

SHEILA PESTANA PASSOS

**ADESÃO E GRAU DE CONVERSÃO: EFEITO DAS CORES
DA CERÂMICA E DO AGENTE DE FIXAÇÃO RESINOSO**



2010

SHEILA PESTANA PASSOS

**ADESÃO E GRAU DE CONVERSÃO: EFEITO DAS CORES DA
CERÂMICA E DO AGENTE DE FIXAÇÃO RESINOSO**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós- Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade Prótese dentária.

Orientador: Prof. Adj. Estevão Tomomitsu Kimpara

Co-orientador: Prof. Associado Amin Sami Rizkalla

São José dos Campos

2010

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:
Alvarez S, Coelho DCAG, Couto RAO, Durante APM. Guia prático para
Normalização de Trabalhos Acadêmicos da FOSJC. São José dos
Campos: FOSJC/UNESP; 2008

P268a Passos, Sheila Pestana.
 Adesão e grau de conversão: efeito das cores da cerâmica e do agente de
 fixação resinoso / Sheila Pestana Passos __ São José dos Campos: [s.n.],
 2010.
 126f. : il.

 Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia
 de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, 2010.
 Orientador: Prof. Adj. Estevão Tomomitsu Kimpara.
 Co-Orientador: Prof. Associado Amin Sami Rizkalla

 1. Grau de conversão. 2. FTIR. 3. Microtração. 4. Cerâmica. 5. Agente de
 fixação resinoso. I. Kimpara, Estevão Tomomitsu. II. Universidade Estadual
 Paulista. Faculdade de Odontologia de São José dos Campos. III. Título

tD15

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por
qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

São José dos Campos, 19 de Outubro de 2010.

Assinatura:

E-mail: sheilapestana@hotmail.com

BANCA EXAMINADORA

Prof. Adjunto Estevão Tomomitsu Kimpara (Orientador)

Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Adjunto Anderson Pinheiro de Freitas

Faculdade de Odontologia
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Prof. Titular Marco Antonio Bottino

Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Titular Mario Alexandre Coelho Sinhoreti

Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Profa. Dra. Paula Komori

Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
Universidade Estadual Paulista - UNESP

São José dos Campos, 18 de outubro de 2010.

DEDICATÓRIA

A Deus, por estar sempre ao meu lado guiando meus caminhos e manifestando Seu Amor Incondicional em todos os instantes da minha vida.

Aos meus pais, Helio Luiz Souza Passos e Rita Maria Pestana Passos que acompanharam toda essa trajetória, me dando sempre com muito amor e compreensão todo o suporte que precisei.

Aos meus irmãos, Cleber Pestana Passos e Érica Pestana Passos por estarem sempre muito presentes na minha vida.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Deus, a minha eterna e sincera gratidão por ter me guiado e por ter permitido cada conquista desta longa caminhada.

Ao meu pai, Helio Luiz Souza Passos, pelos seus valores como homem, sendo sempre um exemplo de honestidade e dignidade, e pelo apoio constante à minha caminhada; à minha mãe, Rita Maria Pestana Passos, pela sua total dedicação à vida familiar e por ser um exemplo verdadeiro de mãe, sempre ao meu lado com muito amor e compreensão. Aprendi os verdadeiros valores de uma família com o exemplo de vocês. Vocês são os melhores presentes que Deus pôde ter me concedido.

Ao meu irmão Cleber Pestana Passos por vibrar comigo em cada passo dado, e por ser o irmão sensacional que é; à minha irmã, Érica Pestana Passos, pela cumplicidade, amor e pela nossa verdadeira amizade. Vocês representam para mim o verdadeiro significado da palavra “irmão” e me fazem crer que somos realmente um corpo. Amo vocês.

Às minhas primas-irmã, Jaciara Pestana da Silva e Elisângela de Andrade Pestana, e minha afilhada Naiara Pestana pela dedicação constante e por estarem sempre presentes na minha vida.

Ao Jesse Butler, pelo apoio constante e dedicação, pelo companheirismo e amor dedicados quando morei no Canadá, principalmente nos momentos em que me senti impotente e sozinha durante o meu estágio no exterior, longe da minha família e amigos.

Ao meu orientador, Prof. Adj. Estevão Tomomitsu Kimpara pelas orientações e dedicação. É um exemplo de professor, devido à seriedade na qual conduz as coisas.

Ao Prof. Titular Marco Antonio Bottino pela incansável dedicação à pesquisa e incentivo me mostrando o valor da dedicação ao trabalho científico.

Ao meu co-orientador, Prof. Associado Amin Rizkalla, pela atenção e orientações dadas durante todo o período do meu estágio de doutorado no Canadá.

Aos meus amigos e Profs. Dr. Gildo Coelho e Dra. Maria Jacinta pelo apoio no meu estágio de doutorado no exterior, foram companhias nesta etapa da minha caminhada.

Ao meu amigo e Prof. Adj. Anderson Freitas pelo apoio constante e por acreditar no meu trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

Ao meu amigo e Prof. Adj. Luiz Felipe Valandro pela total dedicação à pesquisa, se tornando um admirável pesquisador.

Ao meu amigo e Prof. Adj. Luciano Castellucci pelo incentivo na carreira acadêmica, é um exemplo de profissional.

À minha amiga e Prof. Adj. Fabíola Leite, por sempre estar presente e me apoiando na minha caminhada

Ao Movimento dos Focolares, pela força e amor dispensados em todos esses anos. Os meus eternos agradecimentos.

Aos meus amigos de curso Aleska, Celina, Rodrigo, Sandra, Liliana, Diana, Susana, Silvia, Priscila, Lucas, Humberto, José Roberto,

Anderson, Renata Faria, Renata Melo, Graziela e Fernanda pela amizade e pelos bons momentos compartilhados.

Aos meus amigos Daniel e Deepta, pela ajuda inicial no “nosso” laboratório onde fiz o meu estágio de doutorado no Canadá e pela harmoniosa e divertida convivência.

Às minhas grandes amigas Leila Brito, Leila Pinto, Marianna, Milena, Tatiana, Isabela e Daniela pela nossa forte amizade, que superou a distância física e o tempo.

Às minhas inesquecíveis amigas Carolina, Dulce, Elany, Manuela, Marcelle, Marina, Rosana e Silvana pela compreensão da minha ausência em momentos tão importantes das suas vidas e por não terem permitido que nossa amizade se acabasse com a distância e o tempo.

À minha adorável amiga Mariana Pontes pela forte amizade e pelo companheirismo sempre.

Aos meus amigos do Canadá Lia, Flávio, Zilah e Eduardo por terem me dado o apoio que precisei quando tudo parecia ser tão difícil. Vocês estarão sempre na minha lembrança e no meu coração!

Às minhas amigas Raquel, Maria Angélica e Tatiana pelo companheirismo e pelos saudosos momentos de descontração.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, através de seu Diretor, Prof. Adjunto **José Roberto Rodrigues**.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora, Especialidade Prótese Dentária, coordenado pelo Profa. Adjunta **Márcia Valéra Garakis**, pela oportunidade concedida.

À **The University of Western Ontario** pela disponibilidade dos equipamentos utilizados neste estudo e pelo apoio financeiro concedido, assim como pelos **funcionários** da referida instituição.

Aos **Professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora**, pela contribuição na minha formação acadêmica e científica.

Ao chefe do departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP, Prof. Adjunto **Lafayette Nogueira Júnior**.

Aos professores da Disciplina de Materiais Odontológicos e Prótese Total, Prof. Adjunto **Estevão Tomomitsu Kimpara**, Prof. Adjunto **Sigmar de Mello Rode**, Prof. Dr. **Tarcísio Paes Júnior**, Prof. Dr. **Alexandre Luiz Souto Borges**, Prof. Dr.

Rubens Nisie Tango, Prof. Dr. **Guilherme Saavedra** e Profa. Dra. **Paula Komori**, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos Profs. Doutores **Fernando Eidi Takahashi** e **Renato Sussumo Nishioka**, da Disciplina de Prótese Parcial Fixa da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP pelos ensinamentos transmitidos.

Às secretárias da secção de Pós-Graduação, **Rosemary de Fátima Salgado Pereira**, **Erena Michie Hasegawa** e **Maria Aparecida Consiglio de Souza**, pelas informações e atenção prestadas.

À secretária **Eliane Wenzel**, do departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela atenção dispensada neste período.

Aos técnicos de laboratório, **Maria Inês Moreira dos Santos** e **Fernando Carlos Fontes** pelo suporte nos trabalhos realizados.

Ao Prof. **Ivan Balducci**, pela atenção dispensada e pela disponibilidade na realização da parte estatística deste trabalho.

Aos amigos de turma de Doutorado, **Rodrigo Othávio**, **Sandra Zamboni**, **Liliana May** e **Silvia Masae**, pelo convívio em harmonia, pela disponibilidade e pelo companheirismo.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação, **Aleska Vanderlei**, **Alfredo Mikail**, **Celina Abreu**, **Guilherme Saavedra**, **Lucas Zogheib**, **Priscila Cristoforides**, **Lucas**

Zogheib, Anderson Castilho, Regina Amaral, Renata Melo e Susana Salazar pelos momentos compartilhados.

À Diretora Técnica dos Serviços de Biblioteca e Documentação, **Ângela de Brito Bellini**, da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP, por realizar as correções com competência e muita dedicação.

Aos **funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese** pela ajuda na execução de todas as tarefas.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pela bolsa concedida.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** pelo auxílio financeiro concedido para realização deste trabalho.

*"Não é verdade que a ciência e a fé caminham cada uma por conta própria. A fé
ilumina a ciência e a ciência pode ser
de ajuda à fé. Tanto uma quanto a outra têm,
de fato, um único objeto: a verdade,
que para uma pode ser aquela mais transcendente e invisível,
que sustenta todo o criado;
enquanto para a outra aquela visível,
que não esgota perfeitamente a sua tarefa se
não descobre a causa do todo."*

Chiara Lubich

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	22
RESUMO.....	23
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	30
3 PROPOSIÇÃO.....	58
4 MATERIAL E MÉTODO.....	60
4.1 Mensuração da translucidez do material cerâmico.....	61
4.1.1 Obtenção dos blocos cerâmicos.....	61
4.1.2 Teste.....	63
4.1.3 Análise estatística.....	64
4.2 Micro-Reflexão Total Atenuada/Espectroscopia Fourier de Transformação Infravermelha (FTIR).....	64
4.2.1 Confecção dos corpos-de-prova.....	64
4.2.2 Teste.....	67
4.2.3 Análise Estatística.....	69
4.3 Resistência de união.....	69
4.3.1 Obtenção dos blocos cerâmicos.....	69
4.3.2 Preparo dos dentes.....	70
4.3.3 Condicionamento da superfície dentinária.....	71
4.3.4 Condicionamento da superfície cerâmica.....	72
4.3.5 Cimentação.....	74
4.3.6 Corte dos espécimes e obtenção dos corpos-de-prova.....	75
4.3.7 Ensaio de microtração.....	77
4.3.8 Avaliação do modo de falha.....	79
4.3.9 Análise estatística.....	80
5 RESULTADO.....	81

6 DISCUSSÃO.....	102
7 CONCLUSÃO.....	114
8 REFERÊNCIA.....	115
ANEXO.....	124
ABSTRACT.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Discos cerâmicos nas cores: 0M1, 2M2 e 5M3.....	61
Figura 2 -	A) Mensuração da percentagem de opacidade do disco cerâmico no fundo preto; B) mensuração da percentagem de opacidade do disco cerâmico no fundo branco; C) obtenção da percentagem de opacidade.....	63
Figura 3 -	Blocos cerâmicos nas cores: 0M1, 2M2 e 5M3.....	65
Figura 4 -	Bloco cerâmico após sinterização.....	65
Figura 5 -	Seqüência de confecção do cp: A) agente de fixação resinoso sob bloco cerâmico que está simulando uma restauração cerâmica; B) LED utilizado na fotoativação dos cp; C) fotoativação do agente de fixação resinoso através do bloco cerâmico; D) espessura do cp; E) cp finalizado.....	66
Figura 6 -	Micro-ATR/FTIR.....	68
Figura 7 -	Blocos cerâmicos nas cores A) Base Dentine 0M1; B) e Base Dentine 5M3.....	70
Figura 8 -	Bloco cerâmico após sinterização.....	70
Figura 9 -	A) Molar humano; B) inclusão em resina acrílica; C) dente incluído; D) desgaste em politriz; E)	

	superfície dentinária exposta.....	71
Figura 10 -	Condicionamento ácido da superfície dentinária....	72
Figura 11 -	A) Aplicação do adesivo; B) fotoativação do adesivo.....	72
Figura 12 -	A) Blocos cerâmicos no aparelho sônico. Seqüência do condicionamento da superfície cerâmica com AFL a 10%; B) início da aplicação do AFL sobre a superfície cerâmica; C) AFL aplicado sobre superfície cerâmica; D) superfície cerâmica condicionada pelo AFL; E) bloco cerâmico imerso em solução supersaturada de bicarbonato de sódio; F) aplicação do silano.....	73
Figura 13 -	A) Aplicação do agente de fixação resinoso na superfície cerâmica; B) bloco cerâmico sobre a superfície dentinária; C-D) posicionamento do conjunto no dispositivo; E) chave para auxiliar na aplicação da carga; F) posicionamento da chave; G) torque de 35 N; H) fotoativação do agente de fixação resinoso.....	75
Figura 14 -	Seqüência da preparação dos cp para o ensaio de microtração: A-B) corte do conjunto bloco cerâmico - agente de fixação resinoso - dente até a obtenção das amostras; C) amostra obtida.....	76
Figura 15 -	Mensuração da secção transversal do cp.....	78
Figura 16 -	Cp fixado no dispositivo Bencor.....	78

Figura 17 -	Representação gráfica das médias (%) e desvio padrão da translucidez obtidos pelas diferentes cores da cerâmica com 2 mm de espessura.....	82
Figura 18 -	Representação gráfica das médias (%) e desvio padrão da translucidez obtidas pelas diferentes cores da cerâmica com 2,5 mm de espessura.....	83
Figura 19 -	Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor transparente fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	89
Figura 20 -	Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	90
Figura 21 -	Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor Transparente fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	90
Figura 22 -	Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes às diferentes cores do agente de fixação resinoso fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	91
Figura 23 -	Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 150 s, 40 s e 20 s sob as diferentes cores da	

	cerâmica.....	92
Figura 24 -	Gráficos de médias (MPa) referentes à interação entre os fatores “cor da cerâmica” e “tempo de fotoativação” para o agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo.....	94
Figura 25 -	Gráficos de médias (MPa) referentes à interação entre os fatores “cor da cerâmica” e “tempo de fotoativação” para o agente de fixação resinoso de cor transparente.....	95
Figura 26 -	Micrografias representativas da superfície do cp testado do Gr1 apresentando falha coesiva do agente de fixação resinoso e da cerâmica caracterizando falha mista. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente (☞ = interface cerâmica-agente de fixação resinoso, ☛ = agente de fixação resinoso, * = superfície cerâmica).....	97
Figura 27 -	Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr2. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente (☛ = agente de fixação resinoso, * = superfície cerâmica).....	98
Figura 28 -	Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr3. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as	

	imagens A e B, respectivamente (☛ = agente de fixação resinoso, * = superfície cerâmica).....	98
Figura 29 -	Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr4. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente (☞ = interface cerâmica-agente de fixação resinoso, ☛ = agente de fixação resinoso; * = superfície cerâmica).....	99
Figura 30 -	Micrografias representativas da superfície de um cp do Gr9 após falha pré-matura. Falha adesiva na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Não foram observados traços de outro substrato na superfície da cerâmica. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente.....	99
Figura 31 -	Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr10. Falha coesiva do agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente.....	100
Figura 32 -	Micrografias representativas da superfície de um cp do Gr11 após falha pré-matura. Falha adesiva na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Não foram observados traços de outro substrato na superfície da cerâmica. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente.....	100

Figura 33 - Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr12. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente (☞ = interface cerâmica-agente de fixação resinoso, ● = agente de fixação resinoso; * = superfície cerâmica)..... 101

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 -	Descrição do nome comercial, fabricante, composição dos materiais usados e das cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica para a confecção dos corpos-de-prova.....	60
Quadro 2 -	Ciclo de sinterização e do glaze para a cerâmica Vita VM7.....	62
Quadro 3 -	Grupos experimentais conforme os fatores do estudo (cor da cerâmica [2 níveis], cor do agente de fixação resinoso [2 níveis] e tempo de fotoativação [2 níveis]).....	67
Tabela 1 -	Média ($\pm dp$) dos dados de translucidez da cerâmica (%) segundo as cores “Base Dentine 0M1”, “Base Dentine 2M2” e “Base Dentine 5M3” e espessura da cerâmica “2 mm” e “2,5 mm”.....	81
Tabela 2 -	ANOVA (um fator) para os dados de translucidez das diferentes cores da cerâmica com 2 mm de espessura.....	82
Tabela 3 -	Média (%) e desvio padrão do GC obtido para os diferentes tempos de fotoativação e para as	

	diferentes cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica.....	84
Tabela 4 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor transparente fotoativado por 20 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	84
Tabela 5 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor transparente fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	85
Tabela 6 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 20 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	85
Tabela 7 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.....	85
Tabela 8 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso diretamente fotoativado (sem bloco).....	86
Tabela 9 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso para a cerâmica de cor 0M1.....	86
Tabela 10 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso para	

	a cerâmica de cor 2M2.....	86
Tabela 11 -	ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso para a cerâmica de cor 5M3.....	87
Tabela 12 -	Teste de Tukey para as médias da %GC obtido para os diferentes tempos de fotoativação e para as diferentes cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica.....	88
Tabela 13 -	Média (MPa) e desvio padrão da resistência de união obtidos entre a dentina e a cerâmica variando o tempo de fotoativação e a cor do agente de fixação resinoso e da cerâmica.....	92
Tabela 14 -	ANOVA (um fator) para os dados de resistência de união (MPa) entre o dente e a cerâmica variando o tempo de fotoativação e a cor do agente de fixação resinoso e da cerâmica.....	93
Tabela 15 -	Teste de Tukey para as médias da resistência de união obtido para os diferentes tempos de fotoativação e para as diferentes cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica.....	95
Tabela 16 -	Número de cp e percentual (%) de distribuição das falhas ocorridas nos grupos estudados.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFL = ácido fluorídrico

cp = corpo-de-prova

EDS = análise espectroscópica de energia dispersiva

FTIR = Espectroscopia Fourier por Transformação Infravermelha

g = grama

GC = grau de conversão

h = hora

kgf = kilograma força

LED = Diodo Emissor de Luz

MEV = microscópio eletrônico de varredura

mg = miligrama

min = minuto

ml = mililitro

mm = milímetro

mm/min = milímetro por minuto

mm² = milímetro quadrado

mW/cm² = miliwatts por centímetro quadrado

N = Newton

nm = nanômetro

nm/min = nanômetro por minuto

s = segundo

°C = grau Celsius

µm = micrometro

µg = micro grama

Passos SP. Adesão e grau de conversão: efeito das cores da cerâmica e do agente de fixação resinoso [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2010.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a translucidez de diferentes cores da cerâmica, o grau de conversão de diferentes cores do agente de fixação resinoso e a resistência de união entre a cerâmica e a dentina, variando as cores da cerâmica e do agente de fixação e o tempo de fotoativação. A hipótese é que quanto mais escuros o agente de fixação resinoso e a cerâmica, menor translucidez, menor conversão dos monômeros, mais baixa será a resistência adesiva, portanto maior tempo necessário para fotoativação. Três discos da cerâmica Vita VM7 com dimensão de 20 x 2 mm nas cores Base Dentine 0M1, Base Dentine 2M2 e Base Dentine 5M3 e dois discos com 20 x 2,5 mm da mesma cerâmica nas cores Base Dentine 0M1 e Base Dentine 5M3 foram usados para determinar a percentagem de translucidez através do espectrofotômetro MiniScan. Para se obter o grau de conversão (GC), os cp do agente de fixação (Variolink II; A3 Amarelo e transparente; espessura: 100 µm) foram fotoativados sob um bloco cerâmico (espessura: 2 mm; Base Dentine 0M1, Base Dentine 2M2 e Base Dentine 5M3) por 20 ou 40 s. Cp fotoativados sem o bloco cerâmico foram usados como controle. Dezesesseis grupos (n=3) foram avaliados. Espectrometria de Micro-ATR/FTIR foi utilizada para avaliar a extensão da polimerização de todos os cp depois de 24 h. A %GC foi calculada e os dados foram analisados através de ANOVA 1-fator e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Para avaliar adesão, a dentina da superfície oclusal de 80 molares humanos hígidos foi exposta e condicionada com ácido fosfórico 37% e adesivo (Excite DSC). Oitenta blocos (7,2 x 7,2 x 2,5 mm) da mesma cerâmica, nas cores Base Dentine 0M1 e Base Dentine 5M3, foram confeccionados de acordo com as instruções do fabricante. A superfície cerâmica foi tratada com ácido fluorídrico 10% por 60 s e silanizada. Os blocos cerâmicos de cada cor foram cimentados sobre a dentina tratada usando o agente de fixação de cor A3 Amarelo ou transparente. Os cp foram fotoativados por 20 ou 40 s. Os cp foram armazenados em água destilada (37°C) por 24 h e seccionados obtendo-se barras (área adesiva: $\pm 1 \text{ mm}^2$). Oito grupos experimentais foram obtidos (n=46). Os cp foram submetidos ao teste de microtração em uma máquina de ensaio universal (0,5 mm/min). Os dados foram analisados através do teste ANOVA e Tukey's post-hoc tests

($\alpha \leq 0.05$). A percentagem de translucidez para as cerâmicas 0M1, 2M2 e 5M3 (espessura: 2 mm) foram: 12,41(1,02)%, 5,75(1,91)% e 1,07(0,03)%, respectivamente. Para as cerâmicas 0M1 e 5M3 (espessura: 2,5 mm) foram: 10,06(0,25)% e 1,34(0,02)%, respectivamente. A %GC do agente de fixação fotoativado sob a cerâmica 5M3 foi significativamente menor ($p < 0,05$). Para a cerâmica 5M3, foram observados os menores valores MTBS. O agente de fixação Variolink II fotoativado sob a cerâmica apresentou, com o aumento no croma da cerâmica, diminuição significativa da %GC e da resistência de união entre a cerâmica e a dentina.

Palavras-chave: Grau de conversão. FTIR. Microtração. Cerâmica. Agente de fixação resinoso.

1 INTRODUÇÃO

A Odontologia restauradora tem apresentado considerável avanço nos últimos anos, permitindo a introdução e uso de novos materiais e técnicas para a confecção de restaurações estéticas indiretas (El Zohairy et al., 2003) com o intuito de atingir os requisitos estéticos, assim como adequada resistência. Dentre os materiais restauradores estéticos, a cerâmica pode ser considerada atualmente a melhor escolha para reproduzir as características dos dentes naturais, por isso tornou-se um material largamente utilizado para a confecção de restaurações indiretas e, ainda, encontra-se em pleno desenvolvimento tecnológico, visto que novos materiais cerâmicos têm sido introduzidos nas duas últimas décadas.

Dentre estes novos materiais, surgiu uma cerâmica de cobertura classificada como cerâmica vítrea bifásica, a cerâmica feldspática micro-particulada Vita VM7[®] (Vita Zahnfabrik). Leite et al. (2005) analisaram, por MEV e EDS, a microestrutura e a composição química desta cerâmica, e verificaram que é baseada em uma rede de sílica (SiO_2) e feldspato de potássio ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) ou de sódio ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$). Estão indicadas para *inlays/onlays*, facetas laminadas e recobrimento estético.

Associado ao desenvolvimento dos materiais cerâmicos, os agentes de fixação resinosos também demonstram crescente aperfeiçoamento em suas características químicas e mecânicas que contribuem no desempenho do material restaurador. São divididos de acordo com o tipo de ativação: quimicamente ativados, quando a polimerização é iniciada pela mistura de um ativador e o iniciador; ativados fisicamente, quando a energia é fornecida a partir de fonte física

para uso intra-bucal; e dupla ativação, para agentes de fixação resinosos de ativação química e física. Agentes de fixação resinosos de dupla ativação possuem os co-iniciadores, peróxido e amina, encontrados também nos compósitos restauradores quimicamente ativados, e adicionalmente um foto iniciador (canforoquinona), que também está presente nos compósitos restauradores fotoativados (Peters; Meiers, 1996). A fotoativação ocorre quando um agente fotosensitivo, a canforoquinona, absorve luz de 400 a 500 nm e interage com um acelerador orgânico amina, produzindo radicais livres que iniciam a polimerização. A ativação química ocorre quando o peróxido iniciador e uma amina terciária ativador são combinados, sua reação, assim como na fotoativação, também produz radicais livres. O agente de fixação resinoso de dupla ativação apresenta reagentes de ambas as formas de polimerização, química e física (Dong et al., 2003).

O ativador químico de um agente de fixação resinoso de dupla ativação ou fotoativado irá garantir adequada polimerização, especialmente nas áreas do agente de fixação que receberá baixa intensidade de luz para ativar o fotoiniciador (Braga et al., 1999; Kamada et al., 2001). Muitos estudos relataram que os agentes de fixação resinosos de dupla ativação são extremamente dependentes da fotoativação e a ativação química isolada não é suficiente para completar a polimerização destes agentes de fixação resinosos (el-Mowafy, 1999; Witzel et al., 2003).

Na reação de polimerização dos materiais resinosos, o grau de conversão (GC) dos monômeros é dependente da energia fornecida, caracterizada como sendo o produto da intensidade luminosa e do tempo de exposição (Rueggeberg et al., 1994; Silikas et al., 2000; Halvorson et al., 2002). Além disso, estudos têm demonstrado que o GC é primariamente dependente do tipo e espessura do material restaurador (Rueggeberg et al., 1994; el-Badrawy; el-Mowafy, 1995). Estudos avaliaram a microdureza de materiais resinosos sob diferentes cores da

cerâmica, visto que testes de dureza provêm uma relação com o GC de polimerização (Brodbelt et al., 1980; Cardash et al., 1993; Myers et al., 1994; Barghi; McAlister, 2003; Soares et al., 2006; Koch et al., 2007), verificando menor microdureza, a depender da cor testada. Adicionalmente, Watts e Cash (1994) avaliaram a transmissão da luz através de diferentes materiais restauradores e Peixoto et al.⁵⁴ observaram diferença na transmissão de luz em diferentes cores de cerâmica. Outros estudos investigaram o efeito do tempo de fotoativação (Barghi; McAlister, 2003; Davidson-Kaban et al., 1997; Hofmann et al., 2001; Ilie; Hickel, 2008; Ceballos et al., 2009) e espessura do material cerâmico sobre o grau de polimerização de agentes de fixação resinosos, medida indiretamente através da microdureza (Jung et al., 2006; Soares et al., 2006), sendo que para espessuras maiores, observou-se menor microdureza nos agentes de fixação.

Considerando que uma menor microdureza pode ser sinônimo de polimerização incompleta dos compósitos resinosos para cimentação, pode-se esperar uma diminuição nas propriedades mecânicas do agente de fixação, além de aumentar a sorção de água (Uctasli et al., 1994) e favorecer a microinfiltração (Cardash et al., 1993; Jung et al., 2001). Além disso, as moléculas do monômero não polimerizadas podem ser desprendidas do material, causando inflamação tecidual (DeWald; Ferracane, 1987). Deste modo, torna-se importante otimizar o procedimento de fotoativação dos agentes de fixação resinosos para obter propriedades físicas melhoradas e melhor desempenho clínico.

Atualmente, os agentes de fixação resinosos apresentam uma grande variedade de cores e estão sendo utilizados em restaurações estéticas também para ajustar a cor do material restaurador (Koishi et al., 2002). Conforme a cor do material resinoso, a absorção e a transmissão de luz podem variar, influenciando no GC desses materiais (Davidson-Kaban et al., 1997; Kanca, 1986; Tanoue et al., 2001). Entretanto, os agentes de fixação resinosos apresentam espessura bastante reduzida

em relação às restaurações de resina, o que poderia compensar o efeito no GC de um agente de fixação mais escurecido. Fan et al. (2002) afirmaram que períodos de exposição à luz recomendados pelos fabricantes de muitas resinas compostas não são adequados para promover completa polimerização. Além da microdureza, outro método utilizado para avaliar a profundidade de polimerização, é a Espectroscopia Fourier por Transformação Infravermelha (FTIR) (DeWald; Ferracane, 1987; Ozyesil et al., 2004).

O desempenho clínico das restaurações parciais em cerâmica feldspática está diretamente relacionado ao procedimento de cimentação, que envolve a união entre diferentes substratos, cerâmica e estrutura dental. Para esse processo, as superfícies do esmalte-dentina (Nakabayashi; Pashley, 2000) e da cerâmica (Passos et al., 2007) devem ser condicionadas adequadamente, assim como deve haver uma adequada polimerização do agente de fixação resinoso, visto que é fundamental para prevenir a microinfiltração da restauração e permitir maior longevidade do tratamento protético restaurador.

Fratura e desprendimento da peça protética são as duas principais falhas em uma restauração totalmente cerâmica que também estão particularmente relacionadas ao procedimento de cimentação (Braga et al., 2000). Quando há efetiva união, a cimentação promove resistência à fratura do material cerâmico através da penetração do agente de fixação nas falhas e irregularidades da superfície interna da restauração e inibição da propagação de trincas (Groten; Probster, 1997), portanto promove um reforço para as estruturas que estão unidas. Adicionalmente, a retenção na cerâmica VITA VM7, assim como em todas as cerâmicas ácido-sensíveis (Bottino et al., 2005), pode ser alcançada através do condicionamento químico com ácido fluorídrico (AFL) e subsequente tratamento com o agente silano, antes da aplicação do agente de fixação resinoso (Brentel et al., 2007; Leite, 2005; Passos, 2007). Diversos autores afirmaram que o tratamento com silano provê

durabilidade na união entre o agente de fixação resinoso e o material cerâmico (Brentel et al., 2007; Melo et al., 2007; Peters; Meiers, 1996). Por outro lado, as cerâmicas ácido-resistentes (cerâmicas de alumina ou alumina / zircônia infiltradas por vidro, de zircônia tetragonal estabilizadas por óxido de ítrio [Y-TZP] e de alumina densamente sinterizadas) não são atacadas pelo AFL e normalmente são submetidas a jateamentos de superfície para otimizar a adesão (Amaral et al., 2006).

A adequada fotoativação do agente de fixação resinoso, e consequentemente a efetiva polimerização, é um fator crucial para assegurar adequada resistência adesiva na interface cerâmica-agente de fixação resinoso-dentina. Portanto, para otimizar as propriedades físicas (Hoffman et al., 2001), torna-se importante o conhecimento científico sobre o assunto para direcionar as atividades clínicas para melhorar o desempenho e a longevidade clínica das restaurações indiretas. Não há relatos na literatura a respeito da influência das cores da cerâmica e do agente de fixação resinoso de dupla ativação com espessura clinicamente relevante. Em vista disso, o objetivo deste estudo é avaliar a translucidez de diferentes cores da cerâmica, com o auxílio de espectrofotômetro. Além disso, verificar a efetividade da fotoativação e a resistência de união entre uma cerâmica feldspática cimentada à dentina, utilizando diferentes cores da cerâmica e do agente de fixação resinoso, variando o tempo de fotoativação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Comparar a translucidez de diferentes cores de cinco cerâmicas foi a proposta do estudo de Brodbelt et al. (1980). As cerâmicas e cores testadas foram: Ceramco B.F. (59, 62, 65, 67 e 91), Vita VMK (A1, B3 e B4), Neydium (LY-2, LC-3, LC-3/LR-3, DY-3/DC-3 e DY-1/DC-1) Willceram (59, 62, 65 e 67) e Steeles (61, 65 e 67) (n=4). A transmitância direta e total foi mensurada pelo espectro de 400-700 nm. Para 1 mm de espessura, os valores de transmitância direta foram baixos e atingiram uma média de 0,13%, comparado com os valores da transmitância total, 26,8%. Para todas as cerâmicas, a transmitância aumentou com o aumento do espectro. A única diferença significativa de translucidez foi entre a cerâmica mais translúcida, Neydium 91 (38,14%) e as três menos translúcidas: Vita 65 (20,39%), Willceram 67 (19,03%) e Vita 67 (18,05%). Estes resultados indicaram que a translucidez influencia na transmissão da luz através do material cerâmico.

Kanca (1986) avaliou a influência das cores e espessura na microdureza de diferentes resinas compostas. Foram confeccionadas amostras com três diferentes resinas (Bis-Fil I, Herculite e P-30) nas cores *light* e *gray* de cada tipo, com espessuras de 2 e 3 mm. As amostras foram fotoativadas por 40 s e obtidos os valores de dureza do topo e da base. As cores mais escuras de todas as resinas apresentaram menor dureza que as cores mais claras. O autor concluiu que como na região posterior existe uma solicitação maior de forças, as restaurações posteriores devem ser restauradas com resinas mais claras.

Foi realizado um estudo comparando quatro diferentes modos de avaliação da profundidade de polimerização de diferentes resinas fotoativadas por DeWald e Ferracane (1987). As resinas utilizadas

foram: Prisma-fill, Prisma-Microfine e Aurafill. Foi feita a avaliação através do teste óptico, *scraping*, GC (FTIR) e dureza (n=5). Os estudiosos concluíram que dentre os quatro testes utilizados para determinar a profundidade de polimerização, o óptico e o *scraping* superestimaram a profundidade de polimerização quando comparado com os valores de dureza e os de GC aceitáveis. A dureza Knoop foi bem correlacionada com o GC que foi bastante reduzido quando a profundidade foi aumentada. Portanto, o GC é sensível a avaliação da profundidade de polimerização em resinas fotoativadas.

Uma avaliação do efeito na dureza superficial de um agente de fixação resinoso de dupla ativação e fotoativado através de diferentes cores de cerâmica foi estudada por Cardash et al. (1993). Foram confeccionados discos de cerâmica (Vita Zahnfabrik) com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura nas cores A1, A4, B1, B4, C1, C4, D2 e D4. Cada agente de fixação, de dupla ativação e fotoativado, foi aplicado em um molde para posterior posicionamento do disco cerâmico com a superfície condicionada, seguido da fotoativação do agente de fixação por 48, 72 e 120 s. Para cada combinação da cor da cerâmica, tipo de agente de fixação e tempo de fotoativação, dois espécimes foram preparados. O grupo controle foi armazenado por 24 h a 37°C e a 100% de umidade. A microdureza Knoop foi determinada e de acordo com os resultados, as cerâmicas nas cores A4 e C4 fotoativadas por 48 s apresentaram menor microdureza. O maior tempo de exposição promoveu aumento nos valores de microdureza para os agentes de fixação fotoativados comparado com os de dupla ativação. A microdureza Knoop do agente de fixação de dupla ativação atingiu valores quase máximos quando fotoativados por 48 s. Houve diferença estatisticamente significativa entre os tipos de agente de fixação, cor da cerâmica e tempo de fotoativação na dureza dos agentes de fixação resinosos. Altos valores de dureza foram obtidos com o agente de fixação resinoso de dupla ativação. Os estudiosos concluíram que para uma espessura de 2 mm, a cor da

cerâmica afetou marcadamente a microdureza do agente de fixação fotoativado; os agentes de fixação resinosos de dupla ativação atingiram os maiores valores de microdureza; os agentes de fixação fotoativados, irradiados sob a cerâmica, com maior tempo de exposição, atingiram valores de microdureza semelhantes aos agentes de fixação de dupla ativação; o aumento do tempo de exposição e a cor da cerâmica não afetaram significativamente a dureza do agente de fixação de dupla ativação, mas afetaram a dureza do agente de fixação fotoativado; do ponto de vista da dureza, para restaurações com 2 mm ou mais de espessura, os agentes de fixação resinosos de dupla ativação são mais indicados.

Rueggeberg et al. (1994) analisaram o efeito do tempo (20, 40, 60 ou 80 s) e intensidade da fotoativação, espessura (1, 2 e 3 mm), cor (Universal e cinza) e tipo de carga (Silux Plus, microparticulada ou P-50, híbrida) na polimerização de resinas compostas. A conversão dos monômeros foi determinada pela FTIR. Os resultados indicaram que o tempo de exposição e intensidade de luz demonstram alto impacto na conversão dos monômeros das resinas estudadas e a cor foi significativa quando combinado com os outros fatores. Concluiu-se que os fatores que mais influenciam na profundidade de polimerização das resinas compostas fotoativadas são a espessura, tempo de exposição e intensidade de luz; o tipo de carga e cor tem um impacto significativo na polimerização da resina composta, mas apenas quando comparada com os outros fatores.

O estudo de Uctasli et al. (1994) observou a influência da espessura e opacidade da cerâmica na fotoativação de dois agentes de fixação resinosos de dupla ativação (microparticulado e híbrido) e um fotoativado (híbrido) através da microdureza. Os espécimes foram fotoativados por 40 s sob diferentes espessuras (0,5; 1 e 2 mm) e diferentes opacidades de discos cerâmicos. Os espécimes foram testados após 5 min, 60 min e 24 h. Os resultados obtidos demonstraram que o

aumento da espessura e opacidade da cerâmica diminui significativamente a microdureza do agente de fixação; o efeito é menor no agente de fixação microparticulado que no híbrido; os valores de microdureza foram maiores após 24 h, comparado com 5 min e 60 min. Concluiu-se que a profundidade de polimerização é dependente da composição do material, assim como da espessura e opacidade do material; resinas microparticuladas apresentaram melhor transmissão da luz que as híbridas; no caso dos agentes de fixação híbridos, agentes de fixação de dupla ativação apresentam maior dureza que os fotoativados quando expostos diretamente a luz.

Watts e Cash (1994) analisaram a transmissão da luz de espectro 400 a 500 nm através de diferentes materiais odontológicos. Os espécimes foram preparados com espessura entre 0,2 a 5 mm e diâmetro de 6 a 10 mm. Foram testados dentina humana, cerâmica aluminizada, diferentes cores de resina composta e agente de fixação de ionômero de vidro. Inicialmente, foram utilizados dois detectores na avaliação. O primeiro foi um radiômetro que responde ao espectro de 400 a 500 nm (IL350, International Light), e o segundo baseado no foto-diodo que responde a altas intensidades (RS Components). Para cada espécime testado, foram feitas cinco leituras com incidência da intensidade de luz de 10 a 15 s. A dentina humana apresentou o menor valor de coeficiente de absorção linear ($0,14 \text{ mm}^{-1}$). Muitas resinas compostas exibiram coeficiente de absorção entre $0,3$ e $0,45 \text{ mm}^{-1}$ e proporção de reflexão entre 60-75%, enquanto o ionômero de vidro, 30%. Em relação às resinas compostas testadas, a absorção de luz foi maior nas resinas compostas mais escuras comparadas as mais claras. Os autores concluíram que a reflexão da luz azul visível normalmente incidente na superfície natural, na cerâmica e na resina são notórias e varia de 30 a 90%, dependendo do material; os profissionais reconhecem o potencial de reflexão da luz e a possível dificuldade com reflexos na superfície dental; em conexão com a fotoativação, a reflexão da luz é desejável, especialmente quando se

trata da cimentação de coroas e *inlays*; a transmissão da luz através dos materiais estéticos pode ser expressa pela lei Beer-Lambert. Esta lei pode ser utilizada nos estudos que avaliam a eficiência da fotoativação de materiais fotoativados e de dupla ativação.

Myers et al. (1994) investigaram o efeito do tipo, cor e espessura do material restaurador na cura do agente de fixação resinoso fotoativado. Discos de cerâmica e resina nas cores A1 e A4 foram confeccionados com espessuras variando de 0,5 mm até 3,0 mm. A transmissão da luz foi mensurada através das várias espessuras e cores de cada tipo de material restaurador. A cura do agente de fixação sob o material restaurador com diferentes cores e espessuras também foi determinada através do FTIR. O material restaurador com espessura de 1,5 mm ou mais teve maior transmissão de luz, independente da cor. Para a mesma espessura do material restaurador, a transmissão de luz foi similar para cores idênticas. Cor e espessura da restauração também tiveram grande influência na cura do agente de fixação resinoso. O tipo do material teve uma menor influência. Os autores concluíram que a espessura e a cor da restauração têm maior influência na cura do que o tipo do material, verificando que quanto maior a espessura e quanto mais escuro o material restaurador, menor a transmissão da luz e menor a cura do agente de fixação sob estes materiais. Para restaurações com mais de 1 mm de espessura, o agente de fixação de dupla ativação e o quimicamente ativado devem ser usados para se obter excelentes propriedades do agente de fixação.

El-Badrawy e el-Mowafy (1995) examinaram o efeito da espessura de uma *inlay* na dureza dos agentes de fixação quimicamente e duplamente ativados. Foram confeccionados oito discos (6 x 2,5 mm) de cada um dos sete agentes de fixação avaliados, a metade dos cp foi quimicamente ativada e o restante duplamente ativado. A dureza foi avaliada após 1 hora, 1 dia e 1 semana. Adicionalmente, 24 cp de cada agente de fixação foram confeccionados com as mesmas dimensões,

sendo 12 cp no modo duplamente ativado com espaçadores de resina variando a espessura (1 a 6 mm) e para os outros cp, foram utilizados espaçadores de cerâmica e a dureza foi determinada. De acordo com os resultados obtidos, houve diferença significativa na dureza do agente de fixação quimicamente ativado comparado com o agente de fixação duplamente ativado. Diferenças significantes na dureza dos cp duplamente ativados através da cerâmica ou resina, com espaçadores de 2 a 3 mm de espessura ou mais, versus aqueles que foram duplamente ativados sem espaçador. Os autores concluíram que três dos agentes de fixação quimicamente ativados examinados apresentaram dureza menor que 25% da dureza obtida quando o agente de fixação duplamente ativado foi utilizado após 1 semana de armazenagem; para alguns agentes de fixação examinados foi observada uma significativa redução na dureza quando a espessura da *inlay* foi de 2 a 3 mm, independente do material da restauração *inlay*.

Davidson-Kaban et al. (1997) avaliaram a influência da intensidade da luz e do tempo de fotoativação na eficácia da polimerização utilizando diferentes cores de resinas, e o efeito da redução da intensidade de luz na preservação da restauração. Três resinas microparticuladas (em três diferentes cores) e uma resina híbrida foram avaliadas. Contração de polimerização, dureza e adaptação da restauração classe V na cavidade foram determinados utilizando intensidades de luz de 175 e 700 mW/cm² e tempos de fotoativação de 10 e 60 s. Quando a intensidade de luz foi reduzida, não houve redução da conversão quando o tempo de fotoativação foi de 60 s. A polimerização aumenta rapidamente durante os primeiros 10 s do início da fotoativação e continua a aumentar mais lentamente de 1-15 min. Alta energia de irradiação causou maior separação entre a resina e o dente. Os autores concluíram que o tempo de irradiação é mais relevante que a energia de irradiação. Materiais resinosos têm que ser estudados para o melhor entendimento da sua estrutura, pigmentação e irradiação para obter

melhor desempenho. Alta intensidade das fontes de luz não necessariamente garante excelente qualidade nas propriedades do material resinoso. Os autores concluíram que resinas mais escuras tendem a requerer mais energia na polimerização que as cores mais transparentes.

O trabalho de Tanoue et al. (2001) determinou a profundidade de polimerização de diferentes cores do material resinoso com o objetivo de avaliar a influência da cor nas propriedades pós-polimerização do material. Foram confeccionadas amostras em Artglass utilizando quatro cores claras (A1, B1, C1 e D2) e quatro cores escuras (A4, B4, C4 e D4). Os espécimes foram expostos a 20, 30, 60 e 90 s, constituindo grupos com cinco espécimes. A profundidade de polimerização foi avaliada através da técnica *scraping* descrita pela ISO 4049. A ANOVA três fatores revelou que a profundidade de polimerização foi influenciada pela cor bem como pelo tempo de exposição. A profundidade de polimerização foi consistentemente maior para as cores mais claras (A1, B1, C1 e D2) que para as escuras. Das oito cores selecionadas, B1 demonstrou a maior profundidade de polimerização, enquanto D4 exibiu a menor. Concluiu-se que o tempo de exposição para cores mais escuras de resina deve ser maior que para cores mais claras.

Jung et al. (2001) examinaram a eficiência de três diferentes métodos de fotoativação através da restauração cerâmica pela determinação da profundidade de polimerização e dureza do agente de fixação resinoso. Para tanto, 36 espécimes cerâmicos (Empress 2, cor 300, diâmetro: 4 mm, altura: 2 mm) foram preparados e condicionados com ácido fluorídrico (AFL) por 60 s e silanizados (Monobond-S). Em seguida, cada um foi inserido em seu respectivo molde (diâmetro: 4 mm, altura: 6 mm) com a superfície condicionada voltada para cima. Posteriormente, o agente de fixação resinoso (Variolink II) foi aplicado na superfície da cerâmica dentro do molde, com e sem catalisador, nas espessuras de 0,5 e 1,0 mm. O molde foi então virado com a superfície

da cerâmica voltada para cima para posterior fotoativação. A fotoativação dos espécimes de cada grupo (n=6) foi realizada convencionalmente (40 s) (Elipar Trilight, 800 mW/cm²), com a unidade de fotoativação *softstart* (40 s) (Elipar Trilight, 100 a 800 mW/cm²) ou com arco de plasma (10 s) (ADT 1000 PAC, 1700 mW/cm²). Imediatamente após a fotoativação, a profundidade de polimerização dos espécimes foi determinada. A ativação sem o catalisador, usando a luz convencional e a unidade de fotoativação *softstart*, resultou em uma maior dureza em ambas as espessuras, comparado ao arco de plasma. O uso do catalisador revelou uma maior profundidade de polimerização quando se utilizou a luz convencional do que com a unidade de fotoativação *softstart* e o arco de plasma, além de apresentar uma maior dureza e profundidade de polimerização em todos os métodos de fotoativação testados. A profundidade de polimerização foi maior usando a fotoativação convencional e a unidade de fotoativação *softstart*, comparado ao arco de plasma. A eficiência da ativação com o auxílio da fotoativação pelo arco de plasma através da cerâmica foi menor que a ativação através da fotoativação pela luz convencional e pela unidade de fotoativação *softstart*.

Cesar et al. (2001) avaliaram a influência da cor e da armazenagem na resistência à flexão, módulo flexural e dureza de 4 resinas indiretas e 1 resina direta. As resinas indiretas utilizadas foram Artglass, Belleglass, Sculpture e Targis, e a resina direta utilizada foi a Z100. As cores utilizadas foram incisal ou dentina. Os testes foram realizados após 24 h e após 30 dias de armazenagem. O módulo flexural não apresentou diferença em relação a cor, exceto para a Belleglass. As resinas Z100 e Artglass apresentaram maior dureza para a cor incisal do que para a cor referente a dentina. Sculpture foi a única resina que apresentou diferença na resistência à flexão em relação à cor (incisal-24 h: 149,8 MPa; incisal-30 d: 148,7 MPa; dentin-24 h: 200,0 MPa; dentin-30 d: 177,9 MPa). Os autores concluíram que Sculpture foi o único material que a resistência à flexão foi influenciada pela cor (dentina maior que

incisal); o efeito da cor no módulo flexural foi observado apenas para Belleglas-24 h e Sculpture-30 d (dentina maior que incisal). Para a dureza, diferenças relacionadas à cor foram observadas para Artglass-24 h (incisal maior que dentina), Sculpture- 24 h e 30 dias (dentina maior que incisal) e Z100-24 h (incisal maior que dentina).

Fan et al. (2002) realizaram um estudo para avaliar a profundidade de polimerização de diferentes tipos e cores do agente de fixação, utilizando o tempo de fotoativação recomendado por cada fabricante. Foram confeccionadas cinco amostras de cada cor do material resinoso para determinar a média da profundidade de polimerização de cada material. Os tipos de resina foram denominados como: A, B, C, D e E. As cores testadas e os tempos de fotoativação para cada resina foram: resina A (40 s): A2, A4, B1, D3; resina B (30 s): A1, A2, A3,5, A4, B3, D3; resina C: DDYO (40 s), Light (20 s), Amarelo (20 s); resina D (30 s): A2, A4, B1, D3; e resina E: A2 (20 s), A4 (40 s), B1 (20 s), D3 (20 s). A profundidade de polimerização de cada amostra foi determinada através do método descrito no padrão ISO 2000 para materiais resinosos. Este critério recomenda que as três primeiras amostras devam apresentar profundidade igual ou superior a 1,5 mm. Neste estudo, quando as amostras não atingiram o mínimo recomendado pelo padrão ISO usando a recomendação do fabricante, foram confeccionadas amostras adicionais e fotoativadas usando o dobro do tempo recomendado, e então foi determinada a profundidade de polimerização utilizando o mesmo método. Todas as cores das resinas A, C e E atingiram mais do que a profundidade mínima recomendada pela ISO. Nenhuma das cores da resina B atingiu o critério mínimo de eficácia. Apenas duas cores da resina D, A2 ($1,77 \pm 0,18$) e D3 ($1,50 \pm 0,13$), atingiram a profundidade preconizada pela ISO. Nas amostras adicionais apenas duas cores da resina B, A3,5 ($1,46 \pm 0,05$) e B3 ($1,30 \pm 0,11$), não atingiram o mínimo recomendado. Os autores concluíram que a unidade fotoativadora com intensidade de 300 mW/cm^2 parece ser eficaz para a ativação da maioria

dos materiais resinosos quando o tempo de fotoativação usado é apropriado, porém alguns materiais podem necessitar de maior tempo.

Barghi e McAlister (2003) avaliaram a microdureza de um agente de fixação resinoso ativado fisicamente e sob diferentes cores e espessuras de cerâmica utilizando luz halógena e LED. Os blocos cerâmicos (Ceramco® II) foram preparados com 1 e 2 mm de espessura e as cores utilizadas foram: A1, representando um alto valor e baixo croma, e C4, representando baixo valor e alto croma. O agente de fixação resinoso foi preparado com 0,5 mm de espessura e fotoativado por 30 ou 60 s utilizando o LED ou luz halógena, constituindo 16 grupos experimentais mais 4 grupos controle (n=5). Os cp dos grupos controle foram preparados com 0,5 mm de espessura e fotoativados diretamente sob uma matriz transparente. O ensaio de microdureza foi realizado. Cinco edentações foram feitas na base do cp e a média de cada cp foi calculada. Não houve diferença significativa entre a dureza de superfície dos grupos controle e os grupos fotoativados com LED por 30 ou 60 s. Todos os grupos fotoativados com luz halógena por 30 s produziram dureza de superfície similar, exceto para o grupo em que se utilizou a cor C4 com 2 mm de espessura. Valores baixos de dureza foram observados quando se utilizou a cerâmica C4 com 2 mm de espessura por 30 ou 60 s, fotoativados com luz halógena. Dentre os tempos de cura, não houve diferença na microdureza quando se utilizou LED, mas houve diferença para a luz halógena. O agente de fixação resinoso sob a cerâmica de alto croma, baixo valor (C4) com luz halógena por 30 e 60 s reduziu a microdureza do agente de fixação. O único grupo em que a luz halógena produziu maiores valores de dureza foi o que utilizou a cerâmica A1 com 1 mm de espessura por 60 s. Comparando as fontes de luz, LED apresentou resultados mais consistentes que a luz halógena. Os autores concluíram que 30 s de fotoativação do agente de fixação resinoso produziu similar dureza para todos os grupos controle; a cor e a espessura da cerâmica afetou a dureza do agente de fixação fotoativado

com luz halógena; o agente de fixação sob 1 mm e 2 mm nas cores A1 ou C4 da cerâmica fotoativado com LED apresentou idêntica dureza de superfície.

Tsai et al. (2004) examinaram o grau de polimerização e microdureza de diferentes cores de uma resina composta (B1, A3 e C4) fotoativada com três aparelhos de LED [E-light (GC, 360 mW/cm²), Elipar Freelight (3M-ESPE, 310 mW/cm²), 475H (RF Lab Systems, 260 mW/cm²)], QTH de alta intensidade (Kerr Demetron Optilux 501, 920 mW/cm²) e QTH convencional (Sirona S1 dental unit, 530 mW/cm²). Os efeitos da fonte de luz e cor da resina foram avaliados como variáveis independentes. O grau de polimerização após 40 s de exposição e a dureza Vickers foram determinadas. As duas fontes de luz QTH promoveram o maior grau de polimerização. Os três LED avaliados apresentaram desempenho similar e cada fonte de luz excedeu o padrão ISO de grau de polimerização, exceto o GC quando se utilizou o ELight para a cor B1. Em relação a cor, as fontes de luz LED apresentaram maior grau de polimerização com a cor A3, enquanto as fontes QTH apresentaram maior grau de polimerização com a cor C4. Não houve diferença significativa para dureza entre LED e QTH. Quanto ao desempenho, os três aparelhos LED apresentaram grau de polimerização de acordo com o recomendado pela ISO, estes sistemas parecem adequados para serem aplicados clinicamente na fotoativação das resinas.

Uhl et al. (2004) investigaram o desempenho de um aparelho de LED de alta intensidade e um aparelho QTH convencional, variando as cores da resina. O desempenho das fontes de luz foi avaliado através da dureza Knoop e grau de polimerização das resinas. Três resinas dentais foram selecionadas (Z100, Admira e Revolcin Flow) na cor A2 e A3,5 ou A4 e foram fotoativadas por 40 s. A fonte de luz e a cor da resina tiveram uma influência estatisticamente significativa no grau de polimerização. Quando o LED (901 mW/cm²) foi utilizado, todas as

resinas atingiram maior grau de polimerização que a QTH (860 mW/cm²). Não houve diferença estatisticamente significativa na dureza Knoop no topo e na base do cp com 2 mm de espessura para a resina Z100 e Admira se fotoativada com LED ou QTH. A resina flow Revolcin apresentou menor dureza Knoop se fotoativada com LED. Os autores concluíram que a segunda geração tem potencial para substituir QTH se as resinas forem selecionadas cuidadosamente.

A eficiência da fotoativação de diferentes fontes de luz através da determinação do GC dos monômeros do agente de fixação resinoso foi avaliada por Ozyesil et al. (2004). A luz emitida de lâmpada halógena convencional (Hilux 550, 550 mW/cm²), arco de plasma (PAC System, 1200 a 1500 mW/cm²) e luz emitida de lâmpada halógena de alta intensidade (Optilux 501, 850 mW/cm²) foram utilizadas para fotoativar o agente de fixação resinoso (Variolink II) com e sem catalisador. Um bloco cerâmico (diâmetro: 5 mm; altura: 2 mm) foi utilizado na interface entre a unidade de fotoativação e o agente de fixação para simular a espessura de uma restauração cerâmica. Cada fonte de luz foi exposta a dois diferentes tempos de fotoativação: (1) 20 ou 40 s para a luz emitida de lâmpada halógena convencional, (2) 3 ou 6 s para o arco de plasma e (3) 10 ou 20 s para a luz emitida de lâmpada halógena de alta intensidade. Utilizando diferentes unidades de fotoativação, 120 espécimes de agente de fixação resinoso foram avaliados (n=5). A FTIR foi utilizada para determinar o GC da resina através do material cerâmico com cada fonte de luz, imediatamente e após 24 h da fotoativação, sendo nesta condição armazenados em caixas que evitavam a exposição à luz. Cada espécime foi individualmente triturado e 50 µg deste pó foi misturado a 5 mg do pó de brometo de potássio. A partir desta mistura foram obtidas pastilhas e os picos de absorção foram verificados através da FTIR (1600 Series). A quantidade de ligações vinil remanescentes no espécime exposto a irradiação é apresentada através da intensidade do pico a 1637 cm⁻¹ referindo às ligações C=C do grupo vinil. Os dados foram analisados

através da ANOVA-4 fatores. De acordo com os resultados obtidos, os valores do GC variaram com a fonte de luz, tipo de ativação, tempo de fotoativação e condição de armazenagem. Significantes interações foram apresentadas entre a fonte de luz e o tipo de ativação, fonte de luz e armazenagem, e tipo de ativação e armazenagem. Os valores do GC foram significativamente maiores nos espécimes de dupla ativação após 24 h, porém não houve diferença significativa nos espécimes fotoativados após 24 h. Os valores do GC foram significativamente menores quando espécimes de dupla ativação foram fotoativados através da luz emitida de lâmpada halógena convencional e mensurados imediatamente ($31,59 \pm 7,76$). Os valores do GC foram significativamente maiores para os espécimes de dupla ativação fotoativados com luz emitida de lâmpada halógena de alta intensidade mensurados após 24 h ($65,06 \pm 8,14$). Não houve diferença significativa entre os grupos. Os estudiosos concluíram que os maiores valores do grau de polimerização da resina foram alcançados com a fotoativação pela luz emitida de lâmpada halógena de alta intensidade. O arco de plasma promoveu polimerização do agente de fixação similar através do material cerâmico em um período marcadamente menor que a luz emitida de lâmpada halógena convencional. Os espécimes de dupla ativação, testados após 24 h, apresentaram maior conversão dos monômeros que os espécimes testados imediatamente após a fotoativação, enquanto os espécimes fotoativados não apresentaram aumento significativo na conversão dos monômeros com o tempo de armazenagem.

Aguiar et al. (2005) avaliaram a influência da cor de um compósito e da distância da ponta do aparelho de fotoativação da superfície do compósito na polimerização. Este estudo *in vitro* avaliou a influência desses fatores na microdureza superficial de um compósito híbrido (Z250 – 3M ESPE). Quarenta e cinco espécimes de compósito foram aleatoriamente preparados de acordo com os nove grupos experimentais ($n = 5$): três distâncias de fotoativação (2 mm, 4 mm e 8

mm) e três cores de compósito (A1, A3,5 e C2). Todas as amostras foram fotoativadas (XL 3000, 550 mW/cm²) por 20 s. Após 24 horas, dez medidas de dureza Knoop foram obtidas nas superfícies de topo e fundo de cada amostra, com carga de 25 g por um tempo de 10 s. Resultados mostraram que, para a superfície de fundo, os grupos com a fotoativação realizada com distância de 2 e 4 mm apresentaram maiores médias do que os grupos com distância de 8 mm, e os grupos de cor A1 apresentaram maiores médias e com diferenças estatísticas que os grupos de cor C2, e o grupo A3,5 não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparado aos outros grupos. Para a superfície de topo, não houve diferença estatisticamente significativa para os fatores estudados. Para todas as condições experimentais, a superfície de fundo apresentou médias de durezas estatisticamente menores do que as da superfície de topo. Pode-se concluir que os fatores cor do compósito e distância de polimerização são importantes fatores a serem considerados para a obtenção de adequada polimerização.

O estudo de Shortall et al. (2005) se propôs a avaliar a relação entre profundidade de cura, mudanças da cor e opacidade na cura. Os autores também compararam duas gerações do LED (Freelight e Freelight 2). Os resultados indicaram que a segunda geração do LED (Freelight 2) apresentou a mesma profundidade de cura utilizando a metade do tempo de exposição para o usado com o LED de primeira geração. Para o produto testado, a profundidade de cura está fortemente ligada à opacidade do material.

Soares et al. (2006) verificaram a influência de diferentes espessuras e cores de uma cerâmica feldspática na microdureza de um agente de fixação resinoso de dupla ativação. Noventa e cinco incisivos bovinos foram selecionados; as coroas com as raízes removidas foram incluídas em poliestireno e divididas em 19 grupos (n=5). A face vestibular foi polida com lixas abrasivas de granulação 180, 320 e 600 para padronização da lama dentinária. Nesta superfície foi preparada uma

cavidade com 4 mm de diâmetro e 1 mm de profundidade. Restaurações cerâmicas (Noritake Ex 3) foram confeccionadas com 4 mm de diâmetro e 1, 2 e 4 mm de espessura nas cores A1, A2, A3, A3,5 e A4. Um agente de fixação resinoso de dupla ativação (Rely X-ARC) foi inserido na cavidade e fotoativado por 40 s seguindo os protocolos: controle – sem inserção da restauração a uma distância de 0,0; 1,0; 2,0 e 4,0 mm. Os grupos restantes tiveram as restaurações posicionadas entre o agente de fixação resinoso e a fonte de luz. A dureza Vickers foi determinada com 5 endentações em cada espécime. A ativação química do agente de fixação resinoso de dupla ativação não foi suficiente para compensar a interposição das cerâmicas A3,5 e A4 com 4 mm de espessura. Na cor A1, todas as espessuras apresentaram dureza semelhante e foi a única cor que foi semelhante ao grupo controle a uma distância de 4 mm entre a fonte de luz e o agente de fixação resinoso. Nos grupos controle, não houve diferença significativa entre as diferentes distâncias 0,0; 1,0; 2,0 e 4,0 mm da fonte de luz ao agente de fixação resinoso e também foram semelhantes para todas as cores da cerâmica com 1 e 2 mm de espessura e para cerâmica A4 com 4 mm de espessura. Os pesquisadores concluíram que a dureza do agente de fixação resinoso de dupla ativação após a fotoativação depende da interação entre a espessura e a cor da restauração cerâmica; restaurações cerâmicas com espessuras de 1 e 2 mm não prejudicaram a dureza do agente de fixação resinoso; o aumento na saturação do croma das restaurações cerâmicas com 4 mm de espessura diminuiu significativamente a dureza do agente de fixação resinoso.

Papazoglou et al. (2006) avaliaram a influência do modo de cura (dupla ativação vs ativado fisicamente) e a fotoativação através da cerâmica ou resina na quantidade de duplas ligações remanescentes de carbono do agente de fixação resinoso. O agente de fixação Calibra foi manipulado de acordo com as recomendações do fabricante e os cp foram preparados (n=3) com 0,5 mm de espessura. Os cp foram

fotoativados por 40 s (QTH) através da resina composta Sinfony e das cerâmicas (2 mm de espessura) Empress 2 e Vitadur Alpha. Foram confeccionados cp do mesmo agente de fixação no modo fotoativado, com fotoativação direta e sem fotoativação. Para determinar a quantidade de duplas ligações remanescentes de carbono foi utilizado a FTIR após 48 h de armazenagem em ambiente seco e escuro. O sistema de dupla ativação polimerizou melhor que o modo ativado fisicamente sob o mesmo material restaurador. Os materiais translúcidos reduziram a eficiência de cura em ambos os modos de cura. A resina possibilitou maior quantidade de ligações duplas de carbono em relação aos materiais cerâmicos. Os investigadores concluíram que o modo de cura e a fotoativação do agente de fixação através dos materiais restauradores estéticos afetam na quantidade das duplas ligações remanescentes de carbono e que o sistema de dupla ativação resultou em uma menor quantidade de ligações duplas de carbono comparado com o modo ativado fisicamente e a resina induziu um efeito mais negativo que as duas cerâmicas testadas.

O objetivo do estudo de Peixoto et al. (2007) foi analisar o efeito da cor e da espessura da cerâmica na transmissão da luz. Foram testadas 4 espessuras (1,5; 2,0; 3,0; 4,0 mm) e oito cores da cerâmica Duceram® (A₁; A₄; B₁; B₄; C₁; C₄; D₂; D₄). Um medidor digital (Newport Optical Power Meter, modelo 835) foi utilizado para mensurar a transmissão da luz. O coeficiente de transmissão foi calculado utilizando a fórmula $t_c = Ce^{-\alpha d}$, t_c é o coeficiente de transmissão, C o fator de contribuição do coeficiente de transmissão, e a constante, α o coeficiente de absorção e d é a espessura da amostra. O coeficiente de transmissão não variou estatisticamente em relação às duas unidades fotoativadoras estudadas (Optilux 401 e 403). De todas as amostras, as de cor A₁ e D₂, com espessura de 1,5 mm apresentaram as maiores porcentagens de transmissão (8%) e as cores A₄, B₄ e C₄, com espessura de 4 mm, a menor (0,5%). O teste apresentou o coeficiente de absorção (α) e o valor

constante relacionado à reflexão (C) de cada cor da cerâmica. Os autores concluíram que para a maioria das cores foi significativa a diminuição da porcentagem da transmissão de luz com o aumento da espessura da cerâmica. Para a maior espessura, a maioria das cores apresentou diferença estatística entre os coeficientes de transmissão. Portanto, a transmissão da luz está mais associada com a espessura que com a cor da cerâmica.

O trabalho de Koch et al. (2007) se propôs a examinar a influência da translucidez da cerâmica odontológica em relação a diferentes condições de exposição a fotoativação de um agente de fixação resinoso de dupla ativação, através da mensuração da profundidade de polimerização e microdureza Vickers. Trezentos e vinte espécimes cerâmicos (160 Empress 2, cor 300 e 160 ProCAD, cor 300, I14; diâmetro: 4 mm, espessura: 1 ou 2 mm) foram condicionados com AFL 10% por 60 s e silanizados. Os espécimes foram distribuídos em 32 grupos (n=10). Foram inseridos em moldes e cobertos com o agente de fixação resinoso (Variolink II) com e sem catalisador. Os espécimes foram fotoativados em contato direto ou a 5 mm de distância da fonte de luz emitida de lâmpada halógena (Elipar Trilight, 777 mW/cm², 40 s) e LED (Bluephase 16i, 2010 mW/cm², 20 s). A alta translucidez da restauração cerâmica resultou em alta profundidade de polimerização e altos valores de dureza, estatisticamente significativa para luz emitida de lâmpada halógena e para a maioria dos grupos fotoativados com LED. Para a espessura de 1 mm, a passagem da luz pela Empress 2 foi 3 a 4 vezes menor que pelo ProCAD. O uso do catalisador promoveu um aumento na profundidade de polimerização e na dureza, com exceção da profundidade de polimerização do grupo da cerâmica mais translúcida e em contato direto com a fonte de luz. Não houve diferença significativa entre a dureza do agente de fixação sem catalisador fotoativado sob a cerâmica translúcida e a cerâmica opaca, com catalisador. Portanto, há indicações de que um agente de fixação resinoso de dupla ativação

fotoativado com LED sob uma cerâmica mais translúcida pode não está indicado para restaurações cerâmicas com espessura de 2 mm. Os autores concluíram que aumentando a translucidez da cerâmica, a profundidade de polimerização e a microdureza aumentaram; o uso do catalisador aumentou o grau de ativação e, especialmente para as cerâmicas com baixa translucidez como a Empress 2, seu uso está recomendado; o catalisador do agente de fixação resinoso pode ser omitido nos casos de restaurações cerâmicas mais translúcidas e com 2 mm de espessura, sob o LED de alta potência em contato direto com a restauração; aumento na distância entre a fonte de luz e a restauração cerâmica, diminuiu a profundidade de polimerização e dureza, portanto a ponta da fonte de luz deve estar sempre em contato direto com restauração cerâmica.

Tezvergil-Mutluay et al. (2007) estudaram o GC de quatro agentes de fixação resinosos de dupla ativação fotoativados sob diferentes materiais restauradores ou sob a dentina. Foram utilizados os agentes de fixação RelyX ARC (3M-ESPE), RelyX Unicem (3M-ESPE), Variolink 2 (Ivoclar,Vivadent) e Panavia F 2.0 (Kuraray) que foram manipulados de acordo com as instruções do fabricante. Utilizou-se espaçadores com espessura de 1,5 mm representando restauração de metal, de resina (Sinfony DA3), resina reforçada com fibra (EverStick 0.5 mm + 1.0 mm Sinfony DA3) e dentina. A espessura dos cp foi de 0,6 mm (n=5) e foram irradiados através dos discos por 40 s (Optilux-501, 800 mW/cm²). No grupo controle o agente de fixação foi fotoativado diretamente, sem espaçador. O GC foi determinado avaliando a base do material resinoso através do ATR-FTIR. O GC foi calculado utilizando o pico alifático a 1638 cm⁻¹ e o pico aromático a 1608 cm⁻¹, de acordo com a fórmula:

$$\%GC = [1 - C_{\text{alifático}}U_{\text{aromático}}/U_{\text{alifático}}C_{\text{aromático}}] \times 100,$$

em que $C_{\text{alifático}}$ = absorção no pico a 1638 cm⁻¹ do cp fotoativado; $C_{\text{aromático}}$ = absorção no pico a 1608 cm⁻¹ do cp fotoativado; $U_{\text{alifático}}$ = absorção no

pico a 1638 cm^{-1} do material não-fotoativado; e $U_{\text{aromático}}$ = absorção no pico a 1608 cm^{-1} do material não-fotoativado. A polimerização química do Variolink 2 se iniciou após em torno de 200 s, enquanto os outros agentes de fixação apresentaram conversão antes deste período. ANOVA revelou diferenças significantes entre o GC dos agentes de fixação testados e entre os diferentes materiais restauradores. RelyX ARC apresentou o maior GC após 15 min do início da polimerização, enquanto que o Panavia F 2.0 e RelyX Unicem apresentaram o menor GC. Os autores concluíram que o agente de fixação resinoso de dupla ativação pode apresentar diferentes características de polimerização, dependendo da sua composição e do tipo de restauração. A seleção do agente de fixação resinoso, associado ao tipo de restauração, é importante para o desempenho clínico da restauração.

Della Bona et al. (2007) avaliaram o tempo de irradiação de luz e a cor da resina na dureza superficial de uma resina. Quarenta e oito discos foram confeccionados nas cores A1 e A3 com 3 mm de espessura (Z100). Oito cp de cada cor ($n=8$) foram fotoativados por 10 s, 20 s ou 40 s utilizando QTH (400 mW/cm^2). Os cp foram armazenados em recipiente escuro a 37°C por 24 h antes da realização do teste de dureza. Diferença estatisticamente significativa foram encontradas entre a base e o topo de cada cp. Aumento do tempo de fotoativação produziu maior dureza nas diferentes profundidades (0 e 3 mm). Considerando as cores A1 e A3 utilizando o mesmo tempo de fotoativação e a mesma superfície, não houve diferença significativa entre as médias da dureza, exceto para os tempos de irradiação de 10 s e 20 s no topo do cp.

O estudo de Alvim et al. (2007) teve como objetivo identificar e quantificar a canforoquinona utilizada em diferentes marcas comerciais de resinas compostas em função da cor. Filtek Z250 A3 (FZA3), Filtek Z-250 Incisal (FZI), Pyramid Enamel A1 (PEA1), Pyramid Enamel Translucent (PET), Filtek Supreme A3E (FSA3) and Filtek Supreme GT (FSGT) foram utilizadas. Foram pesadas 500 mg de cada resina e

dissolvidas em 1,0 ml de metanol. As amostras foram centrifugadas para acelerar a sedimentação de partículas inorgânicas. Foram coletados 0,8 ml de cada solução e avaliados por um espectrofotômetro. Uma pequena quantidade de canforoquinona foi encontrada na FZI quando comparada com FZA3. Por outro lado, a resina Filtek Supreme apresentou estatisticamente maior quantidade de canforoquinona na cor incisal. Na resina Pyramid Enamel, foi observada canforoquinona apenas na cor A1, enquanto o fotoiniciador utilizado na cor translúcida não foi identificado. Baseado nos dados obtidos, os autores concluíram que uma resina composta de mesma marca pode apresentar diferenças na quantidade e tipo de fotoiniciador utilizado.

A correlação entre diferentes tempos de fotoativação, tipo, espessura e translucidez da cerâmica foi estudada por Ilie e Hickel (2008). A relação entre a translucidez da cerâmica e microdureza, assim como o valor crítico da translucidez para uma ativação adequada também foram determinados. Todos esses efeitos foram expressos através da dureza Vickers utilizando amostras de agente de fixação resinoso (Variolink II) de espessura fina (200 μm), fotoativado com o auxílio do LED Bluephase 16i[®] (Ivoclar Vivadent, 1600 mW/cm^2 , modo de intensidade alto) e então armazenadas por 24 h em água destilada a 37°C. Dois estudos preliminares determinaram o tempo necessário para atingir o máximo de dureza do agente de fixação resinoso, com e sem a adição do catalisador químico. O estudo principal teve como objetivo estimar o efeito da dureza do agente de fixação resinoso, sem a adição do catalisador químico, seguindo os seguintes parâmetros (n=6): tempo de fotoativação (5, 10 e 15 s), espessura da cerâmica (0,5; 1; 2 e 3 mm), tipo da cerâmica (duas reforçadas por leucita e duas cerâmicas vítreas de dissilicato de lítio) e translucidez da cerâmica, mensurada usando um espectrofotômetro de reflexão. O tempo de ativação mínimo necessário para atingir a dureza máxima do agente de fixação resinoso foi 15 s para ambos os grupos, com e sem adição do catalisador químico. Entretanto, a

dupla ativação causou uma dureza melhorada em 50%. Avaliando o mesmo tipo da cerâmica, em relação à translucidez, a dureza aumentou consistentemente com a diminuição da espessura da cerâmica. A análise de variância revelou que todos os fatores estudados influenciaram significativamente na dureza do agente de fixação resinoso. O maior efeito na dureza do agente de fixação resultou do tempo de fotoativação acompanhado pela translucidez, seguido do tipo e espessura da cerâmica. Unidades potentes de fotoativação não são capazes de reduzir consistentemente o tempo de exposição. Em ambos os sistemas, pelo menos 15 s foram necessários para ativação apropriada do agente de fixação resinoso; entretanto, o efeito da fotoativação no agente de fixação de dupla ativação não pode ser negligenciado. Por outro lado, a alta intensidade da unidade fotoativadora foi capaz de promover a polimerização através da cerâmica de 2 mm de espessura, sem a redução da dureza do agente de fixação. A translucidez da cerâmica não pode ser vista apenas como um indicador estético da restauração, também indica um valor crítico de translucidez para a ativação adequada do agente de fixação, devido à boa relação deste fator com a dureza Vickers do agente de fixação resinoso.

O estudo de Calheiros et al. (2008) se propôs a analisar o GC, o máximo nível de cura ($R_p^{\max}$) e a tensão de polimerização (PS) em resinas experimentais submetidas a diferentes energias de irradiação (3, 6, 12, 24 ou 48 J/cm²) sob constante intensidade de irradiação (QTH, 500 mW/cm²). Diferentes tempos de exposição foram avaliados (6, 12, 24, 48 e 96 s). Os cp tiveram 2 mm de espessura (representando a base do cp) e 150 µm de espessura (representando o topo do cp). O GC e o $R_p^{\max}$ foram determinados através dos espectros obtidos utilizando o ATR-FTIR. O GC foi obtido através das mudanças nos valores dos picos de absorção alifático (1640 cm⁻¹) e aromático (1610 cm⁻¹) do material antes e depois da fotoativação, através da medida dos respectivos picos. Três cp foram testados para cada condição experimental. GC do topo aumentou

significativamente entre todos os níveis de energia estudados, exceto entre 24 e 48 J/cm², enquanto o GC na base aumentou significativamente com cada aumento da aplicação da energia de irradiação. R_p^{max} foi semelhante entre todos os grupos com mesma superfície e estatisticamente maior no topo da superfície em comparação com a base. Os valores de PS aumentaram significativamente entre as sucessivas energias de irradiação. Os dados com 48 J/cm² não foram obtidos porque os cp falharam. Os autores concluíram que o aumento na exposição de irradiação do LED, aumentou significativamente o GC e a PS, mas não afetou o R_p^{max} .

dos Santos et al. (2008) avaliaram a transmissão da luz através de dois materiais resinosos com diferentes espessuras ativados fisicamente. Em adição, estudaram a correlação entre a transmissão da luz através da resina e o conteúdo de carga, e determinaram a penetração da profundidade da luz em função do comprimento de onda. As resinas utilizadas foram Filtek Z250 (cor A2) e Filtek Supreme XT (cor A2E) com seis diferentes espessuras (0,15; 0,25; 0,30; 0,36; 0,47 e 0,75 mm) (n=3). A fonte de luz utilizada foi a Optilux 501/Demetron-Kerr (Demetron Research, Danbury, CT, 850 mW/cm²), por 40 s para cada cp. A transmitância foi mensurada utilizando o comprimento de onda de 400 a 800 nm, com o auxílio de um espectrofotômetro de luz UV visível, antes e depois da polimerização. Diferenças significantes foram encontradas entre as duas resinas testadas e entre os estados polimerizado e não-polimerizado de cada resina, a depender do comprimento de onda utilizado. A transmitância da luz para a Filtek Supreme XT foi menor que para a Filtek Z250, nos baixos comprimentos de onda. Entretanto, nos comprimentos de onda altos, a Filtek Supreme XT apresentou maior transmitância da luz. Para ambas as resinas, a profundidade de penetração foi maior após polimerização. Entretanto, a Filtek Supreme XT apresentou uma maior transmitância quando a espessura foi de 0,15 mm. A diferença nas características da transmitância de luz da resina afeta sua

profundidade de polimerização. Os autores concluíram que as resinas analisadas apresentaram uma melhora na transmissão da luz após polimerização. Entretanto, a nanoresina apresentou maior ganho na transmitância para uma mesma espessura do cp que a resina híbrida. Estes achados foram relacionados com o tamanho da partícula de carga da nanoresina. A profundidade de penetração da resina híbrida apresentou maior profundidade de luz no comprimento de onda baixo, de 400 a 500 nm, próximo ao pico de absorção da canforoquinona, o fotoativador utilizado nas resinas estudadas.

Arrais et al. (2009) avaliaram os efeitos de diferentes condições de polimerização no GC de um agente de fixação duplamente ativado (combinação de um adesivo com o agente de fixação resinoso) utilizando FTIR. Quatro produtos da quarta geração (Scotchbond Multipurpose Plus/RelyX, Optibond/Nexus 2, All Bond2/Duolink e Bond-It!/Lute-It!), e três materiais da quinta geração (Bond1/Lute-It!, Prime&Bond NT Dual-Cure/Calibra, e Optibond Solo Dual Cure/Nexus 2) foram aplicados (100-120 μm de espessura) na superfície horizontal do equipamento ATR e foram fotoativados utilizando uma das quatro condições: ativação química, fotoativação direta ($\text{XL3000}/600 \text{ mW}/\text{cm}^2$) através de uma lâmina de vidro com 2 mm de espessura ou através de discos de resina pré-fotoativadas (cores A2 e A4, 2 mm de espessura, Z250). O adesivo não foi fotoativado antes do agente de fixação ser aplicado. A conversão dos monômeros foi determinada avaliando os picos de absorção do alifático para o aromático nos estados não-fotoativado e fotoativado. Espectros infra-vermelhos foram imediatamente obtidos após aplicação do adesivo no ATR ($n=5$). Os espectros foram obtidos após 5 e 10 min. O GC foi calculado analisando os picos aromático e alifático antes e após a fotoativação. De acordo com os resultados obtidos, houve mudanças nos picos alifático para o aromático antes e depois de acrescentar o agente de fixação resinoso sobre o adesivo, sendo demonstrado que uma combinação de camada foi criada. Para a maioria

dos agentes de fixação duplamente ativados, houve diminuição dos picos de absorção do alifático para o aromático quando o agente de fixação duplamente ativado foi aplicado na superfície do ATR contendo o adesivo não-fotoativado, exceto para o SOLOD/Nexus, que apresentou aumento quando o agente de fixação resinoso foi aplicado. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes para a cor A2 quando comparada com o agente de fixação da quarta geração fotoativado diretamente, exceto para o OPT/Nexus após 5 min, em que o GC foi significativamente menor. Entretanto, para os sistemas da quinta geração, os grupos A2 exibiram menor GC que o grupo fotoativado diretamente para todos os materiais testados. O GC dos cp confeccionados com a cor A4 foi significativamente menor que o grupo fotoativado diretamente para a maioria dos agentes de fixação duplamente ativado. A única exceção foi quando AB2/DUO, BIT/LUTE (após 10 min) e SBMP/RelyX foram utilizados, o que não apresentou diferença estatisticamente significativa no GC entre os grupos da fotoativação direta e da cor A4. Todos os grupos exibiram maior GC depois de 10 min do que depois de 5 min, exceto para o grupo do Bond-it!/Lute-it! diretamente fotoativado. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa no GC entre os grupos fotoativados independente da cor do disco da resina em três dos quatro agentes de fixação da quarta geração. Os grupos do agente de fixação quimicamente ativado exibiram menor GC do que os grupos diretamente ativado para ambos os produtos da quarta e quinta geração após 5 ou 10 min. Quando a cor A2 do disco de resina foi utilizada, houve diminuição na irradiação em aproximadamente 89%, enquanto 92% de diminuição na irradiação foi observada quando utilizou-se a cor A4. Os autores concluíram que a união na interface mudou quando os agentes de fixação resinosos foram aplicados nos adesivos não-fotoativados. A presença de uma restauração indireta pode diminuir o GC de alguns agentes de fixação e o modo ativado quimicamente apresentou menor GC do que o modo fotoativado.

Vrochari et al. (2009) estudaram o GC de quatro agentes de fixação resinosos auto adesivos e um agente de fixação resinoso convencional, em sua forma fotoativada e dupla ativação. Os agentes de fixação auto adesivos estudados foram RelyX™ Unicem (3MTM ESPETM AG), Maxcem™ (Kerr Corporation), Biscem™ (Bisco, Inc.) e Multilink® Sprint (Ivoclar Vivadent® AG) e o agente de fixação convencional utilizado foi Multilink® Automix (Ivoclar Vivadent® AG). Foram confeccionados 12 cp de cada material (1,8 mm x 4 mm x 4 mm) em temperatura ambiente $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, seguindo as recomendações do fabricante. Seis cp foram preparados com o agente de fixação de dupla ativação, irradiado por 20 s com luz halógena e armazenados por 5 min. Os outros 6 cp foram preparados com agente de fixação auto e não foram irradiados, e ficaram armazenados em ambiente seco e escuro por 10 min. O GC foi determinado utilizando micro-ATR/FTIR. Uma pequena quantidade de cada agente de fixação resinoso sem fotoativar foi escaneada e o espectro foi utilizado como uma referência não fotoativada. O GC foi calculado utilizando o pico de absorção nos grupos C=C a 1638 cm^{-1} (frequência analítica) e o pico de absorção do grupo aromático C . . .C a 1608 cm^{-1} (frequência de referência), de acordo com a fórmula:

$$\%GC = 100[1 - (Aa_{(C=C)}Ab_{(C...C)}/Ab_{(C=C)}Aa_{(C...C)})],$$

em que Aa e Ab são os picos de absorção antes e depois da polimerização nas frequências específicas, respectivamente. Para calcular o GC do Maxcem, o pico de absorção do grupo Ester C=O foi utilizado como referência, visto que picos aromáticos não foram identificados. Neste caso, o GC foi calculado da seguinte forma:

$$\%GC = 100[1 - (Aa_{(C=C)}Ab_{(C=O)}/Ab_{(C=C)}Aa_{(C=O)})].$$

O GC do Maxcem foi o mais baixo (10,82–24,93%), significativamente menor que os valores do RelyX Unicem, Biscem e o Multilink Sprint. O Multilink Sprint apresentou os maiores valores entre os cinco agentes de fixação estudados. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o RelyX Unicem, Maxcem, Biscem e Multilink Automix. Houve

diferença estatisticamente significativa entre os dois modos de cura, sendo maior o GC para os grupos do agente de fixação de dupla ativação. Os valores obtidos para o agente de fixação de dupla ativação foram baixos (26,40–41,52%), com exceção do Multilink Automix (61,36%).

Arrais et al. (2009) avaliaram o GC de diferentes agentes de fixação resinosos de dupla ativação e quimicamente ativados após 5 e 10 min utilizando espectroscopia infra vermelha. Os agentes de fixação avaliados foram: Calibra, Duo-Link, Lute-It, Nexus 2 e RelyX ARC e o GC foi determinado através da reflexão total atenuada (ATR-FTIR). Os cp apresentaram espessura de 100 a 120 μm e foram feitas 5 repetições para cada grupo. A fotoativação foi realizada utilizando um aparelho com intensidade de 600 mW/cm^2 . O GC foi calculado, utilizando a técnica padrão, observando a mudança nos picos alifático e aromático ($1636\text{ cm}^{-1}/1608\text{ cm}^{-1}$) antes e depois da fotoativação. Os valores foram convertidos em percentagem e analisados. Os agentes de fixação quimicamente ativados apresentaram menor GC em relação aos agentes de fixação de dupla ativação. Para os agentes de fixação quimicamente ativados, os valores de GC foram maiores após 10 min comparado a 5 min; enquanto que, para os agentes de fixação de dupla ativação os valores de GC não diferiram estatisticamente.

Feng et al. (2009) investigaram se e porquê o Plasma ARC (PAC) tende a não polimerizar resinas baseadas em metacrilato. Uma resina modelo a base de dimetacrilato, adesivos dentais e resinas comerciais foram fotoativadas com PAC e luz halógena com similar exposição de irradiação mas diferentes combinações de intensidade de irradiação e tempo de irradiação. Foram feitas as seguintes combinações: PAC: $1700\text{ mW}/\text{cm}^2 - 3\text{s}$, QTH: $350\text{ mW}/\text{cm}^2 - 15\text{s}$, PAC: $200\text{ mW}/\text{cm}^2 - 3\text{s}$, QTH: $160\text{ mW}/\text{cm}^2 - 4\text{s}$ e QTH: $40\text{ mW}/\text{cm}^2 - 16\text{s}$. O GC foi determinado utilizando o ATR-FTIR e analisado em função da exposição de irradiação. Foi utilizado o modo ATR *mid-IR* (MIR) para as resinas modelo e adesivos e o modo *near IR* (NIR) para os compósitos ($n=4$). A

relativa concentração de duplas ligações de carbono dos metacrilatos foi apresentada pela altura do pico de absorção a 1637 cm^{-1} para o alifático (H_{al}) e a 1608 cm^{-1} para o aromático (H_{ar}). O pico aromático foi utilizado como um padrão interno. O GC foi calculado seguindo a fórmula:

$DC(\%) = (H_u - H_c)/H_u \times 100$, em que H_u é H_{al}/H_{ar} da amostra não fotoativada e H_c é H_{al}/H_{ar} da amostra fotoativada. O PAC produziu um GC baixo para a resina modelo com menor viscosidade e para os três dos quatro adesivos comparado com a luz halógena. Com uma alta irradiação, o PAC poderia polimerizar três das quatro resinas tão completamente quanto a luz halógena. Entretanto, quando a irradiação foi reduzida, três resinas produziram um baixo GC. Os investigadores concluíram que quando o PAC ou qualquer fonte de luz com alta irradiação é utilizada por um curto tempo de irradiação ocorre insuficiente polimerização das resinas ou dos adesivos dentais. Esta insuficiente polimerização deve-se ao fato de que maior intensidade de irradiação e baixo tempo de irradiação estão mais intrinsecamente associado com alto nível de terminações de radicais livres do que baixa irradiação associado a um tempo longo de irradiação. Isto se deve ao fato de que sob alta irradiação, o tempo de vida dos radicais livres é curto. Para atingir normalmente a conversão das duplas ligações, os autores sugeriram que pelo menos o dobro do tempo de irradiação recomendado pelos fabricantes deve ser utilizado.

O objetivo do estudo de Ceballos et al. (2009) foi comparar a efetividade da polimerização de duas resinas compostas fotoativadas com QTH light Hilux 200 (Benlioglu) ou o LED Smartlite IQ (Dentsply DeTrey). As resinas compostas utilizadas foram: Filtek Z250 (3M ESPE) e Spectrum TPH (Dentsply DeTrey). Os cp foram fotoativados por 20 ou 40 s ($n=3$). A microdureza Vickers foi determinada em diferentes profundidades (0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 mm), avaliando o topo dos mesmos cp. A profundidade de cura e microdureza não foram influenciados pelas diferentes fontes de luz utilizadas. Entretanto, a dureza foi afetada pela

interação entre a fonte de luz e o tempo de exposição. Os cp irradiados por 20 s exibiram maiores valores de microdureza quando o LED foi utilizado. O tempo de exposição não influenciou os valores de microdureza para as profundidades de 0,5 a 2,5 mm. Para as áreas mais profundas, a irradiação por 40 s produziu maiores valores de microdureza. Portanto, os autores concluíram que os resultados variarajm significativamente a depender do tipo e espessura da resina composta e o tempo de fotoativação.

O estudo de Arimoto et al. (2010) avaliaram a translucidez, opalescência e transmissão de luz de resinas compostas com diferentes espessuras. Três discos de resinas compostas (EsteliteΣ, Beautifil II, Clearfil Majesty) na cor A2 foram preparados variando a espessura (0,5 mm, 1,0 mm e 2,0 mm). De acordo com os resultados obtidos, O parâmetro de translucidez diminuiu significativamente na ordem: 0,5 mm > 1,0 mm > 2,0 mm ($p < 0.05$). Para a espessura de 0,5 mm, a translucidez e opalescência das resinas compostas tiveram uma correlação significativa com a propriedade de transmissão difusa. Quando a espessura das resinas compostas foi maior que 1 mm, a translucidez e opalescência foram influenciadas pela espessura, sendo que a translucidez diminuiu significativamente e a opalescência aumentou significativamente.

3 PROPOSIÇÃO

Os objetivos do trabalho foram:

- a) Avaliar a transmissão da luz nas diferentes cores de uma cerâmica, com o auxílio de um espectrofotômetro;
- b) avaliar o efeito da cor de uma cerâmica feldspática no grau de conversão do agente de fixação e na resistência adesiva à estrutura dental;
- c) avaliar o efeito da cor de um agente de fixação resinoso no grau de conversão do agente de fixação e na resistência adesiva à estrutura dental;
- d) avaliar o efeito do tempo de fotoativação no grau de conversão de um agente de fixação resinoso e na resistência adesiva à estrutura dental.

As hipóteses foram:

- 1) Quanto mais escura a cerâmica, menor a translucidez;
- 2) quanto mais escura a cerâmica associado a um menor tempo de fotoativação, menor será o grau de conversão do agente de fixação resinoso;

- 3) quanto mais escuro o agente de fixação resinoso associado a um menor tempo de fotoativação, menor será o grau de conversão;
- 4) quanto mais escura a cerâmica associado a um menor tempo de fotoativação, menor será a resistência adesiva;
- 5) quanto mais escuro o agente de fixação resinoso associado a um menor tempo de fotoativação, menor será a resistência adesiva.

4 MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados para a realização dos experimentos estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Descrição do nome comercial, fabricante, composição dos materiais usados e das cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica para a confecção dos corpos-de-prova

Materiais	Nome comercial, fabricante	Composição	Cores
Material cerâmico	VITA VM7 (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha)	Si: 19,6%; Al: 4,9%; K: 4,0%; Na: 2,4%; Ca: 0,7%; C: 25,7% e O: 42,2%	Base Dentine 0M1
			Base Dentine 2M2
			Base Dentine 5M3
Ácido fluorídrico	Ácido fluorídrico 10% (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil)	Ácido fluorídrico, água, espessante e corante	-----
Silano	Monobond (Ivoclar Vivadent, Schaan, Leichtenstein)	Etanol, água e silano	-----
Ácido fosfórico	Ácido fosfórico 37% (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil)	Ácido fosfórico 37%, agente espessante composto por sílica pirogênica e tensoativo	-----
Sistema adesivo	Excite DSC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Leichtenstein)	Dimetacrilatos, álcool, ácido fosfônico de acrilato, HEMA, SiO ₂ , iniciadores e estabilizadores	-----
Agente de fixação resinoso	Variolink II base+catalisador (Ivoclar Vivadent, Schaan, Leichtenstein)	Bis-GMA/ UDMA/TEGDMA/DMA/ Sulfato de Bário/Ba-Al- Fluoro-Si-glass/sílica cont. com-posite resin	Base e catalisador: A3 amarelo
			Base e catalisador: transparente

A metodologia deste estudo foi dividida em três partes, de acordo com o ensaio empregado.

4.1 Mensuração da translucidez do material cerâmico

4.1.1 Obtenção dos discos cerâmicos

Inicialmente, foram usinados dois padrões de resina acrílica com dimensões de 25 mm de diâmetro e 3 mm de espessura, e 25 mm de diâmetro e 2,5 mm de espessura, para se obter discos de cerâmica com tamanhos semelhantes para todos os grupos.

A partir destes padrões, foram confeccionados 5 discos cerâmicos de Vita VM7, sendo 3 com espessura de 2 mm nas cores Base Dentine 0M1 (LOT: 7505), Base Dentine 2M2 (LOT: 31570) e Base Dentine 5M3 (LOT: 12490) (n=1) (Figura 1), e 2 com espessura de 2,5 mm nas cores Base Dentine 0M1 e Base Dentine 5M3. Foram assim confeccionados visto que posteriormente foram utilizados blocos cerâmicos com espessura de 2 mm nas três cores relatadas para o micro-ATR/FTIR e blocos cerâmicos com 2,5 mm de espessura nas duas cores mencionadas anteriormente, para o teste de microtração.



Figura 1 - Discos cerâmicos nas cores: 0M1, 2M2 e 5M3.

O molde do padrão foi confeccionado com silicone por reação de adição na consistência de massa (Elite HD, Zhermach, Badia Polesine, Itália, LOT: 03164). O molde foi isolado com óleo mineral para permitir a fácil remoção da massa cerâmica. A cerâmica Vita VM7 Base Dentine foi manipulada, conforme as instruções do fabricante, e a massa cerâmica, com o auxílio de uma espátula, foi inserida em pequenas porções e condensada dentro do molde de silicone e vibrada manualmente para melhor assentamento até completar todo o espaço do molde. O excesso de líquido modelador foi removido com papel absorvente macio e o bloco removido do molde. Os blocos “verdes” foram submetidos à sinterização em um forno (Vacumat, Vita) utilizando um programa específico da cerâmica, conforme o ciclo de sinterização indicado pelo fabricante (Quadro 2). Considerando que a contração de sinterização da cerâmica é em torno de 20%, os blocos pós-sinterização apresentaram aproximadamente 20 mm de diâmetro e a espessura de 2,5 mm para os blocos “verdes” que tinham 3 mm e 2 mm para os blocos “verdes” que apresentavam 2,5 mm de espessura.

Quadro 2 - Ciclo de sinterização e do glaze para a cerâmica Vita VM7

	°C	 min	 min	 °C/min	Aprox. Temp. °C	 min	VAC min
Base Dentine	500	6	7,27	55	910	1	7:27
Akzent glaze	500	4	5	80	900	1	-

Foram removidos os excessos de cerâmica das amostras com discos de diamante em baixa rotação (KG-Sorensen). Uma das superfícies foi glazeada (VITA Akzent 25, LOT: 24880), de acordo com as instruções do fabricante (Quadro 2). Em seguida, a superfície oposta foi

planificada e polida em politriz (Labpol 8-12, Extec, EUA) empregando lixas d'água de granulação nº 600, 800 e 1200 (3M, St. Paul, EUA) e foi condicionada com AFL a 10% (LOT: L806765) por 1 min (Peixoto et al., 2007).

4.1.2 Teste

A percentagem da translucidez da cerâmica foi mensurada utilizando três diferentes cores da cerâmica com o auxílio do espectrofotômetro MiniScan EZ (Model 4500S, USA). Dois fundos (branco e preto) foram utilizados para determinar a percentagem de opacidade. A translucidez foi obtida a partir do valor da percentagem da opacidade (diminuiu-se a percentagem de opacidade de 100). O espectrofotômetro foi posicionado em contato direto com o disco e três mensurações em cada cp (corpo-de-prova) foram realizadas (Figura 2).

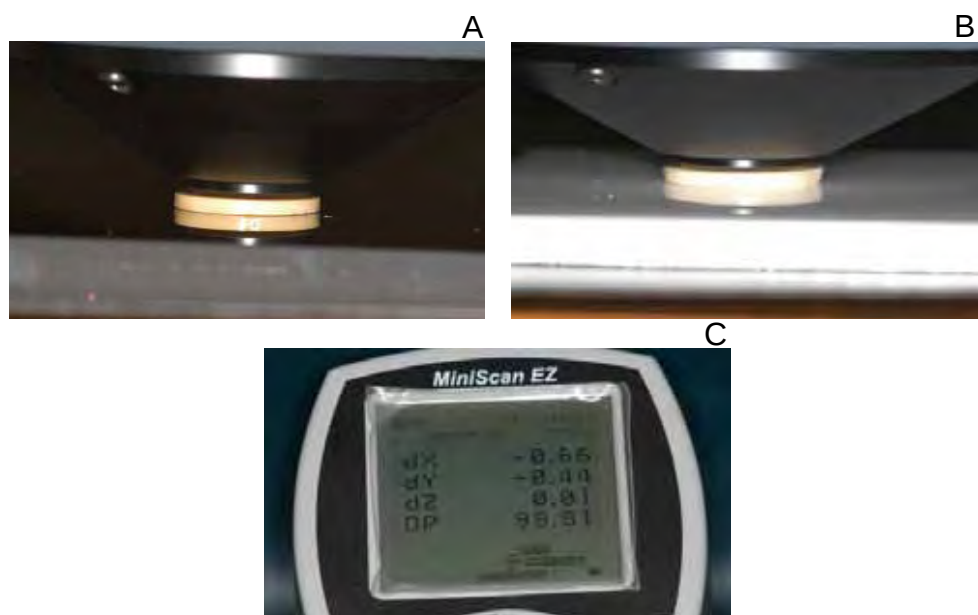


Figura 2 - A) Mensuração da percentagem de opacidade do disco cerâmico no fundo preto; B) mensuração da percentagem de opacidade do disco cerâmico no fundo branco; C) obtenção da percentagem de opacidade.

4.1.3 Análise estatística

O fator do estudo foi cor da cerâmica (3 níveis: Base Dentine 0M1, Base Dentine 2M2 e Base Dentine 5M3). Foi calculada a média de cada cp e os dados referentes a cada espessura da cerâmica foram submetidos à análise de variância 1-fator e apenas os valores referentes à cerâmica com espessura de 2 mm foram submetidos ao teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). Para tanto, foi utilizado o Programa Statistix 8.0 for Windows (Analytical Software Inc, Tallahassee, FL, EUA).

4.2 Micro-Reflexão Total Atenuada/Espectroscopia Fourier por Transformação Infravermelha (Micro-ATR/FTIR)

4.2.1 Confeccção dos corpos-de-prova

Foi usinado um padrão de resina acrílica com dimensões de 9 mm x 9 mm x 2,5 mm para posterior confecção dos blocos cerâmicos. Os blocos foram obtidos e preparados como descrito anteriormente para os discos de cerâmica usados para a mensuração da percentagem de translucidez da cerâmica. Três blocos cerâmicos foram confeccionados nas cores Base Dentine 0M1 (LOT: 7505), Base Dentine 2M2 (LOT: 31570) e Base Dentine 5M3 (LOT: 12490) (Figura 3) e após sinterização apresentaram dimensões de 7,2 mm x 7,2 mm x 2 mm (Figura 4). Foram preparados 48 cp do agente de fixação resinoso Variolink II: 24 cp na cor base e catalisador A3 Amarelo (LOT: K43442; LOT: K56289) e 24 cp na cor base e catalisador transparente (LOT: L01441; LOT: K27635). Quantidades iguais de base e catalisador foram manipuladas, medidas

com o auxílio de uma balança digital, e a mistura foi aplicada sobre uma tira de poliéster. Outra tira de poliéster foi posicionada sobre o agente de fixação resinoso e pressionada. O bloco cerâmico foi posicionado sobre o agente de fixação resinoso para posterior fotoativação por 20 ou 40 segundos (s) por um aparelho de LED de alta potência (Elipar FreeLight 2/3M ESPE, 900 mW/cm^2) (Figura 5B). Um molde de silicone foi utilizado para suportar o conjunto agente de fixação resinoso/cerâmica e para diminuir a reflexão através de cada cp (Figura 5A e 5C) (Ozyesil et al., 2004). Obteve-se cp com espessura de aproximadamente $100 \mu\text{m}$ (Figura 5D) que foi verificada usando um paquímetro digital (Digimatic Caliper CD-6__ OS, Mitutoyo Corp., Tokyo, Japan). Foram também preparados cp fotoativados diretamente sobre o material resinoso, sem o bloco cerâmico, seguindo as mesmas condições descritas anteriormente.

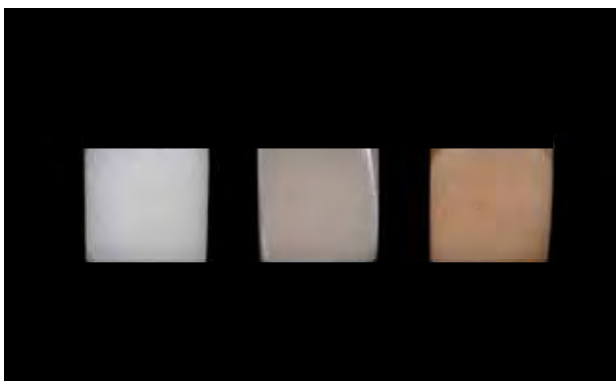


Figura 3 - Blocos cerâmicos nas cores: 0M1, 2M2 e 5M3.

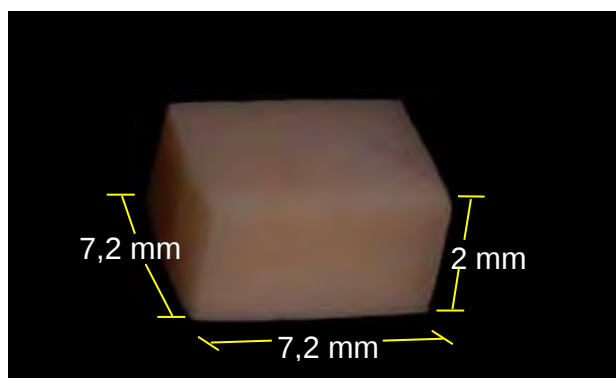


Figura 4 - Bloco cerâmico após sinterização.

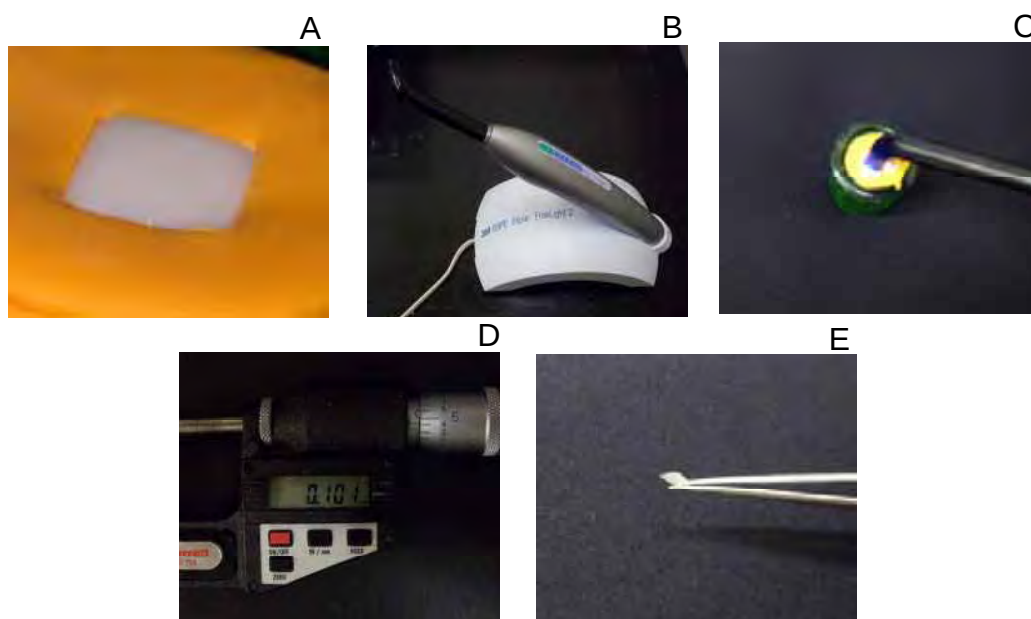


Figura 5 - Seqüência de confecção do cp: A) agente de fixação resinoso sob bloco cerâmico que está simulando uma restauração cerâmica; B) LED utilizado na fotoativação dos cp; C) fotoativação do agente de fixação resinoso através do bloco cerâmico; D) espessura do cp; E) cp finalizado.

Os cp foram preparados e testados de acordo com o Quadro 3. Três cp foram preparados para cada condição experimental, totalizando 48 cp. Os cp foram armazenados em recipientes escuros para evitar a exposição à luz, por 24 h.

Quadro 3 - Grupos experimentais conforme os fatores do estudo (cor da cerâmica [3 níveis], cor do agente de fixação resinoso [2 níveis] e tempo de fotoativação [2 níveis])

Cor da cerâmica	Cor do agente de fixação resinoso	Tempo de fotoativação	Grupos*
Base Dentine 0M1	Base: A3 Amarelo Catalisador: A3 Amarelo	20 s	Gr1
		40 s	Gr2
	Base: transparente Catalisador: transparente	20 s	Gr3
		40 s	Gr4
Base Dentine 2M2	Base: A3 Amarelo Catalisador: A3 Amarelo	20 s	Gr5
		40 s	Gr6
	Base: transparente Catalisador: transparente	20 s	Gr7
		40 s	Gr8
Base Dentine 5M3	Base: A3 Amarelo Catalisador: A3 Amarelo	20 s	Gr9
		40 s	Gr10
	Base: transparente Catalisador: transparente	20 s	Gr11
		40 s	Gr12
Sem bloco	Base: A3 Amarelo Catalisador: A3 Amarelo	20 s	Gr13
		40 s	Gr14
	Base: transparente Catalisador: transparente	20 s	Gr15
		40 s	Gr16

*Gr1-Gr16; n=3 (FTIR).

*Gr1-Gr4; Gr9-Gr12; n=46 (Teste de microtração).

4.2.2 Teste

O método utilizado para avaliar o grau de conversão (GC) foi o de Micro-Reflexão Total Atenuada/Espectroscopia Fourier por Transformação Infravermelha (micro-ATR/FTIR) (Al-Assaf et al., 2007; Harashima et al., 1991; Niepraschk et al., 2007; Stavridakis et al., 2005). Um espectrofotômetro foi utilizado (Bruker IFS 55, Milton, ON, Canadá),

equipado com o microscópio IRScopell (Figura 6), anexado ao micro-ATR equipado com cristal de Germânio operado seguindo as seguintes condições: range de $4000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$, resolução de 4 cm^{-1} , 100 scans coaddition e a área de análise de aproximadamente $80\text{-}100\text{ }\mu\text{m}$ de diâmetro e $\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ de profundidade a 1000 cm^{-1} .



Figura 6 - Micro-ATR/FTIR.

Os cp foram posicionados um por vez na plataforma da máquina e os espectros foram obtidos. Uma pequena quantidade do agente de fixação resinoso não fotoativado foi também escaneada e seus espectros foram utilizados como referência. O GC foi calculado através de duas técnicas de frequência utilizando o pico de absorção do grupo alifático C=C em 1637 cm^{-1} (frequência analítica) e o pico de absorção do grupo aromático C . . C em 1608 cm^{-1} (frequência de referência), de acordo com a fórmula:

$$\%GC = 100[1 - (Aa_{(C=C)}Ab_{(C...C)}/Ab_{(C=C)}Aa_{(C...C)})],$$

em que Aa e Ab são as áreas dos picos de absorção antes e depois da polimerização das frequências específicas, respectivamente (Tezvergil-Mutluay et al., 2007; Vrochari et al., 2009).

4.2.3 Análise estatística

Os fatores do estudo são cor da cerâmica (4 níveis: Base Dentine 0M1, Base Dentine 2M2, Base Dentine 5M3 e irradiação direta), cor do agente de fixação resinoso (2 níveis: A3 Amarelo e transparente) e tempo de fotoativação (2 níveis: 20 s e 40 s), seguindo um esquema fatorial de 4x2x2 (16 grupos experimentais). Foi calculada a média de cada cp e os dados foram submetidos à análise de variância 1-fator e ao teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). Para tanto, foi utilizado o Programa Statistix 8.0 for Windows (Analytical Software Inc, Tallahassee, FL, EUA).

4.3 Resistência de união

4.3.1 Obtenção dos blocos cerâmicos

Foram confeccionados 40 blocos cerâmicos de Vita VM7 na cor Base Dentine 0M1 (LOT: 7505) e 40 blocos na cor Base Dentine 5M3 (LOT: 12490) (Figura 7) (7,2 mm x 7,2 mm x 2,5 mm) (Figura 8) como descrito anteriormente para os blocos cerâmicos confeccionados para o FTIR. Entretanto, o padrão de resina acrílica foi usinado com dimensões de 9 mm x 9 mm x 3 mm para posterior confecção dos blocos cerâmicos.

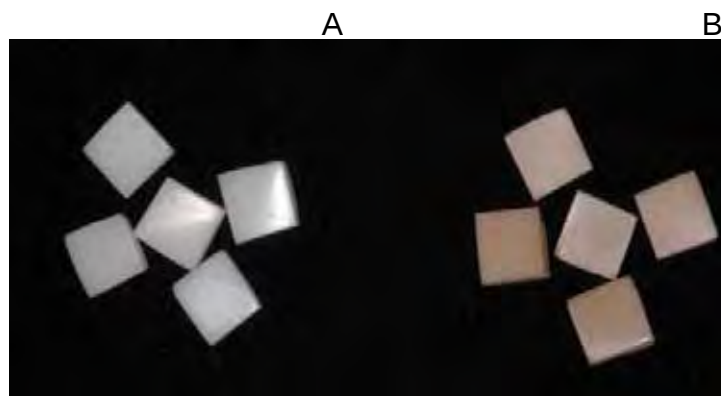


Figura 7 - Blocos cerâmicos nas cores A) Base Dentine 0M1; B) e Base Dentine 5M3.

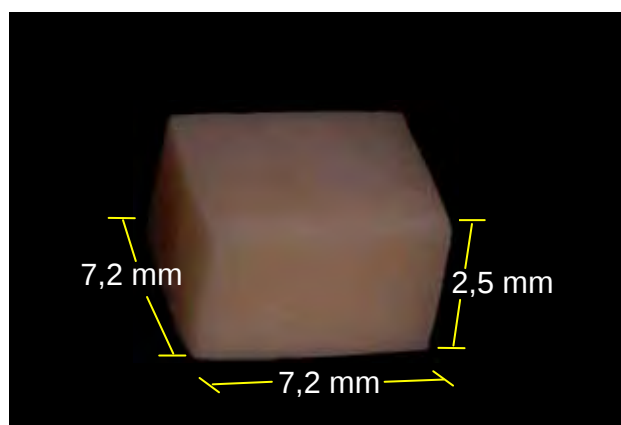


Figura 8 - Bloco cerâmico após sinterização.

4.3.2 Preparo dos dentes

Oitenta molares humanos hígidos (Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, protocolo nº 097/2007-PH/CEP) extraídos por razões periodontais ou ortodônticas foram limpos e armazenados em timol a 4°C imediatamente após a extração (Figura 9A). Os dentes foram incluídos em resina acrílica quimicamente ativada (Figura 9B,C) com o auxílio de um delineador para posterior abrasão da superfície oclusal e exposição da dentina padronizando a formação de

lama dentinária (Osorio et al., 2008; Reis et al., 2007) (Labpol 8-12, Extec, EUA) empregando lixa d'água de granulação nº 600 (Labpol 8-12, Extec, USA) por 60 s (Osorio et al., 2008; Reis et al., 2007) (Figura 10d).

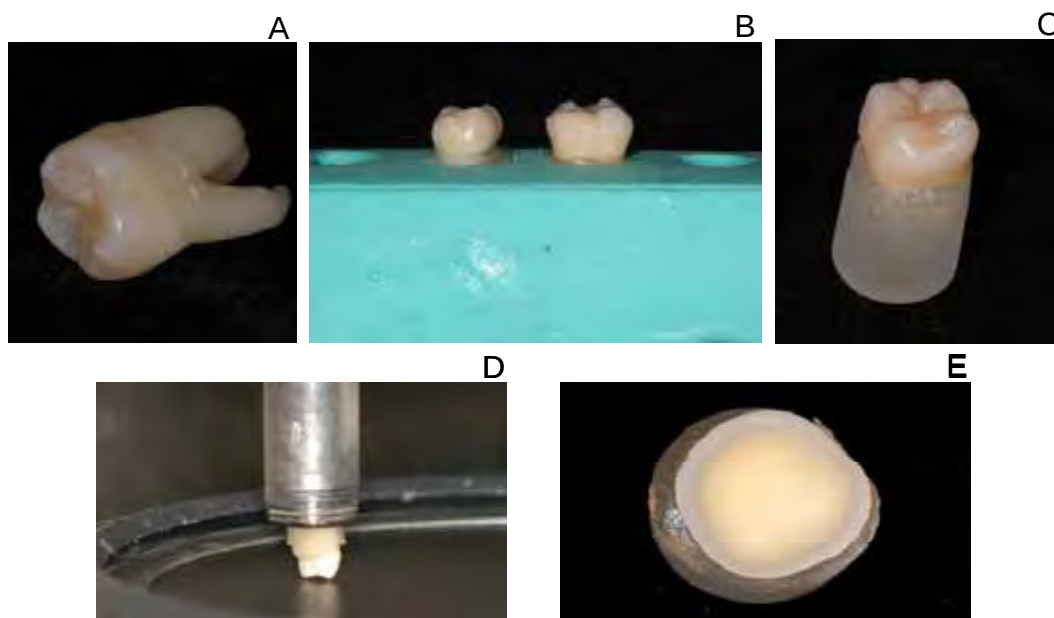


Figura 9 - A) Molar humano; B) inclusão em resina acrílica; C) dente incluído; D) desgaste em politriz; E) superfície dentinária exposta.

4.3.3 Condicionamento da superfície dentinária

A superfície de cimentação dos dentes foi condicionada com ácido fosfórico (LOT: 040707) por 15 s (Figura 10), em seguida foi realizada a lavagem com jatos de ar-água por 15 s e secagem da superfície com papel absorvente.



Figura 10 - Condicionamento ácido da superfície dentinária.

Duas camadas do adesivo Excite DSC (LOT: H23024) foi aplicada em todos os dentes e o excesso foi removido usando um aplicador do próprio adesivo e posteriormente levemente seco com jato de ar. A fotoativação (Elipar FreeLight 2/3M ESPE, 900 mW/cm²) foi realizada durante 20 s, de acordo com as recomendações do fabricante (Figura 11).

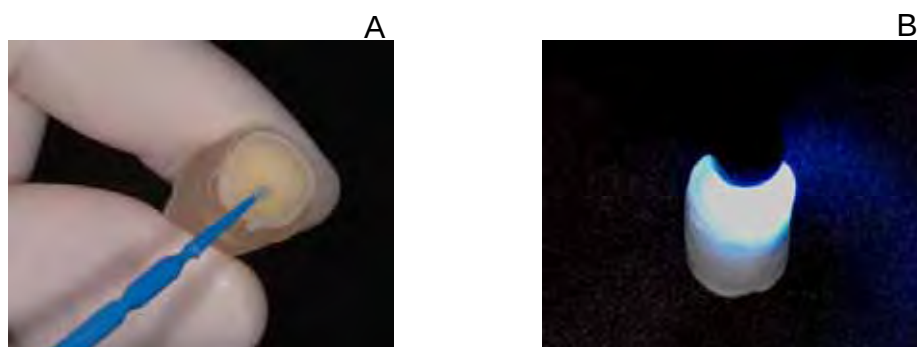


Figura 11 - A) Aplicação do adesivo; B) fotoativação do adesivo.

4.3.4 Condicionamento da superfície cerâmica

Inicialmente, todos os blocos foram submetidos à limpeza em aparelho ultra-sônico (Vitasonic, Vita Zahnfabrik, Alemanha) com água destilada por 5 min (Brentel et al., 2007) (Figura 12A). Em seguida, a

superfície de cimentação dos blocos foi condicionada com AFL a 10% (LOT: L806765) por 1 min (Brentel et al., 2007), e posteriormente foi realizada a lavagem com jatos de ar-água por 60 s e secagem da superfície com jato de ar por 30 s (Figura 12B-D). Posteriormente, os blocos receberam o processo de neutralização, para tanto os blocos cerâmicos foram imersos em solução supersaturada de bicarbonato de sódio (ADV®TAYUUNA, Brasil), por 2 min - dobro do tempo do condicionamento ácido (Fig 12E). Os blocos foram novamente limpos em aparelho ultra-sônico com água destilada por 5 min (Ayad et al., 2008), para posterior silanização da superfície (Monobond-S, LOT: H24764), de acordo com as recomendações do fabricante (Figura 12F).

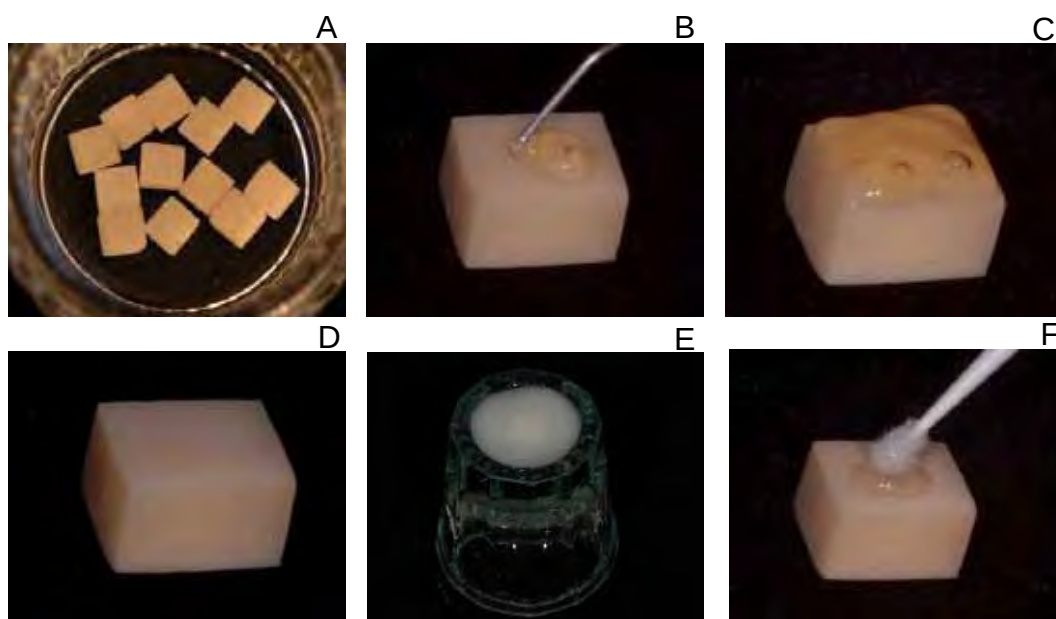


Figura 12 - A) Blocos cerâmicos no aparelho sônico. Seqüência do condicionamento da superfície cerâmica com AFL a 10%: B) início da aplicação do AFL sobre a superfície cerâmica; C) AFL aplicado sobre superfície cerâmica; D) superfície cerâmica condicionada pelo AFL; E) bloco cerâmico imerso em solução supersaturada de bicarbonato de sódio; F) aplicação do silano.

4.3.5 Cimentação

Os 80 blocos cerâmicos foram subdivididos em 8 grupos (n=10), considerando as cores da cerâmica (Base Dentine 0M1 e Base Dentine 5M3), as cores do agente de fixação resinoso [base e catalisador A3 Amarelo (LOT: K43442 e LOT: K56289) e base e catalisador transparente (LOT: L01441 e LOT: K27635)] e o tempo de fotoativação do agente de fixação resinoso (20 e 40 s).

O agente de fixação resinoso Variolink II foi manipulado, partes iguais da base e catalisador foram obtidas através de uma balança digital, e aplicado sobre a superfície do bloco cerâmico (Figura 13A). Os blocos preparados foram posicionados sob pressão na superfície dentinária a uma carga de 750 g por 1 min (Amaral et al., 2006), em um dispositivo que não permite que a luz da unidade fotoativadora atinja as faces laterais (Figura 13B-F). A carga foi aplicada com o auxílio de um torquímetro (Figura 13G), sendo dado um torque de 35 N que é equivalente a carga de 750 g, de acordo com a fórmula ($T = 0,2fd$), em que “f” é a força axial em quilograma ou Newton/metro e “d” é o diâmetro médio da rosca. O excesso do agente de fixação resinoso foi removido com instrumentos próprios e a fotoativação (Elipar FreeLight 2/3M ESPE, 900 mW/cm²) foi realizada por 20 ou 40 s, de acordo com o grupo em questão, perpendicularmente à superfície de cimentação (Figura 13H). O conjunto bloco cerâmico - agente de fixação resinoso - dente foi removido do dispositivo após 10 min, tempo equivalente à cura química do agente de fixação resinoso. Os espécimes foram lavados com jatos de ar-água e armazenados em água destilada a 37°C por 24 h.

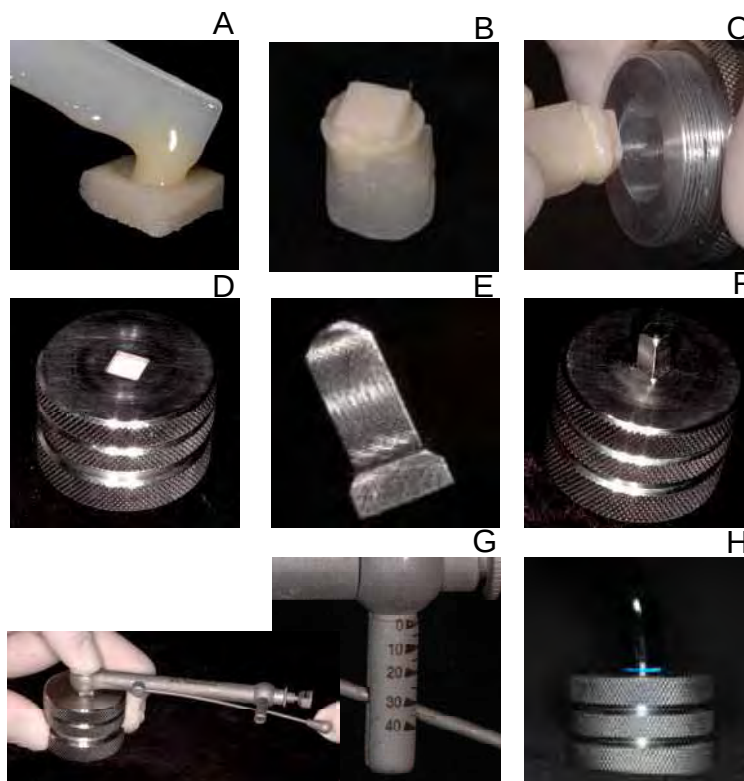


Figura 13 - A) Aplicação do agente de fixação resinoso na superfície cerâmica; B) bloco cerâmico sobre a superfície dentinária; C-D) posicionamento do conjunto no dispositivo; E) chave para auxiliar na aplicação da carga; F) posicionamento da chave; G) torque de 35 N; H) fotoativação do agente de fixação resinoso.

4.3.6 Corte dos espécimes e obtenção dos corpos-de-prova

Os espécimes (dente + bloco cerâmico) foram fixados com adesivo à base de cianocrilato gel (Super Bonder gel, Henkel Loctite Ltd, São Paulo, Brasil) em uma base de resina acrílica que foi posicionada na Labcut. A interface aderida dos espécimes foi posicionada paralela ao disco diamantado (Microdont, São Paulo, Brasil) em baixa rotação, sob refrigeração com água, para se obter cortes o mais regulares possível, tornando a espessura dos cp homogênea (Figura 14). A primeira secção de aproximadamente 0,5 mm foi descartada, devido à possibilidade de

haver excesso ou ausência de agente de fixação resinoso ou irregularidades na interface, que poderiam influenciar nos resultados (Kitasako et al., 1995; Van Noort et al., 1991).

Aproximadamente quatro cortes medindo $1,0 \pm 0,1$ mm de espessura foram preparados em cada bloco (Figura 14A). Os blocos foram rotacionados em 90° e fixados para posterior secção. Aproximadamente quatro secções, medindo $1,0 \pm 0,1$ mm de espessura foram preparadas (Figura 14B). A interface do bloco foi posicionada perpendicularmente ao disco diamantado da máquina e um corte foi realizado na porção coronal da dentina, a 3 mm da interface dentina/agente de fixação, para separar os cp do dente (Figura 14C).

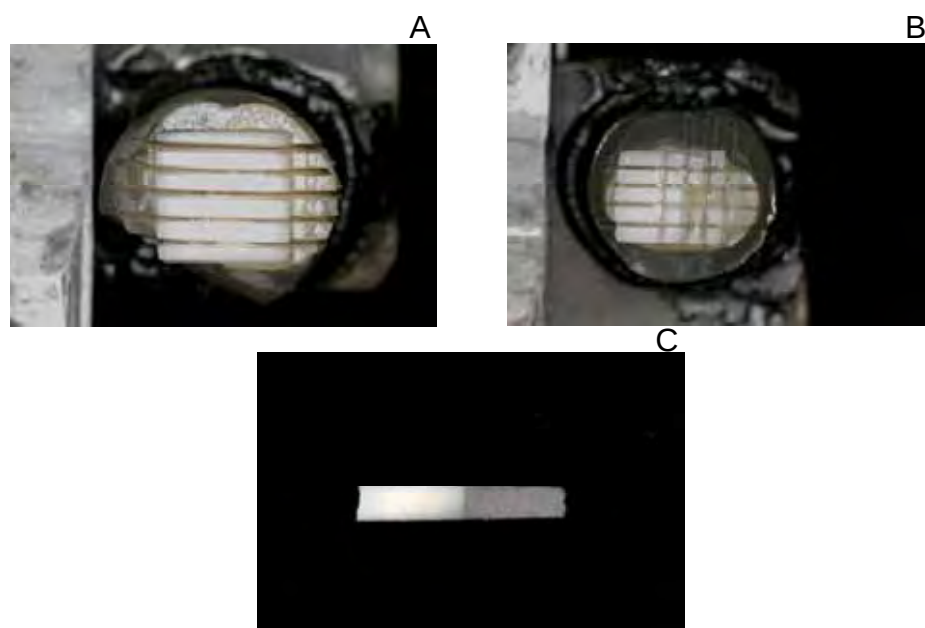


Figura 14 - Seqüência da preparação dos cp para o ensaio de microtração: A-B) corte do conjunto bloco cerâmico - agente de fixação resinoso - dente até a obtenção das amostras; C) amostra obtida.

Os cp apresentaram as seguintes características:

- a) barras em forma retangular com a interface não-usinada (*non-trimmed*), os espécimes não foram confeccionados em forma de ampulheta;

- b) interface adesiva mais quadrangular possível (simétrica: ± 1 mm x ± 1 mm) com área de aproximadamente 1 mm^2 ;
- c) comprimento de aproximadamente 6 mm (Amaral et al., 2005; Melo et al., 2007; Phrukkanon et al., 1998a; Phrukkanon et al., 1998b; Shono et al., 1999).

Considerando que 10 conjuntos foram designados para cada condição e que a partir de cada conjunto foram obtidos aproximadamente 6 cp, cada grupo de estudo foi composto por aproximadamente 60 repetições (cp). Portanto, foram constituídos 8 grupos, considerando os fatores “cor da cerâmica” em 2 níveis (Base Dentine 0M1; Base Dentine 5M3), “cor do agente de fixação resinoso” em 2 níveis (transparente e A3 Amarelo) e “tempo de fotoativação do agente de fixação resinoso” em 2 níveis (20 e 40 s) (Quadro 2).

4.3.7 Ensaio de microtração

A área de todos os cp foi mensurada antes da execução do ensaio, com o auxílio de um paquímetro digital (Starret Indústria e Comércio Ltda) com precisão de centésimo de milímetro (Figura 15).



Figura 15 - Mensuração da secção transversal do cp.

Em seguida, cada cp foi fixado com adesivo à base de cianoacrilato gel no dispositivo Bencor (Danville Engineering, San Ramon, Ca, EUA) (Figura 16). O cp foi posicionado o mais paralelo possível ao longo eixo do dispositivo, a fim de minimizar as forças de torção na zona adesiva. Somente as extremidades do cp foram fixadas, permanecendo livre a zona adesiva. O dispositivo foi fixado na máquina de ensaio universal Instron (Model 8501 Instron; Instron Corp, Canton, Mass.). O ensaio foi realizado à velocidade de 0,5 mm/min e foi utilizada a célula de carga de 10 kgf até o rompimento da união (Amaral et al., 2006; Bottino et al., 2005; Melo et al., 2007, Passos et al., 2007a; Passos et al., 2007b).



Figura 16 - Cp fixado no dispositivo Bencor.

A resistência de união foi calculada conforme a fórmula $R=F/A$, onde “**R**” é a resistência (MPa), “**F**” é a carga para ruptura do cp (N) e “**A**” a área interfacial do cp (mm²).

4.3.8 Avaliação do modo de falha

Todos os cp ensaiados foram analisados sob microscopia óptica (Mitutoyo, Measuring Microscope MFA - Series 5051H, Suzhavo, Japão) com aumento de 100x para determinação do padrão de falha nas interfaces cerâmica/agente de fixação resinoso/dente. Algumas amostras de cada grupo experimental foram selecionadas e analisadas em microscópio eletrônico de varredura (S-2600N, Hitachi, Japão) (aumentos de 80x a 5.000x). Para isso, elas foram inicialmente fixadas sobre base de alumínio, usando uma fita adesiva dupla-face de carbono, para então serem metalizadas com uma liga de ouro-paládio em um equipamento específico (K550x Sputter Coater, Emitech Ltd, Ashford, UK) por 1,5 min a uma corrente de 10 mA.

As falhas foram então classificadas em 5 tipos (Della Bona et al., 2003):

- 1) adesiva: fratura na interface entre agente de fixação resinoso e cerâmica, ou entre agente de fixação resinoso e dentina;
- 2) fratura coesiva da dentina;
- 3) fratura coesiva da cerâmica;
- 4) fratura coesiva do agente de fixação resinoso;
- 5) mista: fratura adesiva combinada com fratura coesiva da dentina ou da cerâmica.

4.3.9 Análise estatística

Os fatores do estudo são cor da cerâmica (2 níveis: Base Dentine 0M1 e Base Dentine 5M3), cor do agente de fixação resinoso (2 níveis: A3 Amarelo e transparente) e tempo de fotoativação (2 níveis: 20 s e 40 s), seguindo um esquema fatorial de 2x2x2 (8 grupos experimentais). Assim, os dados de resistência adesiva foram submetidos à análise de variância 3-fatores e ao teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). Para tanto, foi utilizado o Programa Statistix 8.0 for Windows (Analytical Software Inc, Tallahassee, FL, EUA).

5 RESULTADO

5.1 Translucidez da cerâmica

A média, o desvio padrão e o coeficiente de variação das percentagens de translucidez das diferentes cores e de cada espessura da cerâmica (2 mm e 2,5 mm) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Média ($\pm dp$) dos dados de translucidez da cerâmica (%) segundo as cores “Base Dentine 0M1”, “Base Dentine 2M2” e “Base Dentine 5M3” e espessura da cerâmica “2 mm” e “2,5 mm”

Espessura e cor da cerâmica	Média $\pm dp$	Coef. Var. (%)
2 mm		
0M1	9,44 $\pm$ 0,32	3,42
2M2	3,76 $\pm$ 0,35	9,35
5M3	1,38 $\pm$ 0,31	22,44
2,5 mm		
0M1	5,45 $\pm$ 0,25	4,68
5M3	0,42 $\pm$ 0,09	22,30

*n=3

As médias de percentagem de translucidez da cerâmica obtidas foram submetidas ao modelo estatístico da análise de variância (um fator), sendo observado diferença estatística na percentagem de translucidez entre as diferentes cores da cerâmica com 2 mm de

espessura ($p=0,0001$). O resultado desse teste está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - ANOVA (um fator) para os dados de translucidez das diferentes cores da cerâmica com 2 mm de espessura

Efeito	gl	SQ	QM	F	P
Cor da cerâmica	2	103,052	51,53	477,73	0,0001
Resíduo	6	0,647	0,11		
Total	8	103,699			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p<0,05$)

O teste de Tukey HSD-Pairwise de comparação segundo o fator “cor da cerâmica” apresentou diferença entre as três condições experimentais estudadas para a cerâmica com espessura de 2 mm. A comparação das médias ($\pm$ desvios-padrões) dos grupos experimentais está representada graficamente pela Figura 17.

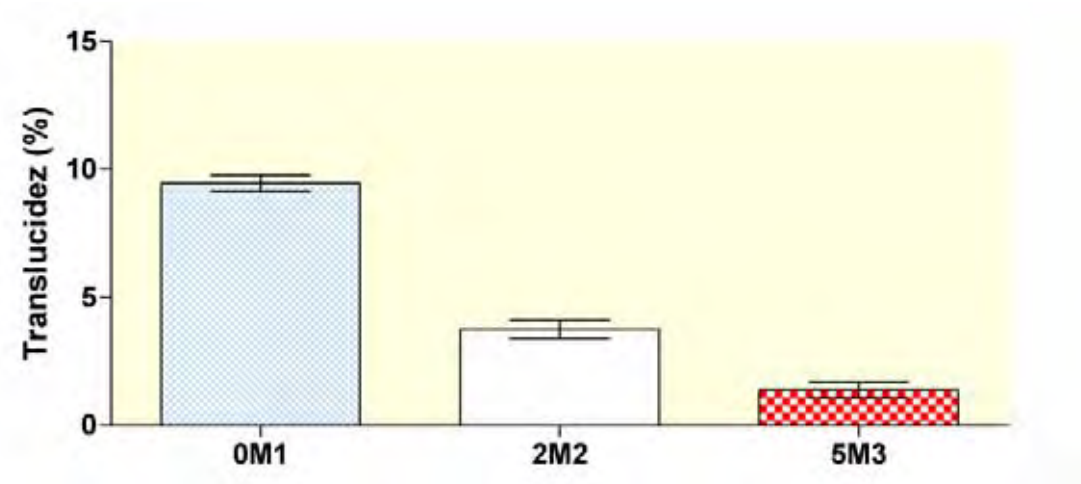


Figura 17 - Representação gráfica das médias (%) e desvio padrão da translucidez obtidos pelas diferentes cores da cerâmica com 2 mm de espessura.

Para a cerâmica com 2,5 mm de espessura, as médias da percentagem de translucidez foram submetidas ao modelo estatístico do teste Mann-Whitney e também foi observada diferença entre as duas

cores da cerâmica (0M1 e 5M3) ($p=0,0809$). A comparação das médias ($\pm$ desvios-padrões) dos grupos experimentais está representada graficamente pela Figura 18. Quanto mais escura a cerâmica, menor a percentagem de translucidez para ambas as espessuras.

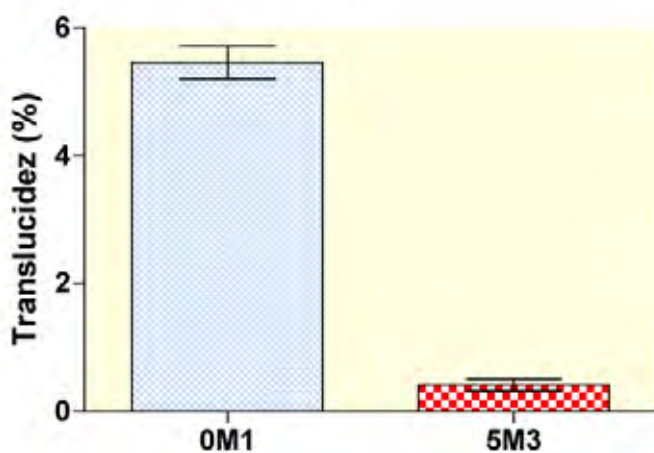


Figura 18 - Representação gráfica das médias (%) e desvio padrão da translucidez obtidos pelas diferentes cores da cerâmica com 2,5 mm de espessura.

5.2 Micro-ATR/FTIR

A média e o desvio padrão da percentagem do grau de conversão (%GC) obtidos para cada grupo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Média (%) e desvio padrão do GC obtido para os diferentes tempos de fotoativação e para as diferentes cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica

Cor do agente de fixação resinoso/tempo de fotoativação	Cor da cerâmica Média ($\pm$ dp)			
	Sem bloco	0M1	2M2	5M3
Transparente				
20 s	48,84 $\pm$ 3,64	40,00 $\pm$ 2,07	42,57 $\pm$ 2,63	16,76 $\pm$ 5,64
40 s	51,45 $\pm$ 1,99	43,84 $\pm$ 3,12	49,20 $\pm$ 0,48	16,97 $\pm$ 2,88
A3 Amarelo				
20 s	48,83 $\pm$ 2,86	40,82 $\pm$ 1,43	39,28 $\pm$ 4,86	23,76 $\pm$ 6,28
40 s	52,57 $\pm$ 2,32	45,10 $\pm$ 0,64	47,41 $\pm$ 1,98	10,70 $\pm$ 1,40

As médias da %GC do agente de fixação resinoso obtidas foram submetidas ao modelo estatístico da análise de variância (um fator), sendo observada diferença estatística na %GC entre as diferentes cores da cerâmica. Os resultados desse teste estão apresentados nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

Tabela 4 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor transparente fotoativado por 20 s sob as diferentes cores da cerâmica

Efeito	GI	SQ	QM	F	P
Cor da cerâmica	1770,17	3	590,06	41,94	0,000
Resíduo	112,56	8	14,07		
Total	1882,73	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Tabela 5 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor transparente fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica

Efeito	GI	SQ	QM	F	P
Cor da cerâmica	2281,45	3	760,48	137,01	0,000
Resíduo	44,40	8	5,55		
Total	2325,86	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Tabela 6 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 20 s sob as diferentes cores da cerâmica

Efeito	GI	SQ	QM	F	P
Cor da cerâmica	2501,06	3	833,69	92,95	0,000
Resíduo	71,75	8	8,97		
Total	2572,81	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Tabela 7 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC do agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica

Efeito	GI	SQ	QM	F	P
Cor da cerâmica	1449,11	3	483,04	39,36	0,000
Resíduo	98,19	8	12,27		
Total	1547,29	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Tabela 8 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso diretamente fotoativado (sem bloco)

Efeito	Gl	SQ	QM	F	P
Cor do agente de fixação resinoso	32,07	3	10,69	1,39	0,315
Resíduo	61,55	8	7,69		
Total	93,62	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Tabela 9 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso para a cerâmica de cor 0M1

Efeito	gl	SQ	QM	F	P
Cor do agente de fixação resinoso	52,74	3	17,58	4,28	0,044
Resíduo	32,88	8	4,11		
Total	85,62	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Tabela 10 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso para a cerâmica de cor 2M2

Efeito	gl	SQ	QM	F	P
Cor do agente de fixação resinoso	184,49	3	61,40	7,08	0,012
Resíduo	69,46	8	8,68		
Total	253,95	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Tabela 11 - ANOVA (um fator) para os dados da %GC das diferentes cores do agente de fixação resinoso para a cerâmica de cor 5M3

Efeito	gl	SQ	QM	F	P
Cor do agente de fixação resinoso	256,19	3	85,40	4,19	0,047
Resíduo	163,01	8	20,38		
Total	419,20	11			

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Em seguida, aplicou-se o teste de comparação múltipla de Tukey, estando os dados representados na Tabela 12.

Tabela 12 - Teste de Tukey para as médias da %GC obtido para os diferentes tempos de fotoativação e para as diferentes cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica

Cor do agente de fixação resinoso/ tempo de fotoativação	Cor da cerâmica (Média ± dp)			
	Sem bloco	0M1	2M2	5M3
Transparente				
20 s	48,84 ± 3,64 aA	40,00 ± 2,07 aA	42,57 ± 2,63 abA	16,76 ± 5,64 abB
40 s	51,45 ± 1,99 aA	43,84 ± 3,12 aB	49,20 ± 0,48 aA	16,97 ± 2,88 abC
A3 Amarelo				
20 s	48,83 ± 2,86 aA	40,82 ± 1,43 aB	39,28 ± 4,86 bB	23,76 ± 6,28 aC
40 s	52,57 ± 2,32 aA	45,10 ± 0,64 aA	47,41 ± 1,98 aA	10,70 ± 1,40 bB

*As diferentes letras minúsculas na coluna e as letras maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si para o teste de Tukey ao nível de 5%

A %GC não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos fotoativados diretamente, sem o bloco cerâmico, sobre o agente de fixação resinoso ($p > 0,05$), e entre os grupos fotoativados sob a cerâmica de cor 0M1 ($p > 0,05$). Para a cerâmica de cor 2M2, o agente de fixação resinoso A3 Amarelo fotoativado por 20 s exibiu a menor %GC ($p < 0,05$) dentre as condições testadas para a cor 2M2, exceto comparando os grupos referentes ao agente de fixação resinoso transparente fotoativado por 20 s.

O agente de fixação resinoso A3 Amarelo fotoativado por 20 s sob a cerâmica de cor 5M3 exibiu %GC significativamente maior do que os valores do agente de fixação resinoso A3 Amarelo fotoativado por 40 s

($p < 0,05$). Para esta cor da cerâmica, não houve diferença estatisticamente significativa entre o agente de fixação resinoso transparente fotoativado por 20 s e 40 s, e A3 Amarelo por 40 s ($p > 0,05$). A análise estatística apresentou diferença na %GC ($p < 0,05$) entre a cor da cerâmica 5M3 e os outros grupos sem bloco, 0M1 e 2M2; além disso, a diferença foi significativa para o agente de fixação resinoso A3 Amarelo fotoativado por 40 s para todas as cores da cerâmica. A %GC foi menor para os grupos da cerâmica de cor 5M3, como apresentado na Tabela 3. A %GC dos grupos da cerâmica de cor 0M1 não exibiu diferença estatisticamente significativa em comparação aos grupos da cerâmica de cor 2M2 ($p > 0,05$), exceto para o agente de fixação resinoso transparente fotoativado por 40 s.

Os picos de absorbância das condições experimentais estudadas estão representados graficamente pelas Figuras 19, 20, 21, 22 e 23. Foram observados os picos em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} .

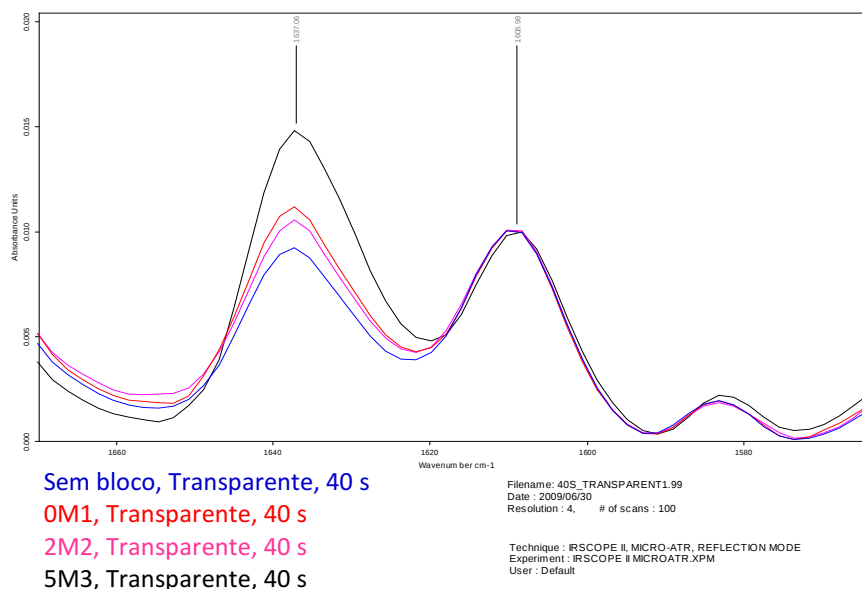


Figura 19 - Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor transparente fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.

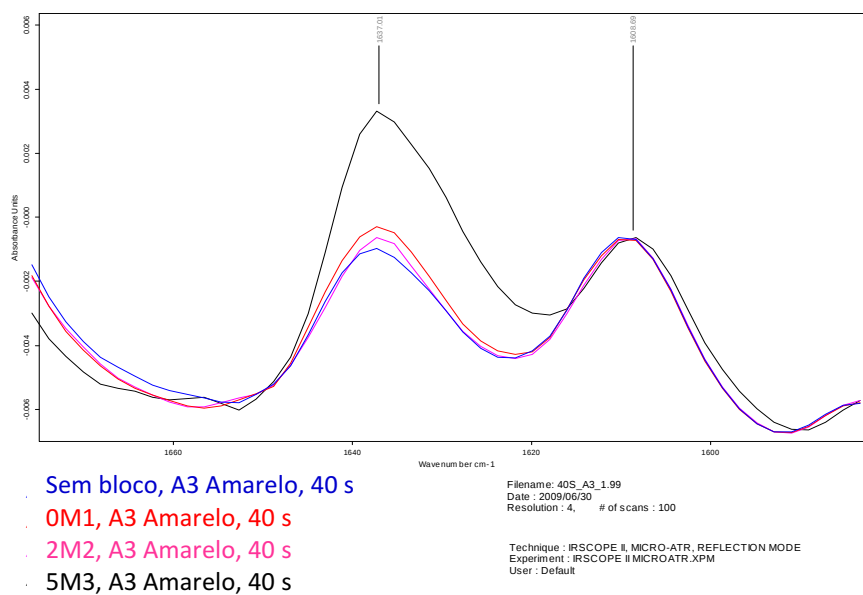


Figura 20 - Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.

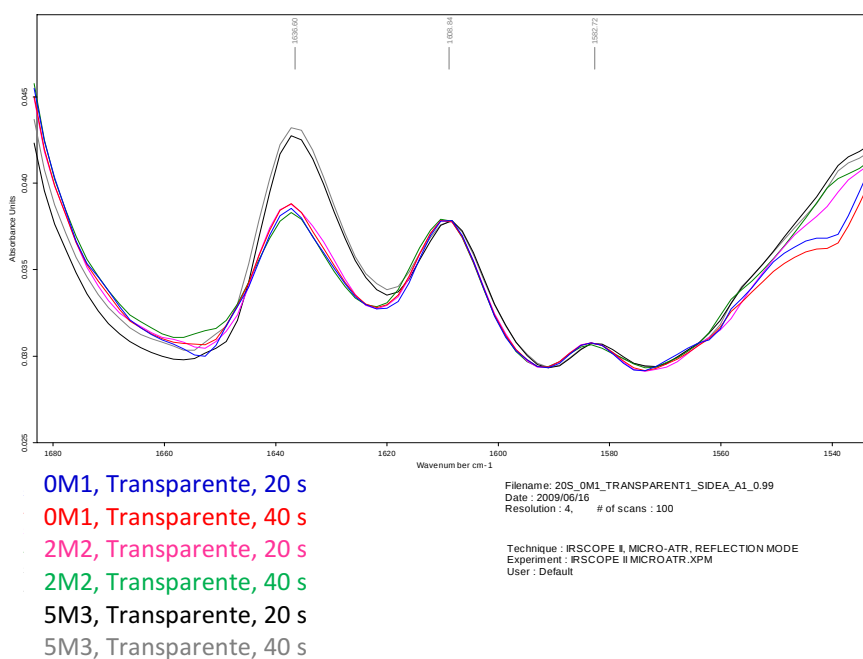


Figura 21 - Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor transparente fotoativado por 20 s e 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.

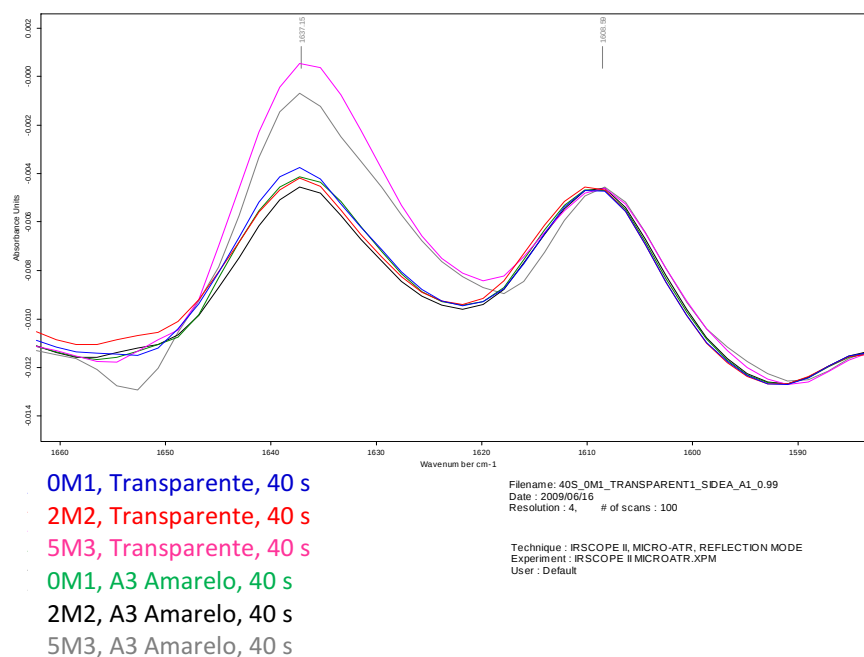


Figura 22 - Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes às diferentes cores do agente de fixação resinoso fotoativado por 40 s sob as diferentes cores da cerâmica.

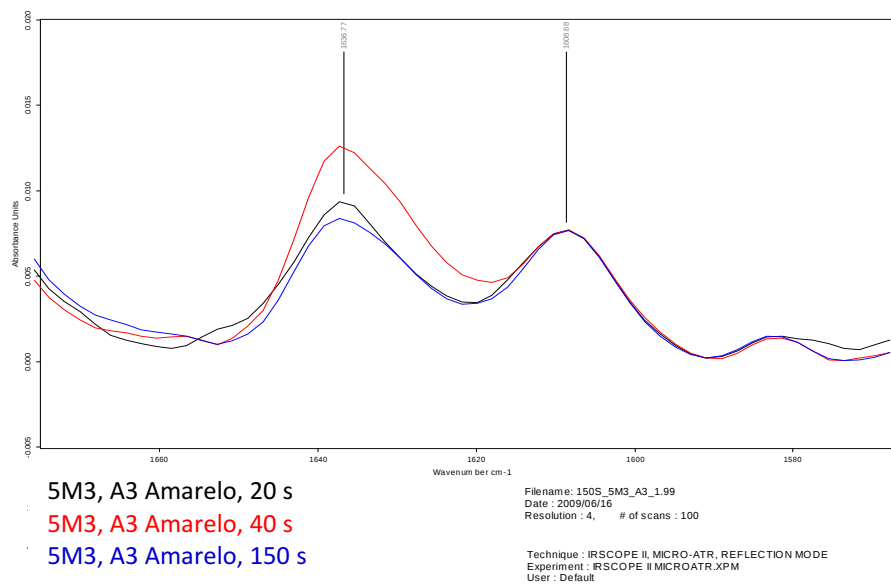


Figura 23 - Picos de absorbância em 1637 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} para os grupos correspondentes ao agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado por 150 s, 40 s e 20 s sob a cerâmica de cor 5M3.

De acordo com as Figuras 19, 20, 21, 22 e 23, verificou-se que para os grupos da cerâmica de cor 5M3, o agente de fixação apresentou alta quantidade de ligações residuais duplas quando comparadas com os grupos das outras cores da cerâmica. Este dado foi verificado através do pico de absorção a 1637 cm^{-1} .

5.2 Resistência de união

A média e desvio padrão obtidos após o ensaio de microtração para todos os grupos testados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Média (MPa) e desvio padrão da resistência de união obtidos entre a dentina e a cerâmica variando o tempo de fotoativação e a cor do agente de fixação resinoso e da cerâmica

Cor da cerâmica	Cor do agente de fixação resinoso/tempo de fotoativação (Média $\pm$ dp)			
	Transparente		A3 Amarelo	
	40 s	20 s	40 s	20 s
0M1	18,00 $\pm$ 6,45	14,51 $\pm$ 4,35	11,99 $\pm$ 3,55	5,35 $\pm$ 4,67
5M3	2,79 $\pm$ 3,19	0	1,94 $\pm$ 3,44	0

*Letras iguais indicam que não há diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$)

As médias da resistência de união entre a dentina e a cerâmica foram submetidas ao modelo estatístico da análise de variância (três fatores), sendo observada diferença estatística na resistência de união na interação entre os grupos experimentais estudados ($p=0,0001$). Os resultados desse teste estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - ANOVA (três fatores) para os dados de resistência de união (MPa) entre o dente e a cerâmica variando o tempo de fotoativação e a cor do agente de fixação resinoso e da cerâmica

Efeito	GI	SQ	QM	F	P
Cor do agente de fixação resinoso	1	1407,2	1407,2	98,08	0,0000
Cor da cerâmica	1	11162,0	11162,0	777,98	0,0000
Tempo de fotoativação	1	339,7	339,7	23,68	0,0000
Cor do agente de fixação resinoso*Cor da cerâmica	1	1125,0	1125,0	78,41	0,0000
Cor do agente de fixação resinoso*Tempo de fotoativação	1	471,8	471,8	32,88	0,0000
Cor da cerâmica*Tempo de fotoativação	1	13,9	13,9	0,97	0,3256
Cor do agente de fixação resinoso*Cor da cerâmica*Tempo de fotoativação	1	660,1	660,1	46,01	0,0001
Resíduo	347	4978,6	14,3		
Total	354				

gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; *significância estatística ($p < 0,05$)

Os menores valores de resistência de união foram observados para a cerâmica de cor 5M3, como apresentado nas Figuras 24 e 25. Ocorreu falha pré-matura para todos os cp de ambas as cores do agente de fixação resinoso fotoativados por 20 s sob a cerâmica de cor

5M3. Os cp dos grupos da cerâmica de cor 5M3 fotoativados por 40 s exibiram baixos valores de resistência de união e não houve diferença entre as diferentes cores do agente de fixação resinoso ($p > 0,05$).

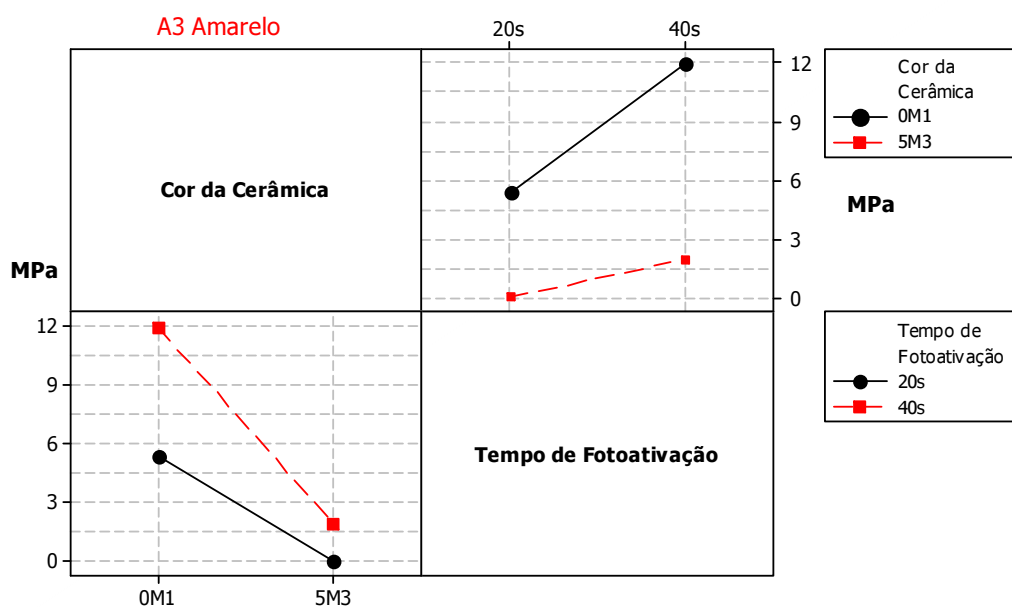


Figura 24 - Gráficos de médias (MPa) referentes à interação entre os fatores “cor da cerâmica” e “tempo de fotoativação” para o agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo.

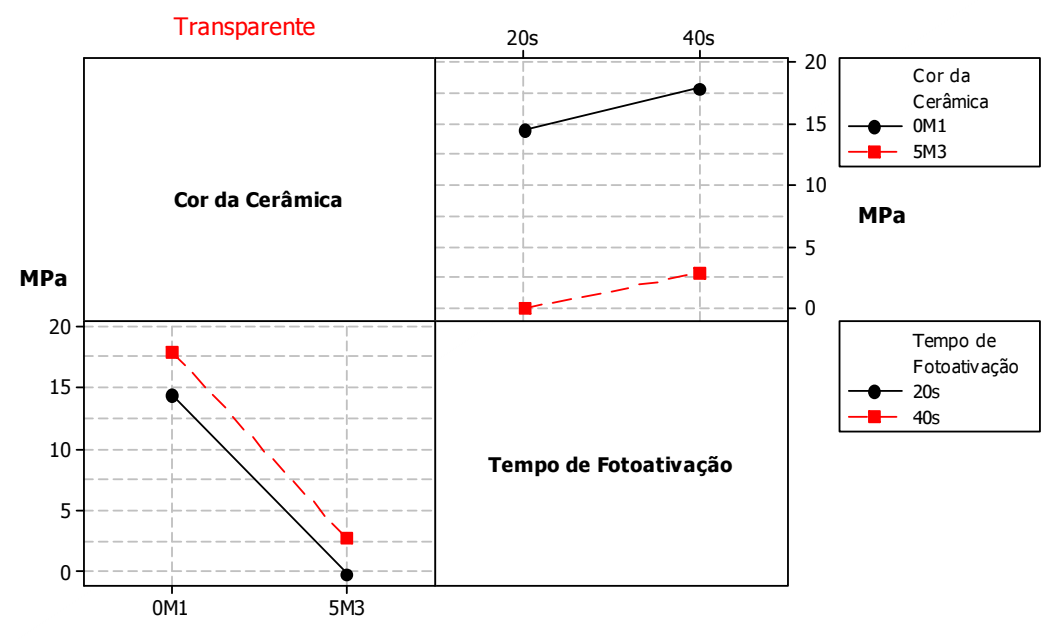


Figura 25 - Gráficos de médias (MPa) referentes à interação entre os fatores “cor da cerâmica” e “tempo de fotoativação” para o agente de fixação resinoso de cor transparente.

Em seguida, aplicou-se o teste de comparação múltipla de Tukey, sendo os dados representados na Tabela 15.

Tabela 15 - Teste de Tukey para as médias da resistência de união obtido para os diferentes tempos de fotoativação e para as diferentes cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica

Cor da cerâmica	Cor do agente de fixação resinoso/tempo de fotoativação (Média ± dp)			
	Transparente		A3 Amarelo	
	40 s	20 s	40 s	20 s
0M1	18,00 ± 6,45 ^a	14,51 ± 4,35 ^b	11,99 ± 3,55 ^c	5,35 ± 4,67 ^d
5M3	2,79 ± 3,19 ^{de}	0 ^f	1,94 ± 3,44 ^{ef}	0 ^f

*Letras iguais indicam que não há diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$)

Diferença significativa nos valores de resistência de união foi observada entre todos os grupos fotoativados sob a cerâmica de cor 0M1

($p < 0,05$). O grupo correspondente ao agente de fixação resinoso A3 Amarelo fotoativado por 20 s sob a cerâmica de cor 0M1 exibiu valores de resistência de união significativamente menor do que os valores de resistência de união para os outros grupos da cerâmica de cor 0M1 ($p < 0,05$). Houve diferença significativa nos valores de resistência de união ($p < 0,05$) entre o agente de fixação resinoso transparente fotoativado por 40 s sob a cerâmica de cor 0M1 e os grupos da cerâmica de cor 0M1.

A análise das superfícies fraturadas dos cp testados está representada através do modo de falha na Tabela 16. Micrografias representativas obtidas através do MEV das superfícies fraturadas apresentaram que todas as falhas começaram na zona adesiva, com exceção de 4 falhas coesivas na dentina. Portanto, este achado valida os valores quantitativos do teste de microtração. Imagens representativas de diferentes modos de falha estão apresentadas nas Figuras 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32.

Tabela 16 - Número de cp e percentual (%) de distribuição das falhas ocorridas nos grupos estudados

Grupos	Total no. (%) de cp	TIPO DE FRATURA			
		Adesiva C-CR	Coesiva CR	Coesiva dent	Mista
Gr1	46 (100%)	4 (9%)	0	0	42 (92%)
Gr2	46 (100%)	3 (6%)	0	1 (2%)	42 (92%)
Gr3	46 (100%)	4 (9%)	0	2 (4%)	40 (87%)
Gr4	46 (100%)	3 (6%)	0	1 (2%)	42 (92%)
Gr9	46 (100%)	46 (100%)	0	0	0
Gr10	46 (100%)	33 (72%)	2 (%)	0	11 (%)
Gr11	46 (100%)	46 (100%)	0	0	0
Gr12	46 (100%)	32 (69%)	3 (%)	0	11 (%)
Total	368 (100%)	171 (46,4%)	5 (1,4%)	4 (1,1%)	188 (51,1%)

*C-CR: cerâmica - agente de fixação resinoso; CR: agente de fixação resinoso; Dent: dentina; Mista: coesiva do agente de fixação resinoso e da cerâmica ou coesiva do agente de fixação resinoso e da dentina

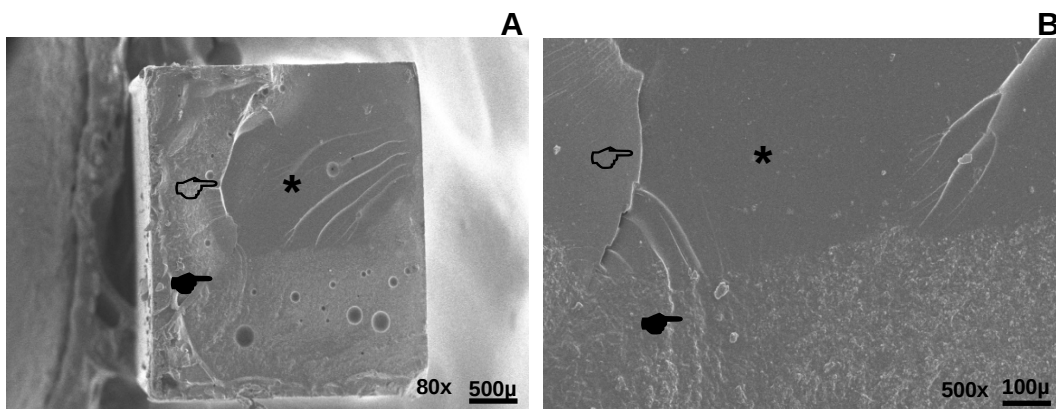


Figura 26 - Micrografias representativas da superfície do cp testado do Gr1 apresentando falha coesiva do agente de fixação resinoso e da cerâmica caracterizando falha mista. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente (☞ = interface cerâmica-agente de fixação resinoso, ☛ = agente de fixação resinoso, * = superfície cerâmica).

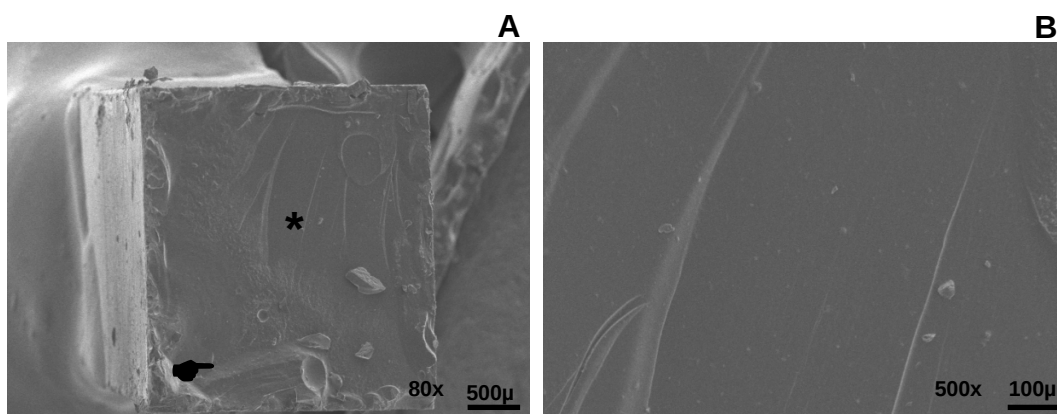


Figura 27 - Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr2. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 μm bar) e 500x (100 μm bar) para as imagens A e B, respectivamente (● = agente de fixação resinoso, * = superfície cerâmica).

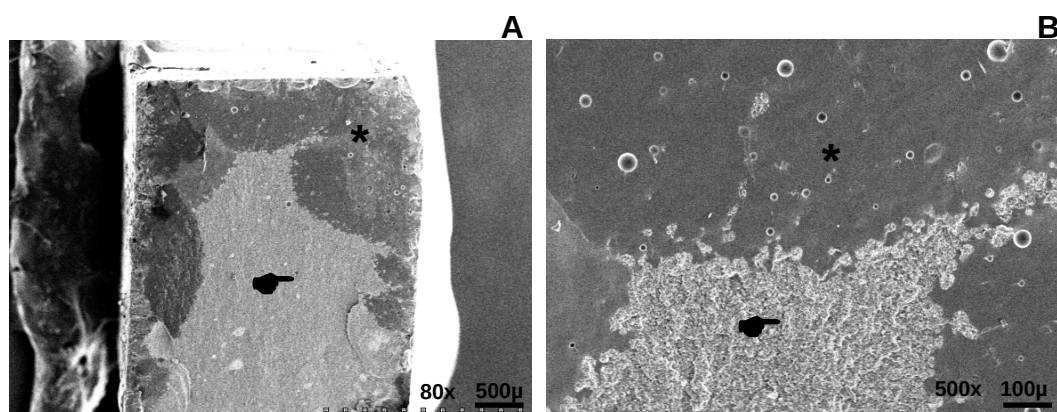


Figura 28 - Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr3. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 μm bar) e 500x (100 μm bar) para as imagens A e B, respectivamente (● = agente de fixação resinoso, * = superfície cerâmica).

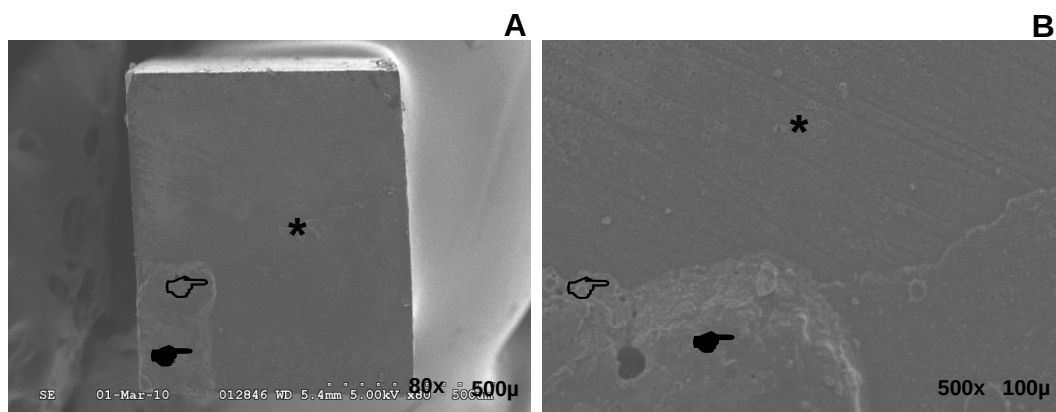


Figura 29 - Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr4. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 μm bar) e 500x (100 μm bar) para as imagens A e B, respectivamente (☞ = interface cerâmica-agente de fixação resinoso, ● = agente de fixação resinoso; * = superfície cerâmica).

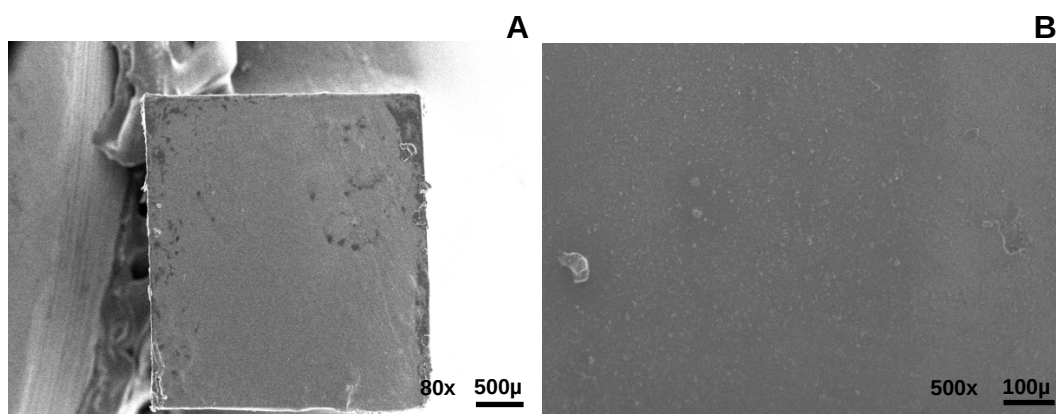


Figura 30 - Micrografias representativas da superfície de um cp do Gr9 após falha pré-matura. Falha adesiva na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Não foram observados traços de outro substrato na superfície da cerâmica. Aumentos de 80x (500 μm bar) e 500x (100 μm bar) para as imagens A e B, respectivamente.

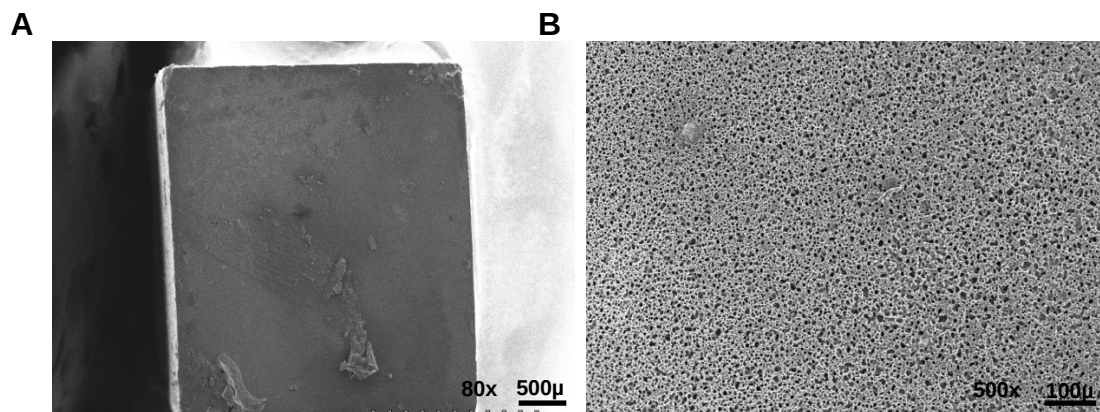


Figura 31 - Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr10. Falha coesiva do agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 μm bar) e 500x (100 μm bar) para as imagens A e B, respectivamente.

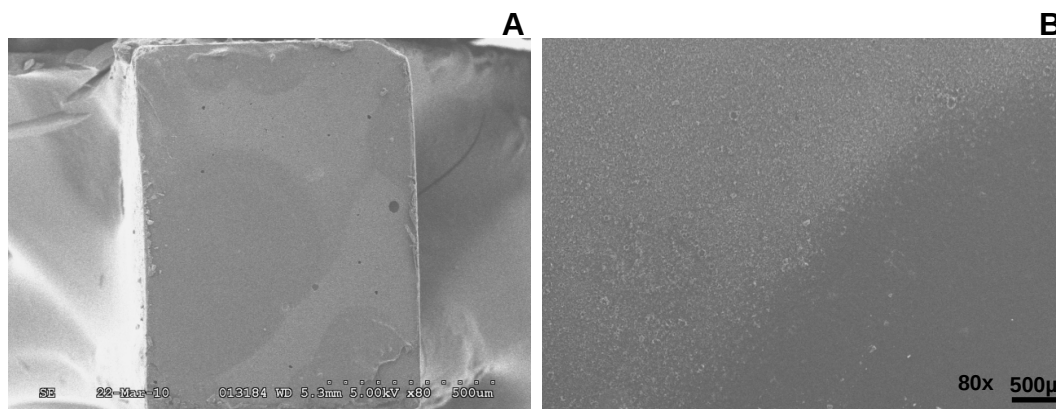


Figura 32 - Micrografias representativas da superfície de um cp do Gr11 após falha pré-matura. Falha adesiva na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Não foram observados traços de outro substrato na superfície da cerâmica. Aumentos de 80x (500 μm bar) e 500x (100 μm bar) para as imagens A e B, respectivamente.

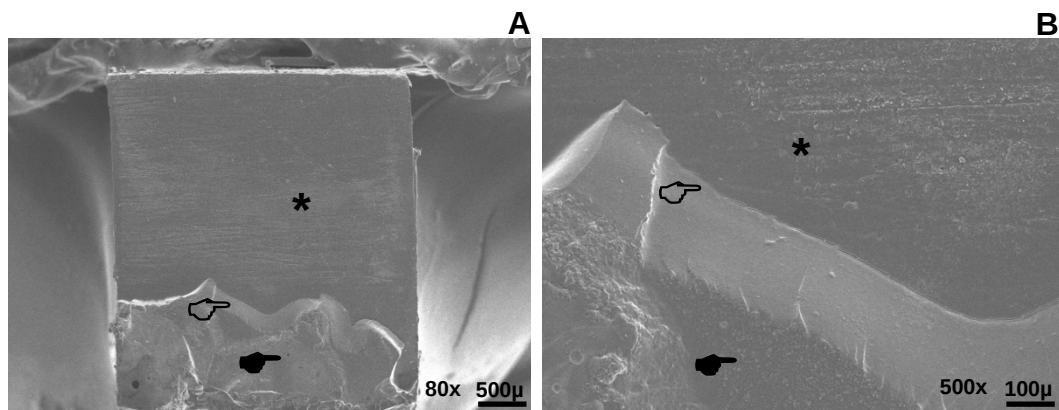


Figura 33 - Micrografias representativas da superfície de um cp testado do Gr12. Falha mista na interface da cerâmica-agente de fixação resinoso. Aumentos de 80x (500 µm bar) e 500x (100 µm bar) para as imagens A e B, respectivamente (☞ = interface cerâmica-agente de fixação resinoso, ➔ = agente de fixação resinoso; * = superfície cerâmica).

6 DISCUSSÃO

A adequada cura do agente de fixação resinoso influencia a resistência de união entre a restauração cerâmica e o agente de fixação e entre o agente de fixação e a estrutura dental. Portanto, se uma eficiente adesão é obtida, o agente de fixação oferecerá vantagens clínicas na resistência da restauração, assim como baixa solubilidade. Entretanto, cura inadequada irá promover uma diminuição nas propriedades físicas, causando irritação e conseqüente desvitalização pulpar devido à presença de monômeros residuais. Além disso, a dureza inadequada do agente de fixação pode aumentar a solubilidade do material resultando na formação de *gaps* que podem predispor a estrutura dentária à acumulação de biofilme e cárie recorrente (el-Mowafy et al., 1999).

A primeira, a segunda e a quarta hipóteses deste estudo foram aceitas: em relação à primeira (quanto mais escura a cerâmica, menor a translucidez), a cerâmica feldspática mais escura apresentou menor translucidez; baseado na segunda (quanto mais escura a cerâmica associado a um menor tempo de fotoativação, menor será o GC) e na quarta (quanto mais escura a cerâmica associado a um menor tempo de fotoativação, menor será a resistência adesiva), o agente de fixação resinoso de dupla ativação fotoativado sob a cerâmica mais escura exibiu menores valores de %GC e menor resistência de união entre a dentina e a cerâmica. Esta forte correlação entre as cores da cerâmica e translucidez confirma os achados de estudos anteriores (Cardash et al., 1993; Peixoto et al., 2007; Ilie; Hickel, 2008). A terceira hipótese foi parcialmente aceita (quanto mais escuro o agente de fixação resinoso associado a um menor tempo de fotoativação, menor será o GC), uma vez que não houve diferença na %GC entre as cores do agente de fixação apenas para os grupos de

irradiação direta e para a cerâmica de cor 0M1, bem como para os grupos do agente de fixação de cor transparente. Em adição, a quinta hipótese foi aceita (quanto mais escuro o agente de fixação resinoso associado a um menor tempo de fotoativação, menor será a resistência adesiva), visto que foi observado que o agente de fixação resinoso mais escuro apresentou menor resistência de união entre a dentina e o material cerâmico.

A percentagem de translucidez da cerâmica foi determinada por um espectrofotômetro MiniScan. Os resultados obtidos estão coerentes com outros estudos que indicaram que a cerâmica mais escura absorve mais luz que as cerâmicas mais claras baseando-se na transmitância da luz através da cerâmica (Cardash et al., 1993; Peixoto et al., 2007; Ilie; Hickel, 2008) e na %GC do agente de fixação resinoso sob a cerâmica (Barghi; McAlister, 2003; Soares et al., 2006), confirmando os achados deste experimento. Portanto, a translucidez da cerâmica não pode ser vista apenas como um indicador estético da restauração devido à sua correlação com a dureza Vickers (Koch et al., 2007; Ilie; Hickel, 2008) e com o GC do agente de fixação resinoso, indicando um valor de translucidez crítico para a cura adequada. Notou-se que foram baixas as percentagens de luz transmitida, como também relatado em estudos anteriores (Strang et al., 1987; Cardash et al., 1993; Rasetto et al., 2004; Peixoto et al., 2007). Em adição, Brodbelt et al. (1980) observaram uma significativa influência na transmitância da cerâmica de diferentes cores. Conforme Peixoto et al. (2007), as cores mais escuras apresentaram maiores coeficientes de absorção indicando que estas amostras foram menos translúcidas. Este achado está em concordância com este estudo, visto que cp com cores mais claras foram mais translúcidos para ambas as espessuras da cerâmica, 2 e 2,5 mm (Figuras 17 e 18).

Analisando a variação do parâmetro de translucidez em função da cor da cerâmica, diferenças significantes foram observadas no presente estudo. Com o intuito de prever o tempo de exposição necessário para a polimerização adequada do agente de fixação resinoso sob restaurações

cerâmicas, Peixoto et al. (2007) determinaram a relação entre o parâmetro de translucidez medido em transmissão de luz e conforme a cor da cerâmica. Não houve influência nas percentagens de transmissão da luz de diferentes cores da cerâmica em amostras mais espessas quando se variou a translucidez das cerâmicas testadas.

O GC foi determinado através da espectroscopia do Micro-ATR/FTIR. A reflexão total atenuada ocorre quando uma amostra é colocada em contato com um elemento de reflexão interna (IRE) que tem um maior índice de refração do que a amostra. Este contato é realizado através de um cristal que pode ser de ZnSe (Seleneto de Zinco) ou de Ge (Germânio). Se um material está em contato com o IRE, uma onda evanescente (é um tipo particular de onda eletromagnética plana uniforme, caracterizada como uma onda de superfície) será absorvida nos comprimentos de onda onde o material tem uma banda de absorção, e a quantidade de energia refletida através do IRE será atenuada, por isso a técnica é chamada de reflexão total atenuada. Uma das vantagens deste teste é que a área de contato do cristal sobre a amostra é muito pequena (50 x 50 μm ou menos), portanto encontrar uma área plana para análise não é uma dificuldade para o micro-ATR, porém é uma dificuldade para as amostras do macro-ATR. Microscopicamente, regiões planas podem ser encontradas em qualquer amostra; portanto, obter contato completo entre a amostra e o cristal é fácil. Com a espectroscopia do micro-ATR, um simples toque na microscópica área da amostra é o necessário para se obter um espectro. Uma outra vantagem importante da espectroscopia do micro-ATR, é que podem ser examinadas amostras com áreas menores do que o usualmente possível. O IRE é uma lente hemisférica, a área da secção transversal da radiação passando através dele será ampliado pelo índice de refração do IRE. Este fator de magnificação é uma vantagem clara da microespectroscopia ATR, visto que o limite da difração convencional pode apenas ser absorvido pelo material em contato com o IRE. A área de contato define a área de análise da amostra, reduzindo o problema de difração.

O GC do agente de fixação é afetado pela cor do material restaurador (Barghi; McAlister, 2003; Koch et al., 2007; Peixoto et al., 2007; Ilie; Hickel, 2008; Strang et al., 1987), e como resultado, baseado nos achados deste estudo, afeta a resistência de união. O GC foi determinado a partir do espectro obtido pelo micro-ATR/FTIR. A cor da cerâmica afetou significativamente a quantidade de transmissão de luz e, como consequência, a %GC do agente de fixação sob um material restaurador mais escuro reduziu significativamente. Cardash et al. (1993) relataram que menos energia atinge o agente de fixação quando a restauração cerâmica com alto croma é comparada a um vidro transparente. Os pigmentos da restauração são capazes de absorver luz, influenciando negativamente a polimerização (Barghi; McAlister, 2003; Kanca, 1986). Barghi e McAlister (2003) observaram que o alto croma de materiais restauradores promove um efeito adverso na dureza do agente de fixação resinoso. Conforme o estudo de Strang et al. (1987), cerâmicas absorvem entre 40% e 50% da luz proveniente da fotoativação e a cor não afeta significativamente a quantidade de luz absorvida para amostras com espessuras menor que 1,5 mm. No presente estudo, a espessura da cerâmica foi de 2,0 mm e 2,5 mm.

Em concordância com os dados relatados na literatura (Barghi; McAlister, 2003; Cardash et al., 1993; Soares et al., 2006) que avaliaram a microdureza do agente de fixação resinoso, no presente estudo a %GC do material resinoso foi muito menor sob a cerâmica mais escura. O GC mais baixo do agente de fixação foi exibido para os grupos da cerâmica mais escura (5M3) fotoativados por 20 ou 40 s, o que é atribuído ao baixo nível de polimerização (Tabela 3). Portanto, a alta translucidez da cerâmica melhora a polimerização do agente de fixação resinoso.

Um importante fator relacionado ao GC do agente de fixação é o tempo de exposição. Neste estudo, o tempo de fotoativação não influenciou a %GC nos grupos do agente de fixação de cor transparente e nos grupos do agente de fixação de cor A3 Amarelo irradiado diretamente e fotoativados sob a cerâmica mais clara (0M1). Para a cerâmica de cor 2M2,

o agente de fixação de cor A3 Amarelo fotoativado por 40 s apresentou %GC maior do que para a fotoativação por 20 s (Tabela 3), o que está de acordo com alguns estudos que observaram maior microdureza para o tempo de exposição de 40 s do que para o de 20 s (Ceballos et al., 2009). Para a cerâmica de cor 5M3, o agente de fixação de cor A3 Amarelo apresentou a %GC mais baixo quando fotoativado por 40 s do que quando fotoativado por 20 s. As amostras fotoativadas sob a cerâmica de cor 5M3 foram dificilmente avaliadas, visto que os cp estavam com consistência extremamente viscosa e pegajosos, confirmando a %GC dramaticamente baixa do agente de fixação avaliado. Segundo o estudo de el-Mowafy et al. (1999), idealmente, o agente de fixação resinoso de dupla ativação deveria ser capaz de alcançar através da cura química o grau de dureza similar ou não muito menor do que o atingido pela dupla ativação, a fim de garantir adequada polimerização do agente de fixação resinoso nas áreas onde a fotoativação é inacessível. No entanto, alguns autores relataram que o componente químico por si só não é suficiente para assegurar alta dureza (Darr; Jacobsen, 1995; el-Badrawy; el-Mowafy, 1995; el-Mowafy et al., 1999). Os resultados deste estudo demonstraram que as amostras da cerâmica de cor 5M3 promoveram a mais baixa %GC do agente de fixação, como demonstrado nos picos de absorção nas Figuras 19, 20, 21 e 22. Portanto, baseado neste achados, com o objetivo de se obter uma adequada cura do agente de fixação resinoso, deve ser utilizado um agente de fixação quimicamente ativado quando uma cerâmica feldspática de cor 5M3 for utilizada.

Outro importante fator que deve ser considerado é a fonte de luz. A unidade fotoativadora utilizada neste experiment foi o LED Elipar FreeLight 2 e conforme o fabricante, este aparelho oferece qualidade de fotoativação equivalente à atingida pela luz halógena convencional, entretanto em metade do tempo de exposição, como também relatado no estudo de Shortall et al. (2005). No entanto, quando aparelhos com alta irradiação são utilizados por um tempo de irradiação muito curto, cura

inadequada de adesivos dentais ou resinas compostas é observada (Feng et al., 2009). Portanto, alta potência das unidades fotoativadoras não é capaz de reduzir o tempo de exposição (Ilie; Hickel, 2008). A associação de alta irradiação e curto tempo de exposição está intrinsecamente mais relacionada a um alto nível de terminações de radicais livres do que a um menor tempo de irradiação. Para atingir adequadamente a conversão das duplas ligações de carbono, Feng et al. (2009) sugeriram que deve ser seguido pelo menos o dobro do tempo de irradiação recomendado pelo fabricante. Por outro lado, no presente estudo o dobro do tempo de exposição recomendado pelo fabricante não foi suficiente para prover cura adequada quando uma cerâmica muito escura foi utilizada.

Além disso, também tem sido relatado que os compósitos de cores mais escuras não polimerizam com a mesma profundidade em relação aos de cores mais claras (Cook; Standish, 1983; Yearn, 1985). Diferentes cores do agente de fixação resinoso podem influenciar significativamente a cor da restauração (Barath et al., 2003), por esta razão inúmeras cores do agente de fixação resinoso estão disponíveis. Cores mais escuras do agente de fixação tendem a requerer mais energia para uma cura adequada do que as cores mais transparentes (Davidson-Kaban et al., 1997). Este resultado é coerente com os dados obtidos neste estudo para a resistência de união. Entretanto, este fato não está de acordo com os resultados do GC obtidos neste experimento, em que a cor do agente de fixação não influenciou a polimerização quando o mesmo tempo de fotoativação foi avaliado, o que está em concordância com outros estudos que observaram a microdureza de diferentes cores de resina composta (Davidson-Kaban et al., 1997). Entretanto, em estudos anteriores, a cor do compósito apresentou diferença na microdureza superficial (Aguilar et al., 2005; Tsai et al., 2004; Uhl et al., 2004). Além disso, outros fatores devem ser analisados, tais como a intensidade da unidade fotoativadora, a composição e espessura do material resinoso (Hammesfahr et al., 2002).

O método de avaliação empregado para se analisar a capacidade de união entre a cerâmica e a dentina foi o teste de microtração. Alguns estudos, através da distribuição de tensões na zona adesiva, têm verificado que determinados ensaios não são capazes de solicitar fielmente a interface de união (Dündar et al., 2007; Kitasako et al., 1995; Phrukkanon et al., 1998). A geometria do teste de cisalhamento favorece distribuição de tensões de forma irregular na união e amostras com secções menores favoreceriam uma distribuição mais regular, promovendo falhas adesivas (Phrukkanon et al., 1998), como ocorre nos cp submetidos ao ensaio de microtração. O ensaio de cisalhamento, por exemplo, não apresenta confiabilidade nos resultados obtidos ao testar a união entre dois substratos, visto que gera ruptura nas áreas que não equivalem à zona de união. Por isso, alguns autores têm questionado a confiabilidade dos resultados de resistência adesiva através desse teste, podendo apresentar dados equivocados da resistência de união entre dois substratos (Dündar et al., 2007; Kitasako et al., 1995).

Considerando a origem dos cp, muitos estudos julgaram ser uma vantagem o fato de no ensaio de microtração se obter inúmeros cp de uma pequena estrutura, devido à capacidade de avaliação real da força de adesão entre diferentes substratos, pois nos permite avaliar pequenas áreas (aproximadamente 1 mm^2) de uma mesma superfície adesiva. Portanto, existe a possibilidade de haver menor número de defeitos internos na zona adesiva ou falhas superficiais (El Zohairy et al., 2003; Phrukkanon et al., 1998), que poderiam mascarar os valores próximos aos valores reais de resistência adesiva. Além disso, os autores consideraram amostras com área de 1 mm^2 mais recomendáveis em função da facilidade de obtenção e menor possibilidade de enfraquecimento dos substratos. Muitos estudos verificaram que quanto menor a área adesiva, maior a resistência de união obtida (Phrukkanon et al., 1998; Valandro et al., 2008).

Neste estudo, a metodologia utilizada para avaliar a resistência de união permite minimizar as tensões nas áreas que não correspondem à

interface adesiva, mesmo que não se possa afirmar, pois não foi realizada análise de distribuição de tensões através da análise de elementos finitos. Porém, é explicado devido ao fato do cp ser fixado o mais paralelamente possível ao longo eixo do dispositivo de ensaio e o dispositivo ser posicionado o mais paralelo à aplicação da força na máquina de ensaio universal, possibilitando que durante o teste as tensões sobre a interface sejam predominantemente de tração. Também foi observado que o cimento permaneceu regularmente na superfície cerâmica, tanto na zona central quanto na periferia, sugerindo distribuição regular de tensões na interface.

Baseado nos resultados deste estudo, as variações no tempo de fotoativação e nas cores da cerâmica e do agente de fixação resinoso afetaram a resistência de união entre a cerâmica e a dentina. A maior média de resistência de união ($18,00 \pm 6,45$ MPa) foi observada no grupo fotoativado por 40 s sob a cerâmica mais clara (Base Dentine 0M1) usando o agente de fixação transparente. Por outro lado, os menores valores de resistência de união foram obtidos para os grupos da cerâmica de cor 5M3. Na análise da resistência de união, a cerâmica de cor 2M2 não foi avaliada, visto que através do micro-ATR/FTIR não houve diferença na %GC do agente de fixação resinoso fotoativado sob a cerâmica de cor 0M1 comparado à cerâmica de cor 2M2, havendo diferença apenas para o grupo fotoativado por 40 s quando se utilizou o agente de fixação resinoso de cor transparente. A partir destes resultados, sugere-se que há um efeito delétero na interação entre os três fatores (tempo de fotoativação, cor da cerâmica e do agente de fixação resinoso) estudados neste experimento.

No presente estudo, os valores de resistência de união foram muito maiores sob a cerâmica mais clara do que sob a cerâmica com alto croma. Este achado está em acordo com os dados relatados na literatura (Barghi; McAlister, 2003; Cardash et al., 1993; Myers et al., 1994) que avaliaram a microdureza do agente de fixação resinoso. Os valores de resistência de união apresentados pelos grupos da cerâmica mais escura (Base Dentine 5M3) fotoativados por ambos os tempos de fotoativação

avaliados (20 e 40 s) sugerem baixo nível de polimerização (Tabela 13). Portanto, como já confirmado com os dados do GC, alta translucidez da cerâmica favorece a polimerização do agente de fixação resinoso.

Em adição, não há relatos na literatura avaliando a resistência de união de diferentes cores do agente de fixação resinoso e da cerâmica. Neste presente experimento, a cor do agente de fixação resinoso influenciou a resistência de união entre a cerâmica mais clara e a dentina usando um agente de fixação resinoso de dupla ativação quando o mesmo tempo de fotoativação foi avaliado, uma vez que houve diferença estatística entre as médias de resistência de união para os grupos da cerâmica de cor 0M1 (Gr1-Gr3; Gr2-Gr4). Este resultado pode ser explicado por estudos anteriores que observaram diferenças na microdureza de diferentes cores do agente de fixação resinoso (Aguilar et al., 2005; Tsai et al., 2004; Uhl et al., 2004). Entretanto, Davidson-Kaban et al. (1997) relataram que não houve diferença na microdureza superficial das cores do agente de fixação resinoso testadas, assim como os dados de GC obtidos neste estudo.

As diferenças encontradas nos resultados para o GC e resistência de união deste estudo podem ser provavelmente devido à diferença nas espessuras da cerâmica avaliada (2 e 2,5 mm) e pela utilização do adesivo simplificado Excite DSC. Este adesivo possui baixo pH (2,3) e a camada mais superficial que não polimeriza devido à inibição pelo oxigênio permanece com grande quantidade de monômeros ácidos. Desta forma, o agente de fixação resinoso, em contato com o adesivo, tem as suas aminas terciárias inibidas. A reação química consome essas aminas, retardando seu desempenho como acelerador na reação de cura, resultando em um deficiente GC e significativa redução na resistência de união.

Finalmente, o tempo de fotoativação também influenciou a resistência de união para os grupos da cerâmica mais clara (0M1). Quanto maior o tempo de exposição, maiores os valores de resistência de união para cada cor do agente de fixação resinoso (Tabela 13). Para a cerâmica de cor 5M3, todos os cp fotoativados por 20 s e a maioria dos cp

fotoativados por 40 s falharam antes do teste, confirmando a influência do baixo nível de conversão dos monômeros na resistência de união entre a cerâmica com alto croma e a dentina.

Portanto, pode ser concluído que o tempo de irradiação proposto pelos fabricantes quando este estudo foi realizado está inapropriado, visto que não deveria ser o mesmo tempo para todas as situações clínicas. Nesta investigação, para os grupos da cerâmica mais escura a %GC variou de 10,70% a 23,76%. Adicionalmente, aumentando o tempo de fotoativação para 150 s (Figura 23), o agente de fixação resinoso de cor A3 Amarelo fotoativado sob o bloco cerâmico de cor 5M3 exibiu 39,8% de GC.

O agente de fixação resinoso de dupla ativação deveria ser capaz de atingir dureza adequada através do componente químico para prover adequada polimerização do agente de fixação nas áreas onde a luz proveniente da fotoativação fosse inacessível. No entanto, tem sido notado que o componente responsável pela ativação química não é suficiente para prover alta dureza (el-Mowafy et al., 1999; Darr; Jacobsen, 1995; el-Badrawy; el-Mowafy, 1995). Este fato está em concordância com os resultados deste estudo em que foi observado que os grupos da cerâmica de cor 5M3 promoveram valores extremamente baixos de %GC e de resistência de união, assim como também apresentaram os valores mais baixos dentre as condições experimentais avaliadas. Baseado nestes achados, o agente de fixação resinoso de dupla ativação Variolink II não deve ser utilizado sob restaurações de cerâmica Vita VM7 na cor 5M3.

A análise das superfícies fraturadas sob microscópio óptico e MEV demonstrou principalmente falhas mistas entre a cerâmica e o agente de fixação resinoso para os grupos da cerâmica de cor 0M1. Para os grupos da cerâmica de cor 5M3, a maioria das falhas foi do tipo adesiva entre a cerâmica e o agente de fixação (Tabela 16). A grande maioria das falhas adesivas dos grupos da cerâmica de cor 5M3 (Figuras 30 e 32) é justificada pelo fato de ter ocorrido falhas pré-maturas em todos os cp fotoativados por

20 s sob esta cerâmica. Não foi observada falha adesiva entre a dentina e o agente de fixação. Este achado pode ser explicado devido ao fato de que a interface adesiva mais fraca corresponde à interface entre a cerâmica e o agente de fixação. Em relação às falhas coesivas, Dündar et al. (2007) não detectaram falha coesiva na cerâmica, evento compatível com este estudo. Em adição, foram observadas 4 falhas coesivas na dentina e 5 no agente de fixação resinoso (Figura 31). Um estudo de análise de elementos finitos foi realizado por Phrukkanon et al. (1998) e revelaram que a concentração da tensão se localiza nos pontos periféricos e na área central. Isso explica a predominância de falhas do tipo mista neste estudo (Figuras 26, 27, 28, 29, 33), onde a cerâmica ou o agente de fixação tendem a permanecer unidos na interface de união. O teste de microtração promove uma alta incidência de falhas adesivas ou mistas em relação aos outros testes de resistência de união, que produzem uma alta incidência de falhas coesivas (Dündar et al., 2007). Neste experimento, todas as falhas ocorreram na zona adesiva, validando os valores de resistência de união.

Sabe-se que quando ocorre uma falha na área adesiva, o material na ponta da trinca deforma-se plasticamente ao redor desta. A relação entre a trinca e o tamanho da zona plástica determina o processo de fratura. A fractografia, apesar de não ter sido realizada neste estudo, e a análise das regiões onde a fratura se iniciou poderiam ser consideradas nas investigações de resistência de união, fornecendo informações importantes a respeito do processo de fratura (Della Bona et al., 2007).

Com base nestes achados, a %GC demonstrou que a luz proveniente da fotoativação é completamente bloqueada pela restauração indireta com alto croma com espessura de 2,5 mm. Um período de fotoativação estendido e a unidade de fotoativação utilizada (900 mw/cm^2) não foi suficiente para atingir adequada cura do agente de fixação resinoso sob a cerâmica feldspática de cor 5M3, porém mais estudos são necessários para estabelecer quais as cores da cerâmica que poderiam ser utilizadas com o agente de fixação resinoso de dupla ativação.

Portanto, o agente de fixação resinoso testado pode demonstrar inadequada resistência de união quando a luz não o atingir, como nos casos de cimentação de retenções intra-radiculares, restaurações metalocerâmicas, cerâmicas feldspáticas escuras ou restaurações opacas de cerâmica pura ou ainda *inlays* com espessura aumentada. Adicionalmente, um aumento do tempo de fotoativação foi utilizado neste estudo para a cerâmica mais escura e não resultou em uma adequada %GC; no entanto, os valores de resistência de união aumentaram para a cerâmica mais clara quando o tempo de fotoativação foi dobrado. Baseado nestes achados, outros estudos são necessários a fim de prever o tempo de exposição de um agente de fixação resinoso de dupla ativação sob determinadas cores da cerâmica. Desta forma, o desempenho clínico destes materiais não estaria comprometido, visto que diminuiria o grau de deterioração destes durante o seu uso clínico, especialmente logo após o procedimento de cimentação.

7 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos, concluiu-se que:

- Para as duas espessuras da cerâmica Vita VM7 (2 e 2,5 mm), o aumento no croma diminuiu significativamente a translucidez da cerâmica;
- o aumento no croma da cerâmica Vita VM7 diminuiu significativamente o grau de conversão do agente de fixação de dupla ativação sob a cerâmica com 2 mm de espessura e diminuiu a resistência de união da dentina cimentada à cerâmica feldspática com 2,5 mm de espessura;
- o grau de conversão não foi afetado pela cor do agente de fixação resinoso de dupla ativação com 100 µm de espessura, porém a resistência de união foi reduzida quando o agente de fixação A3 Amarelo foi utilizado;
- os tempos de fotoativação avaliados (20 e 40 s) do agente de fixação Variolink II promoveram baixa resistência de união da dentina cimentada à cerâmica feldspática com 2,5 mm de espessura e não apresentou diferença no grau de conversão do agente de fixação sob as cerâmicas de cor 0M1, 2M2 e 5M3 com 2 mm de espessura.

8 REFERÊNCIAS*

Aguiar FH, Lazzari CR, Lima DA, Ambrosano GM, Lovadino JR. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. *Braz Oral Res.* 2005;19(4):302-6.

Alvim HH, Alecio AC, Vasconcellos WA, Furlan M, de Oliveira JE, Saad JR. Analysis of camphorquinone in composite resins as a function of shade. *Dent Mater.* 2007;23(10):1245-9.

Al-Assaf K, Chakmakchi M, Palaghias G, Karanika-Kouma A, Eliades G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentin. *Dent Mater.* 2007;23(7):829–39.

Amaral R, Özcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: The effect of surface conditioning. *Dent Mater.* 2006;22(3):283-90.

Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura K, Ikeda M, Foxton RM, et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dent Mater.* 2010;26(11):1090-7.

Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent.* 2009;101(2):128-36.

Arrais CA, Rueggeberg FA, Waller JL, de Goes MF, Giannini M. Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems. *J Dent.* 2008;36(6):418-26.

* Baseado em:

International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [homepage na Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [disponibilidade em 2008 ago; citado em 25 ago.] Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

Ayad MF, Fahmy NZ, Rosenstiel SF. Effect of surface treatment on roughness and bond strength of a heat-pressed ceramic. *J Prosthet Dent*. 2008;99(2):123-30.

Barath VS, Faber FJ, Westland S, Niedermeier W. Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Adv Dent Res*. 2003;17:55–60.

Barghi N, McAlister EH. LED and halogen lights: effect of ceramic thickness and shade on curing luting resin. *Compend Contin Educ Dent*. 2003;24(7):497-500, 502, 504.

Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L. Effect of Surface Treatments on the Resin Bond to Zirconium-Based Ceramic. *Int J Prosthodont*. 2005;18(1):60-5.

Braga RR, Ballester RY, Carrilho MR. Pilot study on the early shear strength of porcelain-dentin bonding using dual-cure cements. *J Prosthet Dent*. 1999;81(3):285-9.

Braga RR, Ballester RY, Daronch M. Influence of time and adhesive system on the extrusion shear strength between feldspathic porcelain and bovine dentin. *Dent Mater*. 2000;16(4):303-10.

Brentel AS, Özcan M, Valandro LF, Alarça LG, Amaral R, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dent Mater*. 2007;23(11):1323-31.

Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res*. 1980;59(1):70-5.

Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Influence of irradiant energy on degree of conversion, polymerization rate and shrinkage stress in an experimental resin composite system. *Dent Mater*. 2008;24(9):1164-8.

Cardash HS, Baharav H, Pilo R, Ben-Amar A. The effect of porcelain color on the hardness of luting composite resin cement. *J Prosthet Dent*. 1993;69(6):620-3.

Ceballos L, Fuentes MV, Tafalla H, Martínez A, Flores J, Rodríguez J. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2009;14(1):E51-6.

Cesar PF, Miranda Jr WG, Braga RR. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent*. 2001;86(3):289-96.

Cook WD, Standish PM. Cure of resin based restorative materials. II. White light photopolymerized resins. *Aust Dent J*. 1983;28(5):307-11.

Darr AH, Jacobsen PH. Conversion of dual cure luting cements. *J Oral Rehabil*. 1995;22(1):43-7.

Davidson-Kaban SS, Davidson CL, Feilzer AJ, Gee AJ, Erdilek N. The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *Dent Mater*. 1997;13(6):344-52.

Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky Jr JJ. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater*. 2003;19(8):693-9.

Della Bona A, Rosa V, Cecchetti D. Influence of shade and irradiation time on the hardness of composite resins. *Braz Dent J*. 2007;18(3):231-4.

DeWald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res*. 1987;66(3):727-30.

Dong CC, McComb D, Anderson JD, Tam LE. Effect of mode polymerization of bonding agent on shear bond strength of autocured resin composite luting cements. *J Can Dent Assoc*. 2003;69(4):229-34.

Dündar M, Özcan M, Gökçe B, Cömlekoğlu E, Leite F, Valandro LF. Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. *Dent Mater*. 2007;23(5):630-6.

el-Badrawy WA, el-Mowafy OM. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. *J Prosthet Dent*. 1995;73(6):515-24.

el-Mowafy OM, Rubo MH, el-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Oper Dent*. 1999;24(1):38-44.

El Zohairy AA, De Gee AJ, Mohsen MM, Feilzer AJ. Microtensile bond strength testing of luting cements to prefabricated CAD/CAM ceramic and composite blocks. *Dent Mater*. 2003;19(7):575-83.

Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc*. 2002;133(4):429-34.

Feng L, Carvalho R, Suh BI. Insufficient cure under the condition of high irradiance and short irradiation time. *Dent Mater*. 2009;25(3):283-9.

Groten M, Probst L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crowns. *Int J Prosthodont*. 1997;10(2):169-77.

Hammesfahr PD, O'Connor MT, Wang X. Light-curing technology: past, present, and future. *Compend Contin Educ Dent*. 2002;23(3):18-24.

Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy dependent polymerization of resin-based composite. *Dent Mater*. 2002;18(6):463-9.

Harashima I, Nomata T, Hirasawa T. Degree of conversion of dual cured composite luting agents. *Dent Mater J*. 1991;10(1):8-17.

Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements

regarding flexural strenght, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil.* 2001;28(11):1022-8.

Ilie N, Hickel R. Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dent Mater.* 2008;24(7):908-14.

Jung H, Friedl KH, Hiller KA, Furch H, Bernhart S, Schmalz G. Polymerization efficiency of different photocuring units through ceramic discs. *Oper Dent.* 2006;31(1):68-77.

Jung H, Friedl KH, Hiller KA, Haller A. Curing efficiency of different polymerization methods through ceramic restorations. *Clin Oral Invest.* 2001;5(3):156-61.

Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Early bond strength durability of bond between a ceramic material and chemically-cured or dual-cured resin luting agent. *Am J Dent.* 2001;14(2):85-8.

Kanca J. The effect of thickness and shade on the polymerization of light-activated posterior composite resins. *Quintessence Int.* 1986;17(12):809-11.

Kitasako Y, Burrow MF, Nikaido T, Harada N, Inokoshi S, Yamada T, et al. Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. *Dent Mater.* 1995;11(5):298-304.

Koch A, Kroeger M, Hartung M, Manetsberger I, Hiller KA, Schmalz G, et al. Influence of ceramic translucency on curing efficacy of different light-curing units. *J Adhes Dent.* 2007;9(5):449-62.

Koishi Y, Tanoue N, Atsuta M, Matsumura H. Influence of visible-light exposure on colour stability of current dual-curable luting composites. *J Oral Rehabil.* 2002;29(4):387-93.

Leite FPP. Efeito do tempo de condicionamento e da limpeza em aparelho sônico do precipitado do ácido fluorídrico sobre resistência de união entre

uma cerâmica feldspática e um cimento resinoso [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos (SP): UNESP - Univ Estadual Paulista; 2005.

Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Microtensile bond strength of a repair composite to leucite-reinforced feldspathic ceramic. *Braz Dent J*. 2007;18(4):314-9.

Myers ML, Caughman WF, Rueggeberg FA. Effect of restoration composition, shade, and thickness on the cure of a photoactivated resin cement. *J Prosthodont*. 1994;3(3):149-57.

Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. São Paulo: Quintessence; 2000. 127p.

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.

Osorio R, Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Osorio E, Aguilera FS, Tay FR, et al. Resistance of ten contemporary adhesives to resin-dentine bond degradation. *J Dent*. 2008;36(2):163-9.

Ozyesil AG, Usumez A, Gunduz B. The efficiency of different light sources to polymerize composite beneath a simulated ceramic restoration. *J Prosthet Dent*. 2004;91(2):151-7.

Papazoglou E, Rahiotis C, Kakaboura A, Loukidis M. Curing efficiency of a photo- and dual-cured resin cement polymerized through 2 ceramics and a resin composite. *Int J Prosthodont*. 2006;19(1):34-6.

Passos SP. Influência da aplicação de um adesivo na durabilidade de união entre uma cerâmica feldspática e um cimento resinoso [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos (SP): UNESP - Univ Estadual Paulista; 2007a.

Passos SP, Özcan M, Vanderlei AD, Leite FP, Kimpara ET, Bottino MA. Bond strength durability of direct and indirect composite systems following surface conditioning for repair. *J Adhes Dent*. 2007b;9(5):443-7.

Peixoto RT, Paulinelli VM, Sander HH, Lanza MD, Cury LA, Poletto LT. Light transmission through porcelain. *Dent Mater*. 2007;23(11):1363-8.

Peters AD, Meiers JC. Effect of polymerization mode of a dual-cured resin cement on time-dependent shear bond strength to porcelain. *Am J Dent*. 1996;9(6):264-8.

Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dent Mater*. 1998a;14(2):120-8.

Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater*. 1998b;14(3):212-21.

Rasetto FH, Driscoll CF, Prestipino V, Masri R, von Fraunhofer JA. Light transmission through all-ceramic dental materials: a pilot study. *J Prosthet Dent*. 2004;91(5):441-6.

Reis A, Pellizzaro A, Dal-Bianco K, Gones OM, Patzlaff R, Loguercio AD. Impact of adhesive application to wet and dry dentin on long-term resin-dentin bond strengths. *Oper Dent*. 2007;32(4):380-7.

Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jr JW, Davis HC. A predictive model for the polymerization of photo-activated resin composites. *Int J Prosthodont*. 1994;7(2):159-66.

dos Santos GB, Alto RV, Filho HR, da Silva EM, Fellows CE. Light transmission on dental resin composites. *Dent Mater*. 2008;24(5):571-6.

Shono Y, Terashita M, Shimada J, Kozono Y, Carvalho RM, Russel CM, et al. Durability of resin-dentin bond. *J Adhes Dent*. 1999;1(3):211-8.

Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil.* 2005;32(12):906-11.

Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater.* 2000;16(4):292-6.

Soares CJ, da Silva NR, Fonseca RB. Influence of the feldspathic ceramic thickness and shade on the microhardness of dual resin cement. *Oper Dent.* 2006;31(3):384-9.

Stavridakis MM, Kakaboura AL, Krejci I. Degree of remaining C=C bonds, polymerization shrinkage and stresses of dual-cured core build-up resin composites. *Oper Dent.* 2005;30(4):443-52.

Strang R, McCrosson J, Muirhead GM, Richardson SA. The setting of visible-light-cured resins beneath etched porcelain veneers. *Br Dent J.* 1987;163(5):149-51.

Tanoue N, Koishi Y, Matsumura H, Atsuta M. Curing depth of different shades of a photo-activated prosthetic composite material. *J Oral Rehabil.* 2001;28(7):618-23.

Tezvergil-Mutluay A, Lassila LV, Vallittu PK. Degree of conversion of dual-cure luting resins light-polymerized through various materials. *Acta Odontol Scand.* 2007;65(4):201-5.

Tsai PC, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater.* 2004;20(4):364-9.

Uctasli S, Hasanreisoglu U, Wilson HJ. The attenuation of radiation by porcelain and its effect on polymerization of resin cements. *J Oral Rehabil.* 1994;21(5):565-75.

Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater.* 2004;20(1):80-7.

Valandro LF, Ozcan M, Amaral R, Passos SP, Bottino MA. Does the bonded cross-sectional surface area affect the microtensile bond strength of resin cement to glass-ceramic? *Minerva Stomatol.* 2008;57(10):497-504.

van Noort R, Cardew G, Howard IC, Noroozi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *J Dent Res.* 1991;70(5):889-93.

Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. *Dent Mater.* 2009;25(9):1104-8.

Watts DC, Cash AJ. Analysis of optical transmission by 400-500 nm visible light into aesthetic dental biomaterials. *J Dent.* 1994;22(2):112-7.

Witzel MF, Braga RR, Singer Jde M, Azevedo CL. Bond strength between polymer resin-based cement and porcelain-dentin surfaces: influence of polymerization mode and early cyclic loading. *Int J Prosthodont.* 2003;16(2):145-9.

Yearn JA. Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int Dent J.* 1985;35(3):218-25.

ANEXO A – Certificado do comitê de ética em pesquisa

  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
Av. Eng. Francisco José Longo, 777 – Jd. São Dimas
CEP 12201-970 – F. (12) 3947-9028
Fax (12) 3947-9010 / sucly@fosjo.unesp.br

 CERTIFICADO
Comitê de Ética em Pesquisa
Envolvendo Seres Humanos

CERTIFICAMOS, que o protocolo nº **097/2007-PH/CEP**, sobre “**Efeito da cor de uma cerâmica, do tempo de fotoativação e da cor de um cimento resinoso na durabilidade de união entre a dentina e uma cerâmica feldspática**”, sob a responsabilidade de **SHEILA PESTANA PASSOS**, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa, envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado por este Comitê de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 10 de dezembro de 2007.



Profa. Dra. Suely Carvalho Mutti Naressi
Coordenadora do CEP/HUMANOS/FOSJC

Passos SP. Bonding and conversion degree: effect of ceramic and resin luting agent [thesis]. São José dos Campos: School of Dentistry of São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2010.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the translucency of different ceramic shades, degree of conversion of different resin cement and the bond strength between a feldspathic ceramic and dentin using different resin cement and ceramic shades, and the activation time. The hypothesis is the darker the resin cement and ceramic, lower the translucency; the lower the degree of monomers conversion, lower the bond strength, then the activation time should be higher. Three discs of Vita VM7 ceramic with 20 x 2 mm and shades: Base Dentine 0M1, Base Dentine 2M2 and Base Dentine 5M3, and two discs with 20 x 2.5 mm of the same ceramic and shades: Base Dentine 0M1 and Base Dentine 5M3 were used to determine the translucency percentage of each sp using the MiniScan spectrophotometer. For measure the degree of conversion (DC), the resin cement (Variolink II; A3 Yellow and transparent) specimens (thickness: 100 μ m) were photocured under a ceramic block (2mm-thick; Base Dentine 0M1, Base Dentine 2M2 and Base Dentine 5M3) for 20 or 40 s. Specimen photocured without the ceramic block were used as control. Sixteen groups (n=3) were evaluated. Micro-ATR/FTIR spectrometry was used to evaluate the extent of polymerization of all sp after 24 h. The %DC was calculated and the data were analyzed using ANOVA 1-way and Tukey test ($\alpha=0,05$). For the microtensile bond strength test, the occlusal dentin surface of eighty molars were exposed and etched with 37% phosphoric acid and an adhesive (Excite DSC) was applied. Eighty blocks (7.2 x 7.2 x 2.5 mm) of Base Dentine 0M1 and Base Dentine 5M3 of Vita VM7 ceramic were produced according to the manufacturers. The ceramic surface was etched with 10% hydrofluoric acid for 60 s, followed by the application of a silane agent and a dual-cured resin cement (Variolink II; base and catalyst: A3 Yellow; base and catalyst: transparent), according to the manufacturers' recommendations. Ceramic blocks of each shade were cemented to the treated dentin using either A3 or transparent shade cement. The sp were light activated for 20 or 40 s. The sp were stored in distilled water (37°C) for 24 h and then sectioned to obtain non-trimming bar-shaped specimens (adhesive area: ± 1 mm²). Eight experimental groups were obtained (n=46). The specimens were submitted to microtensile bond strength testing in a universal testing

machine (cross-head speed: 0.5 mm/min). Data were statistically analyzed using ANOVA and Tukey's post-hoc tests ($\alpha \leq 0.05$). The translucency percentages of 0M1, 2M2 and 5M3 ceramics with 2mm-thick were 12.41(1.02)%, 5.75(1.91)% and 1.07(0.03)%, respectively. For the ceramics with 2.5mm-thick were: 10.06(0.25)% and 1.34(0.02)%, respectively. The %DC of both resin cement shades cured under ceramic 5M3 was significantly lower than the other groups ($p < 0.05$). For the ceramic shade 5M3, the lowest MTBS values were observed. Photocuring under the ceramic showed that the increase in chroma saturation significantly decreased Variolink II resin cement DC and the bond strength between the ceramic and dentin.

Keywords: Degree of conversion. FTIR. Microtensile. Ceramic. Resin cement.