

DENTES SUBMETIDOS À AÇÃO DO CALOR: ANÁLISE MACROSCÓPICA E MICROSCÓPICA PELA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS TECIDOS DENTÁRIOS E SEUS RESPECTIVOS MATERIAIS RESTAURADORES

Palavras-Chave: identificação humana, carbonizados, materiais dentários, temperatura, MEV.

Autores/as:

THAÍS GONZALEZ FERREIRA [FOP-UNICAMP]

ANA FLÁVIA DE CARVALHO CARDOZO [FOP-UNICAMP]

ISABELA BIANCHIM MONTAGNER [FOP-UNICAMP]

SORAYA MONTEIRO GUEDES FERNANDEZ [FOP-UNICAMP]

MÁRCIO ALBERTO DE LUCCA JÚNIOR [FOP-UNICAMP]

Prof. Dr. LUIZ FRANCESQUINI JÚNIOR (orientador) [FOP-UNICAMP]

1. INTRODUÇÃO

Os estudos de identificação pelos dentes ganharam repercussão com as identificações realizadas utilizando a metodologia desenvolvida por Oscar Amoedo junto aos carbonizados do Bazar da Caridade (Silva et al. 2017). Nesta metodologia os caracteres sinaléticos dentários são confrontados por meio da análise de prontuários odontológicos realizados em vida e os dados obtidos diretamente dos cadáveres (Gioster-Ramos et al. 2021). A identificação positiva dos dentes é considerada método primário pela Interpol (2009), e para ser efetiva, não deve ocorrer qualquer tipo de incongruências/discordâncias. Caso se constate situações conflitantes, deve ser solicitado outro exame (ex. Análise do DNA) (Silva et al. 2008; Silva et al. 2009).

A incidência de carbonizações por meio de catástrofes naturais (terremotos, furacões), provocadas pela ação do homem (sabotagem, terrorismo), e até mesmo acidentais nos dias atuais é alta e é estudada pela traumatologia forense (Daruge et al. 2019). As alterações geradas nos dentes são estudadas pela traumatologia dentária de interesse na identificação humana positiva, pois traz alterações na estrutura dentária (inclusive nas restaurações) e estas podem dificultar, complicar ou mesmo inviabilizar o processo (Vanrell 2019). As transformações oriundas da ação do calor podem modificar a forma, o volume e as dimensões, porém, resquícios de materiais restauradores podem ser recuperados/identificados em análises microscópicas (por meio do MEV) (Francesquini Jr. et al. 2019).

Conhecer as possíveis modificações e interpretá-las adequadamente pode sugerir a quantidade de calor incidente, bem como, sugerir se houve crime, acidente ou mesmo uma catástrofe. A espectroscopia (EDS) pode inclusive indicar a composição química dos remanescentes de materiais restauradores, e análise microscópica pelo MEV pode mostrar preparos dentários produzidos por instrumentos rotatórios.

O corpo humano é exposto a temperaturas distintas durante um incêndio. Incidentes como a queima de gasolina ocorrem por volta de 800-1000°C, cremação de cadáveres por volta de 760-983°C e incêndios domésticos podem ter temperaturas de até 649°C (Patel et al., 2020).

Tendo em vista a estes fatos, buscou-se reproduzir os efeitos da ação térmica (calor) sobre dentes e restaurações, simulando o que pode ocorrer com os mesmos em situações de desastres naturais ou provocados pelo homem, onde o calor seja utilizado (incêndios, etc). Sendo assim, objetivo desse trabalho é analisar macroscopicamente (fotografias), microscopicamente (por meio do MEV) e espectroscopicamente (por meio do EDS) as alterações dos tecidos dentários e respectivos materiais restauradores existentes submetidos à ação do calor em diferentes faixas de temperatura (200 a 1200°C).

2. METODOLOGIA

Os dentes foram doados por cirurgiões-dentistas, selecionados seguindo os critérios de seleção (dentes permanentes de adultos maiores de 22 anos, hígidos ou com pouca destruição pela cárie) e limpos com hipoclorito de sódio 1%, após raspagem com curetas de Gracey.

Os materiais restauradores foram coletados do Laboratório de Pré-clínica I: resina composta microhíbrida (Z250, 3M), resina composta nanohíbrida (Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent) resina bulkfill (Filtek One Bulkfill, 3M), resina flow (Opallis, FGM), ionômero de vidro modificado por resina (Vitremer, 3M), selante resinoso fotopolimerizável (FluroShield, Dentsply Sirona), óxido de zinco e eugenol (Biodinâmica), hidróxido de cálcio (Hydro C, Dentsply Sirona), cimento de ionômero de vidro restaurador (Maxxion R, FGM) e amálgama (em cápsula).

Após seleção e limpeza dos dentes, os mesmos foram separados por grupo dentário (anteriores, pré-molares e molares), preparados conforme a Classe (segundo a classificação de Black) pré-determinada e restaurados com cada tipo de material, sendo: 54 pré-molares (CI),

12 pré-molares (sem preparo), 54 molares (CII), 12 molares (sem preparo), 24 incisivos ou caninos (CIV), 18 incisivos ou caninos (CV), 6 incisivos ou caninos (CIII) e 6 incisivos ou caninos (sem preparo).

Além disso, 10 molares restaurados com cada tipo de material restaurador e um elemento hígido de cada grupo (1 molar, 1 pré-molar e 1 incisivo ou canino) formam o grupo controle (sem queima). Todos os dentes, após restaurados, foram fotografados utilizando a escala (régua) da Interpol. Em seguida, os dentes foram inseridos, individualmente, em discos de argila marrom ou cinza e identificados com seus respectivos números. Os dentes do grupo controle foram inseridos em discos de silicone de condensação pesado.

Cada dente, exceto os do grupo controle, foi queimado conforme a temperatura pré-determinada, sendo: 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C e 1200°C. Após a queima, os dentes foram fotografados novamente (utilizando a escala (régua) da Interpol) e analisados macroscopicamente quanto à cor, aspecto e características principais. Para a análise MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), são necessários stubs. Estes foram confeccionados no laboratório de Odontopediatria, em discos de resina acrílica de 30mm de diâmetro e 10mm de altura, onde as amostras devem ser fixadas, após a queima, para a realização da cobertura com carbono no aparelho Denton Vacuum Desk II. Em seguida, cada amostra foi analisada por MEV e EDS (Espectroscopia de Raios X por Energia Dispersiva).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resina composta microhíbrida

Aos 200°C a resina apresenta-se amarela e as fissuras da restauração são evidenciadas. O elemento dental apresenta-se na cor creme, com manchas marrons dispersas. Não há fraturas. Aos 400°C, tanto o dente quanto a resina apresentam uma cor nude, levemente acinzentada, com trincas.

Aos 600°C, o dente torna-se preto, já a resina apresenta-se na cor branca. É possível ver uma leve contração do material, evidenciando os limites da restauração. Aos 800°C, o dente continua preto e o material acinzentado. Porém, houve uma fratura extensa tanto do elemento dental, quanto da restauração. Aos 1000°C, houve um desprendimento do material restaurador da cavidade (impedindo a análise do mesmo) e fratura do elemento dental, que se apresenta branco com manchas acinzentadas. E por fim, aos 1200°C o elemento dental apresenta-se na cor branca, com aspecto de giz. Já o material restaurador apresenta um aspecto vítreo, rosa claro transparente com contração das margens laterais da restauração. Na análise MEV, a resina apresenta diversas rachaduras (Figura 1), lembrando terra seca (Figura 2).

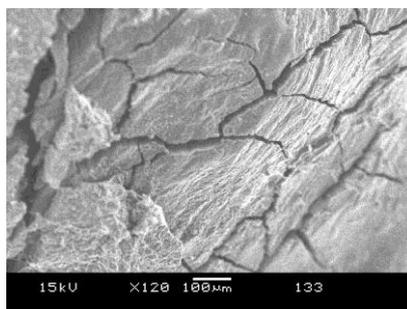


Figura 1: Análise por MEV de resina microhíbrida queimada a 800°C, em um aumento de 120x



Figura 2: Terra seca (Fonte: <https://pt.vecteezy.com/foto/887329-terra-seca-e-rachada>)

Na análise por EDS, o silício (Si) aparece em todas as amostras. Além disso, o sódio (Na) também aparece em todas, exceto 600°C e 800°C. O alumínio (Al) também aparece em grande parte das amostras, exceto 800 e 1000°C. Sendo assim, a análise por EDS não foi tão útil para identificação positiva do material.

3.2. Resina nanohíbrida

Aos 200°C a restauração é amarela. A partir de 600°C o dente apresenta-se cinza e o material preto. A 800°C em diante, o material apresenta-se branco com trincas. Na análise MEV, o material lembra uma casca de mexerica (Figura 3).

A análise elemental ainda não foi finalizada. Entretanto, nas duas análises feitas (200 e 800°C) foi possível identificar Ba em ambas. Além disso, na amostra queimada a 200°C identificamos Yb.

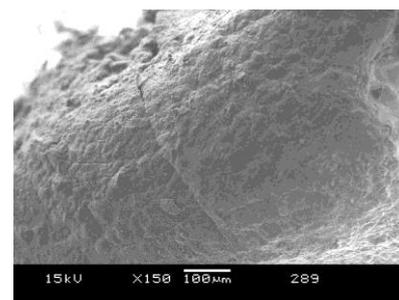


Figura 3: Análise por MEV de resina nanohíbrida queimada a 800°C, em um aumento de 150x

3.3. Resina flow

Aos 200°C, o elemento dental apresenta-se com uma coloração creme, porém em uma tonalidade mais escura que a inicial, com manchas acastanhadas dispersas. Já a resina flow apresenta-se alaranjada e lisa. Aos 400°C, o dente não muda de cor em relação à temperatura anterior, porém o material apresenta-se preto, com trincas por toda a restauração (aspecto de raio).

Aos 600°C, o dente apresenta-se cinza e o material apresenta-se branco com manchas cor creme.

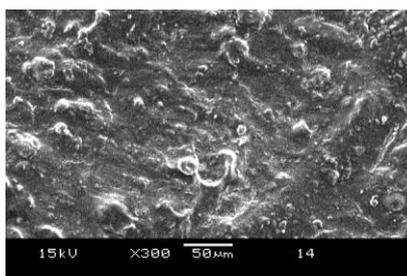


Figura 4: Análise por MEV de resina flow queimada a 200°C, em um aumento de 300x



Figura 5: Água borbulhando (Fonte: <https://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2018/09/28/146925-esse-lago-borbulhante-e-o-inferno-da-mudanca-climatica.html>)

Houve fratura do material, porém sem perda de estrutura. Aos 800°C, o dente apresenta-se preto e o material cinza, com trincas por toda parte. Além disso, a restauração contraiu bastante, sendo possível observar fendas entre o dente e a restauração. Aos 1000°C, o dente apresenta-se cinza e o material branco. Tanto o dente, quanto a restauração fraturaram. Na análise MEV, o material apresenta um aspecto rugoso com algumas erupções (Figura 4), lembrando água borbulhando (Figura 5).

A análise elemental ainda não foi realizada a 1200°C. Porém, em todas as outras amostras foram possíveis identificar picos de Al, Si e Ca. O Bário (Ba também aparece em todas as amostras, exceto na de 1000°C, que apresenta um pico de Co (a amostra de 600°C também indica um pico de Co).

3.4. Resina bulkfill

Aos 200°C, o dente apresenta-se creme e a restauração amarela. A partir dos 600°C, o dente apresenta-se cinza e o material branco. Há uma contração do material, com a formação de uma fenda entre o dente e a restauração. A partir de 1000°C o material fraturou-se. Aos 1200°C, o dente apresenta-se branco, com aspecto de giz e o material marrom escuro. O dente, à essa temperatura, também fraturou. Na análise MEV, o material lembra um cimento fresco (Figura 6). A análise elemental foi realizada somente em duas amostras, até o momento, onde foi possível identificar Al, Si, P, In, Ca, Ba, Ti e Fe a 200°C, e Al, Si, Zr, Yb a 800°C.

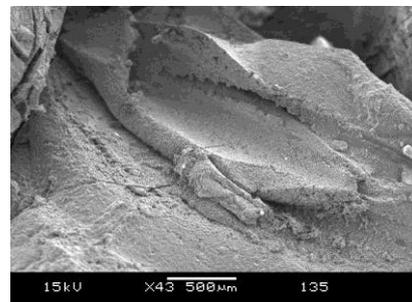


Figura 6: Análise por MEV de resina bulkfill queimada a 800°C, em um aumento de 43x

3.5. Hidróxido de cálcio

Aos 200°C, o material apresenta-se branco, rachado ao meio. Já o elemento dental apresenta-se na cor creme, com manchas marrons dispersas. Aos 400°C, o material apresenta-se rosa com trincas. Aos 600°C, o dente apresenta-se cinza com uma fratura pequena. O hidróxido de cálcio apresenta-se cor creme rachado ao meio. Aos 800°C, houve a fratura do elemento dental e desprendimento do material restaurador da cavidade.

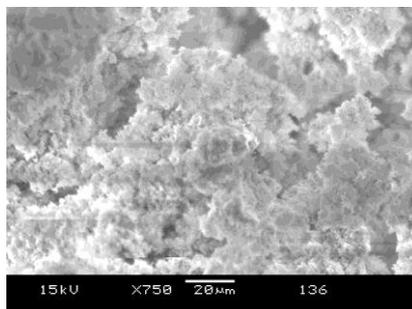


Figura 7: Análise por MEV de hidróxido de cálcio queimado 800°C, em um aumento de 750x



Figura 8: Neve (Fonte: <https://pixabay.com/pt/photos/neve-fundo-textura-frio-branco-4252977/>)

Aos 1000°C, o dente apresenta-se cinza claro com manchas alaranjadas e o material amarelo e contraído, com trincas por toda a sua extensão. Na análise MEV, o material apresenta-se liso com algumas manchas. Em um aumento mais aproximado (Figura 7), lembra flocos de neve (Figura 8). Na análise elemental, foi possível identificar o Ca em todas as amostras, compondo mais de 60% dos elementos (exceto a 600°C, onde sua composição chegou a 30%). Portanto, o EDS pode ajudar na identificação positiva do material, porém é preciso cautela para não confundir com o próprio elemento dental.

3.6. Óxido de zinco e eugenol

A 200°C, o dente apresenta-se creme com manchas pretas e o material levemente cinza. A 400°C, 1000°C e 1200°C o dente apresenta-se branco. A 600°C e 800°C, cinza. Já o material é branco a partir de 400°C. Na análise MEV, o material é liso (Figura 9), porém riscado, lembrando asfalto (Figura 10). A análise elemental ainda não foi finalizada (a amostra de 1000°C não foi realizada), porém é possível identificar que o Zn aparece em todas as amostras, compondo a maioria do material e acompanhado de Si e Al (que só não aparece a 800°C). Portanto, o EDS pode ajudar na identificação positiva do material.

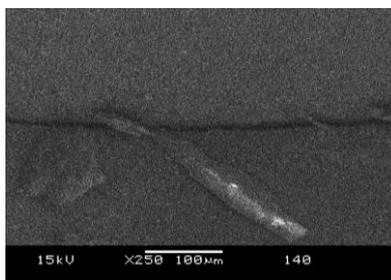


Figura 9: Análise por MEV de óxido de zinco e eugenol queimado a 800°C, em um aumento de 250x



Figura 10: Asfalto (Fonte: <https://br.depositphotos.com/stock-photos/asfalto.html>)

3.7. Amálgama

Aos 200°C e 400°C, o dente apresenta-se bege com manchas amarronzadas/acinzentadas. O material apresenta-se prata à 200°C e fosco. A partir de 400°C, o material apresenta-se preto e poroso, devido à evaporação do mercúrio e estanho. Aos 600°C e 800°C, o dente apresenta-se cinza. Aos 800°C e a 1200°C, houve a formação de uma massa compacta (aspecto de bolha) de material, assim como mostrou

Patidar, em 2010, e Spadacio, em 2011. E a partir de 1000°C, o dente apresenta-se rosa. Não houve fratura ou deslocamento do material da cavidade em nenhuma temperatura, assim como no estudo de Célio Spadacio (2011).

À análise MEV, o material apresenta um aspecto de poeira (Figura 8 e Figura 9) (exceto as bolhas de material formada a 800 e 1200°C, que apresentam um aspecto liso).

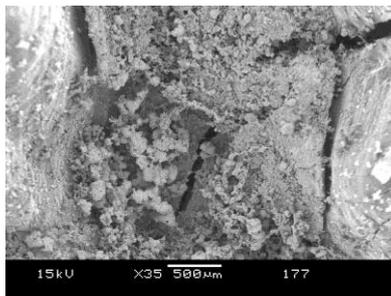


Figura 8: Análise por MEV de amálgama queimado 1000°C, em um aumento de 35x



Figura 9: Poeira/sujeira (Fonte: <https://pt.dreamstime.com/lixo-poeira-sujeira-sobre-fundo-branco-textura-do-de-um-aspirador-image169088903>)

Na análise elemental (EDS), é possível encontrar todos os elementos principais que compõem material (Ag, Sn, Cu) em todas as amostras, exceto na amostra queimada a 1000°C, que apresenta apenas estanho (Sn). O mercúrio (Hg) só é encontrado até 600°C, após essa faixa de temperatura assume-se que evaporou. Sendo assim, a restauração pode ser identificada positivamente como restauração de amálgama em todas as amostras (exceto a 1000°C, mas acreditamos que a razão seja um erro de seleção da área para análise). Esses dados corroboram com o estudo de Yashoda, 2021.

3.8. Ionômero de vidro restaurador

Aos 200°C e 400°C o dente apresenta cor creme, com manchas escurecidas dispersas. O material apresenta-se marrom aos 200°C, com trincas. Aos 400°C, apresenta-se preto e contraído. Aos 600°C, o dente apresenta-se cinza com manchas brancas e o material cinza. A partir dessa temperatura há fratura de dente e restauração, além da formação de trincas e mini trincas no material. A partir de 800°C o dente apresenta-se branco. Já o material apresenta-se cinza, tornando-se branco aos 1200°C. Na análise MEV, o material apresenta-se como um aglomerado de esferas, lembrando uma espécie de coral (Figura 10).

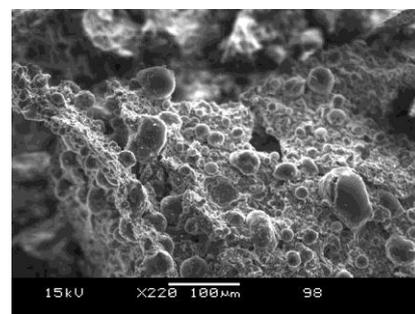


Figura 10: Análise por MEV de ionômero de vidro queimado 600°C, em um aumento de 220x

Na análise por EDS, os elementos principais aparecem em todas as amostras: Na, Al, Si, P e Ca. O sódio (Na) só não aparece a 200°C. A 1000°C também é possível encontrar flúor (F). Portanto, é possível fazer a identificação positiva do material.

3.9. Ionômero de vidro modificado por resina

Aos 200°C, a restauração apresenta-se marrom e laranja, manchada. A partir de 600°C o dente apresenta-se cinza e a restauração branca. De 800°C a 1200°C o dente apresenta um aspecto de giz branco. A 800°C o material apresenta-se preto, tornando-se branco com pontilhados alaranjados a 1000°C e branca com aspecto de giz a 1200°C, além de contração do material. Houve fratura do material e dente a 600°C e a 800°C. No MEV, o material tem um aspecto esfarelado, de areia cinética (Figura 11 e Figura 12).

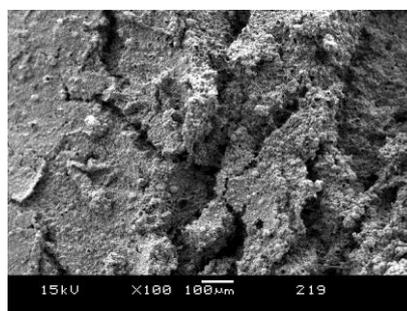


Figura 11: Análise por MEV de ionômero de vidro modificado por resina queimado 1200°C, em um aumento de 100x



Figura 12: Areia cinética (Fonte: <https://www.slimestorebrasil.com.br/produtos/a-reia-magica-cinetica-com-tapetinho-inflavel-para-nao-sujar-o-ambiente/>)

A análise elemental da amostra de 400°C ainda não foi realizada, entretanto, em todas as outras foi possível identificar Al e Si.

3.10. Selante resinoso

A 200°C, o dente é creme com manchas marrons dispersas e o material alaranjado e liso. Aos 400°C, o dente apresenta-se creme e fosco. Já o material é cinza e fissurado. A partir de 600°C o dente é cinza e o material é branco com manchas beges e ocorre trincas por toda a extensão da restauração (aspecto de raio). O dente torna-se branco giz a partir de 1000°C e a restauração cinza.

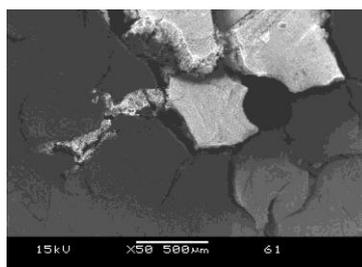


Figura 13: Análise por MEV de selante resinoso queimado 400°C, em um aumento de 50x

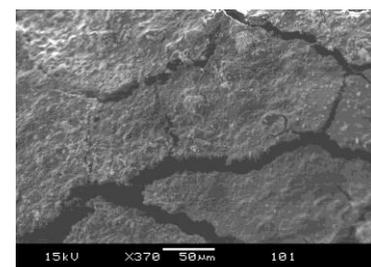


Figura 14: Análise por MEV de selante resinoso queimado 600°C, em um aumento de 370x

Na análise MEV o material é bem liso (Figura 13), porém com rachaduras. Em um aumento mais aproximado

apresenta-se rugoso (Figura 14), lembrando uma casca de árvore. A análise elemental do selante resinoso a 1200°C ainda não foi realizada, entretanto, os elementos principais do material (Al, Si e Ba) foram encontrados em todas as amostras, facilitando a identificação do material.

3.11. Considerações gerais

Os tecidos dentais ficam mais claros (brancos) com o aumento da temperatura. Sendo assim, a cor dos dentes é um indicador confiável em relação à sua fragilidade e à temperatura em que foram queimados. Os dentes mais escuros (enegrecidos) são menos frágeis em comparação aos dentes que apresentam coloração cinza ou branca. Esse clareamento dos tecidos ocorre devido à perda progressiva de água e desidratação dos tecidos, junto com a exclusão dos compostos orgânicos (Patidar et al., 2010; Patel et al., 2020).

Já a análise por microscópio eletrônico de varredura é bastante útil na análise dos dentes queimados, porque fornece detalhes da característica do material e requer somente uma pequena amostra. Além disso, não destrói a amostra, que já é frágil (Pol et al., 2014).

Em relação à análise espectroscópica, ela também é útil para identificação do material, porém não para todos e requer uma identificação correta da posição do material no elemento dental, o que pode ser bastante difícil. Os elementos Ag, Sn, Hg e Cu são indicativos de amálgama. Já Ba e Yb são indicativos de algum material resinoso.

4. CONCLUSÕES

A análise MEV e EDS auxiliam muito na identificação do material restaurador. A partir da coloração do elemento dental e do material restaurador, é possível identificar a faixa de temperatura em que o dente foi queimado, bem como, se indicar qual foi o material restaurador utilizado pelos resquícios de elementos químicos evidenciados pelo MEV.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Aashray Patel, Vaishali Parekh, Niraj Kinariwala, Abraham Johnson, Mona Somani. Forensic Identification of Endodontically Treated Teeth after Heat-Induced Alterations: An In Vitro Study. *Eur Endod J.* 2020.
2. Célio Spadacio. Análise dos principais materiais dentários restauradores submetidos a ação do fogo e sua importância no processo de identificação. 2011
3. Daruge E, Daruge Júnior, E., Francesquini Júnior, E. Tratado de Odontologia Legal e Deontologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2ed. 2019.
4. Francesquini Jr., Ulbricht V., Martins, A.L., Silva, R.F., Pereira Neto, J. S., Daruge Jr., E. Charred: Forensic Dental identification and scanning electron microscope. *Journal of Forensic Dental Sciences.* 2019: p.1-5, v.10, Doi.10.4103/jfo.jfds-65-18.
5. Gioster-Ramos, ML; Silva, ECA; Nascimento, CR; Fernandes, CMS; Serra, MC. Técnicas de identificação humana em Odontologia Legal. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, e20310313200, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13200>.
6. Kalpana A Patidar; Rajkumar Parwan e Sangeeta Wanjari. Effects of high temperature on different restorations in forensic identification: Dental samples and mandible. *J Forensic Dent.* 2010.
7. Silva RF; Daruge Jr. E; Pereira, SDR; Almeida, SM; Oliviera, RN. Identificação de cadáver carbonizado utilizando documentação odontológica. *Rev. odonto ciênc.* 2008;23(1):90-93
8. Silva RF; Prado, MM; Oliveira, HCM; Daruge Jr. E. Quantos pontos de concordância são necessários para se obter uma identificação odontológica positiva? *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo* 2009 jan-abr; 21(1): 63-8.
9. Silva RF; Franco, A; Oliveira RN; Daruge Júnior, E; Silva, RHA. A história da odontologia legal no brasil. Parte 1: origem enquanto técnica e ciência. *Rev Bras Odontol Leg RBOL.* 2017; 4(2):87-103.
10. Pol C; Ghige S; Gosavi S; Hazarey V. Effects of elevated temperatures on diferente restorative materials: Na aid to forensic identification processes. *J Forensic Dent Sci.* 2015; 7(2): 148.Yashoda 2021
11. Vanrell, JP *Odontologia Legal e Antropologia Forense.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 3ed. 2019.