Silvestre Verner pelo apoio e confiança durante os anos de curso, pelas palavras de incentivo, conselhos e momentos de amizade.

Aos meus amigos de curso, pelas palavras de conforto, apoio e por compartilharem essa jornada comigo, vocês tornaram tudo mais leve.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

A análise dos arcos dentais é o método mais eficiente de identificação forense em situações adversas que envolvam altas temperaturas. Desta forma, caso ocorra a morte de um indivíduo, os registros dentários *ante-mortem* podem ser utilizados para comparar com as informações obtidas *post-mortem* e auxiliar no processo de identificação. Deste modo, o objetivo do estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre o comportamento de tecidos dentais e materiais dentários submetidos a altas temperaturas, de modo a elucidar as principais alterações com finalidade forense. Foi realizada uma busca bibliográfica nas bases de dados Scielo, Pubmed, Medline e Google acadêmico. As palavras de busca utilizadas foram as seguintes: “high temperature”, “altas temperaturas”, “dentistry”, “forensic dentistry”, “dental materials”, “materiais odontológicos”, “restorative materials”, “materiais restauradores”, “brackets”, “braquetes”, “incineration”, “incineração”, “implants”, “implantes”. A busca foi atualizada até março de 2022, e foram selecionados artigos publicados entre 2006 a 2022. Os materiais analisados compreendem: dentes, cimento de óxido de zinco e eugenol, cimento de ionômero de vidro, amálgama, resina composta, materiais cerâmicos, pinos intrarradiculares, braquetes ortodônticos e implantes. Foram incluídos 23 artigos. O estudo contempla as principais alterações de dentes, cimento de ionômero de vidro, amálgama e resina composta observadas nas temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C e 1000 °C. Em relação aos demais materiais dentários, a pesquisa contempla as alterações em cimento de óxido de zinco e eugenol nas temperaturas de 200 °C e 800 °C, materiais cerâmicos a 900 °C e 1000 °C, pinos dentários a partir de 800 °C e implantes a partir de 1000 °C, além de braquetes ortodônticos de 200 °C a 1200 °C. Por fim, conclui-se que os dentes começam a sofrer alterações a 200 °C, e se fragmentam a 1000 °C. O cimento de óxido de zinco e eugenol, quando usado para tratamentos endodônticos e restauradores, é perdido a 800 °C. Cimento de ionômero de vidro a 200 °C perde seu selamento, sendo desalojado a 800 °C. Amálgama apresenta bolhas em sua superfície a 200 °C, se fragmentando ou se mantendo intacto a 1000 °C. A resina composta apresenta retração marginal a 200 °C se deslocando da cavidade a 1000 °C. Materiais cerâmicos iniciam suas alterações a 900 °C. Ademais, pinos dentários de fibra de vidro exibem alterações a partir de 800 °C, enquanto os de titânio

apresentam ligeira expansão térmica. Implantes mantêm sua estrutura até 1000 °C, enquanto braquetes ortodônticos sustentam sua estrutura até 1200°C.

Palavras-chave: altas temperaturas, materiais dentários, identificação humana.

ABSTRACT

Dental arch analysis is the most efficient method of forensic identification in adverse situations involving high temperatures. Thus, in the event of an individual's death, ante-mortem dental records can be used to compare with information obtained post-mortem and assist in the identification process. Thus, the aim of this study was to conduct a literature review on the behavior of dental tissues and dental materials submitted to high temperatures, in order to elucidate the main changes with forensic purposes. A bibliographic search was carried out in the Scielo, Pubmed, Medline and Google academic databases. The search words used were the following: "high temperature", "high temperatures", "dentistry", "forensic dentistry", "dental materials", "restorative materials", "restorative materials", "brackets", "brackets", "incineration", "incineration", "implants", "implants". The search was updated until March 2022, and articles published between 2006 and 2022 were selected. The materials analyzed included: teeth, zinc oxide and eugenol cement, glass ionomer cement, amalgam, composite resin, ceramic materials, intraradicular pins, orthodontic brackets and implants. Twenty-three articles were included. The study covers the main changes in teeth, glass ionomer cement, amalgam and composite resin observed at temperatures of 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C and 1000 °C. Regarding the other dental materials, the research contemplates the changes in zinc oxide and eugenol cement at temperatures of 200 °C and 800 °C, ceramic materials at 900 °C and 1000 °C, dental pins from 800 °C and implants from 1000 °C, and orthodontic brackets from 200 °C to 1200 °C. Finally, it is concluded that teeth start to change at 200 °C, and fragment at 1000 °C. Zinc oxide eugenol cement, when used for endodontic and restorative treatments, is lost at 800 °C. Glass ionomer cement at 200 °C loses its seal and is dislodged at 800 °C. Amalgam blisters on its surface at 200 °C, and either breaks up or remains intact at 1000 °C. Composite resin shows marginal shrinkage at 200 °C moving out of the cavity at 1000 °C. Ceramic materials initiate their changes at 900 °C. Furthermore, glass-fiber dental pins show changes at 800 °C, while titanium pins show slight thermal expansion. Implants maintain their structure up to 1000 °C, while orthodontic brackets maintain their structure up to 1200 °C.

Keywords: high temperatures, dental materials, human identification.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	09
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	DENTES.....	15
3.2	MATERIAIS RESTAURADORES.....	30
3.2.1	CIMENTO DE ÓXIDO DE ZINCO E EUGENOL.....	30
3.2.2	CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO.....	31
3.2.3	AMÁLGAMA.....	33
3.2.4	RESINA COMPOSTA.....	37
3.3	MATERIAIS CERÂMICOS.....	43
3.4	OUTROS MATERIAIS DENTÁRIOS.....	43
3.4.1	PINOS DENTÁRIOS	43
3.4.2	BRAQUETES ORTODÔNTICOS	44
3.4.3	IMPLANTES.....	45
4	DISCUSSÃO.....	48
5	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

A Odontologia Legal é imprescindível em investigações envolvendo incidentes de grandes proporções como queimadas, acidentes e explosões (ALBUQUERQUE NETO et al., 2015). No caso de cadáveres queimados, espostejados, carbonizados, ou apenas restos humanos, o processo de identificação por métodos convencionais como reconhecimento visual ou impressões digitais (datiloscopia) impossibilita uma correta identificação da vítima, devido às condições *post-mortem*, associadas a destruição da epiderme e áreas de necrose nos tecidos subjacentes (ARAMBURO et al., 2015).

A análise dos arcos dentais se configura como o método mais eficiente de identificação em situações adversas, visto que, a dentição humana é extremamente resistente em função de sua composição e estrutura química altamente mineralizada, que lhe permite suportar exposições a altas temperaturas, pressão e umidade (ARAUJO et al., 2013; DARUGE, DARUGE JÚNIOR, FRANCESQUINI JÚNIOR, 2017).

A particularidade dos arcos dentais se torna muito eficiente na solução de crimes, identificação de indivíduos ou restos humanos. As características morfológicas da dentição como formato, tamanho, presença ou ausência de alterações patológicas, além dos tratamentos dentários realizados durante a vida com diferentes tipos de materiais odontológicos, representam informações auxiliares indispensáveis no processo de reconhecimento forense (ARAMBURO et al., 2015; SPADACIO, 2007) uma vez que, a combinação de procedimentos dentais e dentes hígidos é única, assim como a impressão digital (POL et al., 2015).

Os materiais dentários estão sujeitos a alterações específicas quando submetidos a temperaturas variáveis (BAGDEY et al., 2014). Desta forma, estas informações podem ser utilizadas para realizar comparações e auxiliar no processo de reconhecimento (ARAMBURO et al., 2015). Por conseguinte, caso ocorra a morte de um indivíduo, os registros dentários *ante-mortem* devem ser utilizados para contrastar com as informações obtidas do cadáver, ou seja, *post-mortem* (ARAMBURO et al., 2015).

Devido a relevância dos dentes no processo de identificação em casos de grandes acidentes com carbonização das vítimas, é de extrema importância a compreensão do comportamento dos materiais odontológicos frente a elevadas

temperaturas. Até o presente momento foram encontrados estudos heterogêneos considerando o comportamento de resinas compostas, cimentos de ionômero de vidro, amálgama, materiais endodônticos, materiais cerâmicos, retentores intrarradiculares, braquetes ortodônticos, facetas estéticas e implantes, sendo necessário analisar e comparar os resultados em busca de parâmetros que possam facilitar o processo de análise dos arcos dentais (ARAMBURO et al., 2015; ARCOS et al., 2016; POL; GOSAVI, 2014; POL et al., 2015; VANDRANGI et al., 2016).

Portanto, examinar o efeito de altas temperaturas nos dentes e materiais dentários assim como suas respectivas alterações, é essencial para determinar aspectos relacionados ao comportamento destes materiais ao serem incinerados, permitindo a obtenção de dados imprescindíveis para a documentação pericial. Desta forma, o objetivo no presente estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre o comportamento dos dentes e materiais dentários submetidos a altas temperaturas, de modo a elucidar as principais alterações, com finalidade forense.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia da revisão de literatura em questão foi realizada por meio de busca bibliográfica nas bases de dados Scielo, Pubmed, Medline e Google acadêmico. As palavras de busca foram definidas pelos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS); sendo utilizados os seguintes termos em língua portuguesa e inglês: “high temperature”, “altas temperaturas”, “dentistry”, “forensic dentistry”, “dental materials”, “materiais odontológicos”, “restorative materials”, “materiais restauradores”, “brackets”, “braquetes”, “incineration”, “incineração”, “implants”, “implantes”. A busca foi atualizada até março de 2022, e foram selecionados os artigos compreendidos dentro do período de 2006 a 2022. Não foi empregada restrição quanto ao tipo de estudo ou idioma. Somente foram incluídos no estudo artigos considerados relevantes sobre o tema. Foi realizado o fichamento dos artigos, obtendo-se a referência, resumo e anotações sobre os estudos. Por fim, os dados foram comparados e interpretados em uma abordagem qualitativa. Todos os artigos analisados estão demonstrados no quadro 1, organizados segundo o ano de publicação.

Quadro 1- Resumo das principais características dos estudos incluídos na revisão ordenado por ano de publicação.

Autor, Ano	Tipo de estudo	Tipo de análise	Temperaturas	Materiais de estudo
SAVIO et al., 2006	In vitro	Análise macroscópica Análise radiográfica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C, 1100 °C	Dentes Amálgama Resina composta Tratamento endodôntico
BRANDÃO et al., 2007	In vitro	Análise macroscópica Espectrofotometria Microscopia eletrônica de varredura	200 °C, 400 °C, 600 °C, 1000 °C	Resinas compostas
SPADACIO, 2007	Revisão de literatura In vitro	Análise macroscópica	100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C, 900°C, 1000°C, 1100°C, 1200 °C.	Amálgama Cimento de ionômero de vidro Resina composta Facetas de porcelana
FERREIRA; FERREIRA; ORTEGA, 2008	In vitro	Análise macroscópica Análise microscópica Colorimetria	1150 °C	Dentes
BERKETA; JAMES; MARINO, 2010	In vitro	Análise macroscópica	1125 °C	Implantes
BERKETA; JAMES; MARINO, 2011	In vitro	Análise radiográfica	1125 °C	Implantes
WOISETSCHLAGER et al., 2011	In vitro	Análise macroscópica Análise por tomografia computadorizada	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000°C, 1100°C.	Dentes Compósitos Amálgama

VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012	In vitro	Análise macroscópica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Dentes Materiais endodônticos Cimento de óxido de zinco e eugenol Cimento de ionômero de vidro Amálgama Resina composta
BAGDEY et al., 2014	In vitro	Análise macroscópica e estereomicroscópica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C	Dentes Cimento de óxido de zinco e eugenol Cimento de ionômero de vidro Amálgama
BERKETA et al., 2014	In vitro	Análise radiográfica	1150 °C	Implantes
POL; GOSAVI, 2014	In vitro	Análise com microscópio eletrônico de varredura (MEV)	200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C	Dentes Coroas protéticas cimentadas fixadas por cerâmica Cimento de Ionômero de vidro Resina composta
ARAMBURO et al., 2015	In vitro	Análise radiográfica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Dentes Materiais endodônticos Materiais obturadores Material de cimentação de pinos Pinos de titânio Pinos de fibra de vidro
ARCOS et al., 2015	In vitro	Análise macroscópica e estereomicroscópica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Amálgama
RUBIO et al., 2015	In vitro	Análise macroscópica Espectrofotometria Colorimetria	100°C, 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C , 1200 °C	Dentes

ALBUQUERQUE NETO et al., 2015	Revisão de literatura			Dentes Materiais dentários
POL et al., 2015	In vitro	Análise macroscópica e estereomicroscópica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Dentes Ionômero de vidro Amálgama Compósitos Coroas de cerâmica
PARRA et al., 2015	In vitro	Análise macroscópica Análise radiográfica	400°C, 600°C, 800°C, 1000°C	Dentes de porco doméstico
ARCOS et al., 2016	In vitro	Análise macroscópica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Resina composta
SHEKHAWAT; CHAUHAN, 2016	In vitro	Análise macroscópica Análise radiográfica microscópica (Histologia)	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Dentes
VANDRANGI et al., 2016	In vitro	Análise macroscópica e estereomicroscópica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Dentes Cimento de ionômero de vidro Amálgama Resina composta
MEJIA et al., 2016	In vitro	Análise por tomografia computadorizada cone beam	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C	Dentes
COLMENARES et al., 2020	In vitro	Análise macroscópica e estereomicroscópica	200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C, 1200 °C	Dentes Braquetes ortodônticos
YASHODA et al., 2021	In vitro	Análise macroscópica e Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	500 °C, 700 °C, 900 °C e 1100 °C	Dentes Cimento de ionômero de vidro Amálgama Compósitos Cerâmicas

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DENTES

No ano de 2006, um estudo *in vitro* buscou avaliar características radiográficas de dentes hígidos, dentes tratados endodonticamente e restaurados após exposição a uma faixa experimental de altas temperaturas, sendo elas: 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C e 1100 °C. Foram utilizados 90 dentes humanos distribuídos em dois grupos distintos. O primeiro grupo foi composto por 30 dentes hígidos, e o segundo, por 60 dentes restaurados, sendo 30 com resina composta e 30 com amálgama. A pesquisa dividiu os elementos dentários de forma que cada faixa de temperatura recebesse cinco dentes sem restauração e cinco dentes restaurados com cada um dos materiais testados. Foram adquiridas radiografias periapicais de todas as amostras antes e após exposição ao calor (SAVIO et al., 2006). As alterações detectadas pelos autores encontram-se descritas nos quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Alterações radiográficas detectadas nos dentes sem restauração após submissão a altas temperaturas segundo Savio et al., 2006.

Temperatura	Coroa	Raiz
200 °C	Sem alteração	Sem alteração
400 °C	Fissuras em esmalte e dentina	Sem alteração
600 °C	Fissuras em esmalte e dentina	Fissuras em dentina
800 °C	Fraturas entre esmalte e dentina	Fraturas através da dentina
1000 °C	Fragmentos	Largas fraturas através da dentina

1100 °C	Fragmentos	Largas fraturas através da dentina
---------	------------	------------------------------------

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Quadro 3 - Alterações radiográficas detectadas nos dentes restaurados após submissão a altas temperaturas segundo Savio et al., 2006.

Temperatura	Amálgama	Compósito	Tratamento endodôntico
200 °C	Sem alterações	Sem alterações	Sem alterações
400 °C	Sem alterações	Sem alterações	Radiopacidade menos regular, presença de áreas com radiotransparência, forma e dimensão ligeiramente alteradas.
600 °C	Sem alterações	Sem alterações	Radiopacidade menos regular, presença de muitas áreas radiotransparentes, aparência de “favo de mel”, forma e dimensão ligeiramente alteradas.
800 °C	Largas fissuras entre tecidos dentais e	Início de alteração na forma da restauração	Radiopacidade menos regular, presença de

	restauração		muitas áreas radiotransparentes , aparência de “favo de mel”, forma e dimensão ligeiramente alteradas.
1000 °C	Largas fraturas entre tecido dental e restauração	Alteração na forma da restauração	Radiopacidade menos regular, presença de muitas áreas radiotransparentes , aparência de “favo de mel”, forma e dimensão ligeiramente alteradas.
1100 °C	Coroas reduzidas a fragmentos	Marcante alteração na forma da restauração	Radiopacidade menos regular, presença de muitas áreas radiotransparentes , aparência de “favo de mel”, forma e dimensão ligeiramente alterada.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em 2008, um estudo utilizou 30 dentes hígidos permanentes unirradiculares e multirradiculares. Os dentes foram separados em duas amostras de 15 elementos, uma de dentes jovens (pacientes menores de 18 anos) e outra de dentes de idosos

(pacientes acima de 60 anos), e submetidos ao calor de forma gradual até atingir a temperatura de 1150 °C. O estudo contemplou a análise macroscópica e microscópica (fotomicroscópio) dos elementos dentários, além do padrão colorimétrico (FERREIRA; FERREIRA; ORTEGA, 2008). Os principais achados dos autores encontram-se no quadro 4.

Quadro 4 - Principais alterações encontradas segundo tipo de estudo realizado de acordo com Ferreira, Ferreira e Ortega, 2008.

Análises	Dentes de jovens	Dentes de idosos
Macroscopia	<p>Superfície externa: cor preta em região cervical e ápice; presença de padrão de trincas perpendiculares ao longo eixo.</p> <p>Superfície interna: cor preta em colo do terço apical; presença de linhas de fratura oblíquas ao longo eixo do dente.</p>	<p>Superfície externa: manchas pretas em região incisal e de ápice; coroa apresentou rachaduras e padrão reticular de linhas no eixo longitudinal e transversal do dente, houve separação do esmalte da dentina.</p>
Microscopia	<p>Esmalte apresentou zona periférica preta e algumas fraturas. Cimento apresentou trincas; Divisão do esmalte e dentina. Não foi possível diferenciar limite entre dentina e cimento no ápice.</p>	<p>Quebra de dentina e separação dos tecidos ao nível do limite amelodentinário. Presença de resíduo amorfo. Esmalte apresentou zona periférica preta menos espessa. Coroa apresentou trincas penetrantes. Cimento apresentou trincas largas</p>

		e profundas e manchas escuras. Dentina perdeu sua estrutura tubular.
Colorimetria	Cor cinza em esmalte e branco-giz em cimento.	Cor cinza-claro em esmalte e branco-giz em cimento.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em 2011, Woisetschalager et al. avaliaram o uso da tomografia computadorizada multidetectores para avaliar a morfologia dos dentes e alterações sofridas por diferentes materiais obturadores após exposição a altas temperaturas. Foram utilizados 122 molares com 10 diferentes materiais de preenchimento restaurador. Para cada material foram disponibilizados 12 dentes, exceto os materiais cerâmicos e em amálgama, em que foram utilizados 24 e 2 dentes, respectivamente. Foram utilizadas 6 faixas de temperatura (200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C, 1100 °C), onde o tempo de exposição variou de acordo com os fornos para atingir a respectiva temperatura. Todos os dentes foram tomografados antes e depois da exposição a altas temperaturas. As alterações sofridas pelos dentes encontram-se no quadro 5 (WOISETSCHALAGER et al., 2011). As alterações em materiais dentários serão descritas nas seções 3.2.3, 3.2.4.

Quadro 5 - Principais alterações de elementos dentários após exposição a altas temperaturas segundo Woistschalager et al., 2011.

Temperatura	Coroa	Raiz	Cor da coroa
200 °C	Sem alteração	Sem alteração	Marrom
400 °C	Fissuras entre esmalte e dentina; e entre dentina e material de preenchimento.	Fissuras na dentina.	Marrom escuro a preto

600 °C	Rachaduras entre esmalte e dentina; e entre dentina e material de preenchimento.	Rachaduras em dentina e entre dentina e material de preenchimento.	Cinza
800 °C	Rachaduras entre esmalte e dentina; e entre dentina e material de preenchimento.	Rachaduras em dentina e entre dentina e material de preenchimento.	Cinza
1000 °C	Rachaduras entre esmalte e dentina; e entre dentina e material de preenchimento.	Rachaduras em dentina e entre dentina e material de preenchimento.	Branco
1100 °C	Rachaduras entre esmalte e dentina; e entre dentina e material de preenchimento.	Rachaduras em dentina e entre dentina e material de preenchimento.	Rosa

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Um estudo experimental in vitro realizado por Vázquez, Rodríguez e Moreno (2012) analisou o efeito de altas temperaturas sobre os tecidos dentais (esmalte, dentina e cimento) de dentes tratados endodonticamente. A amostra foi dividida em três grupos: o primeiro grupo apresentava 44 dentes, que foram tratados endodonticamente e obturados com guta percha e cimento de óxido de zinco e eugenol (OZE), e foram posteriormente selados com cimento de ionômero de vidro (CIV), e restaurados com amálgama de prata. O segundo grupo foi composto por 44 dentes, tratados endodonticamente e obturados com guta percha e cimento OZE, e selados com CIV, e restaurados com resina. O terceiro grupo utilizou 47 dentes,

tratados endodonticamente e obturados com guta percha e cimento resinoso, selados com CIV, e restaurados com resina. Todos os grupos foram expostos às seguintes temperaturas: 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C e as mudanças macroscópicas foram analisadas. As principais alterações encontradas nos tecidos dentais encontram-se descritas no quadro 6. As alterações em materiais dentários serão descritas posteriormente nas seções 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 e 3.2.4.

Quadro 6 - Principais alterações em tecido dental segundo a temperatura exposta de acordo com Vázquez, Rodríguez e Moreno, 2012.

Temperatura	Esmalte	Dentina	Cimento
200 °C	Coroa acastanhada, esmalte perdeu brilho.	União entre esmalte e dentina apresenta-se em tom acastanhado. Coroa apresenta a mesma cor devido à translucidez do esmalte.	Perda de brilho
400 °C	Coroa escura. Esmalte se fragmenta por toda coroa e estoura na região cervical.	Dentina adquire tom enegrecido, separação entre dentina e esmalte, presença de fraturas	Cimento apresenta cor marrom-escuro devido à carbonização. Apresenta trincas longitudinais do terço cervical a raiz
600 °C	Coroa com tom acastanhado intenso. Esmalte com trincas	Dentina externa apresenta tonalidade acinzentada	Tonalidade marrom clara com fissuras longitudinais longas e profundas

	longitudinais, separação da dentina em região cervical.	(incineração), dentina interna mantém coloração preta (carbonizada)	
800 °C	Coroa com aspecto acinzentado, incisal cor branca como giz.	Dentina radicular incinerada e branca. Dentina coronária apresenta estrias pretas, devido à carbonização	Tonalidade esbranquiçada como giz com trincas até a dentina
1000 °C	Fragmentação e perda do esmalte	Dentina branca incinerada	Branco e completamente incinerado

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Achados macroscópicos e estereomicroscópios de um estudo realizado em 2014, indicaram que a 200 °C houve mudança de cor da coroa de branco amarelado para marrom-claro e o aparecimento de microfissuras ou fraturas na raiz. A 400 °C a cor da coroa se manteve e a cor da raiz se modificou para cinza-azul ou preto; houve extensão de microfraturas da raiz e aparecimento de novas microfraturas na coroa. A 600 °C a coroa foi fragmentada enquanto a raiz estava intacta e na cor preta. Utilizando o estereomicroscópio foi verificada várias fraturas minúsculas na superfície da raiz. A 800 °C houve mudança drástica na cor da raiz que ficou branca e opaca. A dentina exposta permaneceu na cor cinza-escuro; houve presença de rachaduras verticais na raiz em coloração branca semelhante ao giz (BAGDEY et al., 2014).

Estudo realizado por Pol e Gosavi (2014) com a utilização do microscópio eletrônico de varredura (MEV) observou alterações de dentes hígidos expostos a temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, e 1000 °C. As principais alterações encontradas estão descritas no quadro 7.

Quadro 7 - Principais alterações dos tecidos dentais conforme a temperatura exposta segundo Pol e Gosavi, 2014.

Temperatura	Esmalte	Dentina	Cemento
200 °C	Alteração no padrão de fissura	Sem alterações	Pequeno padrão de fissuras
400 °C	Fissuras pronunciadas ao nível da junção amelodentinária.	Padrão levemente craquelado	Fissuras pronunciadas ao nível da junção amelodentinária.
600 °C	Aumento no padrão de fissuras em esmalte	Redução do diâmetro dos túbulos dentinários	Aumento no padrão de fissuras em cimento
800 °C	Presença de zonas de aparência fundida	Túbulos dentinários cobertos por detritos	Aparência de favo de mel próximo à junção amelo cementária
1000 °C	Fragmentos com estrutura prismática típica	Estrutura menor coberta por grânulos, aparência fundida a estrutura.	Não identificável

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Estudo utilizou uma amostra de 80 dentes hígidos permanentes. Os dentes foram aquecidos a temperaturas de 100 °C, 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 ou 1200 °C. Foram utilizados oito grupos com 10 dentes. Segundo análise macroscópica após exposição cada dente foi examinado sob uma lupa de aumento de 2,5 vezes (Orascopicy, Middleton, Wisconsin, EUA), padrões de fissuras na superfície da coroa foram estudados e feitas observações sobre profundidade das fissuras e tamanho do fragmento em amostras desintegradas; também foi examinado os dentes na busca de determinar a temperatura em que o esmalte se separou da dentina coronária subjacente além do uso de um sistema de

espectrofotometria para análise de cor (RUBIO et al., 2015). As principais alterações encontradas encontram-se no quadro 8.

Quadro 8 - Principais alterações macroscópicas conforme exposição a altas temperaturas segundo Rubio et al., 2015.

Temperatura	Principais alterações macroscópicas	Espectrofotometria
100 °C	Fissuras verticais e horizontais em coroa.	Normal ou amarelo claro
200 °C	Fissuras verticais e horizontais em coroa.	Marrom claro, cinza, amarelo claro ou branco com remendos de marrom escuro
400 °C	Esmalte se separou de dentina em região da junção amelocementária..	Marrom escuro, cinz ou, marrom claro com remendos de cinza escuro
600 °C	Separação de esmalte e dentina.	Cinza escuro ou cinza claro com ou sem remendos de cinza muito escuro
800 °C	Padrão quadriculado em coroa.	Cinza muito escuro com manchas brancas, cinza azulado ou cinza escuro azulado
1000 °C	Fragmentação de coroas.	Branco ou cinza azulado claro com ou sem manchas de cinza azulado
1200 °C	Fragmentação de coroas	Aparência branca como giz

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em 2015, um estudo foi realizado utilizando uma amostra de 60 pré-molares inferiores de porco doméstico e as seguintes temperaturas: 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, e 1000 °C. Foi realizada análise macroscópica e, antes da submissão às temperaturas correspondentes, radiografias periapicais. O forno utilizado foi calibrado nas cinco faixas de temperatura de modo que aumentasse 10 °C por minuto com a temperatura inicial de 30 °C até atingir as temperaturas definidas (PARRA et al., 2015). As principais alterações encontradas estão presentes no quadro 9.

Quadro 9 - Principais alterações radiográficas conforme exposição a altas temperaturas segundo Parra et al., 2015.

Temperaturas	Principais alterações radiográficas
200 °C	Esmalte irregular, presença de linhas radiolúcidas (fissuras) em esmalte e dentina. O Cimento não apresentou mudanças.
400 °C	<p>Esmalte perdeu densidade. Fissuras irregulares se projetaram em região de esmalte, dentina e cimento, respectivamente.</p> <p>Separação do esmalte na junção amelodentinária: presença de banda radiolúcida descontínua entre esmalte e dentina na região cervical da coroa.</p> <p>Diminuição do tamanho da câmara pulpar.</p>

600 °C	<p>Presença de rachaduras e fissuras em esmalte, dentina e cimento.</p> <p>Banda radiolúcida contínua e ampla entre esmalte e dentina (separação do esmalte ao nível da junção amelodentinária).</p>
800 °C	<p>Fragmentação de esmalte, dentina e cimento.</p>
1000 °C	<p>Fragmentação de esmalte, dentina e cimento.</p> <p>Explosão da coroa devido a fragmentação da dentina.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No ano seguinte, 2016, um estudo *in vitro* buscou observar alterações macroscópicas, radiográficas e microscópicas sofridas por dentes permanentes após submissão a altas temperaturas (200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C). Um total de 60 dentes permanentes, não restaurados, foram agrupados conforme idade, de forma que o grupo A compreendeu pacientes com idade inferior a 30 anos, grupo B pacientes com idade entre 30 e 40 anos e grupo C pacientes com idade superior a 40 anos, cada grupo se dividiu em 5 subgrupos conforme a temperatura a qual seriam expostos. Foi realizada radiografia pré-exposição ao calor. As alterações macroscópicas e radiográficas estão descritas no quadro 10. Em relação às alterações microscópicas, todos os dentes, independente da faixa etária, ao ser submetido a temperatura de 400 °C acima, se desintegrou completamente durante o procedimento de descalcificação. Dessa forma, o processo e seccionamento desses dentes não puderam ser realizados. Secções coradas podem ser obtidas apenas para dentes submetidos a 200 °C. O exame histológico demonstrou dois padrões

distintos, sendo eles, padrão de bolhas de vapor e padrão de cesta de vime. Por fim, não houve diferença na aparência radiográfica, morfológica e histológica dos dentes segundo idade do paciente (SHEKHAWAT; CHAUHAN, 2016).

Quadro 10- Principais alterações macroscópicas e radiográficas conforme exposição a altas temperaturas segundo Shekhawat e Chauhan, 2016.

Temperaturas	Alterações Macroscópicas	Alterações Radiográficas
200 °C	Coroa: cor branca, superfície lisa. Raiz: Rachaduras irregulares, visualizadas por lupa.	Tecidos íntegros.
400 °C	Coroa: cor preto acastanhado. Raiz: cor preta. Superfície apresentou múltiplas rachaduras irregulares. Presença de espaço ao longo da junção amelocementária.	Cavidade observada ao longo da junção amelodentinária, bem como na junção amelocementária.
600 °C	Coroa e raiz apresentaram coloração preta e cinzenta. Superfície irregular. Esmalte separado da dentina.	Separação do esmalte e dentina (junção amelodentinária.)

800 °C	Dente totalmente queimado. Coroa e Raiz apresentaram cor branca.	Separação dos tecidos e linhas de fratura em toda coroa e raiz.
1000 °C	Coroa se desfez em pedaços.	Desintegração da coroa, permanência da raiz.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Estudo in vitro utilizando tomografia computadorizada de feixe cônico determinou comportamento da junção dentina-esmalte (JDE) em 60 pré-molares humanos submetidos a altas temperaturas (200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C) (MEJIA et al., 2016). Os principais achados encontram-se descritos no quadro 11.

Quadro 11 - Principais alterações conforme a temperatura exposta segundo Mejia et al., 2016.

Temperatura	Principais alterações
200 °C	Perda de brilho
400 °C	Esmalte marrom e opaco. Perda de continuidade da JDE, devido à separação da dentina.
600 °C	Esmalte branco giz. Dentina acinzentada. Perda de continuidade da JDE.
800 °C	Esmalte apresenta coloração acinzentada, dentina transparente em certas regiões.
1000 °C	Coroas brancas devido à incineração do esmalte e dentina, separação da JDE

	na região cervical, reduzido volume da raiz em relação à coroa.
--	---

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Estudo realizado por Vandrangi et al. (2016) constatou que o efeito do aumento da temperatura nos dentes não restaurados foi observado na mudança gradual de cor, que varia do marrom e preto ao branco acinzentado, foi utilizado as temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C. Nas maiores temperaturas os dentes apresentaram aparência cinzenta e quebradiça. A 200 °C a cor mudou de amarelo para marrom-claro. A 400 °C pode-se observar por estereomicroscópio que dentes não restaurados apresentaram microfraturas na coroa. A partir de 600 °C as microfraturas são óbvias. Após 800 °C são visíveis múltiplas rachaduras e a superfície da coroa se apresenta quebradiça. A 1000 °C o esmalte é separado em forma de calota e a coroa residual se apresentou friável e na cor branca acinzentada com múltiplas rachaduras na superfície do dente.

Em 2021, estudo utilizou 128 dentes (pré-molares e molares hígidos). Os elementos foram divididos em quatro grupos segundo os materiais restauradores usados, sendo cada grupo composto por 32 dentes. Os materiais contemplados foram: cimento de ionômero de vidro, amálgama de prata, compósitos e cerâmicas. Cada grupo foi subdividido em quatro subgrupos (n=8) conforme as temperaturas (500 °C, 700 °C, 900 °C e 1100 °C) a que foram expostos. Posteriormente foi feita a análise de alterações macroscópicas e por microscopia eletrônica de varredura (YASHODA et al., 2021). Os principais achados encontram-se descritos no quadro 12.

Quadro 12 - Principais alterações dos tecidos dentais conforme a temperatura exposta, segundo Yashoda et al.,2021.

Temperaturas	Esmalte	Dentina	Cimento
500 °C	Fissuras na superfície do esmalte	Dentina apresentou túbulos dentinários claros com ramificações distintas	Projeções arredondadas, fissuras proeminentes.
700 °C	Presença de	Padrão de túbulos	Superfície derretida,

	prismas de esmalte	dentínários identificáveis	mostrando tecido granular por baixo
900 °C	Presença de prismas de esmalte	Padrão de túbulos dentínários identificáveis. Dentina fundida.	Superfície derretida, fissuras superficiais
1100°C	Presença de prismas de esmalte, superfície granular	Túbulos dentínários obliterados	Superfície fundida e granulosa

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.2 MATERIAIS RESTAURADORES

3.2.1 CIMENTO DE ÓXIDO DE ZINCO E EUGENOL

Sobre dentes restaurados endodonticamente com cimento à base de óxido de zinco e eugenol (OZE): A 200 °C o material pode ser encontrado nos cones de guta-percha e permanecer inalterado. A partir de 400 °C, tanto o cimento quanto a guta-percha são incinerados e não é possível diferenciá-los macroscopicamente. A 800 °C e 1000 °C adquirem uma coloração esbranquiçada semelhante ao giz e são indiferenciados da dentina incinerada (VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012).

Estudo realizado por Bagdey et al. (2014) submeteu 20 dentes restaurados com cimento OZE a quatro faixas de temperatura. Os principais achados encontram-se descritos no quadro 13.

Quadro 13 - Principais alterações observadas no cimento de óxido de zinco e eugenol após exposição a altas temperaturas segundo Bagdey et al., 2014.

Temperatura	Principais alterações
200 °C	Preenchimento foi expulso da cavidade, apresentava áreas na cor marrom-claro
400 °C	A cor do preenchimento oscilava entre cinza-escuro a preto-carvão. Extrusão da restauração, perda de vedação

	marginal. Visualização de rachaduras e fissuras profundas na superfície do preenchimento
600 °C	Contorno do preenchimento em coroa ainda era perceptível
800 °C	Preenchimento foi perdido pois a coroa foi completamente quebrada

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.2.2 CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO

Em 2007, estudo in vitro analisou os seguintes materiais: cimento de ionômero de vidro quimicamente polimerizável Vidrion R® (SSWHITE), cimento de ionômero de vidro fotopolimerizável Vitremer (3M ESPE). Os resultados determinaram que tanto o CIV quimicamente ativado (Vidrion® -SSWithe) quanto o CIV fotopolimerizável (Vitremer®-3M Espe), apresentaram as mesmas características nas diferentes faixas de temperatura. Contudo, em relação a cor, o CIV quimicamente ativado sofreu alterações de cor gradativamente; nas temperaturas de 100 °C e 200 °C não foi verificada alterações; à 300 °C apresentou coloração amarelada, a 400 °C acinzentada e a 500 °C cor preta, carbonizando-se. Na faixa de temperatura de 900 °C a 1000 °C o dente apresenta-se calcinado com estrutura dura, disforme e contraída. O CIV fotopolimerizável apresentou a 100 °C cor branca, 200 °C amarela e 300 °C cor preta. Entre 900 °C a 1000 °C apresentou-se calcinado com estrutura dura, disforme e contraída (SPADACIO, 2007).

Em dentes tratados endodonticamente com a utilização do cimento de ionômero de vidro como material obturador a 200 °C e 400 °C ele se apresenta intacto, mas separado do material de restauração e da guta-percha, nas demais faixas de temperatura é difícil observar o material devido a carbonização e fragmentação da coroa (VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012).

Segundo Bagdey et al. (2014) a 200 °C a restauração de CIV havia estruído da coroa, houve mudança de cor para marrom claro. Ao exame

estereomicroscópio foi observado perda de vedação marginal. A 400 °C houve mudança de cor para marrom claro, assim como a cor da coroa; a raiz apareceu carbonizada. A 600 °C houve perda da porção superficial da coroa junto com uma porção de preenchimento; a raiz permaneceu na cor preta; estereomicroscópio demonstrou presença de linhas de fraturas profundas ao longo do comprimento. A 800 °C permaneceu apenas uma parte da coroa com preenchimento, o material permaneceu intacto dentro da coroa, que se tornou branca e opaca, assim como a raiz. Estéreo Microscopicamente foi visualizada perda de distinção entre coroa e raiz.

A 1000 °C obturações com CIV foram desalojadas das cavidades e apresentaram restos carbonizados de restauração na cor preta (POL; GOSAVI, 2014).

A restauração com CIV apresentou trincas ao ser exposta a temperatura de 200 °C, a coloração se apresentava como branco giz, sendo que, ao atingir 400 °C a cor da restauração se modificou para marrom escuro e apresentou trincas; a 600 °C houve aumento da contração marginal, a restauração se apresentou na cor preta; por fim, o material se fragmentou ao atingir 800 °C enquanto a 1000 °C se apresentava totalmente fragmentado e na cor preta (POL et al., 2015).

Restaurações utilizando CIV mostraram variação de coloração do branco mármore a branco giz. Em temperaturas mais altas, ocorrem rachaduras de cor marrom escura e perda de vedação marginal. A 200 °C houve mudança de cor de branco mármore para branco calcário, houve ligeira extrusão da restauração além da perda de selo marginal. A 400 °C a cor mudou para marrom escuro. A 600 °C a cor se manteve em marrom escuro, houve perda de vedação marginal mais pronunciada e rachaduras foram visualizadas na superfície da restauração. A 800 °C a restauração está desalojada e a observação por estereomicroscópio revelou restos de restauração. A 1000 °C a restauração está completamente desalojada (VANDRANGI et al., 2016).

Segundo estudo realizado em 2021 ao submeter a restauração de CIV a análise elementar, o dente pré-incinerado apresentava silício, alumínio, cálcio, molibdênio e sódio. Após a incineração as restaurações apresentavam elementos majoritários como silício, alumínio, cálcio, sódio (YASHODA, et al., 2021).

3.2.3 AMÁLGAMA

Estudo realizou preparos cavitários de classe I e II de Black para posterior restauração com amálgama dental. O amálgama convencional utilizado foi o Velvalloy® (SSWHITE) e o em cápsula foi o Permite® (SDI). Foi definido 12 níveis de temperatura, sendo eles: 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C, 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C. Quanto aos resultados, em dentes restaurados com amálgama convencional verificou-se que as restaurações com amálgama estavam mais elevadas, intumescidas e porosas devido à evaporação do mercúrio e estanho, porém não se deslocaram do preparo cavitário (SPADACIO, 2007). As alterações detectadas pelo autor encontram-se descritas nos quadros 14 e 15.

Quadro 14 - Principais alterações observadas em restaurações com amálgama convencional após exposição a altas temperaturas segundo Spadacio, 2007.

Temperatura	Alterações estruturais da restauração	Cor da restauração
100 °C	Bolhas de mercúrio	Cinza
200 °C	Sem alterações	Sem alterações
300 °C	Estrutura pulverulenta	Escurecimento
400 °C	Contraída, esponjosa	Sem alterações
500 °C	Prata atingiu o ponto de fusão (manchas na placa de queima)	Sem alterações
600 °C	Pulverizada	Sem alterações
700 °C	Sem alterações	Sem alterações
800 °C	Calcinada	Sem alterações
900 °C	Estrutura indefinida	Sem alterações
1000 °C	Resíduo de prata	Sem alterações
1100 °C	Resíduo de prata	Sem alterações
1200 °C	Resíduo de prata	Sem alterações

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Quadro 15 - Principais alterações observadas em restaurações com Amálgama cápsula (Permite®-SDI) após exposição a altas temperaturas segundo Spadacio, 2007.

Temperatura	Alterações estruturais da restauração	Cor da restauração
100 °C	Sem alterações	Cinza
200 °C	Sem alterações	Sem alterações
300 °C	Sem alterações	Sem alterações
400 °C	Trincas e orifícios	Preta
500 °C	Pulverizada	Sem alterações
600 °C	Sem alterações	Sem alterações
700 °C	Sem alterações	Sem alterações
800 °C	Escoamento do material	Sem alterações
900 °C	Sem alterações	Sem alterações
1000 °C	Sem alterações	Sem alterações
1100 °C	Restauração calcinada e contraída	Sem alterações
1200 °C	Resíduo de prata	Prata

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Segundo estudo de Woisetchalager et al. (2011) a obturação de amálgama (Orally magicap S) permanece inalterada a 600 °C, mas há alteração de sua forma a 1100 °C, além da inclusão de pequenas bolhas de gás.

De acordo com Vázquez, Rodríguez e Moreno (2012) a 200 °C o amálgama sofreu desajuste marginal tornando-se opaco e rugoso, devido a formação de nódulos na superfície provocados pela evaporação do mercúrio. A 400 °C o amálgama escurece e há formação de fissuras superficiais, a 600 °C torna-se preto e perde suas características morfológicas. A 800 °C e 1000 °C o amálgama continuou preto e apresenta nódulos arredondados denominados bullets de prata. Houve desadaptação marginal nas faixas de temperatura 400°C, 600°C, 800°C.

No ano de 2014, um estudo realizado por Bagdey et al., utilizou as temperaturas 200 °C, 400 °C, 600 °C e 800 °C, com ascensão de 30 °C por minuto em amostras de dentes restaurados com amálgama dental. Estas amostras foram examinadas tanto macroscopicamente quanto em estereomicroscópio (BAGDEY et al., 2014). Os principais achados encontram-se descritos no quadro 16.

Quadro 16 - Principais alterações observadas em restaurações com Amálgama cápsula (Permite®-SDI) após exposição a altas temperaturas segundo Bagdey et al., 2014.

Temperaturas	Principais alterações macroscópicas	Estereomicroscópio
200 °C	Retração do amálgama	Bolhas na superfície (evaporação do mercúrio)
400 °C	Sem alterações	Perda de vedação marginal
600 °C	Quebra do elemento dental, obturação intacta	Fraturas na obturação
800 °C	Forma intacta em parte da coroa	Rachaduras na obturação, perda de vedação marginal

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Um estudo in vitro submeteu 45 discos de amálgama com 10 mm de diâmetro e 4 milímetros de espessura, de 3 marcas comerciais (Contour® Kerr®-USA, Admix® SDI®-Australia e Nu Alloy® Newstethic®-Colombia) à ação das seguintes temperaturas: 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C; sendo a temperatura inicial de 28 °C e ascensão de 10 °C por minuto. É importante ressaltar os componentes presentes nos discos da liga de amálgama em questão que apresentavam as seguintes proporções: Contour® Kerr®-USA: Prata (41%), Estanho (31%), Cobre (28%), Mercúrio (41%); Admix® SDI®-Australia: Prata (40%), Estanho (31%), Cobre (29%), Mercúrio (47,5%); Nu Alloy® Newstethic®-Colombia: Prata (45%), Estanho (31%), Cobre (24%), Mercúrio (50%). Após a aplicação das altas temperaturas, uma fotografia digital foi tirada com estereomicroscopia digital (Leuchtturm®). A 200 °C os discos das três marcas comerciais perderam brilho e a superfície aparentava aspereza, principalmente na amostra Admix® SDI®-Austrália

que, além disto, apresentou nódulos arredondados. A 400°C os discos apresentavam vários nódulos arredondados com aparência porosa, além de fissuras e rachaduras. A 600 °C os discos se tornaram opacos e de coloração cinza escuro; no local onde havia nódulos apareceram fraturas profundas e evidências de perda de estabilidade dimensional; a 800 °C houve fragmentação dos discos e tendência a pulverizar pelo toque, as mesmas mudanças foram observadas a 1000 °C (ARCOS et al., 2015).

Outro estudo, realizado no ano seguinte, constatou que a 200 °C houve perda do brilho da restauração de amálgama e selamento marginal inalterado. A 400 °C apresentou contração marginal, coloração preto opaco. O material começou a apresentar rachaduras a 800 °C se fragmentando ao atingir 1000 °C (POL et al., 2015).

Em 2015, um estudo apontou que diante de altas temperaturas pode haver a contração da restauração de amálgama além da perda de vedação marginal, devido a desidratação da dentina, e formação de bolhas na superfície do material restaurador. Ao perder o mercúrio, devido a evaporação, a liga do material começa a se desintegrar em complexos prata-estanho e cobre-zinco. As diferentes proporções dos elementos presentes no amálgama dental (mercúrio, prata, cobre, zinco) podem ser a causa responsável pela diferença em resistência e ponto de fusão encontrados (ALBUQUERQUE NETO et al., 2015).

No ano seguinte, estudo realizou preparos cavitários convencionais classe I na superfície oclusal de 30 molares, destes, 10 foram restaurados com amálgama e submetidos a faixa de temperatura de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C. A Análise macroscópica com utilização de estereomicroscópio revelou que o amálgama inicialmente demonstrou granularidade, perda do selamento marginal, contudo a restauração estava intacta mesmo a 1000 °C (VANDRANGI et al., 2016). Os principais achados encontram-se descritos no quadro 17.

Quadro 17 - Principais alterações observadas em restaurações com amálgama após exposição a altas temperaturas segundo Vangrangi et al., 2016.

Temperaturas	Principais alterações
200 °C	Glóbulos esféricos
400 °C	Perda de vedação marginal

600 °C	Superfície dental carbonizada, áspera e com margens descontínuas
800 °C	Coroa quebrada, restauração intacta com superfície brilhante e granular
1000 °C	Restauração intacta

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Segundo Yashoda (2021), ao analisar o amálgama antes da incineração, foram detectados nas amostras os componentes: prata, estanho, mercúrio, cobre, magnésio e alumínio. Contudo, após submetidas as faixas de temperatura do estudo, foram detectados prata, estanho, cobre, zinco e fósforo. A partir de 500 °C não foi detectado mercúrio, pois presume-se que durante o processo de queima ocorreu sua evaporação.

3.2.4 RESINA COMPOSTA

Estudo realizou preparos cavitários classe III, IV e V, e utilizou as resinas compostas fotopolimerizáveis Charisma® e Durafill VS® (HERAEUS KULZER), TPH® (DENTSPLY) e Z100® (3M ESPE); e resina composta quimicamente polimerizável Concise® (3M ESPE). Em relação aos resultados, as restaurações de resina fotopolimerizável Z100® e Durafill VS® à 400 °C se tornaram brancas com aspecto de calcinadas e desidratadas, permanecendo com estas características até 1200 °C. Dentes restaurados com resina fotopolimerizável (Charisma®- Heraeus Kulzer), apresentaram nas temperaturas de 1100 °C e 1200 °C aspecto vítreo muito semelhante à cerâmica. Porém, o material permanece na cavidade, mesmo com grande contração, devido à desidratação sofrida. Em relação a cor e estrutura morfológica, as restaurações realizadas com resina quimicamente polimerizável (Concise®- 3M Espe), não se diferenciam das resinas fotoativadas, a mudança ocorre no que tange à incidência e à temperatura (SPADACIO, 2007). Os principais achados encontram-se descritos nos quadros 18, 19 e 20.

Quadro 18 - Principais alterações observadas em resina fotopolimerizável (Durafill VS® - HERAEUS KULZER, TPH® - DENTSPLY e Z100® - 3M ESPE) após exposição a altas temperaturas segundo Spadacio, 2007.

Temperatura	Alterações estruturais da restauração	Cor
100 °C	Sem alterações	Branco
200 °C	Leve contração	Amarelo, cinza e marrom
300 °C	Contração	Cinza
400 °C	Início da calcinação	Cinza
500 °C	Calcinada	Branco
600 °C a 1200 °C	Sem alterações	Sem alterações

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Quadro 19 - Principais alterações observadas em resina fotopolimerizável Charisma® - HERAEUS KULZER após exposição a altas temperaturas segundo Spadacio, 2007.

Temperatura	Alterações estruturais	Cor
100 °C	Sem alteração	Branco com centro transparente
200 °C	Desidratada	Amarelada
300 °C	Contração	Branca
400 °C	Desidratada	Sem alteração
500 °C	Sem alterações	Sem alterações
600 °C	Sem alterações	Sem alterações
700 °C	Sem alterações	Sem alterações
800 °C	Sem alterações	Sem alterações
900 °C	Sem alterações	Levemente translúcida
1000 °C	Sem alterações	Transparente
1100 °C	Calcinada e amorfa	Branco
1200 °C	Calcinada e amorfa	Branco

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Quadro 20 - Principais alterações observadas em resina quimicamente polimerizável (Concise® - 3M Espe) após exposição a altas temperaturas segundo Spadacio, 2007.

Temperatura	Alterações estruturais	Cor
100 °C	Desidratada	Cinza
200 °C	Sem alterações	Amarelo
300 °C	Sem alterações	Escurecido
400 °C	Calcinada	Branco
500 °C a 1200 °C	Sem alterações	Sem alterações

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Um estudo analisou dois tipos diferentes de resina composta fotopolimerizável sendo elas: Z100 (R1) e Charisma (R2); ambas na cor A2 da escala vita. Foram utilizadas as faixas de temperatura: 200 °C, 400 °C, 600 °C, 1000 °C. Foi realizada a análise visual e com utilização de um espectrofotômetro para analisar cor e brilho. A 200 °C ocorreram mudanças na aparência visual de ambas as resinas; um pontilhado branco-acinzentado espalhava-se pela superfície de R1, enquanto R2 apresentava aspecto branco-acinzentado apenas nas bordas. A 400 °C houve mudanças intensas na aparência visual de ambas as resinas. Uma coloração marrom-amarelada se desenvolveu após 15 minutos, seguida por uma coloração marrom-preta após 30 e 45 minutos, sendo evidente cinzas nas margens, maior em R2. Não foi observada diferença estatística de cor e brilho entre os sistemas. A 600 °C, foram observados diferentes padrões de mudança na aparência visual de R1 e R2. Em 15 minutos R1 era um cinza escuro, em 30 min um cinza-amarelo, em 45 min um branco. R2 ficou cinza em 15 min e branco em 30 min, mantendo a cor aos 45 minutos. A 1000 °C R1 apareceu branco em 15, 30 e 45 min, enquanto R2 apareceu branco aos 15 min, passando para amarelo-acinzentado claro aos 30 min e cinza em 45 min (BRANDÃO et al., 2007). As alterações das resinas visualizadas com microscopia eletrônica de varredura estão descritas no quadro 21.

Quadro 21 - Principais alterações observadas em microscopia eletrônica de varredura após exposição a altas temperaturas segundo Brandão et al., 2007.

Temperaturas	Alterações R1	Alterações R2
200 °C	Superfície irregular, fina camada de pó sobre a amostra	Superfície lisa e manchada, fina camada de pó sobre a amostra
400 °C	Irregularidades pronunciadas na superfície, fissuras profundas	Irregularidades pronunciadas na superfície, com rachaduras profundas delimitando fragmentos de tamanho variável
600 °C	Superfície irregular subjacente com novas linhas rasas de rachaduras	Coloração mosqueada com fraturas menos pronunciadas
1000 °C	Linhas rasas de rachaduras e irregularidades lisas na superfície com uma fina camada de pó.	Superfície desorganizada apresentando cavidades de diferentes tamanhos, aparência de “queijo suíço” o que sugere que a resina atingiu seu ponto de fusão.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em 2011, Woistschalager et al. constataram que em relação a avaliação radiográfica, a 400 °C foram observadas fissuras em materiais obturadores como 3M Vitre Bond, Tetric Flow, Dyract eXtra. Após 600 °C, apresentam sinais de descolamento da dentina e a maioria dos materiais apresentou trincas em seu interior, exceto Dyract eXtra, Vitablocs Mark II, Oralloy Magicap S e 3M Vitre Bond. Acima de 800 °C todos os materiais apresentaram alterações na forma e diminuíram de tamanho, exceto Xenon III que não é mais detectável em temperaturas acima de

400 °C e Optibond, Tetric Flow e Tetric Evo Ceram, que aumentaram em tamanho devido à inclusão de bolhas de gás.

A 200 °C, a resina apresentava retração marginal. A 400 °C, as resinas tornaram-se marrom-claras, apresentando má adaptação marginal, trincas e fissuras superficiais. A 600 °C, a resina, que então era de cor branca, estava totalmente desajustada, e em alguns dentes se deslocou, a 800 °C a resina adotou uma tonalidade branca tipo giz e a 1.000 °C foi totalmente deslocada da cavidade devido à fragmentação da coroa. Nos cortes sagitais, a resina apareceu com fissuras e separada dos tecidos dentários e do ionômero de vidro (VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012).

Em 2012, constatou-se que a 1000 °C após análise com microscópio eletrônico de varredura foi verificado que obturações realizadas com compósito foram desalojadas das cavidades e apresentaram restos carbonizados de restauração na cor rosa (POL; GOSAVI, 2014). A 200 °C o material compósito apresentou selamento marginal inalterado, sem alteração de cor. A 400 °C começou a apresentar rachaduras sendo o material apresentado na cor preto, a partir de 600 °C o material passou a apresentar a cor branco-giz se fragmentando ao atingir 1000 °C (POL et al., 2015).

Estudo in vitro, realizou por meio de estereomicroscopia o comportamento de discos de resina composta de cinco sistemas comerciais diferentes, sendo eles: Z1003M-ESPE®, Z250 3M-ESPE®, Z350 3M-ESPE®, Brilliant NG Coltene-Whaledent® e TPH3 Dentsply®, todos foram submetidos a altas temperaturas (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C). Em todos os sistemas foram utilizadas as cores A1, A2, A3, A3.5 e B2, exceto para Brilliant NG Coltene-Whale-dent® (dentina —A1/B1, A2/B2, A3/D3 e A3.5/B3— e esmalte —A2/B2—). Os resultados apontaram que os cinco sistemas comerciais de resina composta tiveram um comportamento semelhante em cada temperatura (ARCOS et al., 2016). Os principais achados encontram-se descritos no quadro 22.

Quadro 22 - Principais alterações observadas em discos de resina composta após exposição a altas temperaturas segundo Arcos et al., 2016.

Temperatura	Alterações estruturais da restauração	Cor
-------------	---------------------------------------	-----

200 °C	Perda de brilho	Visibilidade de manchas brancas
400 °C	Fissuras superficiais, rachaduras pouco profundas	Marrom
600 °C	Aumento no padrão de trincas superficiais e profundas, expansão térmica	Preta (combustão da matriz orgânica), presença de manchas brancas
800 °C	Superfície com aspecto craquelado, contração dimensional	Opacos, cor cinza (incineração da matriz orgânica)
1000 °C	Superfície com aspecto craquelado	Opacos, cor branca (incineração da matriz orgânica)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Estudo realizado em 2016, constatou que a 200 °C a restauração de resina composta apresentou perda de vedação marginal. A 400 °C houve retração da restauração das margens da cavidade, de forma que a restauração parece encolher em direção ao fundo da cavidade. A 600 °C a cor da resina se modificou para preto assim como a cor da coroa. A coroa apresentou fratura em uma margem e houve perda consistente de vedação marginal ao redor. A 800 °C a maior parte da coroa está quebrada e parte da restauração se apresenta na cor branco giz. A 1000 °C a restauração de resina composta foi completamente desalojada e apenas o preparo cavitário redundante pode ser visto (VANDRANGI et al., 2016).

Ao realizar a análise elementar de restaurações compostas antes da incineração foram detectados elementos como silício, alumínio, ferro e bário. Após a exposição dos dentes a altas temperaturas foram identificados elementos variáveis. A 500 °C foram observados os elementos: Si, Ba, Al, Ca e P. Já a 700 °C houve a presença de Si, Al, Ti, Ca, P e Ni. Por fim, juntamente com Si, Ba, Al e Ca, foram identificados elementos como tungstênio a 900 °C e níquel a 1100 °C (YASHODA, et al., 2021).

3.3 MATERIAIS CERÂMICOS

Estudo constatou que o material restaurador cerâmico não demonstrou quaisquer alterações até atingir 900 °C em que apresenta coloração amarelada. A 1000 °C a cerâmica torna-se uma massa arredondada, contraída e vítrea. Também foram realizados em incisivos centrais preparos cavitários para facetas estéticas indiretas de porcelanas. Foi utilizado o método da silhueta, remoção de uma espessura uniforme de tecido dental de toda face vestibular do dente, sobre o qual foi cimentada a peça confeccionada em laboratório, para confecção das facetas foi utilizado o produto Ceramc3®-(DENTSPLY). A faceta estética cerâmica não demonstrou qualquer alteração seja em cor ou morfologia até a temperatura de 800 °C. A partir de 900 °C foi observado a presença de cor amarelada e perda dos ângulos da restauração; a 1000 °C apresentou cor transparente, com aparência semelhante a vidro, além de sofrer perda total de sua estrutura morfológica (SPADACIO, 2007).

Em 2014, foi realizada uma microscopia eletrônica de varredura em dentes restaurados a 1000 °C, na qual as coroas cerâmicas apresentaram várias bolhas em sua superfície (POL; GOSAVI, 2014).

No ano seguinte, constatou-se que mesmo quando expostas a 1000 °C as coroas cerâmicas não apresentaram trincas e fragmentações (POL et al., 2015).

Segundo estudo de Yashoda et al. (2021) a análise da porção cerâmica de coroas metalocerâmicas apresentou elementos como Si e Al, respectivamente, antes da incineração. A porção cerâmica a 500 °C apresentou Si, Na, S e Br, e por fim, a 700 °C, 900 °C e 1100 °C apresentou Si, Al, Na e K.

3.4 OUTROS MATERIAIS DENTÁRIOS

3.4.1 PINOS DENTÁRIOS

Estudo in vitro consistiu na descrição radiográfica do comportamento a altas temperaturas, dos tecidos dentais e de dois tipos de pinos pré-fabricados cimentados em 30 pré-molares humanos. Foram utilizados pinos de titânio (Tenax® Endodontic Post System de Coltene®) e pinos de fibra de vidro (Tenax® Fiber Trans de Coltene®); todos foram submetidos a 5 diferentes temperaturas (200°C, 400°C,

600°C, 800°C, 1000°C), com uma temperatura inicial de 34 °C e ascensão de 10 °C por minuto. Os resultados do estudo demonstraram que os pinos pré-fabricados ao serem submetidos a altas temperaturas apresentaram grande resistência. Foi observada uma ligeira expansão térmica nos dentes cimentados com pino de titânio, enquanto os pinos de fibra de vidro se incineraram a partir dos 800 °C (ARAMBURO et al., 2015). Os principais achados encontram-se descritos no quadro 23.

Quadro 23 – Principais alterações observadas em pinos intrarradiculares após exposição a altas temperaturas segundo Aramburo et al., 2015.

Temperatura	Principais alterações em pinos dentários
200 °C	Não foram observadas mudanças significativas; pinos radiograficamente intactos.
400 °C	Imagem radiolúcida entre dentina e pino, perda de material de cimentação, mudança de densidade radiográfica no terço médio e apical.
600 °C	Mudança de densidade radiográfica da obturação nos terços médio e apical, imagens radiolúcidas no interior do conduto devido a perda de material endodôntico.
800 °C e 1000 °C	Imagens radiolúcidas mais evidentes no interior do conduto, separação dos pinos devido a perda de materiais de cimentação. Pinos não sofreram mudanças em sua estrutura.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.4.2 BRAQUETES ORTODÔNTICOS

Estudo in vitro analisou 60 pré-molares submetidos a altas temperaturas, sendo cimentados braquetes ortodônticos em 30. Os dentes foram expostos às

seguintes temperaturas: 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C e 1200 °C. O estudo descreveu as alterações macroscópicas sofridas pelos dentes e realizou análise das alterações com estereomicroscópio. Em relação aos resultados, a 200 °C a estrutura dental e o braquete apresentaram uma textura suave e não demonstraram mudança de cor; o braquete permaneceu preso ao dente. A 400 °C houve presença de múltiplas fissuras longitudinais e transversais, que se estenderam até o terço médio do dente, e a textura apresentada era irregular. Houve fracionamento e separação do esmalte e da dentina no terço cervical, e na superfície do elemento dental houve a presença de um halo marrom se estendendo de forma irregular em direção às extremidades da coroa e uma região marrom e amarela escuro ao redor do braquete. A 600 °C houve a separação do esmalte e dentina no terço cervical da coroa e os tecidos apresentaram fragilidade à manipulação. O braquete se despreendeu da superfície dental deixando uma marca retangular de cor preta, não uniforme. Além disso, assumiu uma cor mais escura do que o habitual, com áreas opacas e resíduos de resina com coloração preta na base. A 800 °C a superfície dentária em que o braquete foi cimentado exibiu uma cor cinza azulada e um halo branco ao redor, compatível com restos de resina. O braquete manteve sua morfologia mas a superfície se tornou áspera. A resina da base do braquete apresentou cor branco giz. A 1000 °C o terço cervical da coroa ficou rosa e o braquete apresentou coloração marrom opaca em sua superfície, contrastando com a cor preta inicial. A resina presente no braquete exibiu a cor branco giz e uma diminuição de sua extensão. A 1200 °C notou-se presença de fraturas e ruptura do esmalte. A superfície dental adquiriu a cor rosa clara e os braquetes apresentaram uma superfície cinza áspera e opaca com áreas brancas no centro (COLMENARES et al., 2020).

3.4.3 IMPLANTES

Em 2010, um estudo avaliou implantes do tipo Straumann™ Standard Plus 3.3 x 8 mm, puro titânio. Foi utilizado um implante sem pilar nem parafuso de cicatrização e outro implante com pilar. Os implantes foram aquecidos à temperatura de 1125 °C e mantidos nessa temperatura por cinco minutos. Foram realizadas fotografias dos implantes dentro do forno a cada intervalo de 100 °C tendo iniciado a temperatura de 600 °C. Após resfriados os implantes em temperatura ambiente,

foram novamente fotografados. Em relação aos resultados o número de lote foi claramente visualizado dentro dos implantes antes de iniciar a queima. Após a queima, implantes sem pilares apresentavam o número totalmente obscurecido pela camada de oxidação formada. O implante que possuía o pilar parafusado e posteriormente removido apresentou o número visível, embora não tão claramente quanto o inicial. Por fim, sugere-se que seria interessante que empresas produzissem implantes com uma série individual de número marcado, aumentando a fonte de evidências para identificação de vítimas (BERKETA; JAMES; MARINO, 2010).

Estudo realizado em 2011 utilizou os implantes Straumann Standard Plus 3.3 X 8 mm, Nobel-Biocare Branemark Mk III Groovy 15 X 5 mm, a Nobel-Biocare All-in-one 13 X 3 mm e a 3i Biomet Certain 4 X 8.5 mm. A faixa de temperatura utilizada foi de 200 °C a 1125 °C, sendo que, a cada 100 °C foi realizada uma fotografia do implante dentro do forno. Ademais, os implantes foram resfriados até a temperatura ambiente e novamente fotografados. Foi também utilizado a microscopia eletrônica de varredura e radiografias para análise dos implantes. Em relação aos resultados, nos implantes de titânio puro é visível uma crosta de cor dourada, o que não é observado no implante do tipo liga. As imagens de microscopia indicam uma camada de crosta na superfície após a incineração, que era facilmente quebrada e removida. A crosta possuía óxido de titânio puro nos implantes, exceto na região central de implantação, onde havia presença de alumínio. No implante de titânio foram detectados elementos como oxigênio, alumínio e titânio. Por fim, não houve alterações visíveis nas imagens radiográficas após exposição à 1125 °C. O processo de oxidação produziu um aumento considerável do tamanho do implante de cerca de 0,1 mm. A cor variou entre o implante de titânio e o de liga, o que pode auxiliar na identificação do tipo de implante. Segundo o estudo, a presença de alumínio na superfície do implante na parte central pode ser explicada devido ao fato de utilizar pinças para remover cada implante do forno, dessa forma pode haver transferência de alumínio residual. De modo geral, devido a suas propriedades físicas, os implantes são extremamente resistentes a altas temperaturas (BERKETA; JAMES; MARINO, 2011).

No ano de 2014, cerca de 40 cadáveres do programa de doação de corpos da Universidade de Adelaide foram examinados para avaliação de implantes dentários e realização de radiografias intraorais para obter informações quanto à

osseointegração e patologia peri-implantar. Posteriormente a maxila e mandíbulas foram extraídas dos cadáveres, colocadas em um saco plástico e cremadas utilizando o ciclo normal de cremação humana, sendo a temperatura máxima de 1050 °C. Após resfriamento o material foi removido. Foi realizada a análise visual e elementar com auxílio de microscópio eletrônico de varredura (QUANTA 450, FEI Co., Hillsboro, Oregon, EUA). Apenas um cadáver com nove implantes, sendo quatro em mandíbula e cinco em maxila, foi considerado adequado e utilizado para pesquisa. Após a cremação constatou-se que os implantes em mandíbula continuaram em posição e sem distorções aparentes, apresentavam cor acinzentada e a ausência de distorções sugeriram que eram de titânio puro. Em maxila, dois implantes se desprenderam do osso e apresentaram grande quantidade de massa de liga fundida. Com a utilização de uma broca diamantada de alta rotação e retirada desta massa, pode-se observar que uma liga de cor dourada havia sido usada para suportar a superestrutura da maxila; outros dois implantes apresentaram deiscências em suas superfícies vestibulares. Contudo, as radiografias periapicais desses implantes não sugeriram falta de suporte vestibular. Os implantes foram identificados como implantes Calcitek®. A análise do microscópio eletrônico de varredura (MEV) confirmou que a liga superior continha ouro e a inferior era feita de titânio. O estudo questiona se gravar um número dentro da câmara do implante seria interessante, visto que, o aumento da oxidação devido a altas temperaturas criou um efeito de soldagem de forma que, a presença de qualquer material sobre o orifício de acesso, aumentaria a dificuldade de obter a numeração (BERKETA et al., 2014).

4 DISCUSSÃO

A ocorrência de acidentes que envolvem elevadas temperaturas como em desastres em massa, seja aéreo, ferroviário ou ataques terroristas (BAGDEY et al., 2014; ARAUJO et al., 2013) podem resultar em restos humanos queimados, carbonizados ou incinerados. Em situações adversas, métodos como reconhecimento visual e datiloscopia não são efetivos (BAGDEY et al., 2014).

A identificação pela análise odontológica é um método eficaz e confiável (ARAMBURO et al., 2015; POL; GOSAVI, 2014). A arcada dentária está circundada por estruturas orofaciais como mucosa bucal e labial, musculatura facial, ossos maxilares e mandibulares, língua e tecidos periodontais, responsáveis por oferecer proteção aos dentes e ossos. Além disso, os dentes são estruturas altamente mineralizadas, apresentam alta resistência a efeitos ambientais como fogo e decomposição e condições extremas de degradação, como alterações de pressão, umidade e temperatura (ARAMBURO et al., 2015; ARAUJO et al., 2013; ARCOS et al., 2016; BAGDEY et al., 2014; POL; GOSAVI, 2014).

A combinação de dentes hígidos e dentes restaurados é tão única quanto a impressão digital, o que permite a comparação odontológica ser um meio legal de identificação positiva (POL; GOSAVI, 2014). Dessa forma, as informações obtidas *post-mortem* podem ser utilizadas e comparadas com a documentação *ante-mortem* para possibilitar a identificação positiva de um indivíduo (ARAMBURO et al., 2015; BAGDEY et al., 2014). A identidade de um indivíduo deve ser constatada para fins sociais, culturais, religiosos, judiciais, legais e econômicos (ARCOS et al., 2016).

Ao submeter determinados materiais a temperaturas controladas espera-se que as características apresentadas possam ser usadas de forma significativa, de modo que, seja possível determinar parâmetros repetitivos dos tecidos dentais e materiais de uso odontológico que possam contribuir para análise forense (ARAMBURO et al., 2015). Desta forma, pode-se identificar as alterações sofridas pelos materiais e tecidos dentais colaborando para estimar a faixa de temperatura final a que foram expostos, tempo de exposição, além de identificar corretamente os diferentes tipos de tratamentos presentes no indivíduo *post-mortem* (ARAMBURO et al., 2015; ARCOS et al., 2015; POL, GOSAVI, 2014).

No que se refere aos diferentes tipos de análise contempladas pelos estudos, a análise macroscópica das alterações foi realizada por todos, sendo

associada a outros tipos de análises conforme a relevância estabelecida por cada autor, como a imaginológica (radiográfica e tomográfica), microscópica (estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura), espectrofotometria e colorimetria.

Na análise imaginológica, apenas os estudos de Mejia et al. (2016) e Woisetschalager et al. (2011) utilizaram a TCFC. A TCFC oferece excelentes informações em 3D e é capaz de diferenciar os materiais de preenchimento no interior dos dentes (WOISETSCHLAGER et al., 2011). Brandão et al. (2017), Pol e Gosavi (2014), Yashoda et al. (2021) recorreram ao microscópio eletrônico de varredura para análise, visto que o método oferece ampliação suficiente para confirmar a presença de alterações e permite a análise dos materiais. A análise por meio de espectrofotometria é um método prático que permite quantificar cor e brilho de diferentes materiais que podem ser comparados a uma escala padrão e foi utilizada por Brandão et al. (2007), assim como, a análise por colorimetria utilizada por Ferreira, Ferreira e Ortega (2008) e Rubio et al. (2015). Ademais, o estereomicroscópio foi utilizado como análise complementar por Arcos et al. (2015), Bagdey et al. (2014), Colmenares et al. (2020), Pol et al. (2015) e Vandrangi et al. (2016).

Em relação aos materiais, a análise dos artigos revelou que os materiais com maior quantidade de estudos são os seguintes, em ordem decrescente: resina composta, amálgama, ionômero de vidro, materiais cerâmicos, óxido de zinco e eugenol, implantes dentários, braquetes e pinos intrarradiculares.

Em relação às altas temperaturas, foram utilizadas: 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C, 900°C, 1000 °C, 1100 °C, 1125 °C, 1150 °C e 1200 °C. Contudo, as cinco faixas de temperatura mais prevalentes nos estudos foram: 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C e 1000 °C.

No que se refere aos dentes, estudos de Savio et al. (2006), Shekhawat & Chauhan (2016) e Woisetschallager et al. (2011) afirmaram que a 200 °C os elementos dentais não sofrem quaisquer alterações. Entretanto, outros estudos constataram a perda de brilho em esmalte e cimento devido à desidratação do elemento (MEJIA et al., 2016; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012) e a mudança da cor do dente de amarelo ou branco amarelado a marrom-claro ou acastanhado (BAGDEY et al., 2014; VANDRANGI et al., 2016; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012). Já em análise estereomicroscópica Bagdey et al.

(2014) relataram o aparecimento de microfissuras em coroa e fraturas em raiz. Pol e Gosavi (2014) estabeleceram que houve alterações no padrão de fissuras em esmalte e cimento, não havendo alterações em dentina. Contudo, Parra et al. (2015) evidenciaram a presença de linhas radiolúcidas em dentina.

A 400 °C foram descritas presença de fissuras em esmalte e dentina na região de coroa (BAGDEY et al., 2014; SAVIO et al., 2006; VANDRANGI et al., 2016; WOISETSCHALAGER et al., 2011), pronunciadas fissuras ao nível da junção amelodentinária indicando separação do esmalte, além de fissuras ao longo da junção cimento-esmalte (MEJIA et al., 2016; PARRA et al., 2015; POL; GOSAVI, 2014; RUBIO et al., 2015; SHEKHAWAT; CHAUHAN, 2016). Em relação a cor foi relatado que o cimento se apresenta na cor marrom-escuro ou preto devido ao processo de carbonização (BAGDEY et al., 2014; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012).

Ao atingir 600 °C os dentes apresentam uma maior intensidade dos eventos que ocorreram a 400 °C. Sendo assim, há aumento da presença de fissuras tanto em coroas quanto em raiz, além de apresentar rachaduras entre esmalte e dentina deixando evidente a separação ao nível da junção amelodentinária nos terços cervicais (MEJIA et al., 2016; PARRA et al., 2015; POL; GOSAVI, 2014; SAVIO et al., 2006; SHEKHAWAT; CHAUHAN, 2016; VANDRANGI et al., 2016; WOISETSCHALAGER et al., 2011). Por fim, conforme Woisetchalager et al. (2011) e Vázquez; Rodríguez; Moreno (2012), o dente apresenta a cor cinza devido a incineração da dentina.

A 800 °C Shekhawat e Chauhan (2016) alegam que os dentes estavam carbonizados. A coroa se apresentou quebradiça com múltiplas rachaduras e fraturas em esmalte segundo Vandrangi et al. (2016) e Parra et al (2015). Quanto à cor Bagdey et al. (2014), Shekhawat e Chauhan (2016) afirmaram que a raiz ficou branca e opaca enquanto outros trabalhos apontaram que os elementos dentais apresentaram aspecto acinzentado (MEJIA et al., 2016; RUBIO et al., 2015; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012; WOISETSCHALAGER et al., 2011).

A partir dos 1000 °C a coroa se apresenta em fragmentos, friável, enquanto a raiz possui largas fraturas na dentina (PARRA et al., 2015; RUBIO et al., 2015; SAVIO et al., 2006; SHEKHAWAT; CHAUHAN, 2016; VANDRANGI et al., 2016). Em relação a cor, a 1000 °C a dentina e o cimento se apresentam na cor branca devido a incineração dos tecidos (MEJIA et al., 2016; VANDRANGI et al.,

2016; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012; WOISETSCHALAGER et al., 2011). Alguns estudos abordaram as modificações ocorridas a 1100 °C. Nesta temperatura o dente apresentava cor rosa segundo Woisetshalager et al. (2011). Com base em análise por microscopia eletrônica de varredura Yashoda et al. (2021) descreveram que o esmalte continuou apresentando prismas de esmalte, a dentina exibiu túbulos dentinários obliterados e o cimento uma superfície fundida e granulosa.

Em relação aos materiais dentários, os cimentos dentários podem ser utilizados para cimentação, proteção pulpar, e procedimentos restauradores. Tanto o cimento OZE quanto o CIV podem ser utilizados para cimentação e restauração provisória, sendo o último também utilizado como material de base e forramento (ANUSAVICE; SHEN; RAWLS, 2013).

Os autores Bagdey et al. (2014) e Vásquez; Rodrigues e Moreno (2012) obtiveram resultados divergentes, visto que o primeiro abordou o uso do material em tratamentos restauradores, enquanto o segundo, o uso para cimentação em tratamentos endodônticos. Ressalta-se que a 200 °C o cimento OZE utilizado para tratamento endodôntico permanece inalterado, enquanto o OZE utilizado para restauração acaba expulso da cavidade, já a 800 °C tanto o tratamento endodôntico quanto restaurador acabam sendo perdidos. Compreende-se que tanto a consistência quanto o local onde o material foi inserido pode contribuir para os resultados discrepantes apontados pelos autores.

Quanto ao CIV, os estudos de Bagdey et al. (2014) e Vangrangi et al. (2016) convergem ao relatar que a 200 °C o CIV como material restaurador perde seu selamento marginal e acaba extruindo da cavidade. Entretanto, estes mesmos estudos divergem em relação a mudança de cor visto que Bagdey et al. (2014) argumentam que houve mudança de cor para marrom-claro; enquanto Vangrangi et al. (2016) relatam a cor branco-calcário, consoante com o estudo de Pol et al. (2015). A 400 °C houve mudança de cor da restauração de CIV para marrom escuro (POL et al., 2015; VANDRANGI et al., 2016), contudo o trabalho de Bagdey et al. (2014) relata a presença da cor marrom claro. A 600 °C Vandrangi et al. (2016) relata perda da vedação marginal da restauração e rachaduras na superfície; Bagdey et al. (2014) descreve perda de parte do preenchimento associado a superfície da coroa, enquanto Pol et al. (2015) sugere aumento de contração marginal e restauração na cor preta.

A 800 °C a restauração está desalojada (VANDRANGI et al., 2016). Pol et al. (2015) relataram a fragmentação da restauração enquanto Bagdey et al. (2014) alega que apenas uma parte da coroa manteve o preenchimento enquanto o material permaneceu intacto. Por fim, a 1000 °C estudo de Pol e Gosavi (2014) e Vandrangi et al. 2016 descreveram que restaurações de CIV estavam desalojadas da cavidade, e estudos apontaram a restauração apresentando cor preta (POL; GOSAVI, 2014; POL et al, 2015). Os dados apresentados podem estar diretamente associados a diferença na marca de material utilizada para realizar as pesquisa, visto que, Pol e Gosavi (2014), Pol et al. (2015) e Vandrangi et al. (2016) utilizaram a mesma marca de ionômero de vidro (GC Gold Label Glass Ionomer), o que diverge da marca utilizada por Bagdey et al. (2014).

No que diz respeito a classificação do CIV se quimicamente ativado ou fotopolimerizável segundo Spadacio (2007) os materiais não apresentaram diferenças em estrutura ou morfologia ao serem submetidos a altas temperaturas, contudo foi verificada colorações diferentes. O CIV quimicamente ativado a 100 °C e 200 °C não apresentou alterações de cor, a 300 °C apresentou cor amarelada, 400 °C cor acinzentada e a 500 °C cor preta. Já o CIV fotopolimerizável a 100 °C apresentava cor branca, a 200 °C cor amarela e a 300 °C cor preta.

Quando utilizado em cimentação, Vázquez, Rodríguez e Moreno (2012) alegaram que a 200 °C e 400 °C, o CIV se mantém intacto, porém separado da guta-percha e de material restaurador, nas demais temperaturas não pôde ser observado devido a carbonização e fragmentação da coroa.

O amálgama dental é um material restaurador definido como uma liga que contém mercúrio, e pode ser comercializado de forma convencional ou em cápsula (ANUSAVICE; SHEN; RAWLS, 2013). De acordo com Spadacio (2007) o amálgama convencional não sofreu alterações a 200 °C. Entretanto, outros estudos apontam a presença de nódulos ou bolhas na superfície da restauração, resultado da evaporação do mercúrio (ARCOS et al., 2015; BAGDEY et al., 2014; VANDRANGI et al., 2016; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012).

A 400 °C ocorre contração marginal do amálgama e seu escurecimento (BAGDEY et al., 2014; POL et al., 2015; VANDRANGI et al., 2016; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012). Yashoda et al. (2021) ressaltaram que a partir de 500 °C não há presença de mercúrio na restauração.

A 600 °C Bagdey et al. (2014) e Spadacio (2007) relatam que estrutura da restauração de amálgama se mantém, o que diverge dos estudos de Vázquez; Rodríguez; Moreno, (2012) que afirmam a perda das características morfológicas do material, além de adquirir a cor preta; cor também apontada por Arcos et al., (2015) relatada como cinza escuro. Já Vandrangi et al. (2016) relataram a carbonização da restauração além do aspecto áspero.

A partir de 800 °C estudos relataram presença de rachaduras e fragmentação do material (ARCOS et al., 2015; POL et al., 2015). Contudo, há divergência com o estudo de Vandrangi et al. (2016), que apontou a restauração de amálgama como intacta com superfície brilhante e granular. Por fim, Spadacio (2007) aponta que à temperatura de 800 °C ocorre início da calcinação do material. A 1000 °C segundo Vázquez, Rodríguez e Moreno (2012), Arcos et al. (2015) e Pol et al. (2015) o amálgama se fragmenta, o que discorda dos estudos de Vandrangi et al., 2016 que constataram a restauração intacta.

As resinas compostas são materiais utilizados amplamente em Odontologia, principalmente por sua capacidade estética. A 200 °C as resinas composta sofrem retração marginal devido a desidratação do tecido dental (SPADACIO, 2007; VANDRANGI et al., 2016; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012). A 400 °C a restauração apresenta fissuras superficiais e rachaduras, além da cor marrom (ARCOS et al., 2016; BRANDÃO et al., 2007; POL et al., 2015; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012). A 600 °C a restauração adquire cor branca (BRANDÃO et al., 2007; POL et al., 2015; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012) contudo, estudos de Arcos et al. (2016) e Vandrangi et al. (2016) alegaram que a restauração assume a cor preta devido a combustão da matriz orgânica.

A 800 °C a restauração apresenta cor cinza devido a incineração da matriz orgânica (ARCOS et al., 2016), enquanto Vandrangi et al (2016) descreve alteração para branco giz assim como Pol et al. (2015) e Vázquez, Rodríguez e Moreno (2012). Por fim, a 1000°C a restauração se desloca da cavidade e apresenta cor branca e opaca (ARCOS et al., 2016; BRANDÃO et al., 2007; POL et al., 2014; VANDRANGI et al., 2016; VÁZQUEZ; RODRÍGUEZ; MORENO, 2012).

Os materiais cerâmicos são altamente resistentes e, segundo Spadacio (2007) não demonstraram alterações até atingir 900 °C, temperatura em que ocorre a mudança de cor para amarelo. A 1000 °C correspondem a uma massa

arredondada, contraída e vítrea. Conforme Pol e Gosavi (2014) a 1000 °C as coroas cerâmicas apresentaram bolhas em sua superfície, enquanto o estudo de Pol et al. (2015) evidenciou que nesta temperatura as coroas cerâmicas não sofrem alterações significativas.

Visto o aumento de procedimentos envolvendo o uso de facetas estéticas é imprescindível que sejam alvo de estudos para posterior utilização em identificações. Conforme Spadacio (2007) as facetas não demonstraram qualquer alteração em cor ou morfologia até a temperatura de 800 °C. Já a 900 °C o material apresentou cor amarelada e perda de ângulos da restauração; a 1000 °C a faceta aparenta cor transparente semelhante a vidro.

Assim como as cerâmicas, pinos dentários apresentam grande resistência. A depender do material utilizado em sua fabricação sua resposta pode se modificar, tal qual o estudo de Aramburo et al. (2015) no qual os pinos de titânio ao serem submetidos a altas temperaturas sofreram ligeira expansão térmica enquanto os pinos de fibra de vidro sofrem incineração a partir dos 800 °C. Estudos de análise de pinos intrarradiculares submetidos a altas temperaturas ainda são escassos na literatura de forma que se ressalta a necessidade de realizar trabalhos que contemplem esses materiais.

Os braquetes são materiais amplamente utilizados em tratamentos ortodônticos e oferecem informações relevantes quando submetidos a altas temperaturas. Ao se desprenderem do elemento dental, os braquetes apresentam uma auréola de cor preta na coroa dental, marca que pode facilitar sua identificação (COLMENARES et al., 2020). Em relação a esses materiais, a literatura ainda possui poucos estudos que permitam a comparação e previsão de resposta frente às altas temperaturas.

Os implantes são importantes materiais dentários utilizados em reabilitação oral, capazes de oferecer melhor qualidade de vida aos pacientes e são amplamente conhecidos em âmbito odontológico. Berketa, James e Marino (2010) alegaram que implantes incinerados acima de 1000 °C sem o pilar sofrem oxidação, assim não é possível realizar a análise do número de lote, informação relevante que pode auxiliar na identificação de vítimas carbonizadas. Entretanto, implantes que possuem pilar apresentaram número visível, porém não tanto quanto inicialmente. Esse estudo converge com resultados de Berketa et al. (2014), em que a ação de oxidação acabou por criar um efeito de soldagem sobre materiais acima do orifício

de acesso ao implante, de modo que houve dificuldade em se obter a numeração do implante em questão, mesmo com a presença do pilar. Ademais, em relação a coloração, implantes de titânio puro, após carbonização, exibem uma crosta de cor dourada, o que não é observado em implantes do tipo liga, informação relevante para diferenciar o tipo de implante em questão (BERKETA; JAMES; MARINO, 2011).

Compreende-se que ainda há poucos parâmetros para estabelecer um padrão de análise de materiais dentários. Apesar dos tecidos dentais apresentarem uma grande quantidade de estudos, a diversidade do tipo de pesquisa e materiais utilizados dificulta a criação de um padrão linear para análise das características e fundamentação das evidências para uso forense.

Deve-se considerar que os trabalhos possuem limitações, visto que, são estudos *in vitro*. A maioria dos estudos não simula a presença de tecidos moles e tecido ósseo ao redor dos elementos dentais, o que pode modificar a concepção real das alterações ocorridas e devem ser consideradas ao extrapolar os resultados na prática. Ademais, devido a constante inovação de materiais dentários é importante a atualização e realização constante de pesquisas que possam determinar o comportamento destes materiais frente às altas temperaturas.

Por fim, alguns materiais dentários como facetas, pinos intrarradiculares, braquetes ortodônticos e implantes apresentam maior resistência quando comparados aos dentes, de forma que, pode-se pensar em adicionar numerações específicas aos lotes que possam servir para facilitar a identificação humana.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que os dentes e materiais dentários sofrem diferentes alterações mediante a exposição a altas temperaturas.

Em relação aos dentes é importante analisar características relacionadas à cor segundo a temperatura exposta. Essa característica pode ser determinada por meio de exames como macroscopia, colorimetria e espectrofotometria. Os exames imaginológicos também são necessários e oferecem dados em relação aos tecidos como radiopacidade, além da presença ou ausência de fissuras e fraturas. Por fim, a microscopia eletrônica pode ser utilizada como exame complementar. Os elementos dentais começam a sofrer alterações a 200°C, apresentam fraturas em junção amelodentinária a 400 °C e se fragmentam a 1000 °C.

Os estudos de cimentos odontológicos preconizam aspectos relacionados com a cor e alterações macroscópicas como: extrusão do material e fraturas, sendo utilizados exames como estereomicroscopia ou microscópio eletrônico de varredura. A 200 °C, o cimento de óxido de zinco e eugenol, quando utilizado para tratamento endodôntico está inalterado. No entanto, quando utilizado para restauração é expulso da cavidade. A 800°C, independente da forma de uso, o cimento é perdido. Já o cimento de ionômero de vidro a 200 °C perde seu selamento e é esmagado da cavidade, sendo deslocado a 800 °C.

Em relação ao amálgama, a análise da estrutura tem maior relevância, visto que a 200 °C apresenta as primeiras alterações com bolhas em sua superfície, podendo se fragmentar ou se manter intacto a 1000 °C, sendo preconizada a análise macroscópica associada a estereomicroscopia. A resina composta apresenta alterações em cor e estrutura, iniciando suas alterações a 200 °C com a retração marginal e a 1000 °C se deslocando da cavidade, são indicadas análises como estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura.

Materiais cerâmicos apresentam alterações de cor e estrutura. Iniciam suas alterações a 900 °C e a 1000 °C possuem aspecto vítreo, para comparação de resultados são indicadas análises utilizando microscopia eletrônica de varredura.

Por fim, pinos intrarradiculares apresentam diferenças em sua estrutura segundo o material de sua composição e alterações significativas a partir de 800 °C. Já os implantes apresentam variação de cor e em superfície segundo sua composição, mantendo sua estrutura até 1000 °C. Ambos os materiais são

abordados pela literatura por meio de exames radiográficos. Ademais, braquetes ortodônticos apresentam variação de cor e superfície segundo sua composição, são analisados por meio de estereomicroscópio e mantém sua estrutura até 1200 °C.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE NETO, A. D. et al. Efeito das altas temperaturas aos tecidos bucodentais e materiais odontológicos: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Odontologia Legal**, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 89-104, 2015.

ANUSAVICE, Kenneth J.; SHEN, Chiayi; RAWLS, H. Ralph. **Phillips Materiais dentários**. 12. ed. rev. [s. l.]: Elsevier, 2013.

ARAMBURO, J. et al. Radiographic description of titanium and fiberglass posts cemented in human premolars subjected to high temperatures in vitro for forensic purposes. **Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 314–335, 2015.

ARCOS, C. et al. In Vitro Description of Macroscopic Changes of Dental Amalgam Discs Subject to High Temperatures to Forensic Purposes. **Journal of Forensic Odontostomatology**, [s.l.], v. 33, n.1, p. 8-18, 2015.

ARCOS, C. et al. Description of macroscopic changes in composite resin disks subjected to high temperatures for forensic purposes. **Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 342–366, 2016.

ARAÚJO, L.G. et al. A identificação humana de vítimas de desastres em massa: a importância e o papel da Odontologia Legal. **Revista da Faculdade de odontologia**, Passo Fundo, v. 18, n. 2, p. 224-229, 2013.

BAGDEY, S. P. et al. Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: a forensic study. **Journal of Forensic Dental Sciences**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 62-66, 2014.

BERKETA, J.; JAMES, H.; MARINO, V. Survival of batch numbers within dental implants following incineration as an aid to identification. **Journal of Forensic Odontostomatology**, [s. l.], v. 28, n.1, p. 1-4, 2010.

BERKETA, J.; JAMES, H.; MARINO, V. Dental implant changes following incineration. **Forensic Science International**, [s. l.], p. 50-54, 2011.

BERKETA, J.W. et al. A study of osseointegrated dental implants following cremation. **Australian Dental Journal: The official journal of the Australian Dental Association**, Australia, v. 59, p. 149-155, 2014.

BRANDÃO, R. B. et al. Heat induced changes to dental resin composites: a reference in forensic investigations?. **Journal of Forensic Sciences**, [s.l.], v. 52, n. 4, p.913-919, 2007.

COLMENARES, G.G. et al. Effect of high temperatures on teeth fixed with an orthodontic bracket. An in vitro study. **Forensic Science International**, [s. l.], p. 1-6, 2020.

DARUGE, E.; DARUGE JÚNIOR, E.; FRANCESQUINI JÚNIOR, L. **Tratado de Odontologia Legal e Deontologia**. Rio de Janeiro: Editora Santos, 2017.

FERREIRA, J.L.; FERREIRA, A.E.; ORTEGA,A.I. Methods for the analysis of hard dental tissues exposed to high temperatures. **Forensic Science International**, [s.l.], p.119-124, 2008.

MEJÍA, C. et al. Behavior in vitro of the dentin-enamel junction in human premolars submitted to high temperatures: prediction of the maximum temperature based on logistic regression analysis. **Journal of Forensic Odontostomatology**, [s.l.], v.34, n.1, p.10-18, 2016.

PARRA, V. et al. Conventional X-ray analysis of porcine (*Sus domesticus*) periodontal and dental tissue subjected to high temperature. **Revista Odontológica Mexicana**,[s.l.], v. 19, n. 2, p. 89–95, 2015.

POL, C. A. et al. Effects of elevated temperatures on different restorative materials: An aid to forensic identification processes. **Journal of Forensic Dental Sciences**,[s.l.], v. 7, n. 2, p. 148– 152, 2015.

POL, C. A.; GOSAVI, S. R. Scanning electron microscopic analysis of incinerated teeth: An aid to forensic identification. **Journal of Oral and Maxillofacial Pathology**, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 32–35, 2014.

RUBIO, L. et al. Spectrophotometric analysis of color changes in teeth incinerated at increasing temperatures. **Forensic Science International**,[s.l.],p.1-20, 2015.

SAVIO, C. et al. Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: experimental study to aid identification processes. **Forensic Science International**,[s.l.], p. 108–116, 2006.

SHEKHAWAT, K. S.; CHAUHAN, A. Analysis of dental hard tissues exposed to high temperatures for forensic applications: An in vitro study. **Journal of Forensic Dental Sciences**,[s.l.], v.8, n.2. p.90-94, 2016.

SPADACIO, C. **Análise dos principais materiais dentários restauradores submetidos à ação do fogo e sua importância no processo de identificação.** 2007. Tese (Doutorado em Radiologia Odontológica)- Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2007.

VANDRANGI, S. K. et al. Adjunctive role of dental restorations in personal identification of burnt victims. **Journal of Oral and Maxillofacial Pathology**,[s.l.], v. 20, n. 1, p. 154–161, 2016.

VÁZQUEZ, L.; RODRÍGUEZ, P.; MORENO, F. In vitro macroscopic analysis of dental tissues and some dental materials used in endodontics, submitted to high temperatures for forensic applications. **Revista Odontológica Mexicana**,[s.l.], v. 16, n. 3, p. 171–181, 2012.

WOISETSCHLAGER, M. et al. Fire victim identification by post-mortem dental CT: Radiologic evaluation of restorative materials after exposure to high temperatures. **European Journal of Radiology**,[s.l.], p. 432–440, 2010.

YASHODA, V. et al. 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**, [s.l.], p.1-6, 2021.

