

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-Graduação em Odontologia

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS
CIMENTOS RESINOSOS UTILIZADOS NA
COLAGEM ORTODÔNTICA**

LARISSA SALGADO DA MATTA CID PINTO

**Belo Horizonte
2010**

Larissa Salgado da Matta Cid Pinto

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS CIMENTOS RESINOSOS UTILIZADOS NA COLAGEM ORTODÔNTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração: Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Tonani Mazzeiro
Co-orientador: Prof. Dr. Emílio Akaki

Belo Horizonte
2010

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

P659c Pinto, Larissa Salgado da Matta Cid
 Características físico-químicas dos cimentos resinosos utilizados na colagem
 ortodôntica / Larissa Salgado da Matta Cid Pinto. Belo Horizonte, 2010.
 43f. : il.

 Orientador: Ênio Tonani Mazzeiro
 Co-orientador: Emílio Akaki
 Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
 Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

 1. Cimentos dentários. 2. Processos mecânicos. 3. Processos físico-químicos.
 I. Mazzeiro, Ênio Tonani. II. Akaki, Emílio. III. Pontifícia Universidade Católica
 de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.

CDU: 616.314:615.46

FOLHA DE APROVAÇÃO

*A meus pais,
pela confiança, incentivo e carinho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo o que me proporcionou e tem me proporcionado ao longo de toda a minha vida.

Aos meus familiares e amigos, pela compreensão nos momentos de ausência e pela estímulo para meu crescimento.

A Tia Vanessa, pelo exemplo de profissionalismo e por me fazer acreditar que precisamos correr atrás dos nossos sonhos.

Ao amigo Wellington Rody, pelo exemplo, força e incentivo.

A todo o corpo docente e administrativo do Centro de Odontologia e Pesquisa (COP), pela acolhida tão gentil e respeitosa. Especialmente aos professores da Ortodontia, pelos belos ensinamentos a mim fornecidos.

Aos funcionários, principalmente Alcides, Diego e Lorraine, pela ajuda, paciência e disponibilidade.

Aos meus colegas, pela convivência, amizade e trocas de conhecimento e experiências.

À minha família aqui em Belo Horizonte, Lucas e Cybelle, pelo apoio incondicional nos momentos alegres e tristes. Vai ser muito difícil continuar a caminhada sem a companhia de vocês.

Aos meus orientadores Profs. Drs.. Enio Tonani Mazzeiro e Emílio Akaki, pela confiança depositada e pela ajuda e esforços feitos para que todo esse trabalho fosse realizado.

Ao professor e amigo Dauro, pela oportunidade de crescimento.

Ao Prof. Dr. Sidnei Nicodemus, por disponibilizar os aparelhos de MEV e EDS, assim como toda a sua equipe do CEFET-MG.

Ao Prof. Dr. Dagoberto Santos e a Patrícia, do Departamento de Engenharia da UFMG, pelas facilidades oferecidas na utilização de seus equipamentos.

Ao Leandro, do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC Minas, pela ajuda na manipulação do microdurômetro.

“O Senhor não te identificará pelos tesouros que ajuntaste, pelas bênçãos que retiveste, pelos anos que viveste no corpo físico. Reconhecer-te-á pelo emprego dos teus dons, pelo valor de suas realizações e pelas obras que deixaste, em torno dos próprios pés.”

Chico Xavier, pelo espírito de Emmanuel

RESUMO

Os cimentos ortodônticos vêm sendo muito utilizados na ortodontia para a fixação de bráquetes na superfície do esmalte. Para esta finalidade, os materiais mais utilizados consistem em compósitos semelhantes às resinas compostas restauradoras, mas com uma proporção bem distinta entre seus componentes, a fim de que obtenham características ideais para a sua utilização. Os estudos referentes a estes cimentos na literatura consistem principalmente em testes de resistência ao cisalhamento. Isoladamente, a resistência ao cisalhamento destes cimentos pode nos mostrar a propriedade mais relevante para os clínicos. Por outro lado, tais avaliações, por si só, podem nos levar a fazer discussões e conclusões muitas vezes superficiais sem levar em conta fatores relevantes como a microestrutura do material, tipo, tamanho, proporção e distribuição da carga inorgânica e demais propriedades mecânicas e físico-químicas desses cimentos. Com a grande utilização desse material na atualidade, tornou-se necessário um estudo mais aprofundado para avaliar as suas limitações, características e propriedades, com o objetivo de melhorar sua utilização clínica. Corpos de prova dos cimentos resinosos ortodônticos AlphaPlast[®], Biofix[®], Concise[®], FillMagic Ortodôntico[®], Orthobond[®], PadLock[®] e Transbond XT[®] foram preparados para observação no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e análise química em Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS). Para a determinação da carga inorgânica, foram pesados antes e após serem calcinados em forno elétrico. Teste de microdureza Vickers foi realizado para comparação de propriedades mecânicas desses cimentos. Os testes T de Student, a análise de variância ANOVA e o teste de Tukey foram realizados nas avaliações estatísticas ($p < 0,01$). Nos resultados foi observada uma grande variação da microestrutura quanto à morfologia e tamanho das partículas de carga desses cimentos quando analisadas no MEV. Elementos químicos similares foram detectados no EDS, com diferentes concentrações entre os grupos. O teste de microdureza Vickers, bem como as diferenças nas proporções em peso, mostraram diferenças estatísticas significantes entre os cimentos. Diante da realização desses testes, podemos concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes cimentos resinosos ortodônticos, não existindo um padrão na ultraestrutura dos cimentos testados, o que pode diferenciar diretamente nas suas performances clínicas.

Palavras-chave: Colagem. Cimentos ortodônticos. Propriedades mecânicas. Propriedades físico-químicas

ABSTRACT

The orthodontic cements have been widely used in orthodontics to fix brackets on enamel. For this purpose, the most used materials consist of composite similar to restorative resins, but with a very different ratio between its components in order to achieve that ideal characteristics for its use. Studies of these cements in the literature consist of shear bond strength tests. Separately, the shear bond strength of these cements can show us the property most relevant to clinicians. Moreover, such evaluations, by itself, can lead us to make superficial conclusions and discussions, without taking into account relevant factors such as the microstructure of the material, type, size, proportion and distribution of inorganic fillers and other physical, mechanical and chemical properties of these cements. With the wide use of such material today, it became necessary to further study to assess its limitations, characteristics and properties, with the aim of improving its clinical utility. Specimens of orthodontic resin cements AlphaPlast[®], Biofix[®], Concise[®], FillMagic Orthodontic[®], Orthobond[®], PadLock[®] and Transbond XT[®] were prepared for Electron Microscope (SEM) analysis and chemical analysis in Energy Dispersive Spectrometer (EDS). For the determination of inorganic filler were weighed before and after being calcined in an electric furnace. Vickers microhardness test was performed to compare the mechanical properties of these cements. The Student t test, analysis of variance ANOVA and Tukey test were performed in statistical evaluations ($p < 0.01$). The results showed a stronger variation of the microstructure on the morphology and particle size of the load of cement when analyzed under SEM. Similar chemicals were detected in SDS with different concentrations between groups. The Vickers microhardness test, and differences in proportions by weight, showed significant differences between sealers. Faced with such tests, we conclude that there are significant differences between the different orthodontic resin cements, and there is a default on the ultrastructure of sealers, which can differentiate directly into their clinical performances

Key-words: Orthodontic bond. Orthodontic cements. Mechanical properties. Physical-chemical properties.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos Gerais	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 Materiais.....	16
3.2 Métodos	17
3.2.1 Confecção dos corpos de prova	17
3.2.2 Análise da Morfologia Geral e Análise Química Elementar	20
3.2.3 Análise da Proporção Peso/Peso e Morfologia da Carga Inorgânica	20
3.2.4 Teste de Microdureza Vickers.....	22
REFERÊNCIAS GERAIS*	24
APÊNDICE	28

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento com aparelho ortodôntico fixo depende substancialmente da colagem dos bráquetes aos dentes. Esses bráquetes ortodônticos são submetidos a inúmeros tipos de forças na cavidade bucal, resultando em uma complexa incidência e distribuição de tensões no adesivo e em suas interfaces com a superfície dentária e com a base do bráquete. (SUNNA; ROCK, 1998; VIANA; MAZZIEIRO; LANDRE Jr., 2004)

Os cimentos resinosos ortodônticos têm sido largamente utilizados para a fixação dos bráquetes. Consistem em compósitos semelhantes às resinas compostas restauradoras, mas com uma proporção distinta entre seus componentes, para que se obtenham características ideais para essa utilização específica. Os cimentos resinosos são essencialmente resinas compostas fluidas de baixa viscosidade. (ANUSAVICE, 2005; MANDALL *et al*, 2009)

À matriz resinosa desses cimentos, formadas por bisfenol A-glicidil metacrilato (bis-GMA), são adicionadas cargas inorgânicas, compostas de partículas de sílica ou vidro com 10 a 15µm de diâmetro, em uma concentração que varia de 30 a 80% em peso. O alto peso molecular do bis-GMA faz com que exista uma alta viscosidade do material. Para diminuir a viscosidade dos cimentos resinosos é comum a adição de diluentes, tais como os monômeros de metacrilato com baixo peso molecular, como o TEGDMA. Este monômero tem como desvantagem aumentar a contração de polimerização do cimento resinoso. De uma forma geral, estes cimentos podem variar a solubilidade de um produto para outro, de acordo com as diferenças de composição. (ANUSAVICE, 2005)

Novos cimentos ortodônticos, resinas adesivas e combinações híbridas de cimento-resina ofereceram melhora nas propriedades físicas e nos benefícios clínicos, mas existem claras diferenças nas indicações e contra-indicações clínicas para cada tipo de material. Com um entendimento das características, benefícios e limitações, o profissional pode escolher o melhor material em benefício dos resultados. (EWOLDSSEN; DEMKE, 2001)

Idealmente um cimento deveria ser forte o suficiente para suportar o bráquete preso ao dente durante todo o tratamento, não tão forte a ponto de causar danos à estrutura dentária no momento de remoção do acessório, de fácil uso clínico, capaz de proteger o elemento contra cáries, e estar disponível a um custo razoável. (MANDALL *et al*, 2009).

Os cimentos ortodônticos resinosos utilizam ativação química ou por luz, que geram radicais livres nos monômeros dando início a uma reação por adição. Os autopolimerizáveis têm sua ativação pelo sistema de indução por uma reação química entre o peróxido de benzoíla, presente na pasta base, e uma amina terciária, presente na pasta catalisadora, sendo indicados para cimentações de grande espessura, onde a luz do fotopolimerizador não conseguiria alcançar grande parte deste cimento. Os fotoativáveis são indicados para restaurações delgadas, utilizando de um sistema iniciador fotossensível (canforoquinona) e de uma fonte de luz ativadora. (PAGANI; GALATI; D'ALMEIDA, 2000; ANUSAVICE, 2005)

Os estudos referentes aos diversos cimentos na literatura ortodôntica consistem, em sua grande maioria, nos testes de resistência ao cisalhamento. (FAUST *et al.*, 1978; BRADBURN; PENDER, 1992; POWERS; KIM; TURNER, 1997; RIX; FOLEY; MAMADRAS, 2001; SUMMERS *et al.*, 2004; CHITNIS; DUNN; GONZALES, 2006; JIMENES, 2007; GIANNINI; FRANCISCONI, 2008; VILCHIS *et al.*, 2009; AL-SALEH; EL-MOWAFY, 2010; ABDELNABY; AL-WAKEEL, 2010; FINNEMA *et al.*, 2010). Isoladamente, a resistência ao cisalhamento destes cimentos pode nos mostrar a propriedade mais relevante para os clínicos. Por outro lado, tais avaliações, por si só, não levam em consideração as diferenças nas propriedades físicas como a microestrutura do material, tipo, tamanho, proporção e distribuição da carga inorgânica e demais propriedades mecânicas, que podem estabelecer a superioridade de um cimento em relação ao outro.

Dentre os testes acessíveis para a análise das propriedades físico-químicas e mecânicas dos cimentos ortodônticos estão os de morfologia geral e de carga inorgânica, a proporcionalidade peso/peso, a análise química elementar e os testes de microdureza. Essas análises possuem influência em diversas propriedades mecânicas como resistência a flexão, resistência ao cisalhamento e viscosidade. (ACHARYA; GREENER, 1972; CHUNG; GREENER, 1990; VAIDYANATHAN *et al.*, 1992; REGES *et al.*, 2002; NEVES *et al.*, 2002; AKAKI *et al.*, 2005; ANUSAVICE, 2005)

A morfologia geral de um material é conseguida através de imagens obtidas no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) na superfície e também na área de fratura, as quais possibilitam avaliar a microestrutura, ou seja, a distribuição da fase inorgânica na matriz orgânica, a forma das partículas inorgânicas e seu tamanho médio. Com as imagens da área de fratura é possível avaliar com maior nitidez os detalhes das características citadas. Na análise da morfologia de carga inorgânica é possível visualizar a morfologia das partículas de carga

inorgânica no MEV, após sofrerem calcinação. (AKAKI *et al.*, 2005)

O teste para a verificação da proporção carga orgânica e inorgânica (peso/peso) é realizado com a pesagem na balança analítica de precisão, na qual é possível mensurar o peso antes e após o processo de calcinação a 800° C. Neste processo ocorrerá a eliminação da fase orgânica dos cimentos, sendo possível constatar a porcentagem das fases. (ACHARYA; GREENER, 1972; VAIDYANATHAN *et al.*, 1992; REGES *et al.*, 2002)

Acoplado ao MEV, o Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS) detecta qualitativamente e semi-quantitativamente os elementos químicos constituintes dos cimentos, sendo possível a análise química elementar. (AKAKI *et al.*, 2005)

Os testes de microdureza avaliam a resistência do material à deformação permanente. Existe uma relação entre o grau de conversão dos monômeros constituintes das resinas compostas, conseqüentemente dos cimentos ortodônticos resinosos. Esse teste é capaz de detectar diferenças de polimerização entre as cadeias poliméricas. A força de união entre os substratos depende diretamente do grau de conversão destes cimentos. (CHUNG; GREENER, 1990; NEVES *et al.*, 2002; ANUSAVICE, 2005)

A literatura mostra que há pouquíssimos estudos referentes às propriedades mecânicas dos cimentos ortodônticos. Com o uso em larga escala desses materiais, torna-se necessário um estudo mais aprofundado para avaliar as suas características físico-químicas e propriedades mecânicas.

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Comparar as propriedades físicas e químicas de cimentos resinosos ortodônticos auto e fotopolimerizáveis disponíveis no mercado brasileiro.

2.2 Objetivos Específicos

Verificar as diferenças nas propriedades químicas e físicas entre sete cimentos resinosos quanto:

- a) Morfologia geral e análise química elementar por meio do sistema MEV-EDS.
- b) Proporção peso/peso de cargas orgânicas e inorgânicas.
- c) Análise da carga inorgânica pelo MEV-EDS.
- d) Microdureza Vickers.

MATERIAIS E MÉTODOS

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

As propriedades mecânicas e físico-químicas foram, inicialmente, avaliadas através de cinco diferentes testes, de forma a ser possível a caracterização de cada cimento individualmente.

Para os testes de microdureza, proporção peso/peso, morfologia geral e de carga inorgânica e análise química elementar, foram utilizadas sete marcas comerciais de cimentos resinosos, quatro nacionais e três importados foto e autopolimerizáveis. A Tabela 1 demonstra a descrição desses cimentos. Dez corpos de prova de cada cimento resinoso foram confeccionados para a realização dos testes, totalizando setenta corpos de prova para todo o estudo, assim como demonstrado na Tabela 2.

TABELA 1
Características dos cimentos resinosos ortodônticos testados

Marca Comercial	Fabricante	Polimerização	Lote
Fill Magic	Vigodent	Foto	004/10
Ortodôntico[®]	(Rio de Janeiro/RJ – Brasil)		
Biofix[®]	Biodinâmica	Foto	241 10
	(Ibiporã/PR – Brasil)		
Orthobond[®]	Morelli	Foto	1385043
	(Sorocaba/SP – Brasil)		
AlphaPlast[®]	DFL	Auto	10060796
	(Rio de Janeiro/RJ – Brasil)		
Transbond XT[®]	3M Unitek	Foto	N120715
	(St. Paul/MN – EUA)		
PadLock[®]	Reliance Orthodontic	Foto	101910
	(Itasca/IL – EUA)		
Concise[®]	3M Unitek	Auto	0934300056A
	(St. Paul/MN – EUA)		

TABELA 2

Distribuição dos corpos de prova segundo os testes aplicados

	ANÁLISE DA MORFOLOGIA GERAL + ANÁLISE QUÍMICA ELEMENTAR	PROPORÇÃO PESO/ PESO + MORFOLOGIA DE CARGA INORGÂNICA	TESTE DE MICRODUREZA VICKERS	TOTAL
Fill Magic[®]	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>10</i>
Biofix[®]	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>10</i>
Orthobond[®]	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>10</i>
AlphaPlast[®]	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>10</i>
Transbond XT[®]	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>10</i>
PadLock[®]	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>10</i>
Concise[®]	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>10</i>
TOTAL:	<i>7</i>	<i>42</i>	<i>21</i>	<i>70</i>

3.2 Métodos

3.2.1 Confecção dos corpos de prova

Para a confecção dos corpos de prova dos cimentos autopolimerizáveis, a pasta do cimento resinoso foi inserido em um molde de PVC de forma discóide, com 10mm de diâmetro e 1mm de altura, previamente posicionado sobre uma lâmina de vidro para microscópio embebida com o primer ativador. Após a inserção do cimento, uma segunda

lâmina de vidro, também embebida com o primer ativador, foi colocada e pressionada cuidadosamente sobre o molde plástico permitindo um escoamento do excesso do material. Sobre esta lâmina foi colocada um peso de 200 gramas, a fim de que existisse uma padronização do escoamento de cada cimento. A lâmina de vidro foi previamente envolvida por uma fita de Politetrafluoretileno, para que o cimento não fosse aderido ao vidro. O tempo aguardado para a polimerização do material foi o dobro a partir das orientações do fabricante. Após a polimerização, o corpo de prova foi separado do molde plástico. Todos os corpos de prova foram armazenados individualmente em recipientes plásticos, opacos, escuros e ausentes de umidade identificados de acordo com cada grupo. (FIGURA 2)

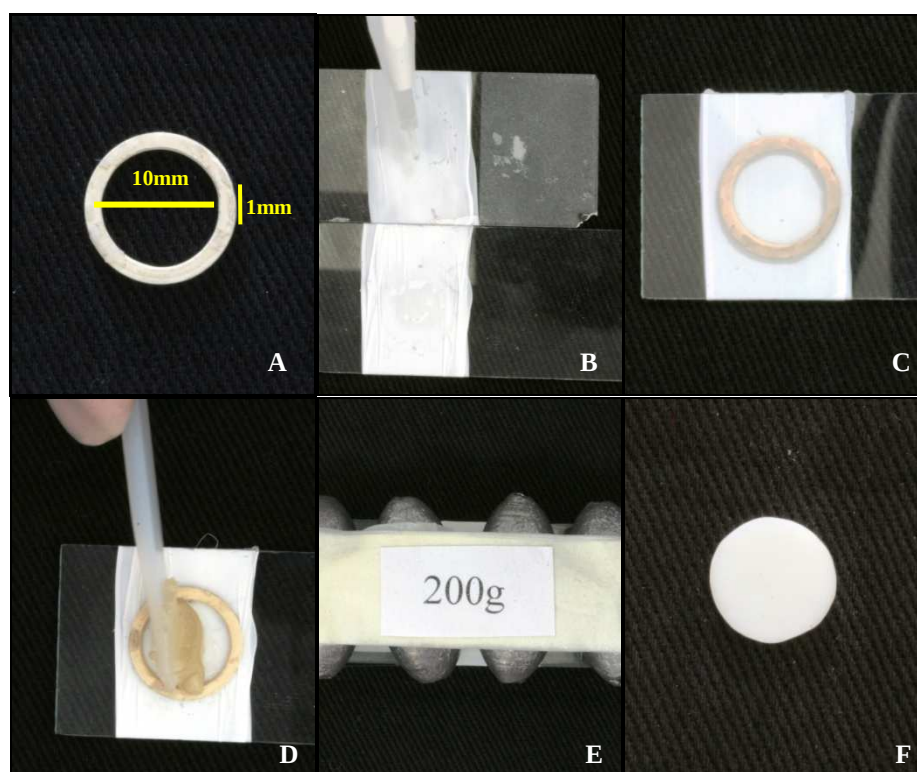


Figura 2: Confeção dos corpos de prova autopolimerizáveis. (A) Molde plástico com suas dimensões. (B) Placa de vidro embebida com primer ativador. (C) Molde plástico posicionado na placa de vidro. (D) Inserção da pasta no molde. (E) Colocação de outra placa de vidro com peso de 200 gramas. (F) Corpo de prova confeccionado.

Para a confecção dos corpos de prova dos cimentos fotopolimerizáveis foram realizados os mesmos procedimentos descritos anteriormente, adicionados de fotoativação. Após a inserção no molde plástico, com as mesmas dimensões, o cimento resinoso então teve

sua reação de polimerização iniciada com a utilização de um aparelho fotopolimerizador Diamond Line (VH, São Paulo, Brasil) a uma potência média de 700 mW/cm^2 , ligado a um estabilizador de voltagem. A cada procedimento completo de polimerização no corpo de prova, o aparelho foi aferido pelo radiômetro RD-7[®] (Ecel, São Paulo, Brasil). A ponta do aparelho foi posicionada no centro do molde contra a lâmina de vidro e realizada a emissão de luz pelo tempo de 40 segundos. Devido ao diâmetro da ponta do aparelho, foram necessárias duas seqüências de ciclos de polimerização até que toda a superfície do corpo de prova fosse irradiada. Os mesmos procedimentos descritos foram realizados para a superfície inferior do corpo de prova. Em seguida, todos foram separados do molde plástico e armazenados individualmente em recipientes plásticos opacos e escuros, que impediram a passagem de qualquer tipo de luz e umidade, e identificados de acordo com cada grupo. (FIGURA 3)

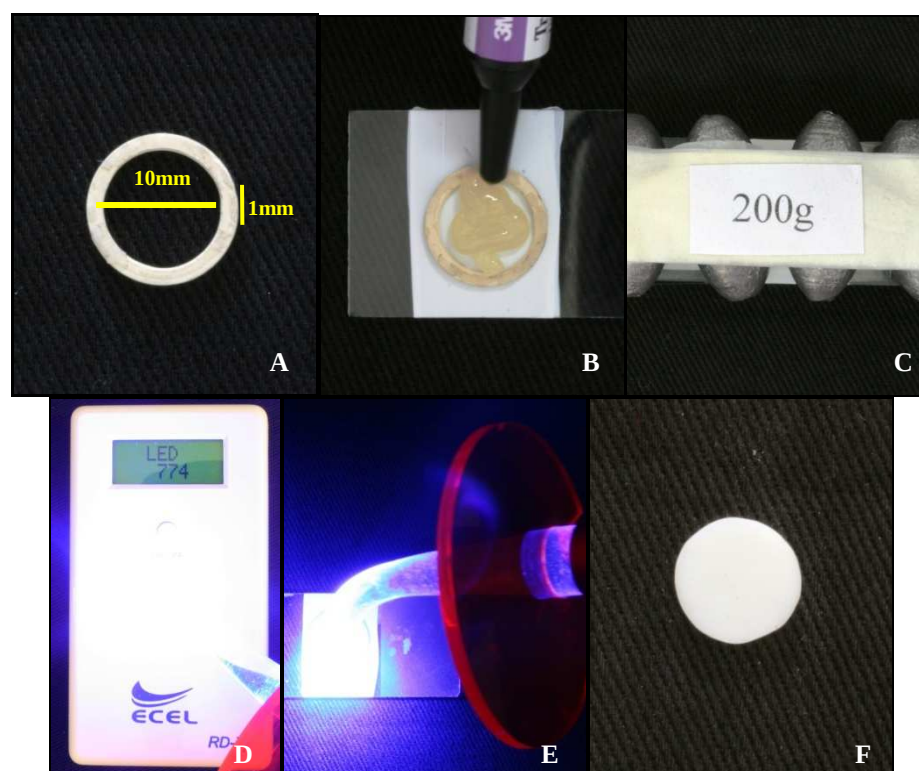


Figura 3: Confeção dos corpos de prova fotopolimerizáveis. (A) Molde plástico com suas dimensões. (B) Inserção do cimento resinoso no molde plástico. (C) Colocação de outra placa de vidro com peso de 200 gramas. (D) Medição da potência da luz do fotopolimerizador com um radiômetro. (E) Fotopolimerização do cimento resinoso. (F) Corpo de prova confeccionado.

3.2.2 Análise da Morfologia Geral e Análise Química Elementar

Para a análise da morfologia geral utilizou-se um corpo de prova de cada cimento resinoso. Procedeu-se, então, a preparação desses corpos de prova para a análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Shimadzu, SS-550, Kyoto, Japan) com o recobrimento superficial de uma camada de ouro e a análise a partir da emissão de elétrons retroespalhados. (FIGURA 4)

Simultaneamente à análise morfológica no MEV, realizou-se as análises das composições químicas elementares dos cimentos por meio da espectrometria de energia dispersiva (EDS), detectando-se qualitativamente e semi-quantitativamente os elementos químicos constituintes dos cimentos. (FIGURA 4)

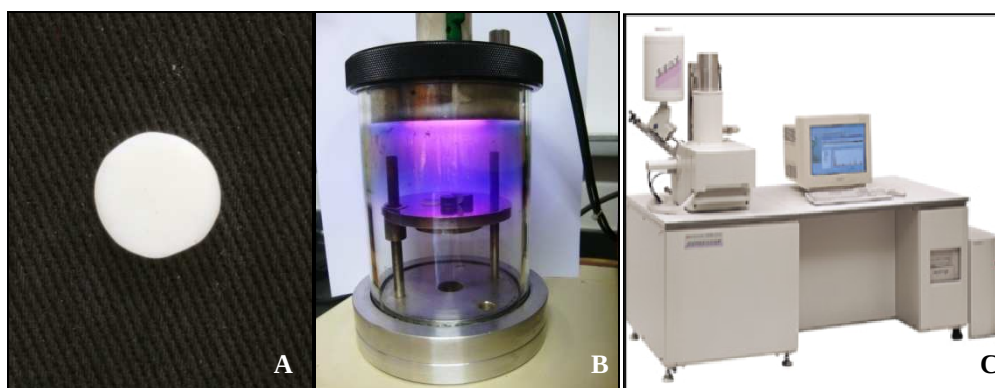


Figura 4: Teste para Análise da Morfologia Geral. (A) Corpos de prova. (B) Recobrimento dos corpos de prova com ouro. (C) Análise no MEV- EDS.

3.2.3 Análise da Proporção Peso/Peso e Morfologia da Carga Inorgânica

Seis corpos de prova de cada grupo foram confeccionados de acordo com as especificações do item 3.2.1, totalizando quarenta e dois corpos de prova para esse teste. Cada corpo de prova foi previamente dessecado por 72 horas em um dessecador e pesado em balança eletrônica de alta precisão (BG 400[®], Gehaka, São Paulo, Brasil). Estes então foram colocados separadamente em cadinhos de cerâmica, levados ao forno elétrico (Nikron[®], Buenos Aires, Argentina) e aquecidos a uma taxa de 10°C/min até a temperatura de 800°C, na qual foram deixados por 2 horas. Após o resfriamento, os corpos de prova foram novamente

pesados. Este procedimento teve como objetivo a eliminação da fase orgânica do cimento resinoso (REGES et al, 2002), a fim de que fosse possível constatar a porcentagem peso/peso da carga inorgânica.

Para a análise da morfologia da carga inorgânica os corpos de prova dessecados foram preparados para a análise no MEV-EDS. Imagens topográficas e análises semi-quantitativas dos elementos constituintes foram novamente realizadas (FIGURA 5).

A diferença, na comparação intragrupo, entre os pesos inicial e final foram avaliados estatisticamente pelo teste T de Student ($p < 0,001$). As diferenças intergrupos foram verificadas pela análise de variância ANOVA e posteriormente localizadas pelo teste de TUKEY ($p < 0,01$).

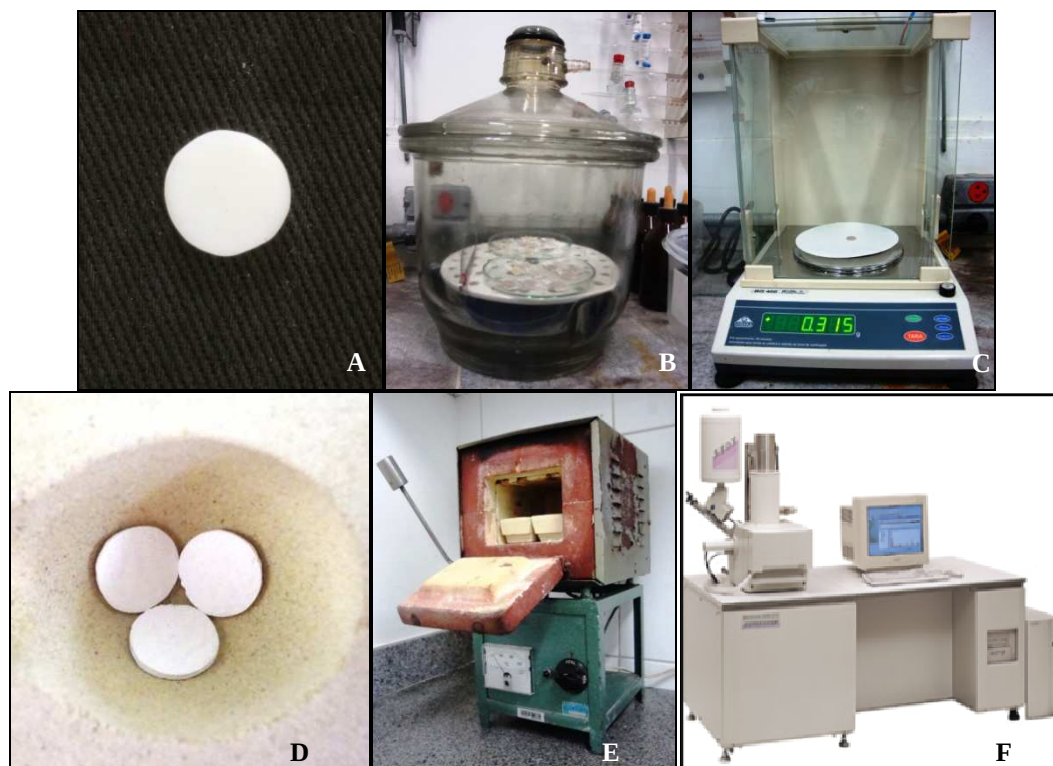


Figura 5: Testes de Análise da Prporção Peso/Peso e da Morfologia de Carga Inorgânica. (A) Corpos de prova. (B) Dessecador. (C) Pesagem. (D) Corpos de prova nos cadinhos de cerâmica. (E) Queima em forno elétrico. (F) Análise no MEV e EDS.

3.2.4 Teste de Microdureza Vickers

Vinte e um corpos de prova foram confeccionados de acordo com as especificações do item 3.2.1, três de cada grupo. Os testes foram realizados no microdurômetro (Brivisor KL 2[®], Georg Reicherter, Esslingen/Neckar, Germany), utilizando uma ponta Vickers. Foram realizadas três penetrações na superfície de cada corpo de prova com carga de 0,3 kgf por 30 segundos. Um total de nove avaliações por grupo foram estabelecidas. As medidas das diagonais obtidas em micrômetros foram convertidas em número de dureza por meio do software Excel[®] - Microsoft. (FIGURA 6)

As diferenças estatísticas das microdurezas foram verificadas comparativamente entre as diversas resinas pela análise de variância ANOVA e localizadas pelo teste de TUKEY ($p < 0,01$).



Figura 6: Teste de Microdureza de Vickers. (A) Corpos de prova. (B) Análise da dureza no microdurômetro com a ponta do tipo Vickers.

REFERÊNCIAS GERAIS

REFERÊNCIAS GERAIS*

ABDELNABY, Y. L.; AL-WAKEEL, E. S. Effect of early orthodontic force on bond strength of orthodontic bracket bonded with different adhesives systems. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 138, p. 208-214, 2010.

ACHARYA, A.; GREENER, E.H. Thermo gravimetric analysis of composite restorative resins. **Journal of Dental Research**, v.51, p.1363-1368, 1972.

AKAKI, E. MANSUR, H.S.; ANGELIS, L. H.; CASTRO, B. A.; VALADÃO, H. F.; FARIA, D. B.; REZENDE, F. C. SEM/EDX and FTIR characterization of a dental resin cement with antibacterial agents incorporated. **Key Engineering Materials**, v. 284-286, p. 391-394, 2005.

AL-SALEH, M.; EL-MOWAFY, O. Bond strength of orthodontic brackets with new self-adhesive resin cements. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.137, p. 528-533, 2010.

ANUSAVICE, Kenneth J. Phillips Materiais Dentários. 11 ed. São Paulo: Elsevier, 2005. 800p.

BRADBURN, G.; PENDER, N. An in vitro study of the bond strength of two light-cured composites used in the direct bonding of orthodontic brackets to molars. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 102, p. 418-426, 1992.

CHITNIS, D.; DUNN, W.J., GONZALES, D.A. Comparasion of in-vitro bond strengths between resin-modified glass ionomer, polyacid-modified composite resin, and giomer adhesive systems. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.129, p.330.e11-330.e16, 2006.

CHUNG, K., GREENER, E.H. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. **Journal of Oral Rehabilitation**, v.17, p.487-494, 1990.

EWOLDSSEN, N.; DEMKE, R. S. A review of orthodontic cements and adhesives. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.120, p. 45-48, 2001.

FAUST, J.B.; GREGO, G.N.; FAN, P.L.; POWERS, J. M. Penetration coefficient, tensile strength, and bond strength of thirteen direct bonding orthodontic cements. **American Journal of Orthodontics**, v. 73, p. 512-525, 1978.

*Normas recomendadas para uso no âmbito da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, com base no document proposto pela Biblioteca da PUC Minas.

FINNEMA, K. J.; OZCAN, M.; POST, W. J.; REN, Y.; DIJKSTRA, P. U. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 137, p. 615-622, 2010.

GIANNINI, C.; FRANCISCONI, P. A. S. Resistência a remoção de bráquetes ortodônticos sob ação de diferentes cargas contínuas. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v.13, p. 50-50, 2008.

JIMENEZ, Emigdio Enrique Orellana. Avaliação da resistência ao cisalhamento de bráquetes novos recolados com diferentes resinas ortodônticas. 2007. 88f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MANDALL, N.A.; HICKMAN, J.; MACFARLANE, T.V.; MATTICK, R.C.R.; MILLETT, D.T.; WORTHINGTON, H.V. Adhesives for fixed orthodontic brackets (Cochrane Review). In: **The Cochrane Library**. Issue 1. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2009.

NEVES, A.D., ORÉFICE, R.L., DISCACCIATI, J.A.C., JANSEN, W.C. Correlação entre o grau de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, v.16, p.349-354, 2002.

PAGANI, D. F.; GALATI, D. J.; D'ALMEIDA, M. Resin Cements: actuality. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v.70, p.503-511, 2000.

POWERS, J.M.; KIM, H.B.; TURNER, D.S. Orthodontic adhesive and bond strength testing. **Seminars in Orthodontics**, v.3, p.147-156. 1997.

REGES, R.V.; CÔRREA, F. O. B.; ADABO, G. L.; CRUZ, C. A. S.; SOBRINHO, L. C. Análise quantitativa do conteúdo de carga inorgânica das resinas compostas. **Pós-Graduação Revista Odontológica**, v.5, p. 18-22, 2002.

RIX, D.; FOLEY, T.F.; MAMANDRAS, A. Comparasion of bond strength of three adhesives: composite resin, hibrid GIC, and glass-filled GIC. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 119, p. 36-42, 2001.

SUMMERS, A.; KAO, E.; GILMORE, J.; GUNEL, E.; NGAN, P. Comparasion of bond strength between a conventional resin adhesive and a resin-modified glass ionomer adhesive: an in vitro and in vivo study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 126, p. 200-206, 2004.

SUNNA, S.; ROCK, W. P. Clinical performance of orthodontic brackets and adhesives systems: a randomized clinical trial. **British Journal of Orthodontics**, v.25, p. 283-287, 1998.

VAIDYANATHAN, J.; VAIDYANATHAN, T. K.; WANG, Y.; VISWANADHAN, T. Thermoanalytical characterization of visible light cure dental composites. **Journal of Oral Rehabilitation.**, v.19, p. 49-64, 1992.

VIANA, C. P.; MAZZIEIRO, E. T.; LANDRE Jr, L. Avaliação das tensões geradas numa união ortodôntica submetida a duas diferentes forças, através do método dos elementos finitos. **Jornal Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Facial.**, v. 9, p. 616-621, 2004.

VILCHIS, R .J. S; YAMAMOTO, S; KITAI, N; YAMAMOTO, K. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.136, p. 425-30, 2009.

RESULTADOS

No apêndice a seguir, se encontram os resultados desse estudo. Esses resultados foram escritos em forma de artigo que será submetido à publicação na revista *Angle Orthodontists*

APÊNDICE

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SETE CIMENTOS RESINOSOS ORTODÔNTICOS

Larissa Salgado da Matta Cid Pinto, Enio Tonani Mazzeiro, Emílio Akaki, Flávio Ricardo Manzi

RESUMO

Objetivos: Esse estudo verificou as propriedades físico-químicas de sete cimentos resinosos ortodônticos por meio das análises da morfologia microestrutural, química elementar, proporção de carga orgânica e inorgânica e a análise de carga inorgânica utilizando a microscopia eletrônica de varredura (MEV), a espectrometria de energia dispersiva (EDS) e do teste de microdureza.

Materiais e Métodos: Corpos de prova dos cimentos resinosos ortodônticos AlphaPlast[®], Biofix[®], Concise[®], FillMagic Ortodôntico[®], Orthobond[®], PadLock[®] e Transbond XT[®] foram preparados para a observação no MEV e para análise química em EDS. Para a determinação da carga inorgânica, foram pesados antes e após serem calcinados em forno elétrico. Teste de microdureza Vickers foi realizado para comparação de propriedades mecânicas desses cimentos. Os testes T de Student, a análise de variância ANOVA e o teste de Tukey foram realizados nas avaliações estatísticas ($p < 0,01$).

Resultados: Foi observada uma grande variação da microestrutura quanto à morfologia e tamanho das partículas de carga desses cimentos quando analisadas no MEV. Elementos químicos similares foram detectados no EDS, com diferentes concentrações entre os grupos. O teste de microdureza Vickers, bem como as diferenças nas proporções em peso, mostraram diferenças estatísticas significantes entre os cimentos.

Conclusão: Não existiu um padrão na microestrutura dos cimentos testados, o que pode diferenciar diretamente nas suas performances clínicas.

PALAVRAS-CHAVE: Cimentos resinosos ortodônticos; Propriedades mecânicas; Propriedades Físico-químicas

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do condicionamento ácido do esmalte dentário¹ marcou significativamente as montagens dos aparelhos ortodônticos. Procedimentos demorados e muitas vezes dolorosos para o paciente foram substituídos pelos preparos superficiais do esmalte e a aplicação de adesivos e cimentos resinosos.² Em uma única sessão pode-se montar todo o aparelho ortodôntico.

Idealmente um adesivo deveria ser forte o suficiente para suportar o bráquete preso ao dente durante todo o tratamento, não tão forte ao ponto de causar danos à estrutura dentária no

momento de remoção do acessório, de fácil uso clínico, capaz de proteger o elemento contra cáries, e estar disponível a um custo razoável.³

A literatura está repleta de trabalhos comparativos entre os vários cimentos resinosos encontrados no mercado. O principal enfoque desses trabalhos encontra-se na resistência ao deslocamento dos acessórios ortodônticos, quando submetidos aos testes de resistência ao cisalhamento.⁴⁻¹⁴ Tal fato se justifica pela necessidade clínica de uma melhor resistência desses cimentos às forças mastigatórias exercidas sobre os bráquetes durante o longo período de tratamento.^{15,16}

A grande maioria desses estudos sugere o cimento resinoso Transbond XT[®] como sendo o com melhor comportamento quando submetido a esse tipo de teste. O questionamento que fica evidente reflete sobre qual seria a razão para esse cimento ser tão superior aos outros, se todos os cimentos resinosos destinados à colagem de bráquetes ortodônticos são compostos a base de Bis-GMA.

Os testes de cisalhamento avaliados isoladamente não oferecem subsídios para se justificar a superioridade de determinado cimento em relação ao outro. Não levam em consideração as diferenças nas características físicas como a microestrutura do material, tipo, tamanho, proporção e distribuição da carga inorgânica e demais propriedades mecânicas, que podem estabelecer a superioridade de um cimento em relação ao outro. O conhecimento dessas propriedades físico-químicas e mecânicas é que determinarão a qualidade dos cimentos e influenciarão na resistência à flexão, resistência ao cisalhamento e viscosidade.¹⁷⁻²³

Dentre os testes para a análise das propriedades físico-químicas e mecânicas dos cimentos ortodônticos, esse trabalho intenciona avaliar a morfologia geral e da carga inorgânica, a proporcionalidade peso/peso, a análise química elementar e a microdureza de sete cimentos resinosos ortodônticos, analisando-os em microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectrometria de energia dispersiva (EDS) e microdureza Vickers.

MATERIAIS E MÉTODOS:

Sete marcas comerciais de cimentos resinosos, disponíveis no mercado brasileiro, foto e autopolimerizáveis foram avaliadas nos testes de microdureza, proporção peso/peso, morfologia geral e de carga inorgânica (MEV) e análise química elementar (EDS) (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos cimentos resinosos ortodônticos testados.

Marca Comercial	Fabricante	Polimerização	Lote
Fill Magic	Vigodent	Foto	004/10
Ortodôntico[®]	(Rio de Janeiro/RJ – Brasil)		
Biofix[®]	Biodinâmica	Foto	241 10
	(Ibiporã/PR – Brasil)		
Orthobond[®]	Morelli	Foto	1385043
	(Sorocaba/SP – Brasil)		
AlphaPlast[®]	DFL	Auto	10060796
	(Rio de Janeiro/RJ – Brasil)		
Transbond XT[®]	3M Unitek	Foto	N120715
	(St. Paul/MN – EUA)		
PadLock[®]	Reliance Orthodontic	Foto	101910
	(Itasca/IL – EUA)		
Concise[®]	3M Unitek	Auto	0934300056A
	(St. Paul/MN – EUA)		

Dez corpos de prova de cada marca comercial de cimento resinoso foram confeccionados para a realização dos testes, totalizando setenta corpos de prova para todo o estudo. Os corpos de prova apresentavam forma discóide, com 10mm de diâmetro e 1mm de altura.

Para a confecção dos corpos de prova dos cimentos autopolimerizáveis, a pasta base do cimento resinoso foi inserida em um molde de PVC, previamente posicionado sobre uma lâmina de vidro embebida com o primer ativador. Após a inserção do cimento, uma segunda lâmina de vidro, também embebida com o primer ativador, foi posicionada sobre esse molde. Um peso de 200 gramas foi colocado sobre esta segunda lâmina para permitir uma padronização do escoamento dos cimentos. Aguardou-se o dobro do tempo indicado pelo fabricante para a polimerização final do cimento antes de removê-lo do molde.

Para a confecção dos corpos de prova dos cimentos fotopolimerizáveis foram realizados os mesmos procedimentos descritos anteriormente, substituindo a utilização do primer pela fotoativação. Após a inserção no molde plástico, a reação de polimerização foi iniciada com a utilização de um fotopolimerizador (Diamond Line, VH, São Paulo, Brasil) a uma potência média de 700mW/cm^2 , ligado a um estabilizador de voltagem. A ponta do aparelho foi posicionada no centro do molde, contra a lâmina de vidro, e realizada a emissão de luz pelo tempo de 40 segundos. A cada procedimento completo de polimerização o aparelho foi aferido por um radiômetro (RD-7[®] Ecel, São Paulo, Brasil). Devido ao diâmetro da ponta do aparelho, foram necessárias duas seqüências de ciclos de polimerização até que

toda a superfície do corpo de prova fosse irradiada. Os mesmos procedimentos descritos foram realizados para a superfície inferior. Em seguida, os corpos de prova foram separados do molde plástico.

Todos os corpos de prova foram armazenados individualmente em recipientes plásticos opacos e escuros, que impediram a passagem de qualquer tipo de luz e umidade, e identificados de acordo com cada grupo.

Análise da Morfologia Geral (MEV) e Análise Química Elementar (EDS)

Para a análise da morfologia geral utilizou-se um corpo de prova de cada cimento resinoso. Procedeu-se, então, a preparação desses corpos de prova para a análise no MEV (Shimadzu, SS-550, Kyoto, Japan) com o recobrimento superficial de uma camada de ouro e a análise a partir da emissão de elétrons retroespalhados. Simultaneamente à análise morfológica no MEV, realizou-se as análises das composições químicas elementares dos cimentos por meio da espectrometria de energia dispersiva (EDS), detectando-se qualitativamente e semi-quantitativamente os elementos químicos constituintes dos cimentos.

Análise da Proporção Peso/Peso e Morfologia da Carga Inorgânica

Seis corpos de prova de cada grupo foram utilizados, totalizando quarenta e dois corpos de prova para esses testes. Cada corpo de prova foi previamente dessecado por 72 horas em um dessecador e pesado em balança eletrônica de alta precisão, com três casas decimais (BG 400[®], Gehaka, São Paulo, Brasil). Estes então foram colocados separadamente em cadinhos de cerâmica, levados ao forno elétrico (Nikron[®], Buenos Aires, Argentina) e aquecidos a uma taxa de 10°C/min até a temperatura de 800°C, na qual foram deixados por 2 horas para eliminação da carga orgânica dos cimentos. Após o resfriamento, os corpos de prova foram novamente pesados a fim de que fosse possível constatar a porcentagem peso/peso da carga inorgânica.

A diferença, na comparação intragrupo, entre os pesos inicial e final foram avaliados estatisticamente pelo teste T de Student ($p < 0,001$). As diferenças intergrupos foram verificadas pela análise de variância ANOVA e posteriormente localizadas pelo teste de

TUKEY ($p < 0,01$).

Para a análise da morfologia da carga inorgânica os corpos de prova calcinados foram preparados para a análise no MEV e EDS. Imagens topográficas e análises semi-quantitativas dos elementos constituintes foram novamente realizadas.

Teste de Microdureza Vickers

Vinte e um corpos de prova, três de cada grupo foram confeccionados para esse teste. Utilizou-se um microdurômetro (Brivisor KL 2[®], Georg Reicherter, Esslingen/Neckar, Germany), com uma ponta Vickers. Em cada corpo de prova foram realizadas três penetrações com uma carga de 0,3kgf por 30 segundos. Um total de nove leituras por grupo foram estabelecidas.

As diferenças estatísticas das microdurezas foram verificadas comparativamente entre as diversas resinas pela análise de variância ANOVA e localizadas pelo teste de TUKEY ($p < 0,01$).

RESULTADOS

Análise da Morfologia Geral e Análise Química Elementar

As imagens da microestrutura obtidas no MEV mostram as diferenças entre a forma, o tamanho e a disposição das partículas inorgânicas em todos os cimentos resinosos. Essa observação proporcionou um contraste adequado entre as cargas inorgânicas, que ficam dispostas na matriz orgânica (Figura 1). As formas e tamanhos das partículas inorgânicas dentro do mesmo grupo também foram diferentes. As imagens sugerem que as maiores partículas foram observadas no cimento Orthobond[®], seguido pelo AlphaPast[®] e Concise[®], e pelo PadLock[®]. Todos os cimentos possuem grande variedade no tamanho e na forma das partículas de preenchimento. O Biofix[®] mostrou-se mais homogêneo nos tamanhos de suas partículas de carga. Foi possível observar pelas imagens que há uma distribuição favorável das partículas inorgânicas na matriz orgânica, sem a ocorrência de aglomerações, na grande maioria dos cimentos.

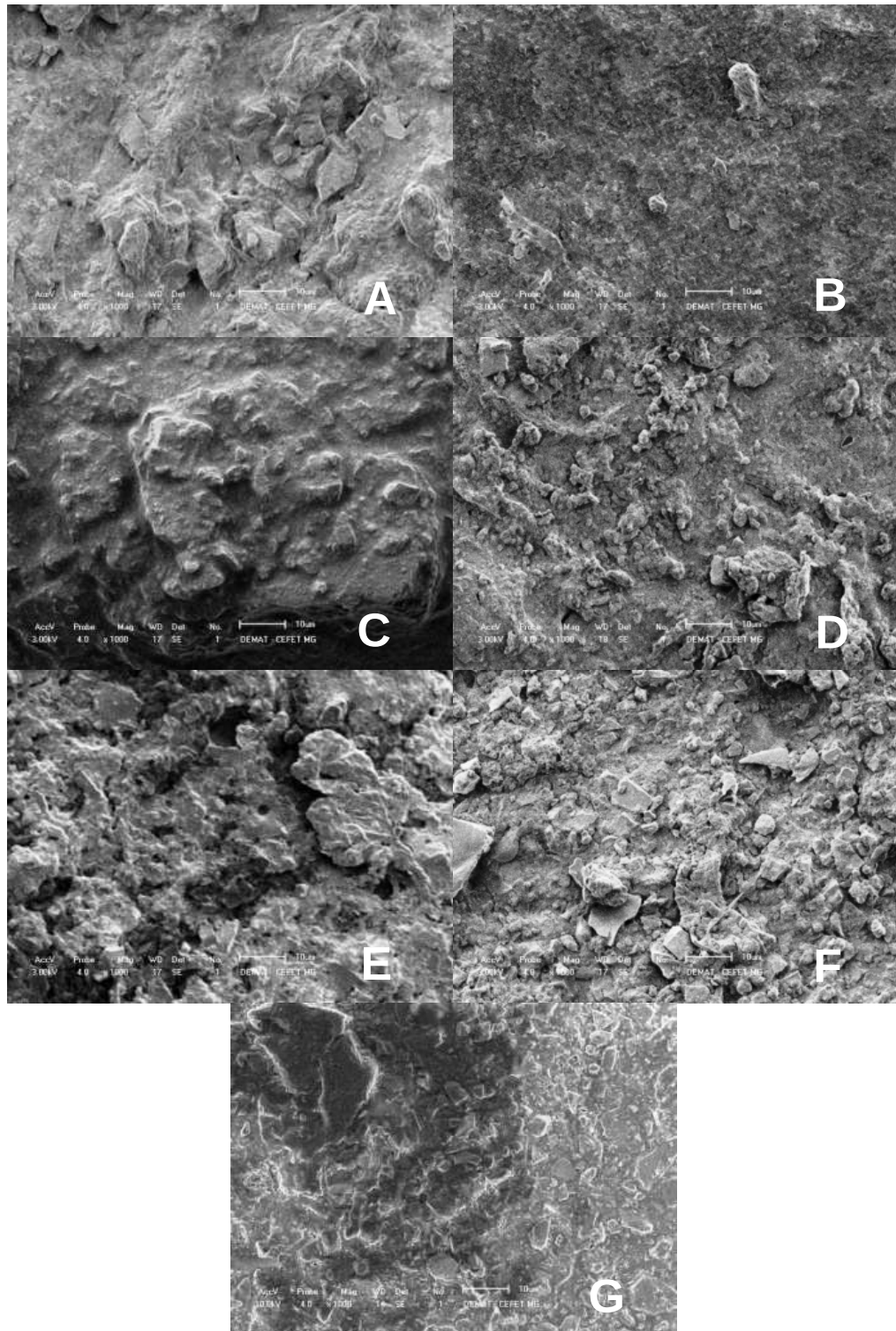


Figura 1: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). A- AlphaPlast®. B- Biofix®. C- Concise®. D- FillMagic®. E- Orthobond®. F- PadLock®. G- Transbond XT®. (magnificação original x 1000)

Quando realizada a análise química elementar semi-quantitativa, constatamos a presença de elementos similares, como o carbono, oxigênio e a sílica em todos os cimentos. A concentração de sílica foi elevada em todas as amostras, no entanto o carbono e o oxigênio se mostraram com comportamento variável (Figura 2).

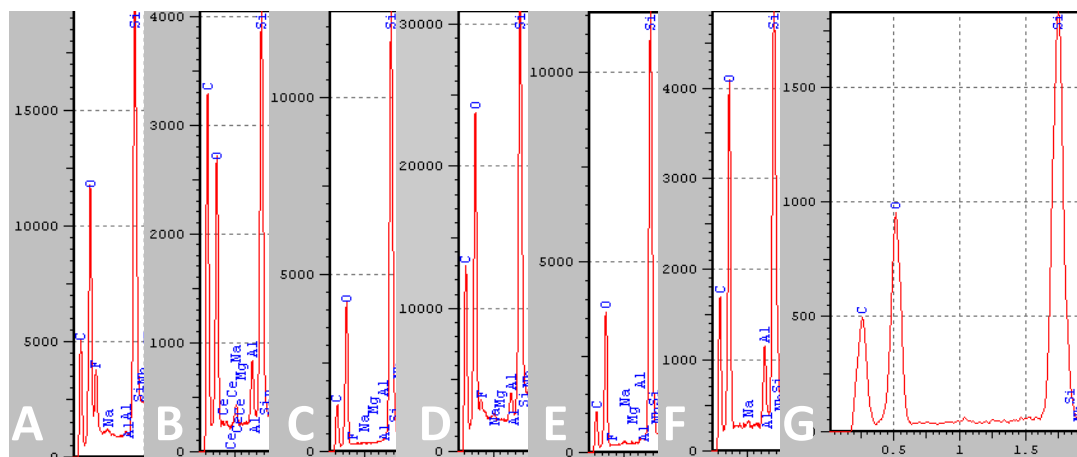


Figura 2: Análise de Energia de Carga Dispersiva (EDS). A- AlphaPlast[®]. B- Biofix[®]. C- Concise[®]. D- FillMagic[®]. E- Orthobond[®]. F- PadLock[®]. G- Transbond XT[®].

Análise da Proporção Peso/Peso e Morfologia da Carga Inorgânica

A tabela 2 mostra os resultados das análises da proporção peso/peso intra-grupos. Existiram diferenças estatísticas significantes entre os pesos iniciais e finais dentro de um mesmo grupo pelo teste T de Student, indicando que a quantidade de perda de carga orgânica foi significativa na proporção do peso final em todos os cimentos. O cimento que apresentou maior porcentagem de carga inorgânica após a queima foi o AlphaPlast[®] e o que apresentou menor quantidade foi o Biofix[®].

Tabela 2. Análise da Proporção Peso/Peso (g) antes e após a eliminação da carga orgânica

	Peso antes da calcinação		Peso após a calcinação		Teste T	% de carga inorgânica
	Média	DP	Média	DP		
AlphaPlast[®]	0,326	0,06	0,261	0,05	S	80,06
Biofix[®]	0,224	0,02	0,091	0,01	S	40,62
Concise[®]	0,328	0,04	0,260	0,03	S	79,26
FillMagic[®]	0,235	0,03	0,111	0,02	S	47,23
Orthobond[®]	0,300	0,06	0,202	0,04	S	67,33
PadLock[®]	0,342	0,04	0,251	0,03	S	73,39
Transbond XT[®]	0,341	0,04	0,262	0,03	S	76,83

(S) significante estatisticamente. ($p < 0,001$) pelo teste T de Student

Analisando as diferenças entre os grupos (Tabela 3), podemos observar que os cimentos resinosos Biofix[®] e FillMagic[®] se mostraram com peso inicial menor, diferente estatisticamente significativa aos demais, mas iguais entre si, pelo Teste de TUKEY.

Em relação ao peso final, os cimentos AlphaPlast[®], Concise[®], PadLock[®] e Transbond XT[®] não mostraram diferenças significante entre si. No entanto, existiram diferenças estatisticamente significantes em relação aos demais. O Orthobond apresentou um peso final intermediário e estatisticamente diferente dos demais. Os cimentos resinosos Biofix[®] e FillMagic[®] se mostraram com menor quantidade de carga inorgânica após a queima. Esses resultados mostram que os cimentos Biofix[®] e FillMagic[®] são bastante semelhantes entre si, no que diz respeito à proporção em peso de cargas orgânicas e inorgânicas. Além disso, esses cimentos apresentam os menores valores de proporção de carga inorgânica em relação aos demais cimentos avaliados.

Tabela 3. Comparação entre as marcas dos pesos (g) antes e após a eliminação da carga orgânica

	Peso antes da calcinação		Peso após a calcinação		Teste de Tukey
	Média	DP	Média	DP	
AlphaPlast[®]	0,326	0,06	0,261	0,05	Aa
Biofix[®]	0,224	0,02	0,091	0,01	Cb
Concise[®]	0,328	0,04	0,260	0,03	Aa
FillMagic[®]	0,235	0,03	0,111	0,02	Cb
Orthobond[®]	0,300	0,06	0,202	0,04	Ba
PadLock[®]	0,342	0,04	0,251	0,03	Aa
Transbond XT[®]	0,341	0,04	0,262	0,03	Aa

Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas nos pesos antes da calcinação.
 Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatísticas nos pesos após a calcinação pelo teste de Tukey ($p < 0,01$)

Quando analisadas visualmente no MEV, somente foi possível verificar os cristais de sílica (Figura 3). Na verificação da composição química, observamos a presença de sílica em todas as amostras (Figura 4). A quantidade de carbono foi satisfatoriamente eliminada, demonstrando uma queima efetiva.

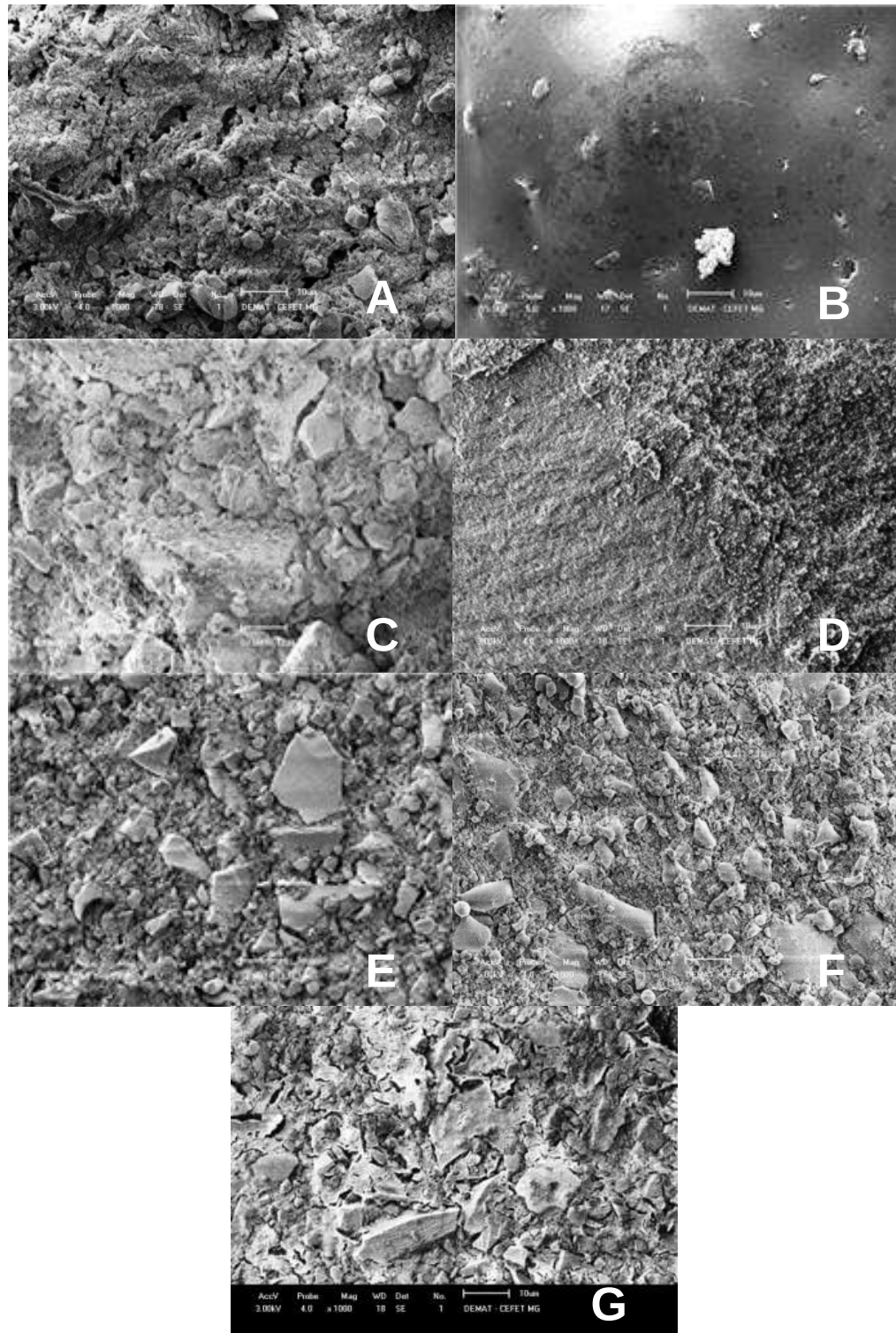


Figura 3: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) após calcinação. A- AlphaPlast[®]. B- Biofix[®]. C- Concise[®]. D- FillMagic[®]. E- Orthobond[®]. F- PadLock[®]. G- Transbond XT[®]. (magnificação original x 1000)

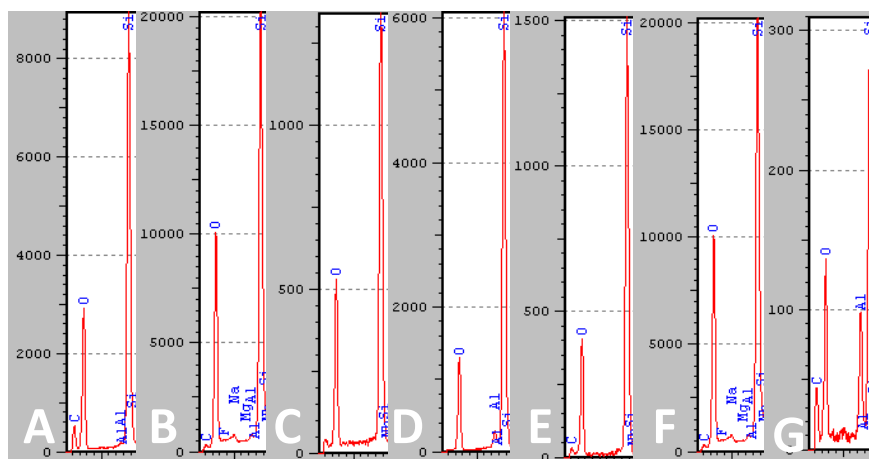


Figura 4: Análise de Energia de Carga Dispersiva (EDS) após a calcinação. A- AlphaPlast®. B- Biofix®. C- Concise®. D- FillMagic®. E- Orthobond®. F- PadLock®. G- Transbond XT®.

Teste de Microdureza Vickers

Comparando os valores de microdureza (Tabela 4), podemos constatar que o cimento autopolimerizável Concise® mostrou-se com maior valor que os demais, seguido do autopolimerizável AlphaPlast® e do fotopolimerizável PadLock®. Os cimentos fotopolimerizáveis Transbond XT® e Orthobond® mostraram comportamentos semelhantes, e os cimentos FillMagic® e Biofix® obtiveram valores de dureza mais baixos estatisticamente.

Tabela 4. Avaliação da Microdureza Vickers

	Média	DP	Teste de Tukey
AlphaPlast®	116,72	6,5	B
Biofix®	40,17	3,4	D
Concise®	155,45	31,0	A
FillMagic®	45,58	7,0	D
Orthobond®	68,21	10,7	C
PadLock®	108,66	17,5	B
Transbond XT®	85,61	5,7	C

Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre os cimentos pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

DISCUSSÃO

Os cimentos resinosos tornaram-se o material universalmente utilizado pelos ortodontistas para colagem de bráquetes na superfície dentária devido à sua adesividade, comprovada por vários estudos, capazes de suportar forças de movimentação ortodôntica e de mastigação.⁴⁻¹⁴

Os cimentos ortodônticos devem apresentar boa performance para o clínico, ou seja, durante o posicionamento do bráquete no dente o adesivo deve oferecer rigidez suficiente e não permitir o deslocamento do acessório do local desejado. Para chegar a esse objetivo, um cimento ortodôntico deverá dispor um nível adequado de carga inorgânica. Durante a descolagem dos bráquetes, o remanescentes de cimento tem que ser fácil remoção. Devem também oferecer biocompatibilidade e adequada resistência de união.²⁴

De acordo com Vilchis, Hotta e Yanamoto²⁵, atualmente a maioria dos compósitos são preenchidos com partículas de silicato tendo como base o óxido de bário, estrôncio, zinco, alumínio, ou zircônio. Embora exista grande variedade, não há superioridade de uma carga específica, pois cada tipo oferece vantagens e desvantagens. No entanto, as melhores propriedades mecânicas podem ser obtidas pela incorporação de altas concentrações de partículas de carga de diversos tamanhos nos cimentos.

No nosso estudo, as imagens do MEV dos cimentos resinosos ortodônticos, mostraram uma grande diversidade das suas estruturas por conta do tamanho, da forma e do conteúdo de carga. Esses achados são consistentes com as significantes diferenças no tamanho e número das partículas de carga relatadas por Vilchis, Hotta e Yanamoto²⁵, Iijima et al²⁶ e Vilchis et al²⁷.

Faltermeier et al²⁴ estudaram os efeitos de diferentes composições dos cimentos resinosos e concluíram que as resinas compostas com grande concentração de carga e com partículas de variados tamanhos mostram melhores resultados nas propriedades mecânicas. Nesse aspecto, a resina Orthobond[®] foi a que mostrou maior tamanho de partículas de carga inorgânica, assim como maior concentração dessas em sua composição, seguida da Concise[®] e da Transbond XT[®] (Figura 1). Ujigo et al²⁸, analisando a influência do conteúdo de carga na resistência ao desgaste de cimentos resinosos restauradores, verificou que aqueles cuja porcentagem de carga era inferior a 70% em peso apresentaram menor resistência ao desgaste do que aqueles cuja porcentagem era superior a esse valor. Moszner e Salz²⁹ relatam que uma resina que apresenta uma quantidade maior que 80% de fase inorgânica comprometerá as

propriedades mecânicas, tornando o material friável. Levando em conta as considerações desses autores, as únicas resinas que apresentaram-se com quantidade de carga inorgânica em peso dentro dos padrões ideais foram AlphaPlast[®], Concise[®], Transbond XT[®] e PadLock[®]. O cimento Orthobond[®] apresentou uma proporção de carga inorgânica próxima do limite inferior de 70%. Os demais, Biofix[®] e FillMagic[®] apresentaram as menores proporções de carga inorgânica. Essas baixas proporções podem comprometer as propriedades mecânicas desses cimentos, o que se verifica pelos baixos valores alcançados nos testes de dureza Vickers.

O teste de microdureza Vickers revelou significativa diferença entre os compósitos (Tabela 4). Esses achados estão de acordo com os valores em peso de carga inorgânica (Tabela 2). Assim como estabelecido por Vilchis et al²⁷, em geral, os maiores valores de dureza foram encontrados nas resinas com maiores porcentagens em peso de carga inorgânica. Eles também afirmam que algumas características estruturais dos cimentos interferem na microdureza Vickers, sendo eles: estrutura da resina, tamanho das partículas de carga, proporção volume/peso da carga e a composição química. Contudo nenhum estudo quantificou quais os valores mínimos necessários de microdureza que os cimentos devem possuir para suportarem as forças das mecânicas ortodônticas ou mesmo da mastigação.

Uma relação direta entre o conteúdo de partículas e a microdureza pode ser observada, uma vez que as resinas apresentaram comportamentos semelhantes nos resultados de dureza e quantidade de carga, assim como descrito por Neves et al²¹. Quando materiais diferentes foram comparados, observou-se que o conteúdo de partículas inorgânicas afetou diretamente os valores de microdureza.

Kim et al³⁰, afirmaram que resinas compostas com grandes valores de microdureza produzem um efeito positivo na resistência ao desgaste. Nesse estudo o cimento Concise[®] apresentou um valor altamente significativo, seguido do AlphaPlast[®] e PadLock[®], sendo o Biofix[®] e FillMagic[®] os menos resistentes.

Segundo Iijima et al²⁶ a dureza, o tamanho e a composição das partículas de carga parecem influenciar no polimento e na resistência ao desgaste de uma resina. Um alto grau de polimento estaria associado com a remoção relativamente rápida do cimento residual na superfície do esmalte após a descolagem.

Devido à grande quantidade de materiais disponíveis no mercado para colagem de acessórios ortodônticos ao dente, é de suma importância a realização de mais estudos que

visam avaliar as propriedades desses diferentes tipos de materiais, para que possa haver uma indicação mais segura na prática diária.

CONCLUSÃO

- Existem diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes cimentos resinosos ortodônticos;
- De acordo com a morfologia e a quantidade de carga, o cimento que obteve resultados mais satisfatórios foi a Orthobond[®], seguida da Concise[®], Transbond XT[®] e PadLock[®];
- Em relação carga inorgânica em peso se destacaram os cimentos Concise[®], AlphaPlast[®] e PadLock[®];
- Quanto a dureza, os cimentos que possuíram melhores valores foram Concise[®], AlphaPlast[®] e PadLock[®].

REFERÊNCIAS

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34: 849-853.
2. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod.* 1965;51:901-912.
3. Mandall NA, Hickman J, MacFarlane TV, Mattick RCR, Millett DT, Worthington HV. Adhesives for fixed orthodontic brackets (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library.* Issue 1. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
4. Faust JB, Greco GN, Fan PL. Penetration coefficient, tensile strength, and bond strength of thirteen direct bonding orthodontic cements. *Am J Orthod.* 1978; 73: 512-525.
5. Bradburn G, Pender N. An in vitro study of the bond strength of two light-cured composites used in the direct bonding of orthodontic brackets to molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;102: 418-426.
6. Powers JM, Kim HB, Turner DS. Orthodontic adhesive and bond strength testing. *Semin Orthod.* 1997;3: 147-156.
7. Rix D, Foley TF, Mamadras A. Comparison of bond strength of three adhesives: composite resin, hybrid GIC, and glass-filled GIC. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 36-42.
8. Summers A, Kao E, Gilmore J, Gunel E, Ngan P. Comparison of bond strength between a conventional resin adhesive and a resin-modified glass ionomer adhesive: An in vitro and in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126: 200-206.
9. Chitnis D, Dunn WJ, Gonzales DA. Comparison of in-vitro bond strengths between resin-modified glass ionomer, polyacid-modified composite resin, and giomer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:330.e11-330.e16.

10. Giannini C, Francisconi PAS. Resistência a remoção de bráquetes ortodônticos sob ação de diferentes cargas contínuas. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2008;13; 50-59.
11. Vilchis RJS, Yamamoto S, Kitai N, Yamamoto K. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009 ;136:425-30.
12. Al-Saleh M, El-Mowafy O. Bond strength of orthodontic brackets with new self-adhesive resin cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;137:528-533.
13. Abdelnaby YL, Al-Wakeel ES. Effect of early orthodontic force on bond strength of orthodontic bracket bonded with different adhesives systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;138:208-214.
14. Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010; 137 :615-622.
15. Sunna S, Rock WP. Clinical performance of orthodontic brackets and adhesives systems: a randomized clinical trial. *British J Orthod*.1998; 25: 283-287.
16. Viana CP, Mazzeiro ET, Junior JL. Avaliação das tensões geradas numa união ortodôntica submetida a duas diferentes forças, através do método dos elementos finitos. *J Bras Ortodon Ortop Facial*. 2004; 9: 616-621.
17. Acharya A, Greener EH. Termogravimetric analysis of composite restorative resins. *J Dent Res*.1972; 51: 1363-1368.
18. Chung K, Greener EH. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J. Oral Rehabil.*, v.17, p.487-494, 1990.
19. Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Wang Y, Viswanadhan T. Thermoanalytical characterization of visible light cure dental composites. *J Oral Rehabil*. 1992; 19: 49-64.
20. Reges RV, Côrrea FOB, Adabo GL, Cruz CAS, Sobrinho LC. Análise quantitativa do conteúdo de carga inorgânica das resinas compostas. *Pós-Grad Rev Odontol*. 2002; 5: 18-22.
21. Neves AD, Discacciati JAC, Oréface RL, Jansen WC. Correlação entre grau de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos. *Pesqui Odontol Bras*.2002; 16: 349-354.
22. Akaki E, Mansur HS, Angelis LH, Castro BA, Valadão HF, Faria DB, Rezende FC. SEM/EDX and FTIR characterization of a dental resin cement with antibacterial agents incorporated. *Key Engineering Materials Vols*. 2005; 284-286: 391-394.
23. ANUSAVICE, Kenneth J. Phillips Materiais Dentários. 11 ed. São Paulo: Elsevier, 2005. 800p.
24. Faltermeier A, Rosentritt M, Faltermeier R, Reicheneder C, Müssig D. Influence of filler level on the bond strength of orthodontic adhesives. *Angle Orthod*. 2007;77:494-498.
25. Vilchis RJS, Hotta Y, Yamamoto K. Examination of six orthodontic adhesives with electron microscopy, hardness tester and energy x-ray microanalyzer. *Angle Orthod*. 2008; 78: 655-661.
26. Iijima M, Muguruma T, Brantley WA, Yuasa T, Uechi J, Mizoguchi I. Effect of mechanical properties of fillers on the grindability of composite resin adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010; 138: 420-426.
27. Vilchis RJS, Hotta Y, Hotta M, Idono T, Yamamoto K. Examination of composite resins with electron microscopy, microhardness tester and energy dispersive x-ray microanalyzer. *Dent Mater J*. 2009; 28:102-112.
28. Ujigo Y et al. Filler content versus wear of resin cement around CAD/CAM inlays. *J Dent Res*, 1994; 73: 325.

29. Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Progress in polymeric science*, 2001; 26: 535-576.
30. Kim KH, Ong JL, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *J Prosthet Dent*. 2002; 87: 642-649.