

Comportamento de restaurações de resina composta submetidas a altas temperaturas com propósitos forenses

Behavior of composite resin restorations exposed to high temperatures with forensic purposes

Eduardo Victor Maroun¹

Fernanda Pitta Ritto²

Andreia Cristina Breda de Souza³

Casimiro Abreu Possante de Almeida⁴

Recebido: 23/06/2014

Aceito: 11/08/2014

Resumo

O objetivo desse artigo foi realizar uma coletânea sobre alterações macroscópicas e microscópicas das resinas compostas expostas ao calor, e destacar sua importância na identificação de cadáveres. Após realizar revista de artigos publicados de 2006 a 2014, no banco de dados Pubmed, empregando as palavras-chave "identificação por restaurações" e "alterações por calor". A partir disto, foram formados quatro grupos referentes à temperatura das resinas: 200°C, 400°C, 600°C, 1000°C; com as respectivas alterações sofridas pelas restaurações. Avaliou-se também métodos para análise do estado final destes materiais, como Fluorescência por Raio-X, o software SLICE e espectrofotometria, confrontando vantagens e desvantagens, além da colaboração nas pesquisas analisadas. Observou-se que as resinas possuem um comportamento bifásico conforme a temperatura é elevada até 1000°C, sofrendo alterações como expansão, incineração e volatilização da matriz orgânica. Pôde-se concluir que os métodos devem ser utilizados em conjunto e cada um responde a uma necessidade durante a análise.

Palavras-chave: materiais dentários, identificação de vítimas, odontologia forense.

Abstract

The purpose of this article was to perform a gathering information of macroscopic and microscopic changes of composite resins when submitted to high temperature, and highlight its importance in the identification of body. After a review of articles collected from 2006 to 2014, in the Pubmed database, using the keywords "identification by restorations" and "changes by heat". After that, four groups were formed regarding temperature imposed resins: 200°C, 400°C, 600°C, 1000°C. The following methods were also evaluated for analysis of these results: X-Ray Fluorescence, the SLICE software and Spectrophotometry, comparing their advantages and disadvantages, and its collaboration on researches analyzed. It was observed that the resins have a biphasic behavior when the temperature is raised to 1000°C, under changes as expanding combustion and volatilization of the organic matrix. It was concluded that the methods should be used together and each one responds to a requirement during the analysis.

Key-words: dental materials, victims identification, forensic dentistry.

¹Cirurgião Dentista, Graduado pela UFRJ, Aluno do Curso de Especialização em Dentística da Odontoclínica Central da Marinha

²Capitão-Tenente (CD), Mestre em Materiais Dentários pela COPPE-UFRJ, Doutoranda em Dentística pela UERJ. Professora do Curso de Especialização em Dentística da Odontoclínica Central da Marinha

³Mestre em Odontologia Legal pela UNICAMP; Profa. Assistente da Faculdade de Odontologia da UFRJ.

⁴Doutor em Odontologia Legal pela UNICAMP; Prof. Adjunto da Faculdade de Odontologia da UFRJ.

Introdução

A identificação humana a partir de características odontológicas é um método de grande valia para situações de acidentes, onde as vítimas não podem ser identificadas pelos processos convencionais (1-3). Contudo, em acontecimentos como catástrofes aéreas, naufrágios e explosões, o reconhecimento visual ou a identificação através da análise de digitais colhidas muitas vezes não são possíveis pelo grande estado de deterioração que os corpos se encontram. Nestes casos, a análise das arcadas dentárias torna-se necessária para a identificação da vítima, assim como os possíveis restos ósseos (2,4,5).

BAGDEY et al. (1), em 2014, atestaram que os dentes e materiais obturadores possuem uma ótima resistência ao calor e ao frio. Isso se dá pela presença da mucosa bucal e labial, e demais estruturas orofaciais, as quais protegem os elementos dentários e materiais obturadores, levando a sua preservação.

Mesmo assim, a incineração do material humano leva a uma alteração do conteúdo orgânico, e a análise das arcadas é um desafio ainda maior para pacientes com dentes restaurados (3,6). Poucos estudos foram documentados envolvendo os tipos de materiais obturadores quando submetidos às altas temperaturas. Contudo, o uso desta técnica como uma ferramenta pouco invasiva e que agiliza as investigações forenses, aumenta a necessidade de um maior conhecimento sobre essa área.

No campo odontológico atual, é possível notar uma maior necessidade estética por parte dos pacientes. Com isso, em cavidades onde antes eram indicadas restaurações de amálgama de prata, hoje é preconizado o compósito resinoso, mudando o panorama odontológico da população (5-8).

Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o comportamento das restaurações de resina composta quando submetidos a altas temperaturas com finalidade forense. A busca pelos artigos foi realizada no banco de dados PUBMED utilizando as expressões "identificação por restaurações" e "alterações por calor". Para a primeira, foram aproveitados artigos que contivessem como tema o material resina composta e excluídos outros que não citassem os compósitos, ou somente outros materiais restauradores. Já em "alterações por calor", o

critério de inclusão foi para a área odontológica com enfoque para alteração em estrutura dentária, restaurações de resina e propósitos forenses, e de exclusão para outras áreas como medicina e artigos odontológicos que não citassem resina como material restaurador. A partir disso, formou-se uma coletânea de artigos publicados entre 1998 e 2014, os quais foram analisados e organizados por temas abordados, que variam desde análises microscópicas e macroscópicas até a análise radiológica dos compósitos quando submetidos às altas temperaturas.

Revisão de Literatura

De acordo com a *Disaster Victim Identification* elaborada pela Interpol, a identificação odontológica é considerada um método primário de identificação, assim como a datiloscopia (exame das digitais) e o exame de DNA. Neste tipo de identificação são realizadas 3 etapas no processo de investigação da identidade das vítimas: a busca de informações ante-mortem, a coleta e o exame de evidências *post-mortem*, e a comparação entre eles. Dessa forma, os requisitos técnicos e biológicos são atendidos no processo de identificação humana. Dentre muitos elementos da arcada dentária, durante essa etapa de confronto entre documentos, as restaurações são muitas vezes decisivas (9).

Para análise do comportamento das resinas quando submetidas ao calor, estudos foram conduzidos seguindo um certo padrão quanto a temperatura aplicada sobre as amostras. Com base nisto, foram separados em grupos (200°C, 400°C, 600°C, 1000°C) os quais obedeceram as mesmas faixas de calor das pesquisas, descrevendo em cada as características apresentadas pelo material resinoso e a estrutura dentária que a acompanha. Em sequência, os principais métodos de análise para avaliação da condição final do compósito após terem sido submetidos às altas temperaturas, foram apresentados.

Resina composta e estruturas dentárias submetidas a diferentes temperaturas

200 °C

BRANDÃO et al. (6), em 2007, observaram que resinas compostas nesta temperatura sofrem alteração de cor de modo que o aumento da luminosidade é pouco perceptível, sendo

essa característica ainda mais acentuada com o aumento do tempo de exposição a este grau de calor. Neste estudo foram empregados dois tipos diferentes de resina compostas (Z100, 3M ESPE) e Charisma, (Kulzer) expondo-as a 200°C por diferentes tempos (15 min, 30min e 45 min), e observou que a alteração depende da marca da resina composta, tendo o segundo material apresentado essa alterações apenas nas bordas (**Figura 1**). SPADÁCIO et al. (5), em 2011, citam que as resinas compostas Z100, Durafil VS (Kulzer), TPH (Dentsply), expostas por 15 minutos, apresentaram cor amarelada, cinza e marrom, respectivamente, além de leve contração. Para BAGDEY et al. (1), em 2014, a estrutura dentária quando atinge esta temperatura, microscopicamente, apresenta-se com microfraturas e trincas ao longo de sua superfície.

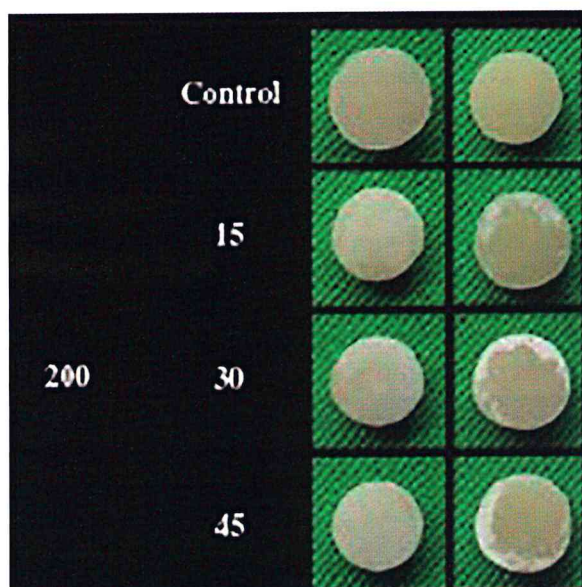


Figura 1 - A mudança da luminosidade ainda não é bem evidenciada a 200°C, sem sofrer também grandes perdas de seus componentes estruturais (Fonte: Brandão et al., 2007: p.916).

400°C

Numa temperatura mais elevada, também há mudança de cor da resina. BRANDÃO et al. (6), em (2007), demonstraram que há uma gradual queda na luminosidade com o aumento do tempo de exposição (**Figura 2**). É notável o início da carbonização do material restaurador a essa temperatura, e perda da matriz resinosa. (5). MORENO et al. (11), em 2009, evidenciaram que ao atingir essa temperatura, a coroa dentária apresentou uma coloração próxima do cinza claro, e na microscopia, novas microfraturas são observadas no esmalte (**Figura 3**).

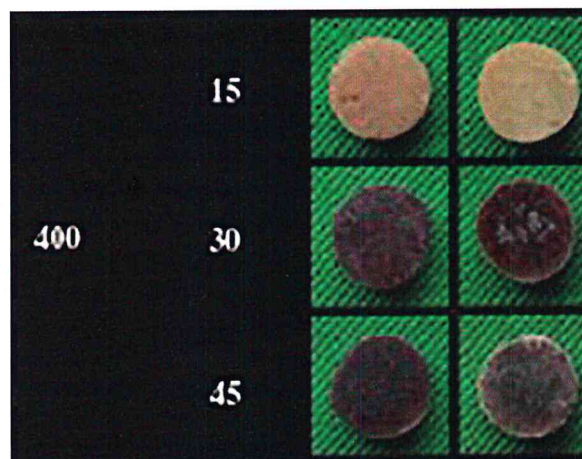


Figura 2 - A 400°C, a resina sofre uma significativa diminuição de valor. (Fonte: Brandão et al., 2007: p.916).



Figura 3 – Escurecimento da coroa dentária aos 400°C e início de desadaptação das margens restauração. (Fonte: Moreno et al., 2009: p.142)

600°C

BRANDÃO et al. (6), em 2007, observaram que um comportamento bifásico é bem representado a esta temperatura, tendo em vista que as amostras sofreram novamente um aumento na luminosidade, contrastando com o escurecimento observado a 400°C. De acordo com o tempo de exposição, essa elevação da luminosidade é proporcionalmente elevada até chegar a um grau de saturação dessa característica (**Figura 4**). A esta temperatura, há a contração das margens devido à carbonização da matriz de metacrilato, segundo MORENO et al. (11), em 2012. O processo de calcinação já está finalizado a esta temperatura e há uma alta contração e desadaptação das margens (5,6). Nessa temperatura, a coroa dentária mostrou-se mais escura, próxima ao preto, e possíveis

Quadro 1 - Alterações sofridas pela resina composta e a estrutura dentária, de acordo com a temperatura imposta.

T°C	200°C	400°C	600°C	1000°C
Alterações no (a)				
Cor	Amarelado, marrom, cinza ou opaco	Tom amarelado mais acentuado e início da perda de valor	Ganho de valor até atingir uma cor branco opaca, mantendo-se no ponto de saturação.	Não há mudanças significativas
Macroestrutura	Leve contração por desidratação	Carbonização	Carbonização e Calcinação.	Possível incineração do material
Microestrutura	Não há propagação de trincas	Progressiva perda da porção orgânica, além de maior contração	Ainda há a carbonização da matriz resinosa.	Porção inorgânica ainda presente.
Dente	Ínicio da formação de trincas, perda de brilho e cor marrom claro.	Propagação de trincas, e cor acizentada ou marrom escura da coroa.	Lascas de esmalte são destacadas da coroa, e o esmalte pode se desprender da dentina, e ganha um tom mais escuro ou cinza azulado.	Possível fragmentação da coroa, e tom escurecido.

destacamentos de lascas de esmalte e dentina, ou se não, fratura de grandes porções coronárias. Microscopicamente, há a propagação de linhas de fraturas já existentes (1).

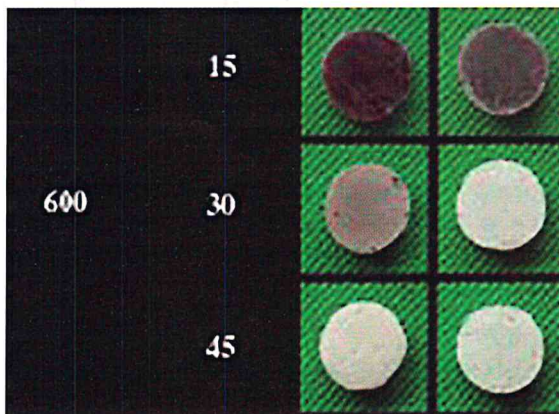


Figura 4 – A 600°C, há um novo ganho de valor das resinas até atingir um ponto de saturação. (Fonte: Brandão et al., 2007: p.917).

1000°C

Nesta alta temperatura, BRANDÃO et al. (6), em 2007, evidenciaram que ambas resinas compostas testadas se mantiveram com baixa variação de luminosidade de acordo com o tempo de exposição. Pode-se observar, em alguns casos, início da incineração do material quando o tempo de exposição excede os 45 minutos (**Figura 5**). Foi verificado que a

coroa dentária nessa temperatura encontrava-se fragmentada na maioria dos testes, pela completa propagação das linhas de fratura, ou sem porções de sua estrutura (7).

De forma resumida, é possível observar no **Quadro 1** as alterações sofridas pela resina composta e a estrutura dentária, de acordo com a temperatura imposta.

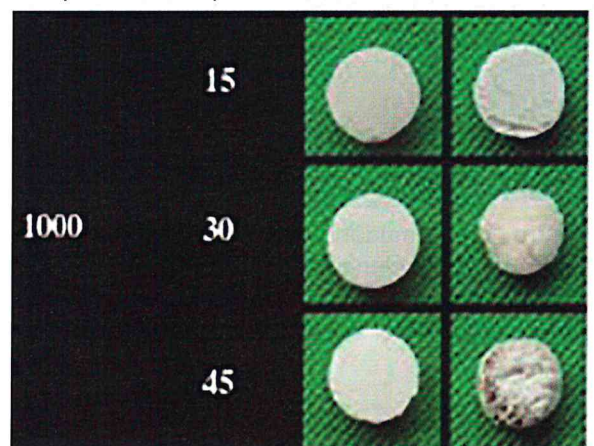


Figura 5- Não há significativa mudança de luminosidade aos 1000°C tendo atingido o ponto de saturação. Há uma incineração do material aos 45 minutos para a amostra do segundo grupo. (Fonte: Brandão et al., 2007: p.917).

Alguns autores também avaliaram as mudanças das propriedades físicas e mecânicas da resina composta quando submetida à

alta temperatura. ROSSOUW et al. (10), em 1999, aferiram a contração volumétrica, a radiopacidade e a resistência à compressão de restaurações com as resinas Z100 (3M ESPE) e TPH (Dentsply) após aplicação de calor. Como resultado obtiveram uma variação de 5,9% a 10,5%, respectivamente, na contração volumétrica, após sobpostas a 370°C por 5 minutos. Nesta mesma temperatura, a TPH teve uma redução de 140 para 100 MPa (Megapascal) na resistência a compressão, enquanto a Z100 foi de 100 a 60 MPa. Já em 500°C por 5 minutos, houve uma queda para aproximadamente 0 MPa para ambas as resinas. A característica de radiopacidade, não apresentou alterações significantes após o calor (10).

Métodos Auxiliares para Análise

-SLICE.

SLICE (*Spectral Library Identification and Classification Explorer*) é um software projetado para arquivar, consultar e comparar espectros de Raios-X, e representa uma nova abordagem revolucionária para análise de materiais. Partindo do princípio que cada resina composta possui um espectro individual, assim como outros tecidos biológicos, este programa consegue identificar o material que foi utilizado na restauração de um elemento dentário, além de ser capaz de distingui-la de ossos e dentes, colaborando com a identificação humana (2,7).

-Fluorescência por Raios-X (XRF),

Método utilizado em larga escala em estudos para análise química e estrutural de materiais oriundos de diversas áreas, como da construção civil, da arqueologia e da metalúrgica, além da área forense (12). Nesta última, é utilizado um instrumento portátil que emite a Radiação-x, bombardeando o material alvo que refletirá ondas de espectro visível com comprimentos de ondas específicas a sua composição. Pode ser utilizado associado ao software SLICE para alguns materiais (3,6).

-Radiografia convencional

Bem indicada para análise da estrutura dentária e identificação de possíveis remanescentes de restaurações resinosas ainda no dente, em casos do mesmo ter sofrido algum trauma ou fratura, e até alterações dimensionais por altas temperaturas. Pelo fato da resina composta ser de maior radiopacidade em relação às estruturas esmalte e dentina, devido aos metais pesados em sua composição, torna-se facilmente possível sua identificação radiográfica (13,15).

-Espectrofotometria com energia dispersiva de Raios-x associada à Microscopia eletrônica. (MEVEDS)

Um outro método também utilizado em larga escala no estudo da identificação da composição de materiais. Um aparelho consegue aferir e detectar a energia de raio-x liberada pela amostra, fornecendo análise qualitativa e quantitativa da composição elementar, com uma profundidade de amostragem de aproximadamente 1 a 2 micrometros, além da sua distribuição pela superfície investigada. A microscopia eletrônica de varredura é utilizada em associação para observar e ter maior precisão desses espectros obtidos (12,15).

Discussão

Uma característica obtida em comum a todas as resinas, é que estas mostraram-se como um material de comportamento bifásico que de acordo com a elevação da temperatura fica mais escura (400 °C), e, em seguida, fica mais clara, com o aumento ainda maior do calor (600°C), seguindo padrões diferentes para marcas diferentes. O tempo de exposição, se imposto de forma escalonada, permite que seja visualizado a mudança gradual da luminosidade. Desse modo, Brandão et al (6), em 2007, utilizaram intervalos curtos de temperatura (200°, 400°, 600° e 1000°C) e tempos de exposição diferentes (15, 30 e 45 minutos) para um resultado mais diversificado. Neste estudo há uma maior percepção da variação gradativa da luminosidade das resinas, possibilitando distinguir com maior precisão em qual temperatura iniciou-se a mudança de cor (200°C). O decréscimo do valor se dá por um processo de carbonização da resina, e o conseqüente aumento do valor pela calcinação do material(5).

Ter conhecimento das propriedades mecânicas do material resinoso após alterado pelo calor é de extrema importância no ponto de vista pericial. A resina composta calcinada ou em um processo de carbonização, que já começa a acontecer após os 400°C ou 500°C, apresenta uma resistência à compressão muito próxima de 0 MPa. Essa característica pode acarretar na perda da morfologia dentária ou até queda da restauração do elemento dentário caso a peça pericial for manuseada de forma imprópria. Já uma correta condução do material possibilitará que este seja radiografado e preservado para o confronto de documentações, fornecendo mais dados para a identificação por arcada dentária (16).

SPADÁCIO et al. (5), em 2011, ressaltaram que todos os elementos dentários apresentaram a restauração ainda na cavidade dentária em todos os 96 dentes de seu estudo ao final da aplicação das altas temperaturas, mesmo com a desadaptação marginal e contração do material. Embora esta pesquisa não

tenha fornecido os dados a respeito da resistência à compressão e nem quantificado esta contração, acaba por colaborar com mais evidências científicas da possível preservação das restaurações ainda no elemento dentário mesmo após altas temperaturas, de modo a colaborar na investigação forense.

Em relação aos diferentes materiais restauradores e a identificação forense, a literatura mostra facilidade de diferenciação de cada material devido ao comportamento e ao aspecto visual distinto na comparação da resina com outros materiais. O amálgama, por exemplo, tem um comportamento monofásico, e, a 200°C apresenta-se com perda brilho, perda de selamento marginal e bolhas na superfície, a 400°C trincas e depressões ao longo da superfície e a 600°C, normalmente, há exposição de camadas mais internas da restauração devido a fraturas de partes da superfície da restauração e irregularidade. Já o ionômero de vidro a 200°C pode desprender-se da cavidade, a 400°C pode ser identificado com a mesma cor da coroa, num tom amarronzado claro, e a 600°C uma pequena porção da restauração ainda apresenta-se ao

dente. Conforme a temperatura se eleva a 800°C, o material ganha um tom mais opaco e branco, indicando a calcinação do mesmo (1, 2, 9,16).

Todas as pesquisas analisadas mostraram possuir mais de um método auxiliar para a análise do resultado de suas resinas alteradas pelo calor. Segundo BRANDÃO et al.(6), em 2007, a combinação destes métodos permite a obtenção de informações com maior potencial de valor para comparações a serem realizadas em arcadas dentárias de vítimas. Já BUSH et al. (15), em 2008, apresentaram seus resultados pela avaliação de suas amostras a partir da microscopia eletrônica de varredura associada à espectroscopia com energia dispersiva de Raios-x e ao software SLICE. Com esses, foram obtidos não só dados precisos, mas também a possibilidade de criação de um banco de dados organizado que pôde servir como uma fonte nas comparações necessárias em investigações forenses. O método de XRF mostrou-se útil com ligas metálicas, porém, sem muita relevância para testes com resina (15), apesar de possuir a vantagem de ser portátil e permitir que o perito o leve diretamente ao campo de atuação (8,13).

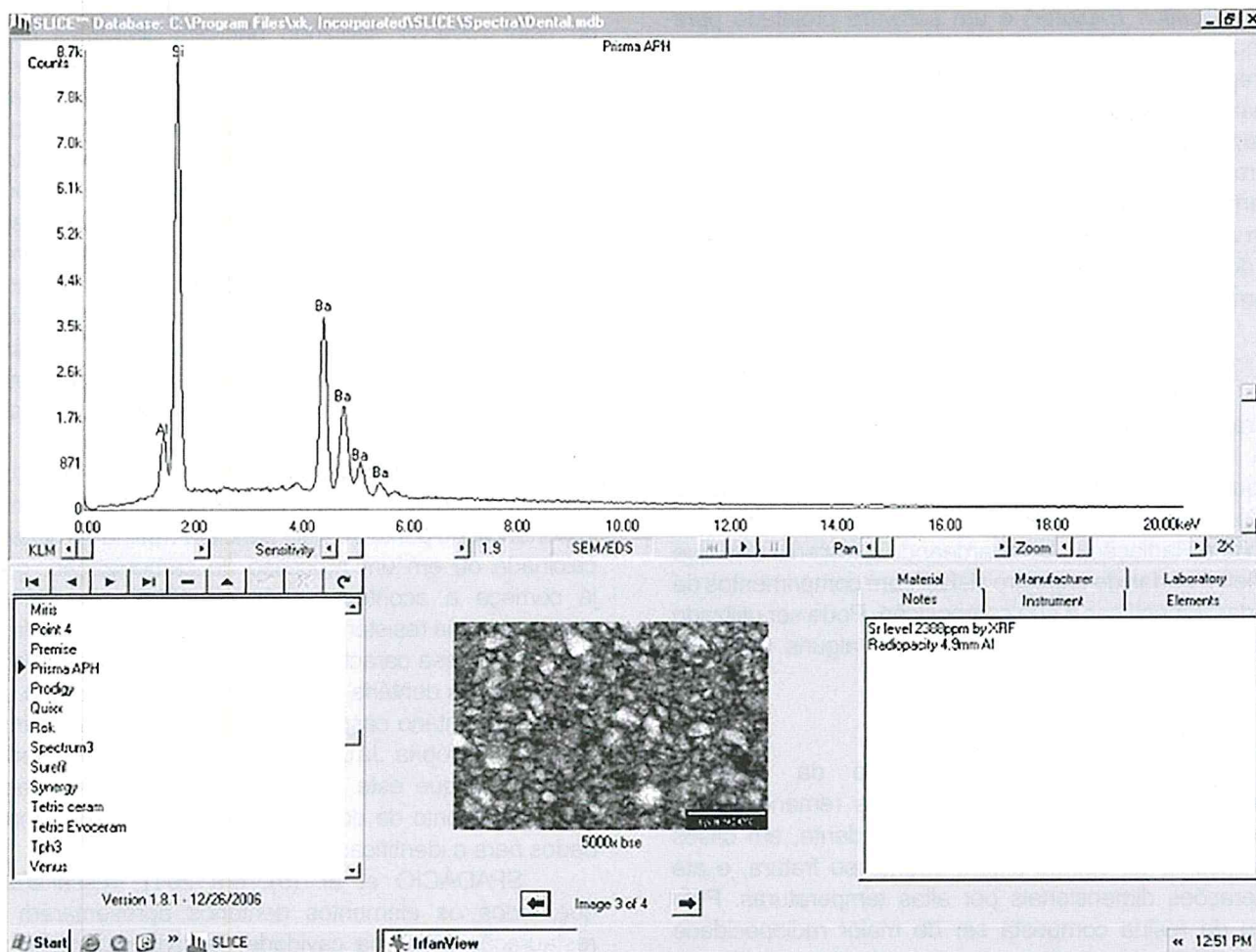


Figura 6 – Imagem representando o software SLICE e sua capacidade de armazenar informações de diferentes métodos. (Fonte: Bush et al., 2008: p.422)

Vale salientar que os processos de espectrofotometria e XRF foram utilizados partindo do preceito que as resinas compostas possuem compostos radioperceptíveis, como o bário e o estrôncio. De acordo com BUSH et al. (15), em 2008, por serem íons metálicos, apresentam suas ligações intermoleculares mais fortes, tornando-se mais resistentes ao calor e permanecendo, assim, estáveis, mesmo após a cremação. Estes processos detectam estes íons possibilitando, também, a diferenciação de marcas e fabricantes na análise, os quais podem ser documentados pelo *software* SLICE (Figura 6).

O método radiográfico também é bastante útil, pois avalia os danos causados pelo calor à estrutura do dente. Neste é possível visualizar trincas e linhas de fratura, além de fragmentos remanescentes da restauração de resina composta, uma vez que a radiopacidade não é perdida conforme a temperatura é elevada (10,13,15) (Figura 7).

O fato de existir um banco de dados como o programa SLICE que ofereça todas essas informações ao perito é de grande importância para agilizar



Figura 7- Método Radiográfico utilizado para análise de linhas de fratura na estrutura dentária. (Fonte: Sávio et al., 2005:p.110).

os processos de identificação. Por meio deste, é possível estabelecer uma comparação entre o material apresentado no cadáver vítima de explosões ou

incêndios e o conhecimento pré-estabelecido sobre o comportamento da resina armazenado. Associado a essa possibilidade, é necessário que o cirurgião dentista crie o hábito de descrever no prontuário do paciente, a cada procedimento, a marca da resina que foi utilizada. Esta simples medida pode facilitar e muito o trabalho dos peritos para comparar o resultado da análise da amostra do cadáver e documentos *ante-mortem*.

Conclusão

Dentro das limitações de estudos sobre esse tema, podemos concluir que a resina apresenta um comportamento bifásico quando submetida a altas temperaturas. Sua estrutura pode sofrer contração por desidratação, carbonização e calcinação até alcançar 1000°C. Apesar desta alta temperatura, este material mantém a porção inorgânica, o que possibilita a identificação da restauração, diferenciando-a do elemento dental, ossos e outros tecidos carbonizados.

O método que possibilitou a melhor identificação do compósito resinoso foi a espectrofotometria por energia dispersante de Raios-X associado a Microscopia Eletrônica de Varredura. A informação obtida por essa ferramenta deverá ser armazenada pelo *software* SLICE, que servirá como um banco de dados padronizado, organizado e de fácil acesso para comparação, dando assistência às investigações forenses.

Referências Bibliográficas

1. Bagdey SP; Moharil RB; Dive AM.; Thakur S; Bodhade A.; Dhobley AA. Effect of various temperature on restored and unrestored teeth: A forensic study. *J Forensic Dent Sci* 2014;6:62-66.
2. Patidar AK; Parwani R; Wanjari S. Effects of high temperature on different restorations in forensic identification Dental samples and mandible, *J Forensic Dent Sci* 2010;15(2):37-43.
3. Bonavilla JD.; Bush MA; Bush PJ; Pantera EA. Identification of Incinerated Root Canal filling Materials After Exposure to High Heat Incineration, *J Forensic Sci* 2008;53(2):412-8.
4. Higgins D.; Austin JJ.; Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains: A Review. *Sci Justice* 2013; 53:433-441.
5. Spadácio C; de Oliveira OF; Benedicto

- EN; Júnior ED; Paranhos LR. Análise do Comportamento de restaurações estéticas sob a ação de calor e sua importância no processo de identificação humana. RFO, Passo Fundo 2011;3:267-272.
6. Brandão RB; Martin CCS; Cartise ABCEB; Castro e Silva M; Evison MP; Guimarães MA. Heat induced changes to dental resin composites: a reference in forensic investigations, J Forensic Sci 2007;52(4):913-9.
7. Bush MA; Bush, PJ; Miller RG. Detection and classification of composite resins in incinerated teeth for forensic purposes. J Forensic Sci 2006;51(3):636-42.
8. Guzy G; Clayton MA. Detection of composite resin restorations using an ultraviolet light-emitting diode flashlight during forensic dental identification. J Forensic Med Pathol 2013; 34:86-9.
9. Valenzuela A; MarqueS T; Exposito N; Heras ML; Garcia G. Comparative study of efficiency of dental methods for identification of burn victims in two bus accidents in Spain. Am J Forensic Med Pathol 2002;23(4):390-3
10. Rossouw RJ; Grobler SR; Phillips VM; Van W; Kotze TJ. The effects of extreme temperatures on composite, compomer and ionomer restorations. J Forensic Odontostomatol 1999;17(1):1-4.
11. Moreno S.; Merlati G; Marin L; Savio C; Moreno F. Effects of high temperatures on different dental restorative systems: experimental study to aid identification processes. J Forensic Dent Sci 2009;1:139-144.
12. Da Silva RD; Da Silva, MAD; De Oliveira, OB; Melo ACM; De Oliveira RN; Dental Fluorescence: Potential forensic use. Forensic Sci Int 2013; 231:167-171.
13. Woisetschlager M.; Lussi A.; Persson A.; Jackowski C; Fire victim identification by post-mortem dental CT: Radiologic evaluation of restorative materials after exposure to high temperatures. Eur J Radiol 2011.
14. Savio C.; Merlati G.; Danesino P.; Fassina G.; Menghini P. Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: Experimental study to aid identification processes, Forensic Sci Int 2006;158(23):108-116.
15. Bush MA; Miller RG; Norrlander AL; Bush, PJ ; Analytical Survey of Restorative Resins by SEM/EDS and XRF: Databases for Forensic Purposes. J Forensic Sci 2008;53(2):419-425.
16. Melani RFH; Identificação Humana em vítimas de carbonização: análise odontolegal através da microscopia eletrônica. [Tese de Doutorado]. Piracicaba: FOP/UNICAMP; 1998.