



UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
DE ARARAQUARA



AMANDA FAHNING FERREIRA MAGNO

AVALIAÇÃO IN VITRO DA FOTOPOLIMERIZAÇÃO
DE BRÁQUETES VESTIBULARES E LINGUAIS
COM ARCO DE PLASMA, LED E LUZ HALÓGENA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas – Área de Ortodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Mestre em Ortodontia.

Orientadora: Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins

Araraquara

2008

Magno, Amanda Fahning Ferreira.

Avaliação in vitro da fotopolimerização de bráquetes vestibulares e linguais com arco de plasma, LED e luz halógena / Amanda Fahning Ferreira Magno. – Araraquara: [s.n.], 2008.

100 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientadora : Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins

1. Braquetes ortodônticos 2. Luz visível 3. Tempo
4. Resistência ao cisalhamento. I. Título

AMANDA FAHNING FERREIRA MAGNO

**AVALIAÇÃO IN VITRO DA FOTOPOLIMERIZAÇÃO
DE BRÁQUETES VESTIBULARES E LINGUAIS
COM ARCO DE PLASMA, LED E LUZ HALÓGENA**

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientadora: Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins

2º Examinador: Profa. Dra. Mírian Aiko Nakane Matsumoto

3º Examinador: Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli

Araraquara, 29 de maio de 2008.

DADOS CURRICULARES

AMANDA FAHNING FERREIRA MAGNO

NASCIMENTO 12.05.1978 – Valença/BA

FILIAÇÃO Antonio Eduardo de Souza Magno
Dionísia Fahning Ferreira Magno

1996/2000 Curso de Graduação na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia – UFBA.

2001/2001 Curso de Pós-Graduação em Ortodontia, nível de Aperfeiçoamento, na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia - UFBA.

2003/2004 Curso de Pós-Graduação em Ortodontia, nível de Especialização, na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP.

2006/2008 Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, nível de Mestrado, Área de Ortodontia, na Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

“Um dia você aprende que...

Depois de algum tempo você aprende a diferença.

A sutil diferença entre dar a mão e acorrentar uma alma.

E você aprende que amar não significa apoiar-se...

E começa a aceitar suas derrotas

Com a cabeça erguida e olhos adiante,

*Com a graça de um adulto e não com a tristeza de uma
criança.*

E aprende a construir todas as suas estradas no hoje,

Porque o terreno do amanhã é incerto demais para os planos,

E o futuro tem o costume de cair em meio ao vão...

Aprende que falar pode aliviar dores emocionais.

Descobre que se levam anos para se construir confiança

E apenas segundos para destruí-la...

Aprende que o que importa não é o que você tem na vida...

Mas quem você tem na vida.

E que bons amigos são a família que nos permitiram escolher.

Começa a aprender que não se deve comparar-se com os outros,

Mas com o melhor que pode ser...

Aprende que não importa aonde já chegou, mas onde está

indo...

Aprende que paciência requer muita prática.

Aprende que há mais de seus pais em você do que você
supunha...

Aprende que quando está com raiva, tem direito de estar com
raiva, mas isso não lhe dá o direito de ser cruel.

Que existem pessoas que nos amam,
Mas simplesmente não sabem como demonstrar ou viver isso.

Aprende que nem sempre é suficiente ser perdoado por alguém,
Algumas vezes, você tem que aprender a perdoar a si mesmo...

Aprende que o tempo não é algo que possa voltar para trás...

Portanto, plante seu jardim e decore sua alma,
Ao invés de esperar que alguém lhe traga flores.

E você aprende que realmente pode suportar...
Que realmente é forte, e que pode ir mais longe,
Depois de pensar que não se pode mais.

E que realmente a vida tem valor
E que você tem valor diante da vida!

Nossas dádivas são traidoras e nos fazem perder o bem que
poderíamos conquistar, se não fosse o medo de tentar.”

WILLIAM SHAKESPEARE

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho...

Aos meus pais António Eduardo Magno e Dione Magno,

Por todo o amor a mim dispensado, pelo sacrifício e renúncia, pelo incentivo durante todas as etapas da minha vida, pelo apoio e carinho incondicionais, por acreditarem nos meus sonhos...

Vocês são os meus maiores e melhores exemplos de luta, caráter e honestidade!

Muito obrigada pelos ensinamentos, confiança e compreensão.

Eu devo a vocês tudo o que sou e tudo que conquisei!

EU AMO MUITO VOCÊS, PAIS!!

“Não há felicidade sem amor, vida sem sonhos, vitória sem luta.”

Armando de Almeida

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A DEUS,

Por ter me proporcionado uma vida com saúde. Por estar sempre iluminando e guiando os meus caminhos. Por me dar força e coragem para enfrentar os desafios.

À minha orientadora Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins,

Meu carinhoso agradecimento por esta grande oportunidade de crescimento profissional e intelectual. Por ter acreditado na minha capacidade para a realização deste trabalho, por demonstrar prazer e dedicação em me orientar. Pelo exemplo de pessoa batalhadora e competente, pelos ensinamentos transmitidos, pela paciência e incentivo. Meu respeito e admiração! Por aceitar as minhas iniciativas, agradeço a compreensão. Obrigada pelo agradável convívio durante todo esse período!

Ao meu querido namorado José Carlos Almussa Júnior,

Que tanto me incentivou e participou comigo de todo esse processo. Pelo brilho e alegria que você traz à minha vida. Obrigada pelo companheirismo, compreensão, amor e cumplicidade. Com você ao meu lado, me apoiando sempre, tudo foi mais fácil...Te amo muito!

Ao meu irmão Hermano Fahníng,

Pelo carinho, apoio, por torcer por mim, mesmo de longe, e por fazer parte da minha vida!

Aos meus tios Enock Ferreira Filho e Normacélia Lima dos Santos,

Por todo o incentivo, reconhecimento, carinho e por sempre terem acreditado em mim. Vocês foram muito importantes nessa minha caminhada!

Aos meus sogros José Carlos Almussa e Maria Aparecida Almussa,

Por cuidarem de mim com tanto carinho, acolhendo-me como “filha”. Vocês são pessoas especiais!

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”

Fernando Sabino

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, na presença de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Marcos Macarí e vice-reitor Prof. Dr. Herman Jacobus Cornelis Voorwald, pela oportunidade de propiciar-me o curso de Mestrado.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAr, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, na pessoa de seu diretor Prof. Dr. José Cláudio Martins Cegalla e de sua vice-diretora Andréia Affonso B. Montandon.

Ao Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, representado pela Chefe de Departamento Profa. Dra. Ângela Cristina Cilense Zuanon e pela vice-chefe Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, coordenado pelo Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Jr. e pela Profa. Dra. Josimeri Hebling, pela dedicação demonstrada.

Ao Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli, minha imensa gratidão pela sua valiosa contribuição à realização desta pesquisa. Pelos ensinamentos, incentivo, pelo carinho e apoio que sempre recebi e pelo alegre convívio.

Ao Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto, pelo exemplo de profissional e de pesquisador, pela atenção em todos os momentos em que precisei e pelas boas sugestões na qualificação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Jr., pelo exemplo de docente, por todo o apoio, ensinamentos transmitidos e respeito.

Ao Prof. Dr. João Roberto Gonçalves, pelo apoio, ensinamentos e cordialidade.

Ao Prof. Dr. Maurício Tatsuei Sakima, pela atenção e agradável convívio nas clínicas de graduação.

Aos docentes da Disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Profa. Dra. Josimeri Hebling, Profa. Dra. Lourdes Aparecida Martins dos Santos Pinto, Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro, Profa. Dra. Ângela Cristina Cilense Zuanon, Prof. Dr. Cyneu Aguiar Pansani, Prof. Dr. Fábio

César Braga de Abreu e Lima e Profa. Dra. Rita de Cássia Loiola Cordeiro, pela atenção a mim dispensada.

À colega Cecília Helena Porto, pelo companheirismo, amizade, incentivo e pela boa vontade. Te admiro muito e obrigada por tudo!

À colega Savana Maia, pela solidariedade, carinho e pelos momentos alegres!

Ao colega Adriano Porto, sempre atencioso e prestativo. Obrigada pela paciência e pela amizade!

Ao colega André Monini, meu sincero agradecimento pela agradável convivência, pelo apoio constante, pelo carinho, troca e respeito.

Ao Prof. Dr. Luís Geraldo Vaz, meu reconhecimento pela sua importante contribuição à realização dos ensaios mecânicos, pela imensa paciência, boa vontade, dedicação e empenho.

Ao Dr. Renato Parsekian Martins, pelo apoio, pela grandiosa colaboração e boas idéias que contribuíram para o enriquecimento desta pesquisa.

Ao Dr. Hermes Pretel, por toda a atenção, disponibilidade e informações transmitidas.

Aos colegas da turma antiga de mestrado, Deborah, por toda a sua ajuda e atenção; Luana, Renata, Rafael e Luís Guilherme, pela solidariedade, apoio, companheirismo e prazerosa convivência. Sempre me lembrarei de vocês!

Às colegas da nova turma de mestrado, Marcela, Betina, Roberta (Bob), Fernanda e Denise, pelo apoio, amizade, carinho e alegria. Gosto muito de vocês!

Às secretárias Célia Ap. Brogna B. da Silva e Sonia Maria Tircailo, do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, por toda a colaboração e atenção que recebi e pela cordialidade.

Aos meus professores do curso de Especialização em Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP, Dra. Mirian Aiko Nakane Matsumoto, Dr. Adilson Thomazinho, Dr. Marcelo Mestriner, Dra. Carla Enoki, Dr. José Tarcísio Lima Ferreira, Dra. Elisabeth Morízon e Dr. Ademar Valente, pelo apoio, incentivo e grandiosa contribuição à minha formação profissional.

À Profa. Ana Maria Elias, pela importante contribuição na elaboração da análise estatística e pela atenção com que sempre me recebeu.

À Isabela Parsekian Martins, sempre atenciosa e disposta a me ajudar. Obrigada!

À Anália Andrade (Chiquinha) e sua família, por todo apoio, carinho e atenção.

Aos meus cunhados Adriana Almussa Lavagnini e Luis Gustavo Lavagnini, pelo imenso carinho, apoio e pela agradável convivência.

À colega Simone Gallão, pela sua ajuda, atenção e amizade.

Às amigas baianas da Pós-Graduação, Aline Viana e Mady Crusoé, pelas conversas descontraídas nos nossos almoços e pela amizade de vocês!

Aos colegas da Especialização em Ortodontia da FORP-USP, Eduardo, Marcela, Paulo, Talita e Tatiana, pelas boas lembranças e amizade. Vocês são inesquecíveis!

Às amigas de Ribeirão Preto, Ana Carolina Mota, Ana Luíza Neves, Roberta Tunes e Zilda Fernandes, pela amizade, por todo o carinho e alegria. Adoro vocês!

Aos colegas da Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Odontopediatria, especialmente à Camila Fávero, pela sua ajuda na etapa inicial deste trabalho, e à Juliana Gondim, pelos alegres momentos.

Aos funcionários do setor de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Mara Cândida Munhoz do Amaral, Rosângela Aparecida Silva Santos, Flávia Souza de Jesus e José Alexandre Garcia, pela atenção e auxílio durante todo o curso.

À funcionária da FAPESP Maria do Carmo, pela sua atenção, paciência e apoio.

Ao Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, pela disponibilidade para a utilização de seu laboratório e equipamentos, em especial ao Prof. Dr. Luís Geraldo Vaz e ao Prof. Dr. Gelson Luís Adabo, pela ajuda e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao GESTOS - Grupo de Estudos Ortodônticos e Serviços, pela disponibilidade do uso de seu equipamento e a todas as suas funcionárias, Ozita, Juçara, Gisele, Márcia, Adriana e Natália, pela atenção a mim dispensada, pelo carinho e apoio.

A todos os colegas de Araraquara da Especialização em Ortodontia do GESTOS e FAEPO, pelos bons momentos juntos.

Aos funcionários do laboratório do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Antonio Cabrini (Totó) e Pedro César Alves, pelo apoio e por toda a boa vontade em me ajudar.

A todos os funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, sempre dedicados e atenciosos. Em especial à Ceres Maria Carvalho Galvão de Freitas, pela atenção e ajuda na formatação deste trabalho.

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio pesquisa fornecido, processo nº 06/53279-9.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os meus familiares e amigos que sempre torceram por mim, mesmo distantes!

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desta pesquisa.

Muito Obrigada!

*"Aqueles que passam por nós não vão sós, não nos deixam sós.
Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós."*

Antoine de Saint-Exupery

SUMÁRIO

RESUMO	23
<i>ABSTRACT</i>	25
1 INTRODUÇÃO GERAL	27
2 PROPOSIÇÃO	33
3 ARTIGO 1	35
4 ARTIGO 2	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
6 REFERÊNCIAS	92
7 ANEXO	99

RESUMO

Magno AFF. Avaliação in vitro da fotopolimerização de bráquetes vestibulares e linguais com arco de plasma, LED e luz halógena [Dissertação de Mestrado].

Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2008.

Resumo

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar in vitro a fotopolimerização de bráquetes vestibulares e linguais utilizando o arco de plasma, o diodo emissor de luz (LED) e a luz halógena convencional em tempos diferentes. Dois artigos científicos foram redigidos e utilizados para a avaliação dos propósitos apresentados. Na análise por vestibular, não houve diferenças entre o uso da luz arco de plasma por 6 segundos, do LED por 10 segundos e da luz halógena por 40 segundos. A luz arco de plasma por 3 segundos e o LED por 5 segundos demonstraram resistências ao cisalhamento iguais entre si e significativamente menores em relação às da luz halógena ($p < 0,001$). Os resultados do índice de adesivo remanescente (IAR) mostraram que a interface de fratura dente/bráquete ocorreu com maior frequência em todos os grupos, entretanto, os dados não puderam ser avaliados estatisticamente em função da distribuição dos escores. Na análise por lingual, as três fontes de luz mostraram-se diferentes entre si ($p < 0,001$). A luz arco de plasma em 6 segundos obteve a menor média de resistência ao cisalhamento, seguida do LED em 10 segundos, que por sua vez apresentou menor média em relação à luz halógena em 40 segundos. O teste quiquadrado demonstrou não haver diferença significativa nos escores do IAR quando empregados os diferentes tipos de luz. Foi concluído, por vestibular, que a luz arco de plasma e o LED podem ser utilizados por tempos reduzidos em relação à luz halógena, sem perda de resistência ao cisalhamento, mas com limites para esta redução. Nos testes por lingual, a luz arco de plasma obteve resistências menores que o LED, o qual demonstrou resistências menores que a luz halógena, porém, estas diferenças não afetaram o padrão de descolagem.

Palavras-chave: Braquetes ortodônticos, luz visível, tempo, resistência ao cisalhamento.

ABSTRACT

Magno AFF. In vitro evaluation of the photopolymerization of buccal and lingual brackets with plasma arc, LED and halogen light [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2008.

Abstract

The objective of this study was to evaluate in vitro the photopolymerization of buccal and lingual brackets using a plasma arc, a light-emitting diode (LED) and a conventional halogen light with different exposure times. Two scientific papers were prepared and used for evaluation of the study purposes. In the buccal side analysis, there were no statistically significant differences between plasma arc for 6 seconds, LED for 10 seconds and halogen light for 40 seconds. Plasma arc for 3 seconds and LED for 5 seconds showed statistically similar shear bond strength to each other and significantly lower shear bond strength than that of the halogen light ($p < 0.001$). The adhesive remnant index (ARI) results showed that bonding failures at the bracket/adhesive interface were the most frequent in all groups, but these data could not be analyzed statistically due to the distribution of scores. In the lingual side analysis, the three light sources differed significantly to each other ($p < 0.001$). Plasma arc for 6 seconds presented the highest mean shear bond strength, followed by LED for 10 seconds and halogen light for 40 seconds. The chi-square test did not show statistically significant difference among the ARI scores when the different light sources were used. It may be concluded that, when applied on the buccal side, plasma arc and LED may be used with shorter exposure times compared to the halogen light, without shear bond strength loss, however, there are limits to this reduction of exposure time. When applied on the lingual side, plasma arc presented lower shear bond strength than LED, which, in turn, presented lower shear bond strength than the halogen light, however, these differences did not affect the debonding pattern.

Key Words: Orthodontic brackets, visible light, time, shear bond strength.

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da técnica de colagem com o condicionamento ácido do esmalte ocasionou mudanças significativas na clínica ortodôntica, representando um avanço imprescindível na simplificação e expansão da Ortodontia³.

A colagem dos acessórios ortodônticos oferece muitas vantagens quando comparada ao procedimento de bandagem convencional: apresenta maior estética, há menor desconforto para o paciente, permite o posicionamento mais preciso dos bráquetes, com maior simplicidade e rapidez na execução clínica, maior facilidade na higienização e melhor condição periodontal⁴².

O uso das resinas compostas tornou-se progressivamente mais popular na prática ortodôntica. A polimerização da resina pode ser de natureza química, que foi o primeiro método desenvolvido para a colagem de bráquetes, ou de natureza física. No processo físico de fotoativação, a fonte de luz é um fator importante a ser considerado. Diversos são os tipos de luz, como luz ultravioleta; luz halógena, quartzo-tungstênio-halogênio (QTH), com diferentes potências; laser de argônio; diodo emissor de luz (LED), também com potências variadas; e a luz arco de plasma^{1,4}.

As resinas sensíveis à luz ultravioleta foram desenvolvidas como uma alternativa às resinas quimicamente ativadas, uma vez que apresentavam um menor tempo de polimerização. Devido a problemas de segurança, a luz ultravioleta foi removida do mercado, pois além de oferecer menor profundidade

de polimerização, essa luz é considerada nociva à saúde, com capacidade de induzir mutações genéticas^{20,34,38}. Diante disso, a polimerização por luz visível foi desenvolvida por volta de 1980³⁰, surgindo aparelhos com capacidade de emitir e transmitir luz em comprimentos de onda situados entre 400 e 500 nm, faixa azul no espectro de luz visível, eliminando as características desfavoráveis da luz ultravioleta⁶.

As unidades mais freqüentemente empregadas na prática odontológica para a polimerização das resinas compostas são as que possuem luz halógena²³. Os aparelhos de luz halógena apresentam o pico de comprimento de onda variando em aproximadamente 450 a 490 nm. A irradiância varia de 400 a 800 mW/cm², porém unidades QTH de alta intensidade estão disponíveis. Algumas unidades fornecem energia em duas ou três diferentes intensidades (polimerização passo-a-passo) ou numa intensidade contínua e crescente (polimerização em rampa)⁷. As lâmpadas QTH emitem luz quando a energia elétrica percorre e aquece um pequeno filamento de tungstênio que age como um resistor. Altas temperaturas devem ser atingidas para que seja emitida luz visível³⁵. Produção preferencial de luz azul é impossível e, assim, o sistema halógeno utilizado na clínica possui filtros especiais que atuam na porção indesejável do espectro de luz. Como resultado, a maior parte do total da luz gerada pela lâmpada halógena é transformada em energia térmica, sendo que somente 1% da energia produzida é efetivamente utilizada para desencadear a reação de polimerização. O calor pode causar superaquecimento de filtros de

luz e acelerar o processo de degradação do bulbo e dos demais componentes, resultando em uma vida útil da lâmpada de apenas 50 a 100 horas^{12,27,35}.

O laser de argônio, desenvolvido no final da década de 80, produz emissão de luz altamente concentrada, com comprimento de onda em torno de 480 nm, o qual é ótimo na ativação da maioria dos compósitos dentais²⁴. Pesquisas demonstram que os lasers de argônio podem diminuir consideravelmente o tempo do processo de polimerização, alcançando resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos similar à da luz halógena que possui maior tempo de exposição^{11,18,28}. No entanto, estes aparelhos apresentam desvantagens como o elevado custo e, em algumas jurisdições onde lasers são considerados instrumentos de remoção de tecido duro ou mole, seu uso é permitido apenas a dentistas licenciados²⁴.

A tecnologia com LED não é recente, e diferentes versões desta fonte de luz podem ser encontradas em muitas aplicações comuns, como luz indicadora de aparelhos eletrônicos⁴⁰. Também aplicados para uso odontológico a partir de 1995²², os LEDs têm como característica mais importante a pureza espectral, o que determina a emissão de luz azul em uma faixa do espectro eletromagnético estreita e eficaz, entre 420 a 480 nm⁴¹. Esta característica gera em consequência baixo nível de calor, eliminando a necessidade do uso de filtros e de sistemas de refrigeração. Os aparelhos de LED são seguros, eficientes, econômicos, resistentes a choques e vibrações, além de possuírem alta durabilidade^{21,23}, com vida útil de mais de 10.000 horas e sem perda do rendimento^{12,15,17}. Todos estes aspectos positivos, combinados ao fato de apresentarem custo relativamente baixo,

tornaram os aparelhos de LED uma excelente alternativa às lâmpadas halógenas convencionais²¹.

Embora a polimerização com LEDs de primeira geração fosse desfavorável à restauração dentária⁹, era aceitável na colagem de bráquetes ortodônticos quando utilizados com os mesmos tempos de exposição da luz halógena^{2,10,39}, já que a luz emitida era de menor intensidade. Os recentes LEDs da segunda geração ou de alta potência apresentam irradiância de cerca de 1000 mW/cm², bem maior comparada à da geração anterior, em torno de 400 mW/cm²⁴⁰. Uma polimerização mais rápida e eficiente de bráquetes ortodônticos pode ser possível com os aparelhos de LED de alta potência em relação aos de luz halógena convencional, como foi demonstrado em alguns estudos^{21,33,37,41}.

O avanço na tecnologia de fotopolimerização proporcionou o desenvolvimento dos fotoativadores com luz arco de plasma na metade da década de 90. Essa fonte de luz é emitida pelo gás xenônio e apresenta estreito espectro de luz, variando entre 450 a 500 nm. O mecanismo de funcionamento dos aparelhos de fotoativação por luz halógena e pelo arco de plasma é semelhante, pois a energia luminosa produzida por eles é incandescente³⁶. A diferença está no fato de, na luz arco de plasma, a intensidade da emissão de luz ser maior e o espectro emitido ser mais estreito, devido à natureza do gás⁸. Os aparelhos de luz arco de plasma podem alcançar irradiância superior a 2000 mW/cm²²⁴. Estudos relatam que esta fonte de luz proporciona resistência ao cisalhamento na colagem de bráquetes equivalente à alcançada com a luz halógena convencional num tempo de exposição significativamente menor, tanto *in vitro* como *in*

vivo^{13-14,19,24-26,29,31-32,37}. No entanto, a literatura é controversa em relação ao tempo de polimerização de bráquetes ortodônticos utilizando a luz arco de plasma. Alguns estudos recomendam uma exposição de apenas 2 a 3 segundos por bráquete^{5,26,29}, enquanto outros autores sugerem uma maior exposição, de 6 a 9 segundos^{14,16,19,24,32,37}.

Os vários métodos desenvolvidos no aperfeiçoamento da polimerização dos agentes de colagem trouxeram benefícios às diversas especialidades odontológicas. No caso específico da ortodontia e cirurgia, a colagem de acessórios como bráquete, gancho ou botão representou um importante progresso à execução das mecânicas. Este fato justifica a necessidade de uma polimerização rápida e segura na clínica ortodôntica, sendo sugeridos fotopolimerizadores com alta intensidade de luz, como o LED de alta potência e o arco de plasma, os quais podem alcançar irradiâncias acima de 1000 mW/cm².

Deste modo, pesquisas para avaliar a eficiência dos recentes sistemas de fotopolimerização devem ser realizadas, pois atuam como ferramentas importantes para que os aparelhos de fontes de luz possam ser validados clinicamente.

PROPOSIÇÃO

PROPOSIÇÃO

OBJETIVO GERAL

Avaliar in vitro a fotopolimerização de bráquetes vestibulares e linguais utilizando o arco de plasma, o diodo emissor de luz (LED) e a luz halógena convencional em tempos diferentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar in vitro a fotopolimerização de bráquetes vestibulares utilizando o arco de plasma por 3 e 6 segundos, o LED por 5 e 10 segundos e a luz halógena convencional por 40 segundos por meio de ensaios mecânicos de resistência ao cisalhamento.

2. Avaliar in vitro a fotopolimerização de bráquetes linguais utilizando o arco de plasma por 6 segundos, o LED por 10 segundos e a luz halógena convencional por 40 segundos por meio de ensaios mecânicos de resistência ao cisalhamento.

3. Verificar e classificar o padrão de descolagem dos bráquetes linguais utilizando o índice de adesivo remanescente (IAR).

**ARTIGO 1: AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FOTOPOLIMERIZAÇÃO DE
BRÁQUETES ORTODÔNTICOS COM ARCO DE PLASMA, LED E LUZ
HALÓGENA EM DIFERENTES TEMPOS**

*Artigo a ser submetido à publicação na revista *American Journal of
Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*

Avaliação *in vitro* da fotopolimerização de bráquetes ortodônticos com arco de plasma, LED e luz halógena em diferentes tempos

Amanda Fahning Ferreira Magno, DDS^a

Lídia Parsekian Martins, DDS, MS, PhD^b

Renato Parsekian Martins, DDS, MS, PhD^c

Luís Geraldo Vaz, MS, PhD^d

^a Graduate student, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP, Araraquara, São Paulo, Brazil.

^b Professor, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP, Araraquara, São Paulo, Brazil.

^c Assistant Professor FAEPO/UNESP and FAMOSP/GESTOS, Araraquara, São Paulo, Brazil.

^d Professor, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP, Araraquara, São Paulo, Brazil.

Resumo

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar *in vitro* a fotopolimerização de bráquetes ortodônticos com o arco de plasma, o diodo emissor de luz (LED) e a luz halógena convencional em diferentes tempos, por meio de ensaios mecânicos de resistência ao cisalhamento. Bráquetes vestibulares M2000 (Ormco Corp, Orange, CA) foram colados em 60 pré-molares superiores humanos, divididos em cinco grupos de 12 dentes. No grupo 1 (G1) e grupo 2 (G2), utilizou-se a luz arco de plasma *Apollo*[®] 95E (DenMed Technologies, Orange, CA) por 3 e 6 segundos, respectivamente; no grupo 3 (G3) e grupo 4 (G4), utilizou-se o LED *Ortholux*[®] (3M Unitek, Monrovia, CA) por 5 e 10 segundos, respectivamente; e no grupo 5 (G5), utilizou-se a luz halógena *XL 3000*[®] (3M Unitek, Monrovia, CA) por 40 segundos. Os corpos de prova foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente e, após 24 horas dos procedimentos de colagem, foram submetidos aos ensaios mecânicos na máquina universal MTS-*Material Test System*. Para a complementação dos resultados, também foi realizada a avaliação e classificação do padrão de descolagem dos bráquetes utilizando o índice de adesivo remanescente (IAR). As resistências ao cisalhamento nos diferentes tempos de polimerização foram comparadas por meio de análise de variância (ANOVA) seguida do teste Student-Newman-Keuls (S-N-K) de Tukey para comparação múltipla de médias. A análise de variância mostrou haver diferenças nas médias de resistência ao cisalhamento entre os grupos ($p < 0,001$). Não houve diferenças entre as médias alcançadas pelos grupos G2, G4 e G5, as quais foram maiores que as médias dos grupos G1 e G3, iguais entre si. O IAR sugeriu que

não houve diferença quanto à interface de descolagem entre os diferentes tipos de luz nos tempos utilizados neste estudo. Foi concluído que a luz arco de plasma e o LED podem ser utilizados por tempos reduzidos em relação à luz halógena, sem perda de resistência ao cisalhamento, mas com limites para esta redução.

INTRODUÇÃO

A partir do aprimoramento do processo de ativação à luz visível, as resinas compostas fotoativadas tornaram-se mais freqüentemente utilizadas para a colagem direta de bráquetes ortodônticos.¹ Apresentam diversas vantagens sobre as resinas quimicamente ativadas, como a simplicidade do uso, o tempo de trabalho prolongado, redução do risco de contaminação e maior precisão no posicionamento dos acessórios.² No entanto, o longo tempo consumido com a polimerização dos bráquetes por meio de unidades convencionais de fotoativação à luz visível halógena apresenta-se inconveniente à prática clínica.³

A utilização da luz halógena tem como vantagens o baixo custo, a facilidade no manuseio e fácil manutenção. Por outro lado, embora a popularidade desta luz seja grande, o seu uso oferece diversas desvantagens. A vida útil da lâmpada é curta e vários são os fatores que podem interferir na sua eficiência, como detritos na ponta da fibra, rupturas dos filamentos de fibra ótica, variações de voltagem da rede, filtros sujos e a maior parte da energia emitida é transformada em calor.⁴⁻⁹

Diante das desvantagens apresentadas pela luz halógena, aparelhos alternativos de fotopolimerização foram desenvolvidos na colagem de acessórios

ortodônticos nas últimas décadas, trazendo mudanças à aplicação dos adesivos fotopolimerizáveis e reduzindo o tempo de trabalho. Entre estas novas fontes de luz estão o diodo emissor de luz (LED) e a luz arco de plasma.¹⁰

Em 1995, a tecnologia por LED foi proposta com a idéia de superar as imperfeições inerentes à polimerização com a luz halógena.¹¹ Os aparelhos de LEDs apresentam tempo de duração da lâmpada em torno de 10.000 horas e sofrem mínima degradação com o uso após esse período.¹² Ademais, não requerem o emprego de filtros na produção de luz azul e são resistentes a choques e vibrações.¹³ Embora a polimerização com LEDs de primeira geração fosse desfavorável à restauração dentária,¹⁴ era aceitável na colagem de bráquetes ortodônticos quando utilizados com os mesmos tempos de exposição da luz halógena,¹⁵⁻¹⁷ já que a luz emitida era de menor intensidade. Nos últimos anos, houve uma grande evolução nas unidades de LED, tornando-se cerca de três vezes mais potentes que às unidades halógenas, o que permitiu reduzir consideravelmente o tempo de exposição.¹⁸

A recente geração de LEDs designada de alta potência ou de segunda geração apresentam irradiância de cerca de 1000 mW/cm², bem maior comparada à da primeira geração, em torno de 400 mW/cm².¹⁹ Os LEDs podem apresentar-se em modelos sem fio, com produção de potência confiável, operando silenciosamente e sem a necessidade de refrigeração.²⁰ Segundo os fabricantes, os LEDs da segunda geração combinam as vantagens dos seus predecessores com a considerável redução do tempo necessário à colagem de acessórios ortodônticos.¹³ Uma polimerização mais rápida e eficiente pode ser possível com os aparelhos de

LED de alta potência comparados aos de luz halógena convencional, como foi demonstrado em alguns estudos.^{13,18,21-22}

A luz arco de plasma, desenvolvida na metade da década de 90, emite luz por meio do gás xenônio que produz quantidade significativa de energia em forma de plasma, podendo alcançar irradiância superior a 2000 mW/cm².²³ Estudos relatam que a luz arco de plasma proporciona resistência ao cisalhamento na colagem de bráquetes equivalente à alcançada com a luz halógena convencional num tempo de exposição significativamente menor, tanto *in vitro* como *in vivo*.^{2-3,22-29}

Para melhorar a eficiência no consultório, muitos ortodontistas têm utilizado o LED de alta potência e a luz arco de plasma, mesmo que todos os aspectos da eficácia destes sistemas de fotoativação das resinas ortodônticas ainda não estejam completamente investigados.³⁰ Além disso, a literatura é escassa^{10,18,22,31} quanto a trabalhos avaliando a fotopolimerização do arco de plasma em relação ao LED de alta potência. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar *in vitro* a fotopolimerização de bráquetes ortodônticos com o arco de plasma, o LED e a luz halógena convencional em diferentes tempos, por meio de ensaios mecânicos de resistência ao cisalhamento.

MATERIAL E MÉTODO

Sessenta pré-molares superiores humanos, extraídos por motivos ortodônticos, foram obtidos por meio do banco de dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP (Anexo). Os dentes foram coletados e

armazenados em soluções a 10% de formol até a sua utilização. Dentes cariados, fraturados, descalcificados, amorfos ou com superfícies vestibulares comprometidas foram descartados. Para cálculo do tamanho da amostra, foram utilizados dados disponíveis na literatura^{13,24} sobre médias e desvios padrão da resistência ao cisalhamento com diferentes tipos de luz e tempos equivalentes aos empregados neste estudo. Fixados um nível de significância de 5% e um poder mínimo do teste de 80% para a análise de variância (ANOVA), verificou-se que a amostra de cada grupo deveria ser composta por, aproximadamente, 12 dentes. Deste modo, os pré-molares foram divididos aleatoriamente em 5 grupos de 12 dentes, segundo o Quadro 1, para a avaliação da fotopolimerização utilizando o arco de plasma, LED e luz halógena em diferentes tempos.

Quadro 1 – Apresentação dos grupos

GRUPO	FONTE DE LUZ	TEMPO DE EXPOSIÇÃO
G1	Luz arco de plasma	3 segundos
G2	Luz arco de plasma	6 segundos
G3	LED	5 segundos
G4	LED	10 segundos
G5	Luz halógena	40 segundos

Grupo 1 (G1) - Fotopolimerização com o aparelho de luz arco de plasma *Apollo*[®] 95E (*DenMed Technologies*, Orange, CA) por 3 segundos.

Grupo 2 (G2) - Fotopolimerização com o aparelho de luz arco de plasma *Apollo*[®] 95E (*DenMed Technologies*, Orange, CA) por 6 segundos.

Grupo 3 (G3) - Fotopolimerização com o aparelho LED *Ortholux*[®] (3M Unitek, Monrovia, CA) por 5 segundos.

Grupo 4 (G4) - Fotopolimerização com o aparelho LED *Ortholux*[®] (3M Unitek, Monrovia, CA) por 10 segundos.

Grupo 5 (G5) - Fotopolimerização com o aparelho de luz halógena convencional *XL 3000*[®] (3M Unitek, Monrovia, CA) por 40 segundos.

Após a limpeza dos dentes, removendo qualquer tecido mole residual, os mesmos foram fixados em segmentos de tubo de policloreto de vinila (PVC) de 0.5” e 3 cm de altura com resina acrílica até a junção amelocementária, padronizando os corpos de prova. Um guia posicionador de acrílico foi confeccionado para alinhar a superfície vestibular dos dentes perpendicularmente à base do tubo (Fig. 1 e 2).

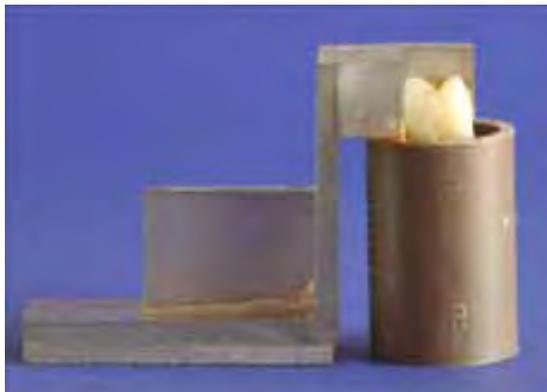


FIGURA 1 – Conjunto dente/guia posicionador fixado ao tubo de PVC.



FIGURA 2 – Dente incluído no tubo de PVC.

Foi realizada a profilaxia de todos os dentes com taça de borracha e pedra pomes por 10 segundos, com posterior enxágüe em água corrente também por 10

segundos. O condicionamento ácido foi realizado com ácido fosfórico em gel a 35% (3M ESPE, Sumaré, SP) por 30 segundos. Os dentes foram, então, enxaguados com água por 20 segundos e secos com fonte de ar livre de óleo. O próximo passo foi a aplicação do primer *Transbond*TM XT (3M Unitek, Monrovia, CA), como sugerido pelo fabricante.

Bráquetes metálicos ortodônticos vestibulares M2000 (Ormco Corp, Orange, CA) para primeiros pré-molares superiores (Fig. 3) foram colados diretamente aos dentes com a resina composta *Transbond*TM XT (3M Unitek, Monrovia, CA) por um mesmo profissional. O excesso de resina foi removido com o instrumental explorador.



FIGURA 3 – Bráquetes vestibulares M2000 (Ormco Corp, Orange, CA).

Antes de iniciar o processo de fotopolimerização, todas as fontes de luz foram testadas e a intensidade da luz aferida nos tempos predeterminados para cada um dos aparelhos com auxílio do radiômetro Power Intensity Meter - LITEX[®] (DentamericaTM – California, USA).

As características dos aparelhos utilizados (Fig. 4, 5 e 6) estão apresentadas, segundo especificações dos fabricantes, no Quadro 2.



FIGURA 4 – Fotopolimerizador de luz arco de plasma/Apollo® 95E.



FIGURA 5 – Fotopolimerizador LED/Ortholux®.



FIGURA 6 – Fotopolimerizador de luz halógena/XL 3000®.

Quadro 2 - Características dos fotoativadores utilizados

Aparelho	Características					
	Tipo	Comprimento de onda (nm)	Diâmetro da ponteira (mm)	Irradiância (mW/cm ²) /Fabricante	Irradiância (mW/cm ²) /Aferida*	Fabricante
Apollo® 95E	Luz arco de plasma	460 – 490	8	1600	2100*	DenMed Technologies USA
Ortholux®	LED (Diodo de Emissão de Luz)	430-480	7,5	1000	1500*	3M Unitek USA
XL 3000®	Luz halógena	420 – 500	8	400	500*	3M Unitek USA

*Aferição realizada com o radiômetro Power Intensity Meter - LITEX® (Dentamerica™ – California – USA)

As pontas dos fotopolimerizadores foram posicionadas o mais próximo possível da área de colagem para que a intensidade da luz não diminuísse com o aumento da distância.³² A fonte de luz foi aplicada sobre a superfície mesial da interface dente/bráquete durante a metade do tempo total predeterminado da polimerização, e sobre a superfície distal da interface dente/bráquete durante o restante do tempo, melhorando a distribuição da energia da luz e minimizando qualquer efeito sobre a temperatura pulpar (Fig. 7).²³



FIGURA 7 – Corpo de prova após colagem do bráquete.

Os corpos de prova foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente durante 24 horas após os procedimentos de colagem e, em seguida, submetidos aos ensaios mecânicos.

Os testes foram realizados na máquina universal para ensaios MTS-*Material Test System*. Os corpos de prova foram posicionados de modo que a face vestibular dos dentes ficasse paralela à força de cisalhamento durante os testes de resistência (Fig. 8). Uma carga ocluso-gengival foi aplicada na interface dente/bráquete numa velocidade de 1 mm/min^{33} até a descolagem do acessório

(Fig. 9). A força em Newtons (N) requerida para a descolagem de cada bráquete foi registrada num computador adaptado à máquina de ensaios mecânicos e calculada em MegaPascals (MPa).



FIGURA 8 – Máquina de ensaios mecânicos MTS - *Material Test System*.



FIGURA 9 – Corpo de prova posicionado à máquina MTS.

Para complementar este estudo, todos os dentes foram examinados por um mesmo operador através de uma lupa estereoscópica (*Carl Zeiss Jena - 10X*) acoplada a uma câmera digital JVC TK1380U CCD (*Victor Company of Japan Limited, Tokyo, Japão*). As imagens foram transferidas para um computador adaptado à lupa, e o programa *Leica Qwin (Leica Microsystems Imaging Solutions Ltda., Cambridge, Inglaterra)* foi utilizado para avaliar as imagens da quantidade de adesivo remanescente sobre a superfície de colagem (Fig. 10).

Com a identificação dos grupos omitida, quatro operadores calibrados e independentes realizaram a avaliação e classificação do padrão de descolagem dos bráquetes utilizando o Índice de Adesivo Remanescente (IAR).³⁴ Este índice consiste dos seguintes escores:

0 = nenhum remanescente do adesivo sobre o dente;

1 = menos de 50% do adesivo remanescente no dente;

2 = mais de 50% do adesivo remanescente no dente;

3 = todo o adesivo permaneceu sobre o dente.



FIGURA 10 – Imagem ampliada para análise do IAR.

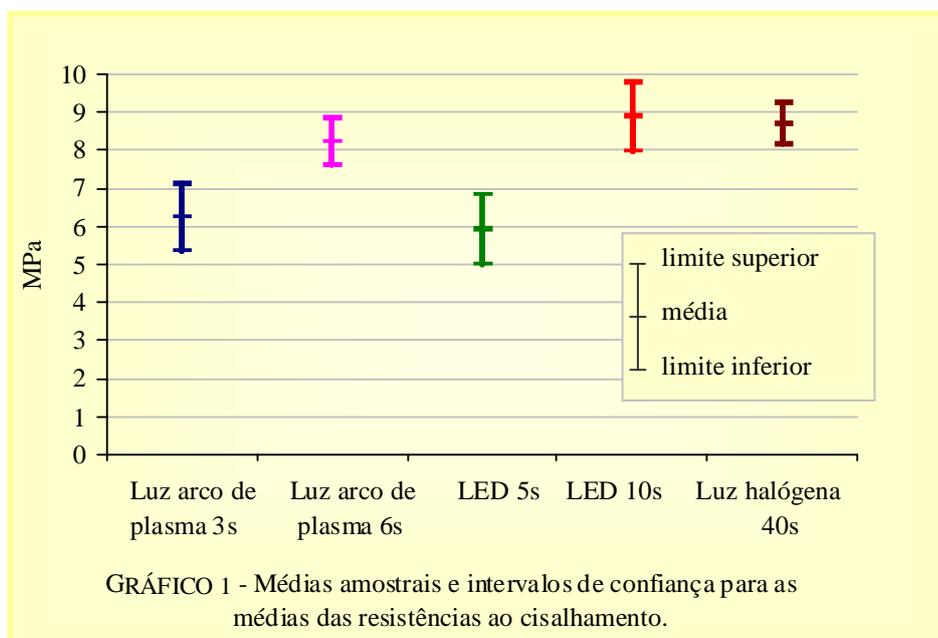
As médias das resistências ao cisalhamento nos diferentes tempos de polimerização foram transferidas para o programa estatístico SPSS, versão 15.0 para Windows (Chicago, IL, USA).

O teste de Kolmogorov-Smirnov apresentou normalidade na distribuição das resistências ao cisalhamento e o teste de Levene revelou homogeneidade de variância dos grupos ($F = 1,55$; $gl = 4$ e 55 ; $p = 0,20$). Estes resultados permitiram que a comparação entre as médias fosse realizada utilizando ANOVA. As diferenças entre as médias de cada grupo foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (S-N-K) de Tukey.

A associação entre o IAR e os diferentes tipos de luz nos tempos de exposição predeterminados não pôde ser avaliada estatisticamente em função do pequeno número de espécimes em cada grupo testado. Contudo, os dados descritivos da amostra foram avaliados por meio de tabela.

RESULTADOS

No Gráfico 1 estão representadas as médias amostrais e os limites dos intervalos de confiança para as médias das resistências ao cisalhamento. O arco de plasma por 3 segundos apresentou média de resistência de 6,25 MPa ($\pm 1,39$), o arco de plasma por 6 segundos apresentou média de 8,24 MPa ($\pm 0,98$), o LED por 5 segundos de 5,94 MPa ($\pm 1,45$), o LED por 10 segundos de 8,90 MPa ($\pm 1,43$) e a luz halógena por 40 segundos de 8,73 MPa ($\pm 0,86$).



De acordo com os resultados da ANOVA, houve evidência estatística de que as médias das resistências nos diferentes tempos de polimerização não foram iguais ($p < 0,001$). O teste S-N-K de Tukey demonstrou haver dois subconjuntos de médias diferentes (Tabela 1). O primeiro, formado pelas médias de resistência do G1 e G3, iguais entre si, e o outro, formado pelas médias do G2, do G4 e do

G5, também iguais entre si. Observou-se que a média dos ensaios de resistência ao cisalhamento nos diferentes tempos de polimerização no segundo conjunto foi significativamente maior que no primeiro.

Tabela 1 - Comparação múltipla de médias – Teste S-N-K de Tukey para subconjuntos homogêneos de médias

Fonte de luz / nível de significância (p)	Subconjuntos homogêneos ($\alpha = 0,05$)	
	1	2
LED 5s – G3	5,936	
Luz arco de plasma 3s – G1	6,249	
Luz arco de plasma 6s – G2		8,239
Luz halógena 40s – G5		8,726
LED 10s – G4		8,903
p	0,540	0,398

O escore final do IAR conferido a cada corpo de prova correspondeu àquele atribuído pelo maior número de examinadores ou, em caso de empate, ao menor escore. Os resultados do IAR, Tabela 2, mostram que os escores 2 e 3 ocorreram com maior frequência em todos os grupos, não ocorrendo o escore 0 em nenhum deles. Verificou-se também que o G4 produziu o escore 3 em um menor número de amostras que o G5. Nenhuma fratura no esmalte foi observada neste estudo.

Tabela 2 - Número e porcentagem de corpos de prova segundo os escores do IAR por grupo

Grupo		IAR				Total
		0	1	2	3	
G1	n	-	-	5	7	12
	%	-	-	41,7	58,3	100,0
G2	n	-	2	5	5	12
	%	-	16,7	41,7	41,7%	100,0
G3	n	-	-	8	4	12
	%	-	-	66,7	33,3	100,0
G4	n	-	1	9	2	12
	%	-	8,3%	75,0	16,7	100,0
G5	n	-	-	6	6	12
	%	-	-	50,0	50,0	100,0
Total	n	-	3	33	24	60
	%	-	5,0%	55,0	40,0	100,0

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicaram que o tempo de 3 segundos testado para a fotopolimerização com a luz arco de plasma demonstrou menor média de resistência ao cisalhamento em relação à luz halógena em 40 segundos. Isso entra em desacordo com alguns estudos que sugerem a fotopolimerização de 1 a 3 segundos com o arco de plasma.^{2,28,35} Quando o tempo de exposição foi aumentado para 6 segundos não houve diferença significativa nas médias de resistência ao cisalhamento em relação à luz halógena convencional. Estes resultados são corroborados por diversos autores,^{22-23,25-26,29,36-37} os quais recomendam uma exposição mais prolongada, de 6 a 9 segundos utilizando o arco de plasma. A falta de uniformidade entre os trabalhos analisando a resistência ao cisalhamento de bráquetes³³ torna bastante difícil qualquer comparação dos valores encontrados nos estudos *in vitro*.¹³ As propriedades mecânicas das resinas

podem ser comprometidas em consequência de curtos tempos de polimerização, uma vez que a quantidade total de energia utilizando o arco de plasma por 3 segundos parece ser substancialmente menor que em tempos mais longos de exposição com a luz halógena em tempos padronizados.³⁸ Todavia, o elevado rendimento de luz do arco de plasma é considerado uma significativa vantagem quando comparado à unidade convencional. Além disso, apesar dos aparelhos de arco de plasma apresentarem custo mais elevado que o da luz halógena,^{18,23} estão cada vez mais sendo utilizados pelos cirurgiões-dentistas.

O LED de alta potência quando utilizado por 5 segundos apresentou uma menor média de resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos em relação à luz halógena em 40 segundos. Da mesma forma, em trabalhos semelhantes, foi observado que um grande decréscimo no tempo de exposição com o LED por 4,¹⁸ 5¹³ e 6²¹ segundos ocasionou redução significativa na resistência ao cisalhamento comparada à da luz halógena convencional. Por outro lado, não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de resistência de bráquetes polimerizados com o LED em 10 segundos em relação à luz halógena na presente pesquisa. Este resultado está de acordo com a literatura,^{13,18-19,21-22} comprovando a eficácia do uso dos LEDs de alta potência na fotopolimerização de bráquetes utilizando um tempo reduzido em relação à luz halógena convencional.

Não houve diferenças entre as médias de resistência ao cisalhamento nos grupos que utilizaram o LED por 10 segundos e a luz arco de plasma por 6 segundos. A literatura ortodôntica é pobre no que tange a artigos comparando o LED de alta potência com a luz arco de plasma,^{10,18,22,31} somente dois deles

executaram testes de cisalhamento,^{18,22} mas somente um²² utilizou tempos similares e demonstrou resultados semelhantes ao presente estudo. O uso do LED por 5 segundos também apresentou resultados iguais aos verificados com o uso da luz arco de plasma por 3 segundos. Apesar de não haver relatos na literatura de comparações similares, já foi demonstrado que o LED apresenta valores de resistência ao cisalhamento menores em relação à luz arco de plasma quando ambos são utilizados a 4 segundos.¹⁸ As fontes de luz LED e arco de plasma mostraram tempos de exposição consideravelmente reduzidos, ambos oferecendo efetividade na resistência ao cisalhamento. Entretanto, os aparelhos de LED exibem menor volume, custo mais acessível e são mais portáteis em relação aos de luz arco de plasma, sendo, por isso, melhor apropriados à clínica ortodôntica.¹⁸

Os três tipos de luz avaliados, em todos os tempos predeterminados, apresentaram forças de cisalhamento de bráquetes satisfatórias para a maioria das necessidades clínicas ortodônticas, situadas entre 6 a 8 MPa.³⁹ Este fato sugere que mesmo com os tempos de exposição bastante reduzidos de 5 segundos para o LED de alta potência e de 3 segundos para o arco de plasma, estes fotopolimerizadores podem alcançar resistências adequadas. Contudo, tempos mais prolongados de 6 segundos utilizando a luz arco de plasma e de 10 segundos utilizando o LED são mais confiáveis na colagem ortodôntica, uma vez que os valores de resistência propostos por Reynolds³⁹ não possuem evidência clínica.²²

Na presente investigação, não foi possível tecer conclusões em relação ao IAR. Apesar da interface de descolagem dos bráquetes ter ocorrido, predominantemente, entre o adesivo e a base dos acessórios, o número de

espécimes por grupo testado não possibilitou a execução de um teste estatístico adequado. No entanto, a retenção mecânica relativamente fraca na interface adesivo/base do bráquete pode ser favorável, pois apresenta o benefício de diminuir o risco de danos ao esmalte.⁴⁰⁻⁴¹

Não foram observados danos ao esmalte após remoção dos acessórios nesta pesquisa. Alguns fatores são especialmente importantes para uma adequada polimerização, como intensidade de luz, tempo de exposição, constituição do compósito e comprimento de onda.⁴²⁻⁴³ Todavia, um tempo de polimerização desnecessariamente longo, além de aumentar o tempo de trabalho, causa uma sobrepolimerização do compósito, a qual poderá ocasionar danos ao esmalte durante o processo de descolagem.¹⁸ Os adesivos ortodônticos devem alcançar um grau de polimerização apropriado, de modo que os bráquetes permaneçam colados aos dentes até que sejam removidos com facilidade, quando desejado, e sem que ocorra qualquer prejuízo às estruturas dentais.¹⁸

CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que:

- A fotopolimerização com o arco de plasma por 6 segundos e com o LED por 10 segundos não apresentaram diferenças entre si e em relação à luz halógena por 40 segundos;
 - A fotopolimerização com o arco de plasma por 3 segundos e com o LED por 5 segundos demonstraram resistências ao cisalhamento iguais entre si e significativamente menores em relação às da luz halógena por 40 segundos.
-

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Greenlaw R, Way DC, Galil KA. An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to conventional resin bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989; 96: 214-20.
 2. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Scribante A, Klersy C. Plasma arc versus halogen light curing of orthodontic brackets: a 12-month clinical study of bond failures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125: 342-7.
 3. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Pistorio A, Sfondrini G. Effects of conventional and high-intensity light-curing on enamel shear bond strength of composite resin and resin-modified glassionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 30-5.
 4. Hansen Ek, Asmussen E. Reliability of three dental radiometers. *Scand J Dent Res.* 1993; 101(12): 115-9.
 5. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater.* 2000; 16(1): 41-7.
 6. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J.* 1999; 186(8): 388-91.
 7. Miyazaki M, Hattori T, Ichiishi Y, Kondo M, Onose H, Moore BK. Evaluation of curing units used in private dental offices. *Oper Dent.* 1998; 23: 50-4.
 8. Rueggeberg FA, Hashinger DT, Fairhurst CW. Calibration of FTIR conversion analysis of contemporary dental resin composites. *Den Mater.* 1990; 6(4): 241-9.
 9. Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125(3): 337-41.
-

10. Pandis N, Strigou S, Eliades T. Long-term failure rate of brackets bonded with plasma and high-intensity light-emitting diode curing lights. *Angle Orthod.* 2007; 77(4): 707-10.
 11. Mills RW. Blue light emitting diodes – another method of light curing? *Br Dent J.* 1995; 178(5): 169.
 12. Fujibayashi K, Ishimaru K, Takahashi N, Kohno A. Newly development curing unit using unit blue light-emitting diodes. *Dent Japan.* 1998; 34(1): 49-53.
 13. Mavropoulos A, Staudt CB, Kiliaridis S, Krejci I. Light curing time reduction: in vitro evaluation of new intensive light-emitting diode curing units. *Eur J Orthod.* 2005; 27: 408-12.
 14. Duke ES. Light-emitting diodes in composite resin photopolymerization. *Compend Contin Educ Dent.* 2001; 22(9): 722-5.
 15. Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C. Evaluation of a new curing light on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2003; 73(4): 431-5.
 16. Dunn WJ, Taloumis LJ. Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122(3): 236-41.
 17. Wendl B, Droschi H. A comparative in vitro study of the strength of directly bonded brackets using different curing techniques. *Eur J Orthod.* 2004; 26: 535-44.
 18. Yu H, Lee K, Jin G, Baik H. Comparison of the shear bond strength of brackets using the led curing light and plasma arc curing light: polymerization time. *World J Orthod.* 2007; 8(2): 129-35.
 19. Wiggins KM, Hartug M, Althoff O, Wastian C, Mitra SB. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *JADA.* 2004; 135: 1471-9.
-

20. Türkkahraman H, Küçükeşmen HC. Orthodontic bracket shear bond strengths produced by two high-power light-emitting diode modes and halogen light. *Angle Orthod.* 2005; 75: 854-7.
 21. Silta YT, Dunn WJ, Peters CB. Effect of shorter polymerization times when using the latest generation of light-emitting diodes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128: 744-8.
 22. Thind BS, Stirrups DR, Lloyd CH. A comparison of tungsten-quartz-halogen, plasma arc and light-emitting diode light sources for the polymerization of an orthodontic adhesive. *Eur J Orthod.* 2006; 28: 78-82.
 23. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119(6): 610-6.
 24. Ip TB, Rock WP. A comparison of three light curing units for bonding adhesive pre-coated brackets. *J Orthod.* 2004; 31: 243-7.
 25. Ishikawa H, Komori A, Kojima I, Ando F. Orthodontic bracket bonding with a plasma-arc light and resin-reinforced glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 120(1): 58-63.
 26. Manzo B, Liisto G, Clerck H. Clinical trial comparing plasma arc and conventional halogen curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125(1): 30-5.
 27. Pettemerides AP, Ireland AJ, Sherriff M. An ex vivo investigation into the use of a plasma arc lamp when using a visible light-cured composite and a resin-modified glass poly (alkenoate) cement in orthodontic bonding. *J Orthod.* 2001; 28(3): 237-44.
 28. Pettemerides AP, Sheriff M, Ireland AJ. An in vivo study to compare a plasma arc light and a conventional quartz halogen curing light in orthodontic bonding. *Eur J Orthod.* 2004; 26: 573-7.
-

29. Signorelli MD, Kao E, Ngan PW, Gladwin MA. Comparison of bond strength between orthodontic brackets bonded with halogen and plasma arc curing lights: an in-vitro and in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129: 277-82.
 30. James JW, Miller BH, English JD, Tadlock LP, Buschang PH. Effects of high-speed curing devices on shear bond strength and microleakage of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 123: 555-61.
 31. Niepraschk M, Rahiotis C, Bradley TG, Eliades T, Eliades G. Effect of various curing lights on the degree of cure of orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 132(3): 382-4.
 32. Oyama N, Komori A, Nakahara R. Evaluation of light curing units used for polymerization of orthodontic bonding agents. *Angle Orthod.* 2004; 74(6): 810-5.
 33. Fox NA, McCabe JF, Hogg SD. A critique of bond strength testing in orthodontics. *Br J Orthod.* 1994; 21: 33-43.
 34. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984; 85: 333-40.
 35. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Sfondrini G. A xenon arc light-curing unit for bonding and bleaching. *J Clin Orthod.* 2000; 34: 94-6.
 36. Craig RG, Powers JM. *Materiais dentários.* 11. ed. São Paulo: Liv. Santos, 2004. 704 p.
 37. Klocke A, Korbmacher HM, Huck LG, Kahl-Nieke B. Plasma arc curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122(6): 643-8.
 38. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater.* 2000; 16(5): 330-6.
 39. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975; 2(3): 171-8.
-

40. Penido SMMO, Martins JCR, Santos-Pinto A, Sakima MT. Avaliação da resistência ao cisalhamento de bráquetes reciclados e novos reciclados. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 1998; 3(6): 45-51.
 41. Staudt CB, Mavropoulos A, Bouillaguet S, Kiliaridis S, Krejci I. Light-curing time reduction with a new high-power halogen lamp. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005; 128(6): 749-54.
 42. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr, Davis HC. A predictive model for the polymerization of photo-activated resin composites. *Int J Prosthodont* 1994; 7: 159–66.
 43. Ruyter IA, Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light-activated composite materials. *Acta Odontol Scand*. 1982; 40: 179-92.
-

**ARTIGO 2: AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FOTOPOLIMERIZAÇÃO DE
BRÁQUETES LINGUAIS COM ARCO DE PLASMA, LED E LUZ
HALÓGENA**

*Artigo a ser submetido à publicação na revista *The Angle Orthodontist*

Avaliação *in vitro* da fotopolimerização de bráquetes linguais com arco de plasma, LED e luz halógena

Amanda Fahning Ferreira Magno, DDS^a

Lídia Parsekian Martins, DDS, MS, PhD^b

Renato Parsekian Martins, DDS, MS, PhD^c

Luís Geraldo Vaz, MS, PhD^d

^a Graduate student, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP, Araraquara, São Paulo, Brazil.

^b Professor, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP, Araraquara, São Paulo, Brazil.

^c Assistant Professor FAEPO/UNESP and FAMOSP/GESTOS, Araraquara, São Paulo, Brazil.

^d Professor, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP, Araraquara, São Paulo, Brazil.

Resumo

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar *in vitro* a fotopolimerização e o índice de adesivo remanescente (IAR) de bráquetes linguais utilizando o arco de plasma, o diodo emissor de luz (LED) e a luz halógena convencional por meio de ensaios mecânicos de resistência ao cisalhamento. Bráquetes linguais 7^a Geração (Ormco Corp, Orange, CA) foram colados indiretamente em 60 pré-molares superiores, divididos em três grupos de 20 dentes. No grupo 1 (G1), utilizou-se a luz arco de plasma *Apollo*[®] 95E (DenMed Technologies, Orange, CA) por 6 segundos; no grupo 2 (G2), o LED *Radii*[®] (SDI, Bayswater, Victoria, Austrália) por 10 segundos; e no grupo 3 (G3), a luz halógena *XL 3000*[®] (3M Unitek, Monrovia, CA) por 40 segundos. Os corpos de prova foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente e, após 24 horas dos procedimentos de colagem, foram submetidos aos ensaios mecânicos na máquina universal MTS-*Material Test System*. Também foi realizada a avaliação e classificação do padrão de descolagem dos bráquetes utilizando o IAR. As resistências ao cisalhamento foram comparadas por meio de análise de variância (ANOVA), seguida do teste Student-Newman-Keuls (S-N-K) de Tukey para comparação das médias. Os escores obtidos do IAR foram comparados empregando o teste do quiquadrado. Os três grupos mostraram-se diferentes entre si ($p < 0,001$), sendo que o G1 apresentou a menor média de resistência ao cisalhamento, seguido pelo G2, que por sua vez mostrou uma menor média que o G3. O IAR sugeriu não haver diferença quanto à interface de descolagem entre os diferentes tipos de luz. Foi concluído que a luz arco de plasma (utilizada a 60% do tempo do LED) obteve

resistências menores que o LED, que demonstrou resistências menores que a luz halógena (quando utilizado a 25% do tempo da luz halógena), porém, estas diferenças não influenciaram no padrão de descolagem.

Palavras-chave: Braquetes ortodônticos. Luz visível. Tempo. Resistência ao cisalhamento.

INTRODUÇÃO

Vários avanços têm contribuído para a melhora da qualidade da colagem na ortodontia lingual, como o aperfeiçoamento dos métodos de colagem indireta que vem se tornando mais amplamente aceita e praticada pelos ortodontistas.¹ Uma das maiores vantagens da colagem indireta é o alto grau de precisão que pode ser alcançado no posicionamento dos bráquetes,²⁻³ indispensável ao sucesso da terapia lingual. Nos sistemas de colagem indireta por lingual que utilizam a fotopolimerização,^{1,4} o decréscimo do tempo de “cadeira” poderia tornar este procedimento ainda mais eficiente. Assim, um menor tempo na polimerização dos bráquetes linguais, obtendo resistência satisfatória, representaria um significativo aprimoramento do método indireto de colagem.

A fonte de luz mais freqüentemente utilizada para a polimerização das resinas compostas tem sido a luz halógena,⁵ embora o seu uso ofereça diversas desvantagens. A vida útil da lâmpada é curta e vários são os fatores que podem interferir na sua eficiência, como detritos na ponta da fibra, rupturas dos filamentos de fibra ótica, variações de voltagem da rede, filtros sujos, sem contar que a maior parte da energia emitida é transformada em calor.⁵⁻¹⁰ Além disso, o longo tempo consumido com a polimerização dos bráquetes por meio de unidades

convencionais de fotoativação à luz visível halógena apresenta-se inconveniente à prática clínica.¹¹

Novos métodos de fotopolimerização que visam diminuir o tempo consumido na polimerização de bráquetes encontram-se disponíveis no mercado atualmente. O diodo emissor de luz (LED) de alta potência e a luz arco de plasma são alternativas seguras e efetivas às unidades de luz halógena convencionais, oferecendo tempo de polimerização reduzido e podendo alcançar resistências ao cisalhamento semelhantes às fontes de luz convencionais.¹²⁻¹³

A tecnologia do LED foi proposta para uso odontológico a partir de 1995.¹⁴ Os LEDs dispensam o uso de filamentos aquecidos, utilizados nas lâmpadas halógenas, não requerem o uso de filtros na produção de luz azul, são aparelhos seguros, eficientes, econômicos, resistentes a choques e vibrações, além de possuírem alta durabilidade.^{5,15} Os recentes LEDs de segunda geração ou de alta potência apresentam irradiância de cerca de 1000 mW/cm², bem maior comparada à da geração anterior, em torno de 400 mW/cm².¹⁵ Não obstante, foi sugerido que o tempo de polimerização alcançado poderia ser diminuído ainda mais devido ao aumento da irradiância.¹⁷⁻¹⁸

Na década de 90, foi desenvolvida a luz arco de plasma, emitida pelo gás xenônio que pode alcançar irradiância superior a 2000 mW/cm².¹⁸⁻²⁰ Todavia, há controvérsia quanto ao tempo ideal a ser utilizado com a luz arco de plasma na polimerização de bráquetes ortodônticos. Alguns estudos recomendam uma exposição de apenas 2 a 3 segundos por bráquete,^{11,19,21} enquanto outros autores sugerem um maior tempo, de 6 a 9 segundos.^{12,20,22-26} Apesar da falta de

padronização nas metodologias destes trabalhos, dificultando a comparação entre os resultados, acredita-se que o menor tempo de polimerização com o arco de plasma mostra resistências ao cisalhamento semelhantes às alcançadas pela luz halógena^{11-13,19-23,25-27} e pelo LED.¹²⁻¹³

Mesmo que todos os aspectos da eficácia dos sistemas de fotoativação das resinas ortodônticas ainda não estejam completamente investigados, muitos ortodontistas têm utilizado o LED de alta potência e a luz arco de plasma.²⁸ Entretanto, ainda não há informação disponível na literatura sobre a aplicação da luz arco de plasma, do LED e da luz halógena em sistemas de colagem lingual indireta. Assim, verificar as diferenças de resistência ao cisalhamento entre os variados métodos de fotopolimerização de bráquetes linguais torna-se relevante. Portanto, este artigo foi proposto com o objetivo de avaliar *in vitro* a fotopolimerização e o índice de adesivo remanescente (IAR) de bráquetes linguais utilizando o arco de plasma, LED e luz halógena convencional por meio de ensaios mecânicos de resistência ao cisalhamento.

MATERIAL E MÉTODO

Sessenta pré-molares superiores humanos, extraídos por motivos ortodônticos, foram obtidos por meio do banco de dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP (Anexo). Os dentes foram coletados e armazenados em soluções a 10% de formol até a sua utilização. Dentes cariados, fraturados, descalcificados, amorfos ou com superfícies linguais comprometidas foram descartados. Para cálculo do tamanho da amostra, como não há na literatura

pesquisada dados sobre médias e desvios padrão da resistência ao cisalhamento em bráquetes linguais, foram utilizados dados relativos a bráquetes vestibulares^{15,27} com combinações de luz e tempo equivalentes às empregadas neste estudo. Fixados um nível de significância de 5% e um poder mínimo do teste de 80% para a análise de variância (ANOVA), verificou-se que a amostra de cada grupo deveria ser composta por, aproximadamente, 20 dentes. Deste modo, os pré-molares foram divididos aleatoriamente em 3 grupos de 20 dentes, segundo o Quadro 1, para a avaliação da fotopolimerização utilizando o arco de plasma, o LED e a luz halógena.

Quadro 1 – Apresentação dos grupos

GRUPO	FONTE DE LUZ	TEMPO DE EXPOSIÇÃO
G1	Luz arco de plasma	6 segundos
G2	LED	10 segundos
G3	Luz halógena	40 segundos

Grupo 1 (G1) - Fotopolimerização com o aparelho de luz arco de plasma *Apollo*[®] 95E (*DenMed Technologies*, Orange, CA) por 6 segundos.

Grupo 2 (G2) - Fotopolimerização com o aparelho LED *Radii*[®] (*SDI*, Bayswater, Victoria, Austrália) por 10 segundos.

Grupo 3 (G3) - Fotopolimerização com o aparelho de luz halógena convencional *XL 3000*[®] (*3M Unitek*, Monrovia, CA) por 40 segundos.

Após a limpeza dos dentes, removendo qualquer tecido mole residual, os mesmos foram fixados em segmentos de tubo de policloreto de vinila (PVC) de 0.5” e 3 cm de altura com resina acrílica até a junção amelocementária, padronizando os corpos de prova. Um guia de acrílico foi confeccionado para alinhar a superfície lingual dos dentes perpendicularmente à base do tubo (Fig. 1).



FIGURA 1 – Conjunto dente/guia posicionador fixado ao tubo de PVC.

Todos os corpos de prova confeccionados foram reproduzidos, realizando-se moldagem com alginato e, em seguida, a confecção de modelos em gesso pedra tipo IV (Fig. 2), os quais foram devidamente isolados.



FIGURA 2 – Corpo de prova reproduzido em gesso.

Bráquetes ortodônticos linguais 7^a Geração (Ormco Corp, Orange, CA) para pré-molares superiores (Fig. 3) foram fixados nas superfícies linguais dos dentes de gesso utilizando a *Torque Angulation Reference Guide (TARG) machine* (Ormco Corp., Orange, CA), a fim de proporcionar padronização à altura, à angulação, ao torque e à distância da base dos bráquetes linguais aos dentes (Fig. 4 e 5).



FIGURA 3 – Bráquetes linguais 7^a Geração (Ormco Corp, Orange, CA).



FIGURA 4 – *TARG machine* / Base com dente em gesso.



FIGURA 5 – Paquímetro acoplado à *TARG machine*.

Utilizou-se a resina fotopolimerizável Z100[®] (3M ESPE, St. Paul, MN) para a fixação dos bráquetes linguais aos dentes de gesso, formando uma base de

resina padronizada que foi submetida à fotopolimerização com luz halógena por 40 segundos. Após isso, foram confeccionadas guias de transferências com ionômero de vidro *Band-Lok™* (Reliance Orthodontics Products, Itasca, IL) sobre as superfícies oclusais dos pré-molares de gesso (Fig. 6 e 7), conforme descrito por Hiro.²⁹



FIGURA 6 – Bráquete lingual posicionado ao dente de gesso.



FIGURA 7 – Guia de transferência sobre o bráquete e a superfície oclusal do pré-molar de gesso.

Em seguida, todos os dentes de gesso foram mergulhados em água morna para facilitar a remoção do conjunto guia de transferência/bráquete (Fig. 8).



FIGURA 8 – Guias de transferência/bráquetes após serem removidos dos dentes de gesso.

Os excessos de resina aderidos aos bráquetes linguais foram desgastados ao seu redor, padronizando a área da base de resina a ser fixada ao dente. Após este procedimento, as bases de resina foram limpas, cuidadosamente, com acetona.

Foi realizada a profilaxia de todos os dentes com taça de borracha e pedra pomes por 10 segundos, com posterior enxágüe em água corrente também por 10 segundos. O condicionamento ácido foi realizado com ácido fosfórico em gel a 35% (3M ESPE, Sumaré, SP) por 30 segundos. Os dentes foram, então, enxaguados por 20 segundos e secos com fonte de ar livre de óleo. O próximo passo foi a aplicação do primer *Transbond*TM XT (3M Unitek, Monrovia, CA), como sugerido pelo fabricante.

Os bráquetes linguais receberam sobre suas bases de resina uma fina camada da resina *Transbond*TM XT (3M Unitek) e foram posicionados aos dentes por um mesmo profissional com auxílio da guia de transferência. O excesso da resina foi removido com o instrumental explorador.

Antes de iniciar o processo de fotopolimerização, todas as fontes de luz foram testadas e a intensidade da luz aferida nos tempos predeterminados para cada um dos aparelhos com auxílio do radiômetro Power Intensity Meter - LITEX[®] (DentamericaTM – California, USA).

As características dos aparelhos utilizados (Fig. 9, 10 e 11) estão apresentadas, segundo especificações dos fabricantes, no Quadro 2.



FIGURA 9 – Fotopolimerizador de luz arco de plasma/Apollo® 95E.



FIGURA 10 – Fotopolimerizador LED/Radii®.



FIGURA 11 – Fotopolimerizador de luz halógena/ XL 3000®.

Quadro 2 - Características dos fotopolimerizadores utilizados

Características Aparelho	Tipo	Comprimento de onda (nm)	Diâmetro da ponteira (mm)	Irradiância (mW/cm ²) /Fabricante	Irradiância (mW/cm ²) /Aferida	Fabricante
Apollo® 95E	Luz arco de plasma	460 – 490	8	1600	2100*	DenMed Technologies USA
Radii®	LED (Diodo de Emissão de Luz)	440-480	8	1400	900*	Southern Dental Industries Australia
XL 3000®	Luz halógena	420 – 500	8	400	500*	3M Unitek USA

*Aferição realizada com o radiômetro Power Intensity Meter - LITEX® (Dentamerica™ – California – USA)

As pontas dos fotopolimerizadores foram posicionadas o mais próximo possível da área de colagem para que a intensidade da luz não diminuísse com o aumento da distância.³⁰ A fonte de luz foi aplicada sobre a superfície mesial da interface dente/base de resina durante a metade do tempo total predeterminado da polimerização, e sobre a superfície distal da interface dente/base de resina durante o restante do tempo, melhorando a distribuição da energia da luz e minimizando qualquer efeito sobre a temperatura pulpar.²⁰

Em seguida, os guias foram removidos cuidadosamente com auxílio de uma broca cilíndrica de baixa rotação. Os corpos de prova foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente durante 24 horas após os procedimentos de colagem e, em seguida, submetidos aos ensaios mecânicos.

Os testes foram realizados na máquina universal para ensaios MTS-*Material Test System*. Os corpos de prova foram posicionados de modo que a face lingual dos dentes ficasse paralela à força de cisalhamento durante os testes de resistência (Fig. 12). Uma carga ocluso-gengival foi aplicada na interface dente/base de resina do bráquete numa velocidade de 1 mm/min³¹ até a descolagem do acessório (Fig. 13). A força em Newtons (N) requerida para a descolagem de cada bráquete foi registrada num computador adaptado à máquina de ensaios mecânicos e calculada em MegaPascals (MPa).



FIGURA 12 – Máquina de ensaios mecânicos MTS - *Material Test System*.



FIGURA 13 – Corpo de prova posicionado à máquina MTS.

Todos os dentes foram examinados por um mesmo operador através de uma lupa estereoscópica (*Carl Zeiss Jena - 10X*) acoplada a uma câmera digital *JVC TK1380U CCD (Victor Company of Japan Limited, Tokyo, Japão)*. As imagens foram transferidas para um computador adaptado à lupa, e o programa *Leica Qwin (Leica Microsystems Imaging Solutions Ltda., Cambridge, Inglaterra)* foi utilizado para avaliar as imagens da quantidade de adesivo remanescente sobre a superfície de colagem (Fig. 14).

Com a identificação dos grupos omitida, quatro operadores calibrados e independentes realizaram a avaliação e classificação do padrão de descolagem dos bráquetes linguais utilizando o Índice de Adesivo Remanescente (IAR).³² Este índice consiste dos seguintes scores:

0 = nenhum remanescente do adesivo sobre o dente;

1 = menos de 50% do adesivo remanescente no dente;

2 = mais de 50% do adesivo remanescente no dente;

3 = todo o adesivo permaneceu sobre o dente.



FIGURA 14 – Imagem ampliada para análise do IAR.

As médias das resistências ao cisalhamento foram transferidas para o programa estatístico SPSS, versão 15.0 para Windows (Chicago, Illinois, USA).

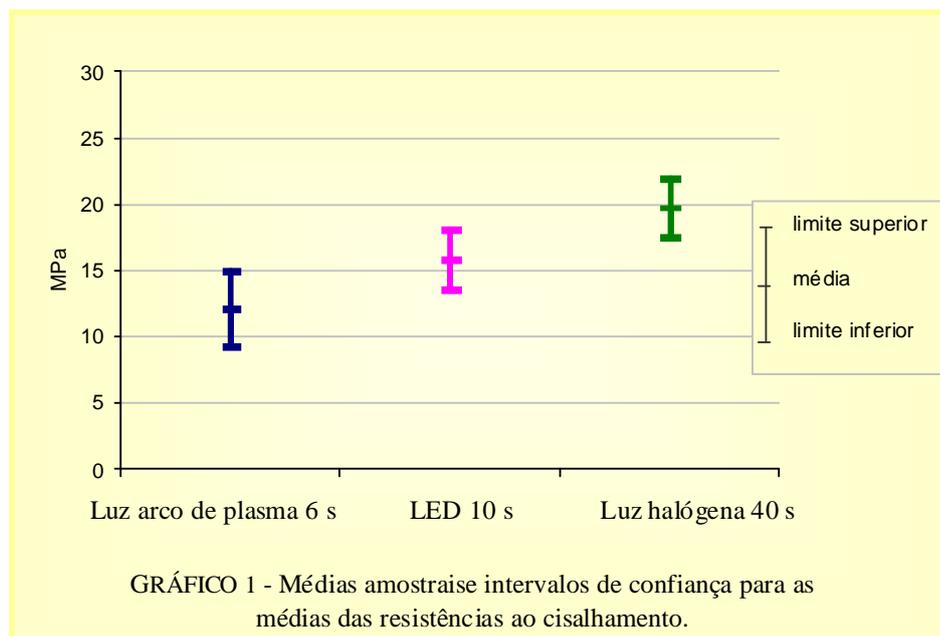
O teste de Kolmogorov-Smirnov apresentou normalidade na distribuição das resistências ao cisalhamento e o teste de Levene revelou homogeneidade de variância dos grupos ($F = 1,98$; $gl = 2$ e 54 ; $p = 0,15$). Estes resultados permitiram que a comparação entre as médias fosse realizada utilizando ANOVA. As diferenças entre as médias de cada grupo foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (S-N-K) de Tukey.

O padrão de descolagem dos bráquetes linguais na superfície do esmalte dental utilizando o IAR foi avaliado por meio do teste do quiquadrado.

RESULTADOS

Foram excluídos da pesquisa dois corpos de prova, um do G2 e outro do G3, devido a problemas técnicos com o computador acoplado à máquina de ensaios, e ainda outro do G3, devido à fratura dental causada pela presença de cárie oculta.

No Gráfico 1 estão representadas as médias amostrais e os limites dos intervalos de confiança para as médias das resistências ao cisalhamento. O arco de plasma apresentou média de resistência de 12,13 MPa ($\pm 6,1$), o LED apresentou média de 15,84 MPa ($\pm 4,7$) e a luz halógena de 19,72 MPa ($\pm 4,5$).



De acordo com os resultados da ANOVA, houve evidência estatística de que as médias das resistências não foram iguais ($p < 0,001$). O teste S-N-K de Tukey demonstrou diferenças estatisticamente significantes entre as três médias. A menor média de resistência foi observada com a luz arco de plasma, seguida da média do LED, que foi menor que a da luz halógena (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação múltipla de médias – Teste S-N-K de Tukey para subconjuntos homogêneos de médias

Fonte de luz/nível de significância (p)	Subconjuntos homogêneos ($\alpha = 0,05$)		
	1	2	3
Luz arco de plasma 6s	12,128		
LED 10s		15,839	
Luz halógena 40s			19,719
P	1	1	1

O escore final do IAR conferido a cada corpo de prova correspondeu àquele atribuído pelo maior número de examinadores ou, em caso de empate, ao menor escore. O resultado do teste quiquadrado demonstrou não haver diferença significativa nos escores do IAR quando empregados os diferentes tipos de luz (Tabela 2). A maioria das interfaces de descolagem observadas foi entre o adesivo e a base da resina do bráquete. Nenhuma fratura no esmalte foi detectada neste estudo.

Tabela 2 – Número e porcentagem de corpos de prova segundo os escores do IAR

Grupo		IAR				Total
		0	1	2	3	
G1	n	-	-	7	13	20
	%	-	-	35,0	65,0	100,0
G2	n	-	-	8	11	19
	%	-	-	42,1	57,9	100,0
G3	n	-	-	11	7	18
	%	-	-	61,1	38,9	100,0
Total	n	-	-	26	31	57
	%	-	-	45,6	54,4	100,0

$\chi^2 = 2,75$; gl = 2; p = 0,253

DISCUSSÃO

Na presente pesquisa, foram observadas diferenças entre os três tipos de luz utilizados na polimerização de bráquetes ortodônticos linguais. A luz arco de plasma em 6 segundos apresentou valores significativamente menores de resistência ao cisalhamento, tanto em relação ao LED em 10 segundos quanto à luz halógena em 40 segundos. Em bráquetes vestibulares, não há diferenças significativas na resistência ao cisalhamento com tempos de exposição similares aos deste estudo entre a luz arco de plasma e o LED de alta potência.¹² Da mesma forma, observa-se também que o arco de plasma utilizado de 6 a 9 segundos é equivalente à luz halógena convencional em algumas investigações,^{20,22} o que discorda dos resultados encontrados. A comparação destes resultados com a literatura específica torna-se dificultada em função da ausência de trabalhos publicados analisando a resistência ao cisalhamento de bráquetes linguais fotopolimerizados com arco de plasma ou com LED de alta potência. Independentemente desta impossibilidade de comparação, é importante considerar que as propriedades mecânicas das resinas podem ser comprometidas em consequência de curtos tempos de polimerização, uma vez que a energia emitida pelo aparelho de luz arco de plasma por 6 segundos parece ser substancialmente menor que em tempos mais longos de exposição com o LED, assim como com a luz halógena em tempos padronizados.³³ Além disso, foi verificada uma maior variabilidade da luz arco de plasma, o que sugere a realização de investigações adicionais para obter maiores informações e detalhes sobre esta fonte de luz.

A variabilidade dos resultados encontrados com a luz arco de plasma pode ser explicada pelo grau de polimerização das resinas compostas. A polimerização está diretamente relacionada à quantidade total de energia absorvida pelas resinas, definida como o produto da potência pelo tempo de exposição.²⁶ Tanto a energia total quanto a irradiância, que é a razão da potência da luz incidente por unidade de área, apresentam-se como elementos preponderantes ao processo de polimerização.¹⁷ Além disso, outros fatores influenciam a energia absorvida, como o formato e tamanho da guia de luz, distância da ponta guia de luz à resina, tempo de exposição, intensidade de luz, constituição do compósito e comprimento de onda.³⁴⁻³⁷ Todos estes fatores podem ter apresentado uma influência sobre a fotopolimerização com o arco de plasma, devido ao menor tempo de exposição geralmente utilizado com os aparelhos de maior irradiância.

O LED em 10 segundos apresentou média de resistência ao cisalhamento significativamente menor em relação à luz halógena em 40 segundos. A literatura já publicada com bráquetes vestibulares apresenta resultados equivalentes de resistência ao cisalhamento entre o LED e a luz halógena em tempos iguais aos testados na presente investigação.^{13,15} Como já foi mencionado, as diferenças entre as metodologias podem ter ocasionado estas divergências. Além disso, a falta de uniformidade entre os trabalhos analisando a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos³⁰ torna bastante difícil qualquer comparação dos valores encontrados nos estudos *in vitro*.¹⁵ Ademais, diversos trabalhos na literatura^{12,15,38} não aferiram a irradiância dos aparelhos avaliados, confiando nas indicações dos fabricantes, porém, como foi observado neste estudo com o LED (Quadro 2), o

valor aferido pode apresentar-se bastante reduzido, causando alterações nos testes. Portanto, é importante que estas aferições sejam sempre realizadas previamente à utilização dos aparelhos, impedindo conclusões errôneas.

Os bráquetes linguais fotopolimerizados pelas três fontes de luz utilizadas neste trabalho apresentaram resistências ao cisalhamento que ultrapassam os valores mínimos satisfatórios para a maioria das necessidades clínicas ortodônticas, situadas entre 6 a 8 MPa.³⁹ Na ortodontia, a resistência ao cisalhamento “ideal” não é simplesmente a maior possível de ser alcançada. Ela deve ser alta o suficiente para resistir às forças mastigatórias e às resultantes da mecânica ortodôntica e ser baixa o bastante para permitir a remoção do acessório sem danos ao esmalte.⁴⁰ Recomenda-se que a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos não exceda 14,5 MPa, quando é desejado que fraturas nas estruturas dentais sejam evitadas.¹² Mesmo com elevadas resistências ao cisalhamento encontradas nesta pesquisa, nenhum dano ao esmalte foi observado. Por conseguinte, tanto a luz arco de plasma como o LED de alta potência podem ser boas alternativas à luz halógena, reduzindo o tempo de trabalho e produzindo resistências ao cisalhamento clinicamente aceitáveis.

Como relatado na metodologia, não foi realizada nenhuma modificação no procedimento e no preparo da superfície lingual de colagem dos dentes utilizados. Alguns profissionais acreditam que as técnicas de colagem atuais empregadas na superfície vestibular devam ser as mesmas para a colagem por lingual;⁴¹⁻⁴² outros afirmam que certas alterações, como aumentar o tempo do condicionamento ácido e tornar a superfície lingual mais rugosa, são necessárias para alcançar resistência

ao cisalhamento satisfatória.⁴³⁻⁴⁴ No presente estudo, foram obtidas resistências adequadas sem a necessidade de realizar mecanismos para aumentar a retenção dos bráquetes linguais aos dentes, sugerindo que estes procedimentos podem ser desnecessários.

Não houve diferenças do IAR quando as três fontes de luz foram comparadas. A interface de descolagem dos bráquetes ocorreu, predominantemente, entre o adesivo e a base da resina do bráquete, o que pode ser favorável, pois apresenta o benefício de diminuir o risco de danos ao esmalte. Apesar de não ser possível a comparação com a literatura específica, há controvérsia no que tange à interface de descolagem resultante da polimerização com luz arco de plasma em relação à luz halógena. Alguns estudos com bráquetes vestibulares verificaram maior frequência de fratura na interface esmalte/adesivo,^{11-12,45-46} diferentemente dos resultados deste e de outros trabalhos.^{13,18,23,47} A variabilidade observada nos resultados encontrados na literatura pode ser atribuída às diversificações nas metodologias utilizadas, como às diferentes propriedades dos materiais de colagem testados, à forma da base dos bráquetes e à técnica de remoção dos acessórios.⁴⁸⁻⁴⁹ A ausência de diferença entre os escores do IAR na polimerização com o LED em relação à luz halógena está de acordo com a literatura.^{10,12-13,50-52} Também não houve diferença entre os escores do IAR utilizando o LED em relação à luz arco de plasma, corroborando com Yu et al.,¹³ mas discordando de Thind et al..¹² Todavia, os resultados do IAR devem ser interpretados com cautela, devido à sua subjetividade.⁵³

Os achados deste estudo sugerem a realização de investigações adicionais, para a obtenção de maiores informações e detalhes sobre a eficiência dos aparelhos de luz arco de plasma e o LED de alta potência na polimerização de bráquetes linguais.

CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que:

- A fotopolimerização com o arco de plasma durante 60% do tempo de exposição do LED e durante 15% do tempo da luz halógena demonstrou resistências ao cisalhamento menores em relação a estas fontes de luz;
- A fotopolimerização com o LED durante 25% do tempo de exposição da luz halógena demonstrou resistência ao cisalhamento menor em relação a esta fonte de luz;
- A observação dos escores do IAR sugeriu que não houve diferença quanto à interface de descolagem entre os diferentes tipos de luz testados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Buso-Frost L, Fillion D. An overall view of the different laboratory procedures used in conjunction with lingual orthodontics. *Semin Orthod.* 2006; 12(3): 203-10.
 2. Aguirre MD. Indirect bonding for lingual cases. *J Clin Orthod.* 1984; 18(8): 565-9.
-

3. Wiechman D. Lingual Orthodontics (Part 1): laboratory procedure. *J Orofac Orthop.* 1999; 60(5): 371-9.
 4. Scuzzo G, Takemoto K. Hiro System Laboratory Procedure. In: Scuzzo G, Takemoto K (eds): *Invisible orthodontics: current concepts and solutions in lingual orthodontics.* Germany: Quintessence; 2003. p. 39-46.
 5. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogem and blue lighth emitting diode technology. *Br Dent J.* 1999; 186(8): 388-91.
 6. Hansen Ek, Asmussen E. Reliability of three dental radiometers. *Scand J Dent Res.* 1993; 101(12): 115-9.
 7. Rueggeberg FA, Hashinger DT, Fairhurst CW. Calibration of FTIR conversion analysis of contemporary dental resin composites. *Den Mater.* 1990; 6(4): 241-9.
 8. Miyazaki M, Hattori T, Ichiishi Y, Kondo M, Onose H, Moore BK. Evaluation of curing units used in private dental offices. *Oper Dent.* 1998; 23: 50-4.
 9. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater.* 2000; 16(1): 41-7.
 10. Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125(3): 337-41.
 11. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Pistorio A, Sfondrini G. Effects of conventional and high-intensity light-curing on enamel shear bond strength of composite resin and resin-modified glassionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 30-5.
-

12. Thind BS, Stirrups DR, Lloyd CH. A comparison of tungsten-quartz-halogen, plasma arc and light-emitting diode light sources for the polymerization of an orthodontic adhesive. *Eur J Orthod.* 2006; 28: 78-82.
 13. Yu H, Lee K, Jin G, Baik H. Comparison of the shear bond strength of brackets using the led curing light and plasma arc curing light: polymerization time. *World J Orthod.* 2007; 8(2): 129-35.
 14. Mills RW. Blue light emitting diodes – another method of light curing? *Br Dent J.* 1995; 178(5): 169.
 15. Mavropoulos A, Staudt CB, Kiliaridis S, Krejci I. Light curing time reduction: in vitro evaluation of new intensive light-emitting diode curing units. *Eur J Orthod.* 2005; 27: 408-12.
 16. Wiggins KM, Hartug M, Althoff O, Wastian C, Mitra SB. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *JADA.* 2004; 135: 1471-9.
 17. Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin composites properties and energy density of light cure. *J Dent Res.* 2005; 84(7): 659-62.
 18. Staudt CB, Mavropoulos A, Bouillaguet S, Kiliaridis S, Krejci I. Light-curing time reduction with a new high-power halogen lamp. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128 (6): 749-54.
 19. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Sfondrini G. A xenon arc light-curing unit for bonding and bleaching. *J Clin Orthod.* 2000; 34: 94-6.
 20. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119(6): 610-6.
 21. Pettemerides AP, Sheriff M, Ireland AJ. An in vivo study to compare a plasma arc light and a conventional quartz halogen curing light in orthodontic bonding. *Eur J Orthod.* 2004; 26: 573-7.
-

22. Ishikawa H, Komori A, Kojima I, Ando F. Orthodontic bracket bonding with a plasma-arc light and resin-reinforced glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 120(1): 58-63.
 23. Klocke A, Korbmacher HM, Huck LG, Kahl-Nieke B. Plasma arc curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122(6): 643-8.
 24. Craig RG, Powers JM. *Materiais dentários.* 11. ed. São Paulo: Liv. Santos; 2004. 704 p.
 25. Manzo B, Liisto G, Clerck H. Clinical trial comparing plasma arc and conventional halogen curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125(1): 30-5.
 26. Signorelli MD, Kao E, Ngan PW, Gladwin MA. Comparison of bond strength between orthodontic brackets bonded with halogen and plasma arc curing lights: an in-vitro and in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129: 277-82.
 27. Ip TB, Rock WP. A comparison of three light curing units for bonding adhesive pre-coated brackets. *J Orthod.* 2004; 31: 243-7.
 28. James JW, Miller BH, English JD, Tadlock LP, Buschang PH. Effects of high-speed curing devices on shear bond strength and microleakage of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 123: 555-61.
 29. Hiro T, Takemoto K. The Hiro System. *J Japan Orthod Soc.* 1998; 57: 83-91.
 30. Oyama N, Komori A, Nakahara R. Evaluation of light curing units used for polymerization of orthodontic bonding agents. *Angle Orthod.* 2004; 74(6): 810-5.
 31. Fox NA, McCabe JF, Hogg SD. A critique of bond strength testing in orthodontics. *Br J Orthod.* 1994; 21: 33-43.
 32. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984; 85: 333-40.
-

33. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater.* 2000; 16(5): 330-6.
 34. Ruyter IA, Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light-activated composite materials. *Acta Odontol Scand.* 1982; 40: 179-92.
 35. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr, Davis HC. A predictive model for the polymerization of photo-activated resin composites. *Int J Prosthodont* 1994; 7(2): 159-66.
 36. Sobrinho LC, Lima AA, Consani S, Sinhoreti MAC, Knowles JC. Influence of curing tip distance on composite Knoop hardness values. *Braz Dent J.* 2000; 11: 11-7.
 37. Yap AU. Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: impact of cavity depth and exposure time. *Oper Dent.* 2000; 25(2): 113-20.
 38. Wendl B, Droschi H. A comparative in vitro study of the strength of directly bonded brackets using different curing techniques. *Eur J Orthod.* 2004; 26: 535-44.
 39. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975; 2(3): 171-8.
 40. Elvebak BS, Rossouw PE, Miller BH, Buschang P, Ceen R. Orthodontic bonding with varying curing time and light power using an argon laser. *Angle Orthod.* 2006; 76(5): 837-44.
 41. Chumak L, Galil KA, Way DC, Johnson LN, Hunter WS. An in vitro investigation of lingual bonding. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1989; 95: 20-8.
 42. Munechika T, Suzuki K, Nishiyama M, Ohashi M, Horie K. A comparison of the tensile bond strengths of composite resins to longitudinal and transverse sections of enamel prisms in human teeth. *J Dent Res.* 1984; 63: 1079-82.
 43. Kelly VM. JCO interviews. *J Clin Orthod.* 1982; 16: 461-76.
-

44. Wiechmann D. Lingual orthodontics (Part 3): intraoral sandblasting and indirect bonding. *J Orofac Orthop.* 2000; 61(4): 280–91.
 45. Pettemerides AP, Ireland AJ, Sherriff M. An ex vivo investigation into the use of a plasma arc lamp when using a visible light-cured composite and a resin-modified glass poly (alkenoate) cement in orthodontic bonding. *J Orthod.* 2001; 28(3): 237-44.
 46. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Scribante A, Klersy C. Plasma arc versus halogen light curing of orthodontic brackets: a 12-month clinical study of bond failures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125: 342-7.
 47. Klocke A, Korbmacher HM, Huck LG, Ghosh J, Kahl-Nieke B. Plasma arc curing of ceramic brackets: an evaluation of shear bond strength and debonding characteristics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 124(3): 309-15.
 48. Oliver RG. The effect of different methods of bracket removal on the amount of residual adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988; 93(3): 196-200.
 49. O'Brien KD, Watts DC, Read MJK. Residual debris and bond strength: is there a relation ship? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988; 94(3): 222-30.
 50. Dunn WJ, Taloumis LJ. Polymerization of orthodontic resin cement with lighth-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122(3): 236-41.
 51. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Scribante A, Boehme A, Jost-Brinkmann P. Effect of light-tip distance on the shear bond strengths of composites resin. *Angle Orthod.* 2005; 75(3): 386-91.
 52. Silta YT, Dunn WJ, Peters CB. Effect of shorter polimerization times when using the latest generation of light-emitting diodes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128: 744-8.
-

53. Lalani N, Foley TF, Voth R, Banting D, Mamandras A. Polymerization with the argon laser: curing time and shear bond strength. *Angle Orthod.* 2000; 70(1): 28-33.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, ao examinar *in vitro* a fotopolimerização de bráquetes vestibulares e linguais com o arco de plasma, LED e luz halógena convencional em tempos diferentes por meio de ensaios mecânicos de resistência ao cisalhamento, observou-se que:

I - Para os bráquetes vestibulares:

- A fotopolimerização com o arco de plasma por 6 segundos e com o LED por 10 segundos não apresentaram diferenças entre si e em relação à luz halógena por 40 segundos;
- A fotopolimerização com o arco de plasma por 3 segundos e com o LED por 5 segundos demonstraram resistências ao cisalhamento iguais entre si e significativamente menores em relação às da luz halógena por 40 segundos.

II – Para os bráquetes linguais:

- A fotopolimerização com o arco de plasma durante 60% do tempo de exposição do LED e durante 15% do tempo da luz halógena demonstrou resistências ao cisalhamento menores que estas fontes de luz;
 - A fotopolimerização com o LED durante 25% do tempo de exposição da luz halógena demonstrou resistência ao cisalhamento menor que esta fonte de luz;
 - Na avaliação do IAR, de modo geral, não houve diferença quanto à interface de descolagem entre os diferentes tipos de luz testados.
-

III – Para ambos os bráquetes:

- Pode-se afirmar que o uso das unidades alternativas de fotoativação avaliadas nesta pesquisa representa uma excelente escolha, pois elas reduzem consideravelmente o tempo de trabalho, alcançando resistências ao cisalhamento aceitáveis clinicamente.

REFERÊNCIAS*

01. Baratieri LN, Monteiro Júnior S, Andrada MAC, Vieira LCC, Cardoso AC, Ritter AV. Estética: restaurações adesivas diretas em dentes anteriores fraturados. São Paulo: Santos; 1995. 397 p.
02. Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C. Evaluation of a new curing length on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2003; 73: 431-5.
03. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34: 849-53.
04. Busato ALS, Barbosa AN, Baldissera RA, Bueno M. Dentística: restaurações em dentes anteriores. São Paulo: Artes Médicas; 1997. 481 p.
05. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Sfondrini G. The xenon arc light curing halogen unit for bonding and bleaching. *J Clin Orthod.* 2000; 34: 94-6.
06. Castro FLA, Cruz CAS, Estrela C. Avaliação da intensidade de energia luminosa e do calor produzidos por aparelhos fotopolimerizadores. *Rev Bras Odontol.* 2001; 58: 204-6.
07. Craig RG, Powers JM. Materiais dentários. 11. ed. São Paulo: Liv. Santos; 2004. 704 p.

* De acordo com o estilo Vancouver. Disponível em:
http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

08. Deb S, Sehmi H. A comparative study of the properties of dental resin composites polymerized with plasma and halogen light. *Dent Mater.* 2003; 19: 517-22.
 09. Duke ES. Light-emitting diodes in composite resin photopolymerization. *Compend Contin Educ Dent.* 2001; 22: 722-5.
 10. Dunn WJ, Taloumis LJ. Polymerization of orthodontic resin cement with lighth-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122: 236-41.
 11. Elaut J, Wehrbein H. The effects of argon laser curing of a resin adhesive on bracket retention and enamel decalcification: a prospective clinical trial. *Eur J Orthod.* 2004; 26: 553-60.
 12. Fujibayashi K, Ishimaru K, Takahashi N, Kohno A. Newly development curing unit using unit blue light-emitting diodes. *Dent Japan.* 1998; 34: 49-53.
 13. Ip TB, Rock WP. A comparison of three light curing units for bonding adhesive pre-coated brackets. *J Orthod.* 2004; 31: 243-7.
 14. Ishikawa H, Komori A, Kojima I, Ando F. Orthodontic bracket bonding with a plasma-arc light and resin-reinforced glass ionômero cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 120: 58-63.
 15. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater.* 2000; 16: 41-7.
-

16. Klocke A, Korbmacher HM, Huck LG, Kahl-Nieke B. Plasma arc curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122: 643-8.
 17. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater.* 2001; 17: 309-15.
 18. Lalani N, Foley TF, Voth R, Banting D, Mamandras A. Polymerization with the argon laser: curing time and shear bond strength. *Angle Orthod.* 2000; 70: 28-33.
 19. Manzo B, Liisto G, Clerck H. Clinical trial comparing plasma arc and conventional halogen curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125: 30-5.
 20. Marques SML, Ribeiro FSV, Machado F, Ramos Júnior L, Carvalho MCFS, Costa SC, et al. Sistemas restauradores. In: Marques SML, Ribeiro FSV, Machado F, Ramos Júnior L, Carvalho MCFS, Costa SC, et al. *Estética com resinas compostas em dentes anteriores: percepção, arte e naturalidade.* São Paulo: Livraria Santos Editora; 2005. p. 1-14.
 21. Mavropoulos A, Staudt CB, Kiliaridis S, Krejci I. Light curing time reduction: in vitro evaluation of new intensive light-emitting diode curing units. *Eur J Orthod.* 2005; 27: 408-12.
 22. Mills RW. Blue light emitting diodes – another method of light curing? *Br Dent J.* 1995; 178: 169.
-

23. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J.* 1999; 186: 388-91.
 24. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 610-6.
 25. Pettemerides AP, Ireland AJ, Sherriff M. An ex vivo investigation into the use of a plasma arc lamp when using a visible light-cured composite and a resin-modified glass poly (alkenoate) cement in orthodontic bonding. *J Orthod.* 2001; 28: 237-44.
 26. Pettemerides AP, Sheriff M, Ireland AJ. An in vivo study to compare a plasma arc light and a conventional quartz halogen curing light in orthodontic bonding. *Eur J Orthod.* 2004; 26: 573-7.
 27. Rueggeberg FA, Hashinger DT, Fairhurst CW. Calibration of FTIR conversion analysis of contemporary dental resin composites. *Den Mater.* 1990; 6: 241-9.
 28. Serra G, Brugnera A, Elias CN, Bolognese AM. Effect of argon laser curing on the shear bond strength of metal brackets bonded with light-cured glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128: 740-3; quiz 802.
-

29. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Pistorio A, Sfondrini G. Effects of conventional and high-intensity light-curing on enamel shear bond strength of composite resin and resin-modified glassionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 30-5.
 30. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Klersy C. Halogen versus high-intensity light-curing of uncoated and pre-coated brackets: a shear bond strength study. *J Orthod.* 2002; 29: 45-50.
 31. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Scribante A, Klersy C. Plasma arc versus halogen light curing of orthodontic brackets: a 12-month clinical study of bond failures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125: 342-7.
 32. Signorelli MD, Kao E, Ngan PW, Gladwin MA. Comparison of bond strength between orthodontic brackets bonded with halogen and plasma arc curing lights: an in-vitro and in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129: 277-82.
 33. Silta YT, Dunn WJ, Peters CB. Effect of shorter polymerization times when using the latest generation of light-emitting diodes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128: 744-8.
 34. St-Georges AJ, Swift EJ, Thompson JY, Heymann HO. Irradiance effects on the mechanical properties of universal hybrid and flowable hybrid resin composites. *Dent Mater.* 2003; 19: 406-13.
 35. Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125: 337-41.
-

36. Swift EJ. LED curing lights. *J Esthet Restor Dent*. 2002; 14: 206-7.
 37. Thind BS, Stirrups DR, Lloyd CH. A comparison of tungsten-quartz-halogen, plasma arc and light-emitting diode light sources for the polymerization of an orthodontic adhesive. *Eur J Orthod*. 2006; 28: 78-82.
 38. Torres CRG, Borges AB, Kubo CH, Gonçalves SEP, Araújo RM, Celaschi S. *Clareamento dental com fontes híbridas LED/LASER*. São Paulo: Taubaté; 2004. 140 p.
 39. Wendl B, Droschi H. A comparative in vitro study of the strength of directly bonded brackets using different curing techniques. *Eur J Orthod*. 2004; 26: 535-44.
 40. Wiggins KM, Hartug M, Althoff O, Wastian C, Mitra SB. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *JADA*. 2004; 135: 1471-9.
 41. Yu H, Lee K, Jin G, Baik H. Comparison of the shear bond strength of brackets using the led curing light and plasma arc curing light: polymerization time. *World J Orthod*. 2007; 8: 129-35.
 42. Zachrisson BU. Bonding in orthodontics. In: Graber TM, Vanarsdall RL. *Orthodontics: current principles and techniques*. St Louis: Mosby; 1994. p. 542-62.
-

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA



Comitê de Ética em Pesquisa

Certificado

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"AVALIAÇÃO IN VITRO DA RESISTÊNCIA AO CISCALHAMENTO DE BRAQUETES CONVENCIONAIS E LINEUAIS POLIMERIZADOS COM LUZ ARCO DE PLASMA (PAC, XÊNON) E LED"**, sob o protocolo nº 08/07, de responsabilidade do Pesquisador (a) **LÍDIA PARZEKIAN MARTINS**, está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa-FOAR, com validade de 01 (um) ano, quando será avaliado o relatório final da pesquisa.

Certify that the research project titled **"IN VITRO EVALUATION OF THE SHEAR BOND STRENGTH OF BUCCAL AND LINGUAL BRACKETS BONDED WITH PLASMA ARC CURING (PAC, XÊNON) AND LED"**, protocol number 08/07, under Dr. **LÍDIA PARZEKIAN MARTINS**, responsibility, is under the terms of Conselho Nacional de Saúde/MS resolution # 196/96, published on May 10, 1996. This research has been approved by Research Ethic Committee, FOAR-UNESP. Approval is granted for 01 (one) year when the final review of this study will occur.

Araraquara, 04 de junho de 2007.

Prof. Dr. **Miriam Aparecida Onofre**
Coordenadora

Autorizo a reprodução deste trabalho.
(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 29 de maio de 2008.

AMANDA FAHNING FERREIRA MAGNO