

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

GUILHERME RIEDNER SCHMACHTENBERG
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE PONTAS
DIAMANTADAS: REVISÃO DE LITERATURA

Porto Alegre

2015

GUILHERME RIEDNER SCHMACHTENBERG

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE PONTAS
DIAMANTADAS: REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Graduação em Odontologia da
Faculdade de Odontologia da
Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, como requisito
parcial para obtenção do título
de Cirurgião-Dentista.

Orientadora: Profa. Dra. Myriam
Pereira Kapczinski

Porto Alegre

2015

CIP - Catalogação na Publicação

Schmachtenberg, Guilherme Riedner

Estudo comparativo entre métodos de produção de pontas diamantadas:revisão de literatura. / Guilherme Riedner Schmachtenberg. -- 2015. 26 f.

Orientadora: Myriam Pereira Kapczinski.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Curso de Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Pontas diamantadas. 2. Equipamentos odontológicos de alta rotação. 3. Deposição química por vapor. 4. Espectroscopia Raman. 5. Deposição química em fase vapor por filamento quente. I. Kapczinski, Myriam Pereira, orient. II. Título.

RESUMO

SCHMACHTENBERG, Guilherme Riedner. **Estudo comparativo entre métodos de produção de pontas diamantadas:revisão de literatura**. 2015. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia)- Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

As pontas diamantadas constituem um instrumento absolutamente indispensável em consultórios dentários. De seu adequado uso, adequadas substituições e poder de corte depende a eficiência do trabalho clínico e manutenção da saúde e integridade dos tecidos dentários. Há uma tendência mundial no sentido da utilização de pontas diamantadas descartáveis, porém tal fato não constitui ainda a realidade brasileira. Neste sentido é importante conhecer os métodos de fabricação destes instrumentos e a consequente qualidade e vida útil dos mesmos considerando o efeito de repetidas utilizações sobre o seu poder de corte. Foi realizada a revisão da literatura no que se refere ao assunto centrando nos métodos Deposição química por vapor (CDV) e (HFCDV). Adicionalmente foi verificado o potencial de uso da Espectroscopia Raman na análise destas pontas. Como resultado espera-se contribuir com o conhecimento a respeito do instrumental selecionado e suas potencialidades de uso.

Palavras-chave: Pontas diamantadas. Equipamentos odontológicos de alta rotação. Deposição química por vapor. Espectroscopia Raman. Deposição química em fase vapor por filamento quente.

ABSTRACT

SCHMACHTENBERG, Guilherme Riedner. **Comparative study between production methods of diamond tips**: literature review. 2015. 28 p. Final Paper (Graduation in Dentistry)- Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

The diamond points are an absolutely essential tool in dental offices. Of its proper use, appropriate replacements and cutting power depends the efficiency of clinical work and maintaining the health and integrity of dental tissues. There is a global trend towards the use of disposable diamond points, but this fact does not constitute the Brazilian reality. In this regard it is important to know the methods of manufacture of these instruments and the consequent quality and useful lives considering the effect of repeated use on your cutting power. A literature review was conducted in respect to the subject centering on chemical vapor deposition methods (CDV) and (HFCDV). In addition was verified the use potential of Raman spectroscopy to analyzes these this instruments. As a result it is expected to contribute to the knowledge of the selected instrumental and their potential use.

Keywords: Diamond burs. Dental high speed equipment. Chemical vapor deposition. Raman spectroscopy. Hot filament chemical vapor deposition.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVOS	7
2.1	OBJETIVO GERAL	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3	MATERIAIS E MÉTODOS	8
4	REVISÃO DE LITERATURA	9
4.1	HISTÓRICO.....	8
4.2	TIPOS DE GRÂNULOS: SINTÉTICOS E NATURAIS	8
4.3	ESTERILIZAÇÃO	9
4.4	PADRONIZAÇÃO ISO	9
4.5	MÉTODOS DE CONFECÇÃO DE PONTAS DIAMANTADAS	10
4.5.1	Processo de eletrodeposição	10
4.5.2	Etapas da eletrodeposição	10
4.6	MÉTODOS ALTERNATIVOS DE ADESÃO.....	11
4.7	MÉTODO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA POR VAPOR E MODIFICAÇÕES	12
4.8	ESPECTRO RAMAN	15
4.8.1	Histórico	15
4.8.2	Espectro Raman	16
4.9	COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE CONFECÇÃO DAS PONTAS DIAMANTADAS.....	18
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

As pontas diamantadas estão presentes no dia a dia tanto do Cirurgião dentista como dos laboratórios de próteses dentárias. Sua eficiência de corte e vida útil está relacionada com a frequência de uso, diminuindo com os repetidos usos.

Nos últimos anos, o diamante produzido por CVD tem despertado o interesse da área odontológica devido a sua possibilidade de aplicação em instrumentos cortantes, como pontas diamantadas e brocas, devido às suas excelentes propriedades mecânicas e químicas. O uso da técnica CVD possibilita superar algumas limitações do método convencional, permitindo a criação de filme de diamante com grânulos homogêneos, que recobrem completamente a superfície do instrumento, não permanecendo espaços entre eles como no método convencional.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo pesquisar a literatura a respeito dos diferentes métodos de adesão de diamantes para a produção de pontas diamantadas odontológicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pesquisar na literatura a respeito dos diferentes métodos de adesão do diamante à haste na confecção de pontas diamantadas odontológicas.

Compará-los em relação a eficiência de corte obtida, vida útil e custo de produção.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os artigos utilizados foram selecionados a partir de uma busca na base de dados do WEB OF SCIENCE, do SCIELO do PUBMED. Os artigos foram avaliados através da análise de seus resumos, sendo selecionados apenas aqueles que se enquadravam com o tema proposto para esta revisão. A pesquisa abrangeu o período de 1949 até o ano 2010, e foi realizada entre março e outubro de 2015.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 HISTÓRICO

As primeiras pontas diamantadas a serem confeccionadas foram feitas por Willman e Schroeder, pesquisadores alemães da Universidade de Berlim, em 1897. Uma ponta diamantada rudimentar era confeccionada com a deposição de pó de diamante sobre uma superfície de cobre ou de matrizes de ferro, através de marteladas¹.

A ponta diamantada, como conhecemos hoje, foi idealizada no ano de 1932 por W. H. Drendel, um industrial alemão que desenvolveu um processo de galvanização de grânulos de diamante em matrizes de aço inoxidável. A aceitação das pontas diamantadas se deu de forma rápida, pois os instrumentos que eram utilizados anteriormente, as pontas carbide de sílica e de pedra, eram ineficientes no corte do esmalte e perdiam a sua forma quando utilizadas contra o tecido mineralizado. A utilização e distribuição das pontas diamantadas na Europa e Estados Unidos limitou-se entre os anos de 1939 até o ano de 1946, pois viu-se que embora fosse um instrumento adequado para corte, era muito caro. Além disso as formas e tamanhos das pontas não eram compatíveis com as reais necessidades dos cirurgiões dentistas^{2,3}.

A produção massiva e introdução das canetas de alta rotação em torno dos anos 50, foram o fator definitivo para a aceitação das pontas diamantadas por parte dos cirurgiões dentistas.⁴

4.2 TIPOS DE GRÂNULOS: SINTÉTICOS E NATURAIS

As partículas de diamantes utilizadas na confecção de pontas diamantadas variam entre os fabricantes, e os parâmetros mais importantes incluem o tipo de diamante (natural *versus* sintético), o tamanho e forma do grânulo, bem como a característica individual de cada partícula. No entanto, a influência desses parâmetros sobre a eficiência de corte de pontas diamantadas ainda não é totalmente compreendida. Sabe-se que os diamantes naturais são mais irregulares na sua forma quando comparados aos sintéticos, e tem sido sugerido que esta irregularidade torna mais fácil a adesão das partículas na matriz de níquel. Devido a diferenças nas dimensões das partículas de diamantes utilizadas pelos fabricantes, a rugosidade pode ter uma variação bastante acentuada mesmo entre as brocas com mesma especificação de diferentes empresas. A granulação das pontas é determinada através dos tamanhos dos grânulos depositados na matriz, os grânulos são selecionados através de uma peneira com a malha específica para cada tamanho de

grânulo. Normalmente um diamante com grãos médios contem grânulos de 90 µm a 120 µm, o que equivale a um tamanho uma peneira Mesh de malha de 120 µm a 140 µm. Uma ponta diamantada grossa é fabricada com grânulos peneirados com uma malha de 80 µm a 100 µm e contém partículas que variam de 150 µm a 160 µm. O controle de qualidade dos fabricantes determina a gama das dimensões das partículas dentro da dimensão das malhas utilizadas para cada categoria de ponta (superfina, fina, média, grossa), Inevitavelmente o tamanho dos grânulos varia entre as brocas de diferentes fabricantes e dentro de lotes do mesmo fabricante.⁵

4.3 ESTERILIZAÇÃO

O *guideline* proposto pela ADA⁶ sobre as recomendações para o controle de infecções em consultórios e laboratórios odontológicos define a esterilização como sendo o processo capaz de eliminar todo e qualquer microorganismo dos instrumentos utilizados.

Os principais métodos de esterilização através de autoclave (vapor de água sob pressão), estufa (calor seco), vapor químico e gás óxido de etileno. Estudos já demonstraram que tanto o uso de estufa quanto a imersão dos instrumentos em uma solução química esterilizante em vez o uso de calor úmido sob pressão não são recomendadas porque não são tão eficientes, podendo permanecer microorganismos vivos.⁷

4.4 PADRONIZAÇÃO ISO

Atualmente, os dentistas são confrontados com uma enorme variedade de tamanhos e formas de pontas diamantadas e pouca padronização na nomenclatura entre os fabricantes. A International Organization for Standardization (ISO), a American National Standards Institute (ANSI) e a American Dentistry Association (ADA) elaboram normas para proporcionar a padronização na produção de pontas diamantadas dentárias.

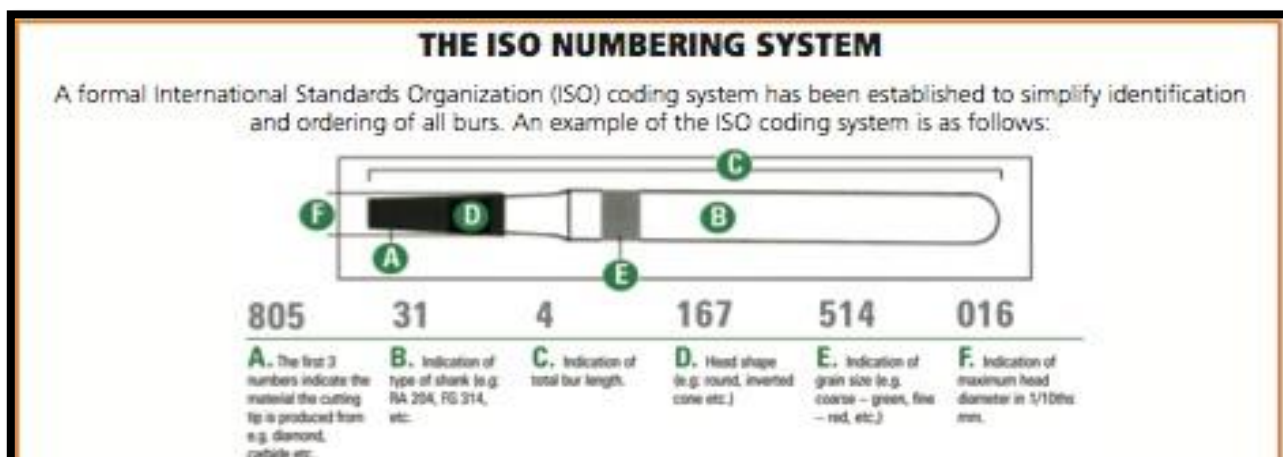
Na Tabela 1, está descrito a recomendação da ADA para a padronização das pontas diamantadas com relação ao tamanho dos grânulos de diamantes e à cor que cada classificação recebe. Na Figura 1 está demonstrado como é feita a classificação das pontas diamantadas com relação ao tamanho e à forma da ponta diamantada.

Tabela 1- Classificação da granulação das pontas diamantadas segundo a ISO.

<i>Color</i>	<i>Description</i>	<i>Code</i>	<i>Grit Size (μ)</i>
Yellow	Super Fine	SF	30 μ m
Red	Fine	F	50 μ m
	Medium	M	107-120 μ m
Green	Coarse	C	150-180 μ m
Black	Super Coarse	SC	180-250 μ m

Fonte: Johnson²⁷

Figura 1- Recomendações da ADA para a padronização na confecção de pontas diamantadas.



Fonte: Johnson²⁸

4.5 MÉTODOS DE CONFECÇÃO DE PONTAS DIAMANTADAS

Atualmente existem 2 tipos básicos de confecção de pontas diamantadas: o método convencional e o método CVD (*chemical vapour deposition*). O método convencional consiste no processo de eletrodeposição de partículas de diamante sintético ou natural sobre uma haste metálica e continua sendo até os dias de hoje o método padrão, utilizado pela maioria dos fabricantes. Porém, ele apresenta algumas limitações como a heterogeneidade das partículas e o baixo tempo de vida útil. O método CVD consiste em proporcionar o crescimento de um filme de diamante diretamente sobre a superfície da haste.⁸

Sabe-se também que há diferenças nos custos de produção dos diferentes métodos levando a diferentes preços finais para o Cirurgião dentista consumidor. Cabe ressaltar que os fabricantes utilizam técnicas diferentes para confecção de seus instrumentos, sendo essas segredos industriais.

4.5.1 Processo de eletrodeposição

Segundo Siegel e Von Fraunhofer⁵, as pontas diamantadas convencionais têm uma ou mais camadas de grãos de diamante ligados a uma haste que se insere a cabeça da peça de mão. A haste é usualmente fabricada a partir de um metal de alta resistência tal como aço inoxidável. A extremidade de trabalho ou de corte da haste é usinada para uma forma específica e os grânulos de diamante se ligam a ela através de uma matriz. As dimensões e formas das lacunas determinam o tamanho e a forma final do produto e servem de base para a designação de numeração ou sistemas utilizada pelos fabricantes.

Os grânulos de diamante estão ligados à estrutura de metal usinado de várias maneiras. O método mais comum é por codeposição eletrolítica de partículas de diamante natural ou sintético, através de uma matriz de metal.⁵

4.5.2 Etapas da eletrodeposição

O processo de eletrodeposição é realizado em várias etapas. Na primeira fase, a porção da haste da peça, que se encontra em seu estágio bruto, é revestida com um material inerte (não condutor). Esse material inerte se opõe à deposição de metal sobre a superfície revestida, desta forma, a porção do instrumento rotatório que deve ser inserida na peça de mão é protegida de receber qualquer eletrodepósito.⁵

As peças de aço inoxidável, em seguida, são preparadas ou galvanizadas com uma fina camada de níquel, geralmente através de uma solução ácida de cloreto de níquel ou solução de sulfamato de níquel, mantidas sob condições cuidadosamente controladas de pH. Essa solução remove quaisquer filmes

passivos e ligeiramente condiciona a superfície usinada. Esse banho de níquel também contém partículas de diamante. De acordo com a solução e as condições de agitação do eletrodo durante o processo de eletrodeposição, os grânulos de diamante se depositam junto com o níquel para formar uma camada sobre a parte usinada. Este processo de revestimento inicial prende as partículas de diamante na porção de corte da broca, a parte previamente usinada. As brocas são então transferidas para um segundo banho de niquelagem, onde permanecem até que o desejado grau de cobertura de níquel seja atingido. Dependendo se os grânulos de diamante se depositam numa camada única ou em várias camadas, o processo como um todo pode levar de 30 a 60 minutos para uma ponta diamantada convencional.⁵

Idealmente, a matriz de metal eletrodepositada cobre 50% a 60% da dimensão máxima do grânulo de diamante, com um certo número de facetas restantes descobertas. As facetas expostas dos grânulos proporcionam a ação de corte, enquanto a parte do grânulo envolvida pela matriz garante firme adesão à haste da broca. O processo de eletrodeposição varia com o metal depositado e com as condições de operação, são essas as características das pontas diamantadas que podem variar de acordo com o fabricante. O controle de qualidade do processo de galvanoplastia é o aspecto mais importante em todo o processo de fabricação e tem um efeito significativo sobre a eficiência de corte da broca. Tipicamente, a deposição de excessiva de níquel e a cobertura dos grânulos de diamante, reduzem o número de facetas de diamante expostas e devido a isso diminui a eficiência de corte. Em contraste, a deposição insuficiente de níquel ou uma deposição de má qualidade podem causar perda dos grânulos, como resultado da fixação inadequada da matriz.⁵

4.6 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE ADESÃO

Outros métodos de unir os diamantes ao aço inoxidável usinado são os métodos de brasagem (ou soldagem forte, é um processo de união entre materiais metálicos ou cerâmicos, por intermédio de um metal de preenchimento fundido) e sinterização. A técnica de microbrasagem consiste em utilizar um metal de adição, cujo o ponto de fusão é menor que o metal base. É feito o aquecimento desse metal no vácuo, até que ele atinja o ponto de fusão, permitindo os grânulos de diamante fiquem aderidos à matriz metálica. O processo de sinterização consiste em comprimir uma mistura de grânulos de diamantes e pó de metal da matriz (geralmente várias ligas de ouro ou cobre) à haste de aço inoxidável. Em seguida, é feito o aquecimento controlado para que as partículas metálicas se liguem e fiquem aderidas umas nas outras e à haste. Esse processo acaba tornando as pontas diamantadas sinterizadas mais caras.⁵

Segundo Logan M e Brasseler USA, citado por Siegel Von Fraunhofer, os fabricantes de pontas diamantadas convencionais afirmam que as várias camadas de partículas de diamante são capazes de produzir uma ponta diamantada de melhor qualidade, maior eficiência e que seja um produto de longa duração. Sua razão é que, de modo que os grânulos de diamante da camada superficial são desgastados ou removidos da matriz, os grânulos das camadas internas são expostos durante o processo de corte. Essa broca com camadas múltiplas é mais cara para produzir, gerando conseqüentemente aumento de custo ao cirurgião dentista.⁵

4.7 MÉTODO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA POR VAPOR

O diamante sintético é uma dos materiais mais tecnologicamente avançados disponíveis nos dias de hoje. Ele tem uma combinação única de excelentes propriedades químicas e físicas, sendo um material ideal para diversas aplicações.⁹

As películas de diamantes são de grande interesse devido a sua alta dureza, baixo coeficiente de fricção, alta resistência ao desgaste e serem quimicamente inertes. O uso desses revestimentos de diamante oferece uma melhoria na tecnologia de confecção das pontas diamantadas.

Os dois métodos básicos para a síntese destas películas de diamante são a deposição química a partir da fase vapor (do inglês “chemical vapor deposition”, sigla CVD) e o crescimento a alta-pressão/alta-temperatura (do inglês “high-pressure/high-temperature”, sigla HPHT), sendo este último o que mais se assemelha ao processo de formação do diamante natural.¹⁰

Segundo Angus JC, citado por De Barros RCM, Ribeiro MC, An-Sumodjo PT, Julião MSS, Serrano SHP, inicialmente os processos de deposição se restringiam ao crescimento unicamente de grãos, sobre grãos pré-existentes de diamante ou a partir de material à base de carbono que não o diamante. Com o desenvolvimento e entendimento cada vez maior das técnicas de crescimento, passou-se então a produzir filmes de diamante, sobre os mais variados tipos de substratos. O diamante sintético passou a ter aplicações industriais de grande importância, em diversos setores, tais como: I) mecânico, devido à sua alta dureza, condutividade térmica e força de flexão; II) eletrônico, opto-eletrônico, óptico e espacial, devido à sua alta condutividade térmica, baixa constante dielétrica, bom isolamento elétrico e boa transparência óptica; III) médico, devido à inércia química e baixo coeficiente de fricção; IV) eletroquímico, devido ao seu caráter semicondutor, alta resistência química e baixa corrente de

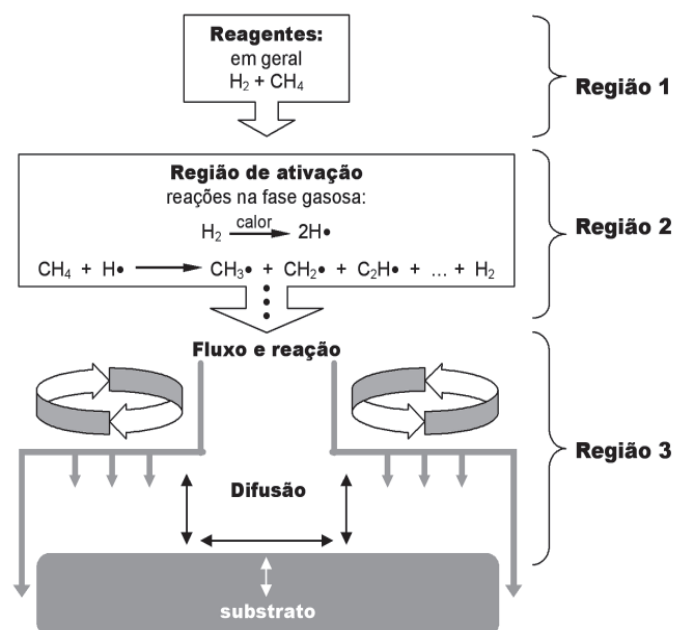
fundo. Todas estas propriedades são em muitos casos inigualáveis, principalmente por se apresentarem em conjunto, num único material.¹⁰

Hoje em dia, devido aos avanços conseguidos na técnica CVD, películas de diamante policristalino de alta qualidade conseguem ser depositadas sobre o instrumento, e exibem uma melhor adesão, biocompatibilidade e maior tempo de vida útil.¹¹

O diamante natural tem, em geral, grãos de formato octaédrico, enquanto o diamante CVD apresenta dois planos preferenciais de crescimento de grãos, um em formato cúbico e outro em formato octaédrico. O diamante HPHT apresenta grãos com arestas não definidas. É importante notar que várias das propriedades do diamante, como condutividade térmica, resistência elétrica, não variam com a orientação dos grãos.¹⁰

O método CVD baseia-se na deposição de um filme de diamante sobre diferentes tipos de substratos, inclusive o próprio diamante, sob condições termodinamicamente estáveis, a partir da ativação de uma fase gasosa introduzida em um reator. Os reagentes gasosos utilizados são metano altamente diluído em hidrogênio. No entanto, podem ser empregadas outras substâncias orgânicas como fonte de carbono, ou juntamente com o metano, tais como metanol, acetona, etanol. Pequenas frações de oxigênio, ou ainda compostos halogenados, também podem ser usados com o objetivo de aumentar a taxa de crescimento e/ou aumentar a qualidade final dos filmes crescidos.¹⁰

Figura 2- Esquema geral de deposição de filmes de diamante por CVD.

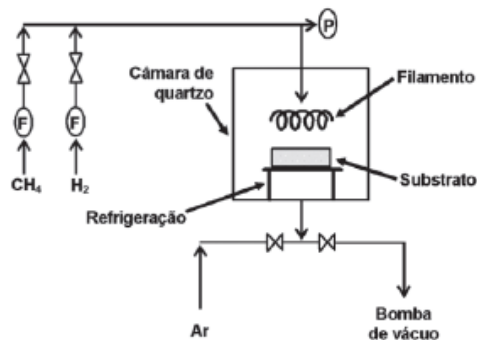


Fonte: De Barros, Ribeiro, An-Sumodjo, Julião, Serrano¹⁰

Os gases são injetados no reator, na etapa representada pela região 1. Em seguida, passam pela região de ativação, região 2, onde são formados, inicialmente, hidrogênio atômico e, logo em seguida, o radical metila, o qual é considerado o principal precursor do crescimento de diamante CVD. Outros radicais também são formados, mas têm participação secundária no processo. O hidrogênio atômico e o radical metila são, então, as principais espécies reativas envolvidas no crescimento de diamante. Por difusão, passando à região 3, o hidrogênio atômico e o radical metila chegam ao substrato, o qual é colocado a uma distância previamente definida da região de ativação. Desta forma, terá início o processo de nucleação, com posterior coalescência e crescimento dos grãos do filme de diamante policristalino, sobre o substrato empregado. Os grãos de diamante do filme começam a crescer a partir de uma camada intermediária de carbetto, originada pela reação entre o substrato e o radical metila, ou a partir de outros grãos de diamante previamente depositados sobre o substrato, antes do crescimento, pelo método da sementeira. Neste caso, igualmente haverá formação de uma camada intermediária de carbetto, antes do início do crescimento propriamente dito e este processo é chamado de incorporação. No entanto, se o substrato for o próprio diamante, poderá ocorrer o crescimento de um cristal único, e não de um filme.¹⁰

A ativação dos gases é necessária para que se atinjam taxas de crescimento apreciáveis. O tipo de ativação da fase gasosa define a espécie de reator utilizado. Pode-se citar, por exemplo, os reatores com ativação por filamento quente de tungstênio (HFCVD), por plasma de microondas, por plasma de rádio-frequência, por chama de oxi-acetileno, dentre outros. Há variações na construção dos diferentes reatores, mas não no fundamento do processo de deposição. Os filmes policristalinos gerados pelo método CVD podem conter, em sua rede cristalina, uma certa quantidade de impurezas provenientes de gases não totalmente eliminados do reator pelo vácuo, ou dos materiais usados no reator (filamento, porta-substrato, tubo de quartzo). A superfície do diamante é terminada em hidrogênio, ou seja, a superfície crescida tem uma camada terminal de átomos de hidrogênio, em estágios diferentes de estruturação superficial.¹⁰

Figura 3- Esquema de funcionamento do sistema de deposição de filme de diamante por CVD assistido por filamento quente.



(a) F = fluxímetro; P = medidores de pressão

Fonte: De Barros, Ribeiro, An-Sumodjo, Julião, Serrano¹⁰

No reator assistido por filamento quente de tungstênio mostrado na Figura 3, os gases são injetados pela parte superior da câmara de reação, que está sob vácuo e possui sistema de refrigeração. O substrato é posicionado de modo que fique a uma distância adequada da região de ativação. Esta distância e as temperaturas do filamento e do substrato são previamente estabelecidas e controladas ao longo dos experimentos, de acordo com as necessidades.¹⁰

É importante ressaltar que as informações sobre os parâmetros de crescimento, ou as análises morfológicas, não se encontram disponíveis para possíveis compradores e que muitas vezes, os resultados experimentais, obtidos em um certo laboratório, não são reproduzidos em outro, principalmente devido a eventuais diferenças nos parâmetros experimentais utilizados durante o processo de crescimento dos filmes. Uma vez que estes dados e, em geral, também os dados de caracterização, são mantidos como segredos industriais pelas empresas, a utilização de eletrodos comerciais acaba por impedir o estabelecimento de correlação entre os resultados experimentais obtidos e os parâmetros de crescimento empregados.¹⁰

4.8 ESPECTRO RAMAN

4.8.1 Histórico

Chandrasekhara V. Raman (1888–1970), foi um físico indiano. Em 1917, trabalhando na Universidade de Calcutá em difração da luz, descobriu que

quando uma luz intensa passa através de um meio transparente, uma pequena fração é espalhada em todas as direções, com frequências ligeiramente diferentes daquela do feixe incidente. A importância da descoberta de Raman foi amplamente reconhecida e recebeu o prêmio Nobel de Física em 1929.¹²

Esta técnica foi introduzida no Brasil no final da década de 40. Porém, na época, os equipamentos disponíveis tinham uma baixa qualidade de análise e tinham um custo muito alto. Associado a isso, se tinha à dificuldade de obtenção de uma luz monocromática de intensidade adequada, limitando a sua utilização apenas para o estudo do efeito Raman em si e para a investigações mais simples das estruturas moleculares.¹³

Com a invenção do laser em 1960, o brasileiro Sergio Pereira da Silva Porto demonstrou sua aplicabilidade como fonte de excitação para o espalhamento Raman. Este fato, associado ao avanço tecnológico e da melhor qualidade dos dispositivos de detecção, tornou possível obter espectros de todo tipo de amostras com alta qualidade e resolução.¹⁴

Até aproximadamente a metade da década de 90, devido à necessidade de formação específica em relação à instrumentação e o alto custo dos equipamentos, a técnica era utilizada quase que exclusivamente pela área da física e química. A partir da segunda metade da década de 90, começaram a surgir novas tecnologias, que eram mais simples de serem manuseadas e com um custo menor, o que possibilitou que profissionais das mais diversas áreas do conhecimento se interessassem pela espectroscopia Raman. Isto vem se refletindo no crescente número de trabalhos publicados relacionados à técnica. Hoje, além de físicos e químicos, há médicos, dentistas, peritos criminais, engenheiros, cientistas de materiais, restauradores, geólogos, arqueólogos, dentre outros, empregando a espectroscopia Raman.¹²

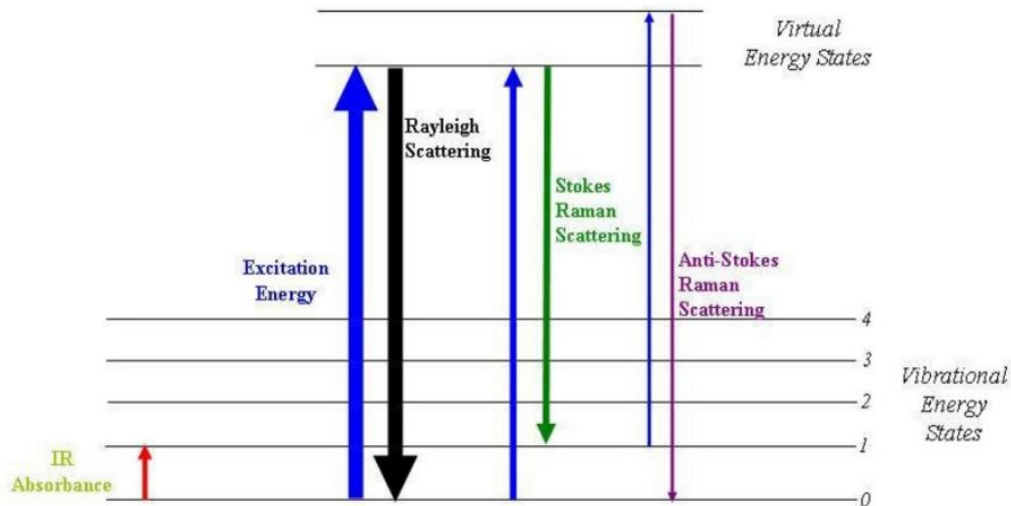
4.8.2 Técnica de espectroscopia Raman

A espectroscopia Raman é uma ferramenta de análise de materiais que permite analisar e identificar a composição molecular de uma material. Ela é valiosa devido ao seu alto grau de especificidade em identificar a composição química de um material de interesse além de fornecer informações estruturais, sem causar qualquer dano ao material analisado e não sendo necessário qualquer preparo prévio.¹³

A técnica consiste em incidir um feixe de luz monocromática, isto é, com um único comprimento de onda, sobre um material de interesse e captar as ondas refletidas para a análise. Esses fótons podem ser refletidos de duas formas: com o mesmo comprimento de onda do feixe inicial ou com um comprimento de onda diferente, podendo este ser maior ou menor que o inicial. Os fótons que forem refletidos com energia igual ao feixe inicial são definidos como

espalhamento elástico de Rayleigh e não são do nosso interesse. Os fótons que tiverem uma energia diferente serão definidos como espalhamento inelástico.¹⁵

Figura 4- Esquema das formas de espalhamento da luz.



Fonte: Fatobene¹⁶

Ao incidir sobre o material, a energia dos fótons transferida para as suas moléculas, levando elas a um estado excitado momentaneamente, sendo liberada em seguida, novamente na forma de fótons. A grande maioria desses fótons correspondem ao espalhamento elástico de Rayleigh. Porém, uma pequena quantidade deles irá sofrer espalhamento inelástico, sendo esses então captados e analisados pelo Raman. Essa análise do Raman irá determinar qual foi a mudança no comprimento de onda do fóton. Essa variação corresponde à mudança da energia desse fóton em relação ao inicial e ela ocorre porque, algumas moléculas conservam parte da energia que receberam do fóton, permanecendo excitadas, liberando um fóton com menos energia. A quantidade de energia que essas moléculas irão conservar é diferente para cada material, funcionando como um tipo de "impressão digital" e por esse motivo é possível identificar qual é o material que está sendo analisado, sabendo quanta energia as suas moléculas conservaram dos fótons.¹⁴

Uma das principais aplicações da espectroscopia Raman na área odontológica é que ela pode ser utilizada como uma ferramenta para avaliação de filmes de diamante depositados pela técnica CVD em instrumentos rotatórios. No Raman, um diamante aparece como uma fina linha em 1332 cm^{-1} , que é a sua assinatura característica, enquanto o grafite apresenta uma fina e intensa banda em 1580 cm^{-1} .¹⁷ Essa diferença ocorre porque os diferentes

materias compostos por carbono podem ter ligações com diferentes configurações, como por exemplo o carbono e o diamante.

4.9 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE CONFECÇÃO DAS PONTAS DIAMANTADAS

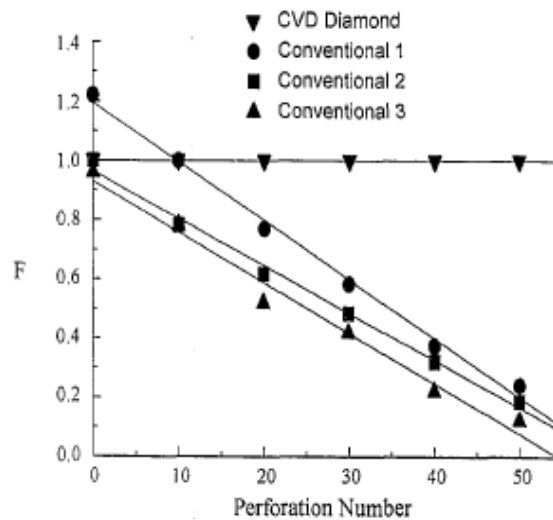
Desde o surgimento das primeiras pontas diamantadas, as pesquisas e o avanço tecnológico permitiram com que se tivesse um aperfeiçoamento dos métodos de produção, com conseqüente aumento da vida útil e eficiência destes instrumentos.¹⁸

Entretanto, apesar do aperfeiçoamento da tecnologia de produção das pontas diamantadas convencionais, elas ainda são limitadas devido a heterogenicidade dos grânulos de diamantes e pelo tempo de vida útil relativamente curto.¹⁸

Nos últimos anos, o diamante produzido por CVD tem despertado o interesse da área odontológica devido a sua possibilidade de aplicação em instrumentos cortantes, como pontas diamantadas e brocas, devido às suas excelentes propriedades mecânicas e químicas. O uso da técnica CVD possibilita superar algumas limitações do método convencional, permitindo a criação de filme de diamante com grânulos homogêneos, que recobrem completamente a superfície do instrumento, não permanecendo espaços entre eles como no método convencional.¹⁸

Em um estudo realizado por Trava-Airoldi et al.¹⁹, foram comparadas pontas diamantadas convencionais com uma ponta produzida pelos autores através da técnica CVD modificada, a Hot Filament Chemical Vapor Deposit (HTCVD). Eles avaliaram o tempo de vida, velocidade de corte e o coeficiente de abrasão de ambas as pontas diamantadas. A figura 5 mostra os resultados que foram obtidos no estudo. Pode-se observar que a performace (F) das pontas convencionais diminui com o número de preparos enquanto que na ponta CVD ela se mantém constante.

Figura 5- Comparação da performance de pontas produzidas por CVD e pontas convencionais.



Fonte: Trava-Airoldi ¹⁹

Em dois estudos realizados, foram comparadas brocas carbide convencionais, pontas diamantadas convencionais e brocas carbide cobertas por um filme de diamantes obtidos através da técnica HFCVD, tendo esta última sido produzida pelos pesquisadores. Eles queriam avaliar o tempo de vida útil, a degradação marginal e a eficiência de corte de cada broca. Os resultados mostraram que as brocas carbide cobertas pelo filme de diamante HFCVD apresentaram maior tempo de vida útil e menor degradação da borda cortante em comparação com as brocas sem cobertura. As brocas diamantadas convencionais apresentaram uma perda significativa de granulos de diamantes em comparação a brocas HFCVD. Os autores concluíram que a aplicação de uma fina camada de diamantes CVD sobre as brocas consegue aumentar significativamente o seu tempo de vida útil e melhoram sua capacidade de corte.^{20,21}

Em outro estudo, 4 tipos de pontas diamantadas (duas com diamantes naturais e duas com diamantes artificiais), foram avaliadas através de MEV, após o desgaste dentário. Como resultado, se concluiu que a taxa de arrancamento dos grânulos diminuiu quando a quantidade de diamantes que recobre a superfície é maior. Também se concluiu que com uma maior quantidade de grânulos de diamantes resulta em um maior acúmulo de debris na superfície do instrumento.²²

Siegel e von Fraunhofer²³ avaliaram pontas diamantadas de granulação média e grossa após realizar preparos em vidro cerâmico. Como resultado, eles concluíram que o acúmulo de debris pode ser mais prejudicial à eficiência do instrumento que o arrancamento de grânulos da superfície.

Janota comparou, através de MEV, a superfície de pontas diamantadas produzidas por quatro fabricantes diferentes após o desgaste em dentes humanos. Como resultado ele concluiu que o fator mais importante na degradação do instrumento rotatório foi o arrancamento de grânulos da superfície.²⁴

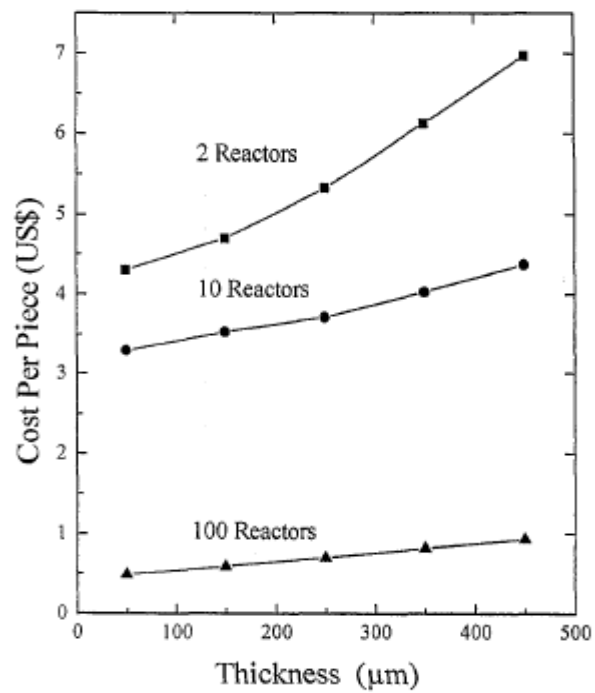
Em um experimento, foram comparadas brocas carbide de tungstênio recobertas por diamante CVD com pontas diamantadas convencionais. As brocas carbide recobertas por diamante CVD foram confeccionadas pelos próprios pesquisadores para o estudo. Tanto as brocas carbide como as pontas diamantadas convencionais foram avaliadas após serem realizados preparos em material acrílico (simular a dentina) e vidro (simular o esmalte). Eles relataram que as brocas CVD permaneceram intactas após os preparos, concluindo que o recobrimento do instrumento com uma camada de diamantes CVD tem o potencial de prolongar a sua vida útil. Eles também relataram que, nas pontas diamantadas convencionais, durante o preparo em vidro, o arrancamento de grânulos foi maior, enquanto que no preparo do acrílico ocorreu um maior acúmulo de debrís, diminuindo a sua abrasividade.²⁵

Em um estudo, pontas diamantadas convencionais foram analisadas em MEV antes e após serem realizados preparos em porcelana de coroas metalocerâmicas e dentes humanos. O objetivo do estudo era avaliar os fatores responsáveis pela perda da eficiência de corte das pontas diamantadas. Os autores concluíram que o arrancamento de grânulos não foi maior que 10% em nenhuma das amostras analisadas. Eles concluíram também que, dentre os fatores responsáveis pela diminuição da eficiência das pontas diamantadas, o mais dominante foi a deformação dos grânulos de diamante.²⁶

4.3.4 CUSTO DE PRODUÇÃO DE PONTAS DIAMANTADAS POR CVD

Trava-Airoldi, Corat, Del Bosco, Leite, realizaram uma pesquisa para comparar os custos de produção de pontas diamantadas em larga escala CDV. A figura 6 mostra que a custo de produção depende do número de reatores funcionando ao mesmo tempo e da espessura do filme de diamantes. Pode-se observar que o custo de produção por unidade diminui consideravelmente com o aumento do número de reatores. Outro fator importante no preço final é a espessura do filme de diamante. A figura também mostra que a curva de crescimento do custo de produção de cada unidade é mais acentuada quando se utiliza 2 reatores, diminuindo conforme se aumenta o número de reatores funcionando, o que demonstra que, quando produzidas em larga escala, o custo para se confeccionar uma ponta diamantada com 450 µm de espessura do filme de diamante na parte ativa é inferior a U\$ 1,00, valor este, que é competitivo com o custo de produção das pontas diamantadas convencionais.¹⁹

Figura 6- Custo por unidade de pontas diamantadas CVD.

Fonte: Trava-Airoldi ¹⁹

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pontas diamantadas estão presentes no dia a dia tanto do Cirurgião dentista como dos laboratórios de próteses dentárias. Sua eficiência de corte e vida útil está relacionada com a frequência de uso, diminuindo com os repetidos usos.

Após uma análise da literatura, é possível concluir que os fatores responsáveis pelo desgaste e redução da eficiência de corte das pontas convencionais são o arrancamento e deformação dos grânulos de diamantes e também ao acúmulo de debrís sobre a superfície do instrumento. Em todos os estudos avaliados, os pesquisadores foram unânimes com relação a isso. Porém, eles discordaram sobre qual destes fatores é o principal responsável pelo desgaste das pontas diamantadas.

Através desta análise da literatura, podemos concluir que existem diferenças significativas entre as pontas diamantadas convencionais e as produzidas por CVD. Entre as principais diferenças estão o tempo de vida útil, perda e deformação dos grânulos de diamantes e na homogeneidade de tamanho dos grânulos de diamantes.

Para a comparação dos diferentes métodos de confecção de pontas diamantadas, foram selecionados estudos em que foram comparadas pontas diamantadas convencionais e pontas produzidas por CVD e em todos, os autores concluíram que as pontas produzidas por CVD tiveram um aumento significativo em seu tempo de vida útil.

Ao comparar os custos de produção de pontas convencionais e CVD, pode-se concluir que, se for produzida em larga escala, o custo para a produção das pontas CVD diminui sendo mais vantajoso em comparação com as convencionais. Além disso, os estudos também demonstraram que as brocas recobertas por diamante CVD tem uma durabilidade maior. Entretanto, apesar de os estudos demonstrarem que as pontas CVD são mais duráveis e com um custo/benefício em relação às convencionais, as empresas ainda utilizam o método convencional para produção das pontas.

REFERÊNCIAS

- 1 Vinski I. Two hundred and fifty years of rotary instruments in dentistry. *Br Dent J.* 1979;146(7):217-23.
- 2 Walsh JP, Symmons HF. A comparison of the heat production and mechanical efficiency of diamond instruments, stones, and burs at 3,000 and 60,000 rpm. *N Z Dent J.* 1949;45(219):28-32.
- 3 Huntley RC. Adaptation of modern instruments with efficient operating speeds in restorative dentistry. *North-West Dent.* 1956;25(1):63-8.
- 4 Koblitz FF, Tateosian FD, Roemer FD, Steen SD, Glenn JF. An overview of cutting and wear related phenomena. In: *The cutting edge: interfacial dynamics of cutting and grinding.* Bethesda, Md.: U.S. Department of Health, Education, and Welfare; 1976; 151-68.
- 5 Siegel SC, Von Fraunhofer JA. Dental cutting: the historical development of diamond burs. *J Am Dent Assoc.* 1998;129:740-5.
- 6 ADA Council on scientific affairs and ADA council on dental practice. Infection control recommendations for the dental office and the dental laboratory. *J Am Dent Assoc.* 1996 May;127(5):672-80.
- 7 Whitworth CL, Martin MV, Gallagher M, Worthington H. A comparison of decontamination methods used for dental burs. *Br Dent J.* 2004 Nov; 197(10):635-40.
- 8 Arcuri MR, Schneider RL, Strug RA, Clancy JM. Scanning electron microscope analysis of tooth enamel treated with rotary instruments and abrasives. *J Prosthet Dent.* 1993; 69:483-90.
- 9 Carvalho CA et al. The use of CVD diamond burs for ultraconservative cavity preparations: a report of two cases. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19(1):19–29
- 10 De Barros RCM, Ribeiro MC, An-Sumodjo PT, Julião MSS, Serrano SHP. Filmes de diamante CVD dopado com boro. Parte I. Histórico, produção e caracterização. *Quim.Nova.* 2005; 2:317-25.
- 11 Borges CF, Magne P, Pfender E, Heberlein J. Dental diamond burs made with a new technology. *J. Prosthet Dent.* 1999; 82(1):73-9.
- 12 Margaritondo G. 100 years of photoemission. *Physics Today.* 1988; 41(4):66-72.
- 13 Sala O, Kawano Y, Santos PS, Temperini MLA. Laboratório de Espectroscopia Vibracional Hans Stammreich na Universidade de São Paulo. *Quim Nova.* 1984;7(4):320-6.

- 14 Santana WAL de, Freire Junior O. Contribuição do físico brasileiro Sergio Porto para as aplicações do laser e sua introdução no Brasil. *Rev Bras Ensino Física*. 2010; 32(3):3601-10.
- 15 Smith E, Dent G. *Modern Raman spectroscopy: a practical approach*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2005.
- 16 Fatobene TJ. *Espectroscopia Raman* [Internet]. São Paulo: PerkinElmer do Brasil; 2013 [acesso em 2015 nov 24]. Disponível em <http://pt.slideshare.net/Pumapunko/espectroscopia-de-raman>
- 17 Knight DS, White WB. Characterization of diamond films by Raman spectroscopy. *J Mater Res*. 1989; 4:385-93.
- 18 Predebon JC, Lima LM, Flório FM, Pinto L dos S, Basting RT. Micromorphologic assessment of CVD (chemical vapor deposition) and conventional diamond tips and their cutting effectiveness. *J Mater Sci*, 2007; 42:8454–60.
- 19 Trava-Airoldi VJ, Corat EJ, Del Bosco E, Leite F. Hot filament scaling-up for CVD diamond burr manufacturing. *Surface Coatings Technology*. 1995; 797-802.
- 20 Jackson MJ, Hyde LJ, Ahmed W, Sein H, Flaxman RP. Diamond-coated cutting tools for biomedical applications. *JMEPEG*. 2004; 13:421-30.
- 21 Sein H, Ahmed W, Jackson MJ, Woodward R, Polini R. Performance and characterisation of CVD diamond coated, sintered diamond and WC–Co cutting tools for dental and micromachining applications. *Thin Solid Films*. 2004; 447–448:455–61
- 22 Grajower R, Zeitchick A, Rajstein J. The grinding efficiency of diamond burs. *J Prosthet Dent*. 1979; 42:422–8.
- 23 Siegel SC, von Fraunhofer JA. Assessing the cutting efficiency of dental diamond burs. *Am. Dent. Assoc.*, 1996; 127:763–72.
- 24 Janota M. Use of scanning electron microscopy for evaluating diamond points. *J Prosthet Dent*. 1973; 29:88–93
- 25 Jackson MJ, Sein H, Ahmed W. Diamond coated dental bur machining of natural and synthetic dental materials. *J. Mater. Sci., Mater. Med*. 2004; 15:1323–31.
- 26 Regev M, Judes H, Ben-Hanan U. Wear mechanisms of diamond coated dental burs. *Tribology-Materials, Surfaces Interfaces*. 2010; 4(1):38-42.
- 27 Johnson Promident. *Diamond burs* [Internet]. 2015 [acesso em 2015 dez 03]. Disponível em: <http://johnsonpromident.com/diamond-burs/>
- 28 Johnson Promident. *Numbering Systems* [Internet]. 2015 [acesso em 2015 dez 03]. Disponível em: <http://www.johnsonpromident.com/numbering-systems/>

