

JULIANA MARIA CORREIA DE SOUZA VIEIRA

**AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA DE TRÊS CIMENTOS RESINOSOS  
FOTOPOLIMERIZADOS POR *LED* COM A INTERPOSIÇÃO DE TRÊS  
BARREIRAS DE DIFERENTES ESPESSURAS**

Campo Grande  
2013

JULIANA MARIA CORREIA DE SOUZA VIEIRA

**AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA DE TRÊS CIMENTOS RESINOSOS  
FOTOPOLIMERIZADOS POR *LED* COM A INTERPOSIÇÃO DE TRÊS  
BARREIRAS DE DIFERENTES ESPESSURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia nível de Mestrado da Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof, Dr. José Luiz Guimarães de Figueiredo.

Campo Grande  
2013

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Juliana Maria Correia de Souza Vieira

### **AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA DE TRÊS CIMENTOS RESINOSOS FOTOPOLIMERIZADOS POR *LED* COM A INTERPOSIÇÃO DE TRÊS BARREIRAS DE DIFERENTES ESPESSURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia nível de Mestrado da Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Resultado\_\_\_\_\_

Campo Grande (MS), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

#### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Luiz Guimarães de Figueiredo  
Instituição: FAODO-UFMS

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Benicia Carolina I. Ribeiro  
Instituição: FAODO-UFMS

---

Prof. Dr. André Afif Elossais  
Instituição: UNIGRAN

Dedico este trabalho ao meu maior presente que pude receber em toda minha vida, minha filha Lara Maria, ela que sempre esteve ao meu lado, “me acompanhou nas aulas”, ainda dentro de mim. Uma das responsáveis pela busca do meu aprimoramento. Obrigada por dividir seu tempo com meus estudos. Nesse tempo que passei por aqui almejava sair com um título, o de mestre, mas Deus me concedeu um mais importante ainda, o de ser mãe, obrigada Senhor por este presente.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao Deus todo poderoso que me permitiu enfrentar essa caminhada e que tem me sustentado até aqui, pois sem o apoio Dele, nada eu teria conseguido.

Aos meus pais, pessoas iluminadas que me apoiaram em tudo, sempre me incentivando em amor, amizade e paternidade, pai (Celso), você é meu mestre, obrigada pelos seus ensinamentos e toda dedicação. Minha mãezinha Cidinha, a sua força e seu incentivo me fez chegar até aqui, obrigada pelo seu amor e por suas orações. Vocês foram essenciais, foram e sempre serão meu porto seguro. Amo vocês.

Ao meu esposo Rodrigo, meu companheiro de todas as horas e todas as situações, que sempre esteve comigo. Foram muitos meses de sacrifícios em prol de uma causa, mas você sempre presente.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Luiz Guimarães de Figueiredo pelos ensinamentos transmitidos.

À minha co-orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Benícia, uma amiga que descobri nessa caminhada, obrigada pelos conselhos, por me mostrar a aleatoriedade da vida e, principalmente, por me ensinar conceitos; não odontológicos ou estatísticos, mas, sim, de como devo ser um ser humano melhor.

Ao Prof. Dr. Pedro Gregol pelo grande amigo que demonstrou ser em toda essa caminhada, obrigada pelas orientações e todo apoio.

Aos meus queridos amigos, venho expressar minha imensa gratidão, por terem me confortado nos momentos de angústia, das altas madrugadas em claro, me auxiliando e me confortando. Agradeço a colega Cristiane por toda dedicação, a minha amiga Flaviane pela sua amizade em todo decorrer do curso e nas pesquisas, você ficará por toda vida.

A todos os professores da FAODO/UFMS, que me auxiliaram nessa caminhada, elucidando caminhos para que eu pudesse prosseguir. As amigas, Edna, Vera e Nora, pelo companheirismo sempre, obrigada por tudo.

E por fim à minha família: Celso Fabrício, Danielle, Stéphanie Lara, Mariah Eduarda e Enzo Fabrício. A minha vózinha que mesmo sem entender o motivo de toda dedicação, com seu amor me conforta. Vocês foram e sempre serão meu maior motivo, obrigado por acreditarem em mim, obrigado por entenderem a minha caminhada e minhas escolhas, pois sem o amor de vocês eu não teria conseguido. Amo vocês.

E pra finalizar, ao meu anjo protetor, a minha irmãzinha Larinha (*in memoriam*), que me protege, me conforta e me guia SEMPRE!!!

“Educação não transforma o mundo. Educação muda  
pessoas. Pessoas transformam o mundo.”

*Paulo Freire*

## RESUMO

VIEIRA, JMCS. **Avaliação da Microdureza de Três Cimentos Resinosos Fotopolimerizados por LED com a Interposição de Barreiras de Diferentes Espessuras.** Campo Grande; 2013. [Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul].

Neste trabalho de pesquisa avaliou-se através de testes o grau de microdureza de três cimentos resinosos: C1-Variolink<sup>TM</sup> Veneer; C2-Variolink<sup>TM</sup> II e; C3-RelyX<sup>TM</sup> ARC, fotopolimerizados através da interposição de barreiras confeccionadas com diferentes espessuras, utilizados em restaurações estéticas indiretas. Foram confeccionados vinte e quatro corpos-de-provas para cada marca de cimento, divididos em quatro grupos, segundo o tipo de barreira utilizada na interposição durante a sua fotopolimerização: SB-Sem barreira; B1 / Cerâmica *e.max* CAD/CAM 1,2mm; B2 / Cerâmica *e.max* CAD/CAM 1,0mm e; B3 / Cerâmica *e.max* CAD/CAM 0,7mm. A fotopolimerização foi realizada com luz LED Bluephase e as medidas foram realizadas em dois períodos: imediato e sete dias após a polimerização, com um Microdurômetro HMV-2000 Shimadzu-Japan, sob cargas de 50gf durante 15s, cujos valores de microdureza foram obtidos em HV. Foram realizadas quatro leituras de cada ensaio, num total de 144 ensaios e, no final, foram calculadas as médias das mesmas. As médias restantes foram submetidas à ANOVA Fatorial e teste de *Tukey* HSD. Os valores médios das microdurezas sete dias após a polimerização foram superiores aos valores médios das microdurezas imediatamente após a polimerização. O cimento RelyX ARC teve os maiores valores de microdureza nos dois períodos de avaliação, com maior valor absoluto sem a interposição de barreira. O cimento Variolink Veneer obteve o menor valor da microdureza com a interposição das barreiras, com medição imediatamente após a polimerização. Os instantes de medição e o tipo de cimento interferiram nos valores das microdurezas, já a interposição de barreiras dos diversos materiais disponíveis durante a fotopolimerização de cimentos resinosos não interferiram significativamente nos valores das microdurezas dos mesmos.

**Palavras-chave:** Cimento resinoso, Cerâmica dentária, Microdureza.

## ABSTRACT

VIEIRA, JMCS. **Microhardness Evolution of three Resin Cements Photoactivated Dual With Different Different Thicknesses Interposer Barriers.** Campo Grande; 2013. [Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul].

This research evaluated testing the degree of hardness of three curing resin cements: C1 – Variolink™ Veneer, C2 – Variolink™ II; C3-RelyX™ ARC, light cured by interposing barriers made from different materials used in indirect restorations. Twenty-four test samples for each brand of cement was made divided into four groups according to the type of barrier used in lodging during their curing: SB-No barrier; B1- *e.max* CAD/CAM ceramic 1,2mm; *e.max* CAD/CAM ceramic 1,0mm and B2-, B3 - *e.max* CAD/CAM ceramic 0,7mm. The polymerization was carried out with LED light bluephase and measurements were taken in two periods: immediate and seven days after polymerization with a microdurometer HMV-2000 Shimadzu-Japan under loads 50gf over 15s whose microhardness values were obtained in HV. Four readings were performed, a total of 144 trials and, in the end, we calculated the average of the same. The average remaining were subjected to factorial ANOVA and Tukey HSD test. The average values of microhardness seven days after polymerization were higher than the average of microhardness immediately after polymerization. The RelyX™ ARC showed higher values of microhardness in both evaluation periods, with greater absolute value without interposing barrier. The cement Variolink™ Veneer had the lowest value of microhardness with the interposition of the barrier resin composite with measurement immediately after polymerization. The instants of measurement and type of cement affect the values of microhardness, since the filing of barriers of various materials available during the curing resin cements dual no significant influence on the microhardness values of the same.

**Keywords:** Resin cement, Dental ceramic, Microhardness.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores das médias e dos Desvios-Padrão (DP) dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1.....	42
Tabela 2	Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1.....	44
Tabela 3	Valores das médias e dos desvios-padrão dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, no período 1.....	45
Tabela 4	Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, no período 1.....	47
Tabela 5	Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, no período 1.....	47
Tabela 6	Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, no período 1.....	49
Tabela 7	Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 2.....	50
Tabela 8	Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 2.....	51
Tabela 9	Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, no período 2.....	53
Tabela 10	Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, no período 2.....	55
Tabela 11	Resultados do teste de Levene para verificação das igualdades de variâncias.....	57
Tabela 12	Resultados da ANOVA Fatorial dos valores da micro_01 (variável dependente) e dos fatores período, barreira e cimento (variáveis independentes).....	58
Tabela 13	Médias aritméticas da microdureza nos períodos 1 e 2.....	59
Tabela 14	Médias aritméticas da microdureza relativas aos três cimentos utilizados, períodos 1 e 2 com e sem a interposição de barreiras.....	59

Tabela 15	Resultados do teste post hoc de Tukey HSD para a variável cimento, com efeitos sobre a variável dependente microdureza.....	59
Tabela 16	Resultados da ANOVA Fatorial Total dos valores da microdureza (variável dependente) e dos fatores período, cimento e barreira (variáveis independentes).....	60

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Características físico-químicas e fabricante dos cimentos utilizados.....	31
Quadro 2	Características do aparelho fotoativador de resinas.....	33
Quadro 3	Características físico químicas das barreiras interpostas à fotopolimerização.....	33
Quadro 4	Características dos aparelhos para a determinação da microdureza.....	35
Quadro 5	S Resultados do teste <i>Post Hoc</i> de Tukey HSD das diferenças entre as médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1.....	44
Quadro 6	Resultados do teste <i>Post Hoc</i> de Tukey HSD das diferenças entre as médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3 no período 2.....	52
Quadro 7	Relação de fatores e número de medidas das microdurezas de cada um dos três cimentos analisados.....	57
Quadro A1	Leituras das microdurezas (HV) dos corpos-de-provas do cimento C1 sem barreira SB e com as três barreiras B1, B2 e B3, no período 1.....	69
Quadro A2	Leituras das microdurezas (HV) dos corpos-de-provas do cimento C2 Sem barreira SB e com as três barreiras B1, B2 e B3, no período 1.....	69
Quadro A3	Leituras das microdurezas (HV) dos corpos-de-provas do cimento C3 sem barreira SB e com as três barreiras B1, B2 e B3, no período 1.....	70
Quadro A4	Resultados das médias e desvios-padrão relativos aos dois períodos da experimentação aos três cimentos utilizados, sem a utilização de barreiras e com as três barreiras utilizadas.....	70
Quadro A5	Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos com o cimento C1, com um grupo controle C1SB e três barreiras C1B1, C1B2 e C1B3, o período 1, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.....	71
Quadro A6	Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C2, o grupo controle C2SB e três barreiras C2B1, C2B2 e C2B3 no período1, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.....	72
Quadro A7	Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C3, o grupo controle C3SB e três barreiras C3B1, C3B2 e C3B3 no período 1, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.....	73

Quadro A8	Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C1,o grupo controle C1SB e três barreiras C1B1, C1B2 e C1B3 no período 2, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.....	74
Quadro A9	Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C2, o grupo controle C2SB e três barreiras C2B1, C2B2 e C2B3 no período 2, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.....	75
Quadro A10	Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C3, o Grupo controle C3SB e três barreiras C3B1, C3B2 e C3B3, no período 2, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.....	76
Quadro A11	Número de ordem, valores ordinais das variáveis período, cimento e barreira e médias aritméticas correspondentes da variável dependente, relativo ao período 1.....	77
Quadro A12	Número de ordem, valores ordinais das variáveis período, cimento e barreira e médias aritméticas correspondentes da variável dependente, elativo ao período 2.....	78

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Cimentos resinosos utilizados.....	32
Figura 2 -	Aparelho fotoativador.....	32
Figura 3 -	Programa High Power.....	32
Figura 4 - A/B	Máquina de corte.....	34
Figura 5 -	Paquímetro digital.....	34
Figura 6	Cerâmicas posicionadas.....	35
Figura 7	Programa e.max CAD/CAM.....	35
Figura 8	Sinterização.....	35
Figura 9	Cerâmica sinterizada.....	35
Figuras 10 - A/B/C	Confecção dos corpos-de-prova.....	37
Figura 11 -	Edentações.....	37
Figura 12 -	Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1.....	43
Figura 13 -	Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3.....	46
Figura 14 -	Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e CeB3.....	48
Figura15 -	Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 2.....	50
Figura16 -	Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3.....	53
Figura 17 -	Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e CeB3.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANOVA	Analysis of variance (Análise de Variância)
CAD/CAM	Computer Aided Designing/Computer Aided Machining
F	Estatística do Teste (F= Variância explicada/Variância não explicada)
gl	Grau de Liberdade
HSD	Honestly Significant Difference (Diferença Honestamente Significativa)
HV	Hardness Vickers
IOPG	Pós Graduação em Odontologia/Campo Grande - MS,
LED	Light Emiting Diode (Diodo Emissor de Luz)
mm	milímetro
mW/cm <sup>2</sup>	miliwatts por centímetro quadrado
P	Nível de significância
PTFE	politetrafluoretileno
QM	Quadrado Médio
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (Software Estatístico)
SQ	Soma dos Quadrados

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3 OBJETIVOS.....	30
3.1 Objetivo geral.....	30
3.2 Objetivo específico.....	30
4 MATERIAIS E MÉTODO.....	31
4.1 Materiais e Método .....	31
4.1.1 Cimento resinoso.....	31
4.1.2 Aparelho fotoativador.....	32
4.1.3 Barreiras.....	33
4.1.4 Microdurômetro digital.....	35
4.1.5 Obtenção dos corpos-de-provas.....	36
4.2 Método.....	38
4.2.1 Delineamento experimental.....	38
4.3 Análise estatística.....	39
5 RESULTADOS.....	41
5.1 Análises estatísticas relativas ao período 1.....	42
5.2 Análises estatísticas relativas ao período 2.....	49
5.3 Análises estatísticas relativas aos períodos 1 e 2 .....	56
6 DISCUSSÃO.....	61
7 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICES.....	69

## 1 INTRODUÇÃO

As restaurações estéticas indiretas têm sido utilizadas no sentido de sanar problemas decorrentes de restaurações diretas utilizando resinas compostas apresentarem desgastes excessivos, infiltrações, contração de polimerização e microinfiltração, podendo comprometer de sobremaneira a longevidade da restauração, e ainda provocar uma grande sensibilidade pós-operatória. O interesse dos pacientes por restaurações estéticas indiretas tanto de dentes anteriores quanto posteriores tem gerado uma atenção especial por novas técnicas e de materiais restauradores (VARJÃO et al., 2004).

Assim, novas técnicas para as restaurações estéticas indiretas foram introduzidas no mercado. Os cimentos resinosos vêm se aprimorando com esse desenvolvimento de cimentação resinosa adesiva para restaurações estéticas. Esses cimentos, em associação com outros materiais restauradores estéticos indiretos, como a cerâmica de diferentes cores e a resina contribuíram muito para a evolução de restaurações dentárias permitindo reproduzir a cor e a translucidez original do dente restaurado (MESQUITA et al., 2013).

É de fundamental importância que os cimentos resinosos utilizados para a fixação de restaurações indiretas alcancem o maior grau de polimerização possível, pois isso determinará seu sucesso e longevidade clínica. A polimerização inadequada pode levar à microinfiltração marginal em virtude de falhas adesivas e redução nas propriedades físicas e mecânicas.

As porcelanas são conhecidas pelo poder de reproduzir características que melhoram a estética das restaurações dentárias, e vêm sendo modificadas estruturalmente ao longo dos anos para adquirir resistência mecânica oferecendo a possibilidade de serem utilizadas livres de metal. As facetas laminadas de porcelana são próteses com indicação para dentes com apelos estéticos, podendo devolver forma e função através do recobrimento com material estético de dentes com alteração de forma, cor ou posição. Esse material permite, além da adesão ao esmalte e à dentina, facilidade de manipulação, e uma alta performance estética. Em relação à durabilidade da porcelana, esse fator vai depender de propriedades intrínsecas do material, e mesmo, da habilidade técnica na sua manipulação (VASCONCELOS et al., 2008).

A cimentação de restaurações indiretas representa uma etapa de grande importância clínica, pois os agentes cimentantes são responsáveis pela união entre o material restaurador indireto e a estrutura dental, sendo que sua escolha depende da situação clínica e do material a ser cimentado. Para Bernardo et al. (2008), os cimentos à base de resina têm demonstrado propriedades superiores, o que resultou em significativo aumento do sucesso clínico na fixação de *inlays*, *onlays* e próteses *metal-free*.

Segundo Prakki e Carvalho (2001), os cimentos resinosos devem apresentar valores adequados de dureza, resistência à fratura, compressão e a flexão, bem como às forças de cisalhamento, qualidades físicas essenciais para uma restauração odontológica, sendo indicados para a cimentação de restaurações metálicas, cerâmicas e pinos intracanaís dos mais variados tipos.

Os pesquisadores em materiais odontológicos procuram associar em um mesmo material a estética, a durabilidade e as qualidades físicas enumeradas no parágrafo anterior, destacando a porcelana como um material promissor que apresenta boas perspectivas nesse sentido. Com isso propicia uma série de pesquisas visando o melhoramento das restaurações odontológicas, para serem divulgadas nas revistas científicas da área (FONSECA et al., 2004). A demanda de pacientes em busca da estética nas restaurações fez com que os fabricantes desenvolvessem novas tecnologias adesivas e materiais estéticos mais resistentes, incluindo a porcelana, bastante utilizada em tratamento estético quanto para reabilitação oral.

Os cimentos resinosos são classificados em relação a sua ativação, podendo ser autopolimerizável (químico), fotopolimerizável (físico) e dual (ativação física e química). Desses, os cimentos de dupla polimerização parecem ser, atualmente, os mais populares, devido a sua capacidade de polimerizar tanto na presença como na ausência de luz, aliando, assim, vantagens inerentes tanto aos cimentos de polimerização química como aos fotopolimerizáveis. A extensão de reação de polimerização conhecida como grau ou efetividade de polimerização, é crucial por ditar muitas das propriedades físicas e mecânicas dos materiais resinosos (HILGERT et al., 2004).

Em restaurações dentárias, utilizando o cimento resinoso dual, uma parte da luz emitida pela fotopolimerização é absorvida pelo material restaurador, não

atingindo integralmente o material utilizado nas cimentações de peças protéticas. Nessas situações, áreas de cimento que receberam a intensidade da luz insuficiente para ativar as substâncias foto-sensíveis dependem de ativações químicas para garantir a polimerização, visto que uma polimerização eficiente de cimentos resinosos é essencial para a força, a retenção e a longevidade das restaurações (VALENTINO et al., 2010).

Portanto, para que estes materiais atinjam os objetivos para os quais foram desenvolvidos é fundamental que tanto a fotoativação, quanto a polimerização química, sejam efetivas. Por outro lado, estudos indicam que a ativação química por si só é insuficiente para cura dual de cimentos resinosos para alcançar conversão máxima em dureza, para desempenhar as suas propriedades mecânicas e biológicas de cimentos (BERNARDO et al., 2008).

A extensão da reação de polimerização, também conhecido como grau ou efetividade de polimerização, é muito importante para contribuir com importantes propriedades físicas e mecânicas dos materiais cerâmicos resinosos, como também, a composição, a espessura, a opacidade, e sombra da cerâmica pode atenuar a luz a partir da unidade de cura usados para polimerizar o cimento resinoso sob a restauração cerâmica (VALENTINO et al., 2010).

A polimerização fotoativada só foi possível com o advento de novos e potentes aparelhos que permitem a emissão de feixes de luzes com comprimentos de ondas ideais para favorecer a fotopolimerização, incluindo a distribuição do espectro, intensidade, tempo de exposição e distância do feixe de luz ao material resinoso (HILGERT et al., 2004).

O grau de polimerização dos materiais resinosos tem sido estudado por meio de diferentes técnicas, e está intimamente relacionado à dureza do material aplicado, sendo utilizado na avaliação testes de microdureza realizados em profundidades específicas, muitos pesquisadores utilizam o teste de dureza Vickers, para avaliar o grau de polimerização de materiais resinosos (PIRES et al., 2007).

Uma maneira efetiva e amplamente utilizada para estimar e avaliar o grau de polimerização é a mensuração da dureza superficial através de testes de microdureza (RUEGGEBERG e CRAIG, 1988 apud HILGERT, 2004).

Preocupações com a intensidade e potência dos aparelhos surgiram através de pesquisas que demonstraram a necessidade de maiores densidades de energia

luminosa para favorecer a qualidade e uma completa polimerização.

Dentre as tecnologias mais recentes estão aparelhos fotopolimerizadores a LED, um aparelho portátil, durável, não gera calor e dispensa o uso de filtros. É um diodo emissor de luz fria, tendo os de terceira geração feixes de luz de diversos comprimentos, ideal para a canforquinoma, pois, quando esta é excitada, uma reação em cadeia se estabelece e o endurecimento do material ocorre, conferindo às resinas compostas as características mecânicas desejáveis.

Segundo Hilgert et al. (2004), a ideia da polimerização fotoativada só foi possível graças à incorporação de fotoativadores como a canforquinona nas resinas que só é efetivamente ativada por emissão de feixes de luz com comprimento de onda ideal em torno de 468 nm.

Frente à introdução de novas tecnologias, tais como aparelhos fotopolimerizadores (LEDs), cimentos resinosos e cerâmicas, torna-se necessário verificar suas interações, seus desempenhos físico, mecânico (microdureza superficial) e químico, e com isso proporcionar subsídios para aplicação clínica (TANGO et al., 2007)

Para dar respostas a alguns questionamentos, e levando-se em conta a simulação e a alta importância de uma efetiva cimentação, pensando na longevidade do tratamento restaurador associada à vasta quantidade de materiais restauradores existentes, este trabalho de pesquisa teve como objetivo principal avaliar a microdureza superficial de cimentos resinosos, polimerizados por LED, sob diferentes espessuras de cerâmicas. Como objetivos específicos, avaliar a dureza superficial de dois cimentos resinosos duais e um apenas fotopolimerizável, sob cerâmica odontológica de diferentes espessuras, simulando a polimerização de peças protéticas com a unidade LED.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Prakki e Carvalho (2001), desde os primórdios da “era adesiva” em 1955, é notado um constante aprimoramento das resinas compostas e dos materiais de adesão às estruturas dentais. Desse modo, juntamente com o desenvolvimento das resinas compostas, os materiais de fixação também evoluíram e, com o advento dos cimentos a base de resina, problemas como resistência de união, resistência ao desgaste e outros, puderam ser contornados proporcionando adequada resistência mecânica.

Ainda, para Prakki e Carvalho (2001) a composição dos cimentos resinosos dual, que associa a fotoativação e a polimerização química, proporcionam propriedades físicas e mecânicas como a força de união, resistência ao desgaste e resistência à compressão superiores aos demais materiais de cimentação. Entretanto, como todo o material restaurador, este também apresenta alguns inconvenientes, como o crucial controle da umidade no ato da cimentação, a realização de uma fotopolimerização adequada e problemas relacionados à contração de polimerização, são alguns deles.

Pinto et al. (2002) afirma que a evolução dos materiais resinosos e dos sistemas adesivos odontológicos proporcionaram uma grande evolução da dentística restauradora, principalmente, aos aspectos ligados à estética. Desse modo, a melhoria da saúde bucal, dos materiais restauradores e das técnicas empregadas na Odontologia permitiram o desenvolvimento de melhores procedimentos estéticos adesivos, tanto para dentes anteriores quanto posteriores.

Nenhum dos cimentos resinosos disponíveis no mercado estão livres de alguma deficiência clínica. Mesmo estando dentro das características requisitadas para uso clínico, como biocompatibilidade, facilidade na manipulação, selamento satisfatório, propriedades retentivas e estabilidade clínica, as falhas são inevitáveis. No entanto, isso pode ser minimizado durante o procedimento de seleção e manipulação dos cimentos, seguindo critérios como: cuidados ao dispensar os componentes do cimento, promover uma mistura rápida e uniforme do cimento, evitar a contaminação do cimento, não movimentar a prótese durante o ato de fixação e cuidado com a remoção de excessos (FRANÇA, 2002).

Segundo Maia e Vieira (2003), os cimentos resinosos possuem como vantagens a alta resistência, dureza, baixa solubilidade em fluido oral e excelente união micromecânica ao esmalte e dentina. Como desvantagens estão: a alta sensibilidade térmica, o curto tempo de manipulação depois de aplicado numa restauração e dificuldades nas remoções dos excessos do entorno da restauração. Afirma, ainda, que não existe no mercado um material que satisfaça todos os requisitos necessários a um agente cimentante ideal e que todos os materiais cimentantes disponíveis apresentam algum tipo de limitação que deve ser levado em conta na hora da escolha do material.

Weidgenant (2004) citou que, junto ao desenvolvimento das restaurações estéticas indiretas, surgiram os cimentos resinosos de ativação química, fotoquímica e fotoativada, cuja constituição assemelha-se à das resinas restauradoras, porém, em proporções diferentes para preencher os requisitos necessários aos procedimentos de cimentação, ou seja, consistência e resistência adequadas.

Nyman (1905 apud WEIDGENANT, 2004) já relatava que a falta de um agente cimentante eficiente e as características das porcelanas que apresentavam baixa resistência, no início do século XX tornaram o ouro e o amálgama materiais restauradores padrões para uso em restaurações dos dentes posteriores. O mais significativo evento desta época, em relação à evolução dos materiais estéticos, provavelmente tenha sido o desenvolvimento da resina epóxica.

Hilgert et al. (2004) estudaram o grau de dureza de um cimento resinoso *dual cure* (RelyX ARC-3M ESPE) quando polimerizado em contato com a luz quando fotoativado sob diferentes materiais restauradores indiretos (Solidex-Shofu, Empress-Ivoclar, sistema In Ceram Alumina – Vita), com dois tipos de fotopolimerizadores: luz halógena (XL 1500 – 3M) e LED – light emitting diode – (UltraLed – Dabi Atlante). Foram criados sete grupos experimentais: grupo SH (Solidex Halógeno), grupo SL (Solidex LED), grupo EH (Empress Halógeno), grupo EL (Empress LED), grupo IH (InCeram Alumina Halógeno), grupo IL (InCeram Alumina LED) e grupo CSL (sem contato com a luz). Para cada grupo foram confeccionados quatro discos de cimento resinoso dual fotopolimerizados por 40 segundos, sob material restaurador indireto, exceto para o grupo CSL onde a polimerização se deu na ausência de luz. Após uma semana, imersos em água destilada a 37°C, os discos foram submetidos ao teste de microdureza, em

microdurômetro Shimadzu, com carga de 100g, por 15 segundos para a obtenção da dureza Vickers (VHN). Os resultados foram submetidos aos testes estatísticos de ANOVA de um critério e Tukey HSD que demonstraram uma maior dureza superficial do grupo SH em relação a todos os outros. Os grupos SL, EH e EL não tiveram diferenças estatisticamente significativas entre si, porém, obtiveram valores de durezas superiores aos dos grupos IH, IL e CSL que também não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre si.

Alencar Júnior (2005) utilizou, em sua pesquisa, três unidades fotoativadoras na polimerização de uma marca comercial de cimento resinoso de dupla ativação, com a interposição de uma lâmina de cerômero e de porcelana, para avaliar a microdureza superficial do cimento resinoso, considerando sua superfície do topo e da base.

Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando-se matrizes metálicas com 2mm de espessura e 16mm de diâmetro, com o orifício central medindo 8mm de diâmetro, coincidindo com o diâmetro da ponta dos aparelhos de luz. Como espaçadores foram utilizados anéis metálicos com 2mm e 4mm de altura confeccionados de cerâmica e cerômero, na tentativa de se reproduzir as espessuras médias das restaurações indiretas realizadas clinicamente. Foram realizados quatro corpos-de-prova para cada grupo, com os três aparelhos fotoativadores e para cada grupo do material intermediário.

A inserção da resina no orifício central da matriz foi realizada em uma única porção, utilizando-se de uma seringa Centrix. Após a inserção do cimento, obteve-se um pequeno excesso do material. Sobre o cimento foi colocada uma tira de poliéster e posicionado peso de um quilo para a homogeneização e planificação da superfície. Após a remoção do peso, foi executada a ativação do cimento resinoso com a ponta dos aparelhos de luz utilizados no experimento, posicionado diretamente sobre as pastilhas de cerâmica e cerômero.

Os corpos-de-prova foram removidos da matriz metálica, acondicionados em recipientes à prova de luz e mantidos a temperatura de 37°C durante 24 horas. As superfícies do topo e da base do corpo-de-prova foram polidas com lixas d'água em graus descendentes (800, 320 e 600 norton) de abrasividade e submetidas ao teste de microdureza. Para a determinação da microdureza, foi utilizado o aparelho Microdurômetro Digital MHT-110 MICROHARDNESS TESTER, (Anton Paar-Paar

Physica, Graz, Austria), do Instituto de Química de Araraquara (UNESP), com carga de 50N durante 30 segundos, acoplado a um microscópio óptico.

As superfícies da base e do topo dos corpos-de-prova foram divididas em quadrantes, e 5 edentações foram distribuídas. As leituras foram realizadas em microscópio óptico Carl Zeiss, Germany, com aumento de 20x. Após 24 horas, os corpos-de-prova foram coletados dos frascos a prova de luz e colocados em uma placa metálica com cera, para fixação e avaliação no microdurômetro.

Os corpos-de-prova foram avaliados quanto a sua dureza tanto na superfície da base como no topo das amostras. As superfícies foram divididas em quadrantes sendo marcadas com uma lâmina de bisturi número 11, com uma linha sendo traçada no sentido horizontal e outra no sentido vertical do corpo-de-prova. Utilizou-se uma carga de 50N por 30s.

Os dados foram obtidos e os resultados submetidos à análise estatística. Utilizou-se análise de variância e aplicado teste Tukey HSD. A partir das análises dos dados podemos concluir que, o aparelho KM 200R proporcionou os melhores resultados em todas as situações analisadas. A interposição de uma pastilha tanto de cerômero quanto de porcelana reduziram os valores de dureza obtidos para todos os corpos-de-prova.

Para Ribeiro et al. (2007), as principais funções de um agente cimentante são preencher a interface da superfície interna da prótese e a do dente preparado, conferindo retenção, resistência à restauração e ao remanescente dentário e vedamento marginal, favorecendo a longevidade dos trabalhos protéticos. Devido a possíveis questionamentos sobre qual o melhor material para cimentação de próteses fixas, bem como a gama de procedimentos clínicos associados a esses artefatos protéticos, apresenta uma revisão da literatura sobre os cimentos odontológicos convencionais e resinosos com a finalidade de elucidar questionamentos a cerca da escolha dos materiais cimentantes que deverão ser empregados na cimentação final, importantíssimo passo na reabilitação protética fixa.

De acordo com Barbosa et al. (2007), os cimentos resinosos representam atualmente o material de eleição para cimentação de restaurações indiretas, em resina composta ou cerâmica, devido as suas propriedades de resistência de união, resistência ao desgaste, bom acabamento e ajuste das bordas, adesão à estrutura

protética e baixa solubilidade quando obtém adequada polimerização, e, por conseguinte, alto grau de polimerização. São normalmente classificados, de acordo com o modo de ativação química, física por luz halógena ou Diodo Emissor de Luz – (LED) e de presa dual por polimerização química e física. Frente a isto, realizou uma revisão da literatura dos vários modos de ativação dos cimentos resinosos, comparando as diferentes técnicas de ativação, a eficiência da polimerização e sua influência nas propriedades finais do material, além de enfatizar as indicações para cada tipo de trabalho a ser realizado.

Segundo Pires et al. (2007), a dureza é um importante aspecto dentre as características dos materiais, sendo indicativa de algumas outras propriedades mecânicas. Avaliaram a dureza Vickers de 29 compósitos, nos quais a fotoativação sempre foi de 80 segundos. Em cada um dos 3 corpos-de-prova de cada material, a dureza denominada inicial era aquela verificada em 15 minutos; a dureza final foi determinada após aquela mesma espécime ter sido armazenada em água destilada, a 37°C, durante 168 horas. O tratamento estatístico dos dados permitiu constatar que a dureza final foi maior que a inicial em 20 dos compósitos analisados.

Umetsubo (2007) avaliou por testes de microdureza o grau de polimerização de quatro cimentos resinosos duais: Bistite II, Enforce, RelyX ARC e Variolink II, fotopolimerizados através da interposição de barreiras confeccionadas com materiais utilizados em restaurações estéticas indiretas. Foram confeccionados 72 espécimes para cada marca de cimento, divididos em 6 grupos, segundo o tipo de barreira utilizada na interposição, durante a sua fotopolimerização: G1: sem barreira; G2: Resina composta Cesead; G3: Inceram alumina/Allceram; G4: IPS Empress; G5: Inceram zirconia/Allceram; G6: fragmento dental.

A fotopolimerização foi realizada com luz halógena Optilux 401 (Demetron) com  $650 \text{ mW/cm}^2$  de potência e os ensaios foram realizados em três períodos: imediata, 24h e 7dias, em um Microhardness Tester FM 700, sob cargas de 50gf durante 15s, cujos valores de microdureza foram obtidos em HV. As médias dos valores em HV foram submetidas à ANOVA de um critério e teste de Tukey HSD. As condições de G3 e G5 resultaram em polimerização deficiente do cimento, que não permitiram a realização dos ensaios. O cimento Bistite teve a maior dureza no grupo controle e o menor com a interposição de resina composta. O RelyX ARC teve os valores de microdureza mais estáveis nas condições analisadas em todos os

períodos de avaliação. O Enforce e o Variolink foram intermediários e semelhantes entre si. A interposição de materiais durante a fotopolimerização de cimentos resinosos duais interferem na microdureza dos mesmos. Quando da utilização de alumina ou zircônia, outro modo de polimerização ou tipo de cimento deve ser utilizado. Com isso, concluiu-se que a distância de fotopolimerização e a cor do compósito são importantes fatores a serem considerados para se obter uma adequada polimerização.

Guedes et al. (2008) avaliaram as propriedades mecânicas de quatro cimentos resinosos de dupla ativação: dois convencionais (Enforce F, Dentsply e RelyX ARC, 3M ESPE) e dois autocondicionantes (RelyX Unicem, 3M ESPE e Maxcem, Kerr). As propriedades analisadas foram resistência à compressão, à tração diametral e flexural. Os testes de resistência à compressão e à tração diametral foram realizados de acordo com o método descrito na especificação nº 96/1994-ADA. O teste de resistência flexural foi baseado na especificação nº 4049/2000-ISO. Os resultados foram analisados por ANOVA de um critério e pelo teste de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença significativa na resistência à tração diametral entre os quatro cimentos testados. Para resistência compressiva e flexural, RelyX ARC (3M ESPE) mostrou resultados superiores aos dois cimentos autocondicionantes e similares ao do Enforce F (Dentsply).

Bernardo et al. (2008) realizaram ensaios de microdureza através de três tipos de cimentos resinosos duais. Para confeccionarem os corpos-de-prova foram utilizados matrizes metálicas com 7mm de diâmetro e 1mm de espessura, colocadas sobre uma tira de poliéster e uma placa de vidro de 20mm de espessura. Os materiais foram manipulados num ambiente isento de luz e colocados no interior das matrizes e cobertos com outra matriz de poliéster e uma lâmina de vidro, onde foi realizada pressão para extravasar o excesso de material e obter uma superfície plana. Foram separados em dois grupos, no G1 os corpos-de-prova foram fotoativados por 40s com aparelho Ultralux (Dabi Atlante) e armazenados em recipiente escuro. No G2 os corpos-de-prova foram mantidos em recipiente escuro de forma que a luz não entrasse, permitindo a ativação química. Após 1h foi realizado o ensaio de microdureza Knoop no microdurômetro Shimadzu e submetidos à análise de variância e teste Tukey (5%). Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os grupos de ativação química ou dual no

cimento da marca RelyX, que obteve os maiores valores de microdureza em relação aos outros materiais testados. Os autores concluíram que há diferenças nas polimerizações entre os cimentos resinosos comercializados de dupla polimerização, a exemplo do Dual Cement, que não polimerizou quando o modo de ativação química foi utilizado.

Wingert e Reginatto (2010) fizeram um estudo *in vitro* com o objetivo de fazer uma comparação entre a microdureza do cimento resinoso auto-adesivo e autocondicionante RelyX Unicem após sua presa inicial (10 min) e 24 horas. Foram confeccionadas 24 amostras cilíndricas de 6 mm de diâmetro e 3mm de altura, através da inserção em único incremento do cimento RelyX Unicem em placas de PTFE (politetrafluoretileno), após este ter sido espatulado durante 15s e sendo fotopolimerizado durante 40s. As amostras foram divididas igualmente de forma aleatória em dois grupos.

Doze amostras foram submetidas à microdureza *Knoop* com potência média de 450 mW/cm<sup>2</sup> após a presa inicial (10 min), sendo realizadas três impressões na face exposta à luz de cada uma delas, com carga de 100g por 15s totalizando 36 impressões por grupo. As demais amostras foram armazenadas em recipientes fechados, ao abrigo da luz, com 100% de umidade relativa por 24h à 37°C em estufa para culturas, e em seguida submetidas à análise de microdureza seguindo o mesmo protocolo já descrito anteriormente.

Os valores de microdureza *Knoop* registrados foram submetidos ao teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov* (alfa = 0,01) e comparados com o teste *t-Student* (alfa = 0,05). As amostras do grupo presa inicial (10min) obtiveram média (KHN) 51,00 (±14,28) e as amostras do grupo de 24h, média (KHN) 66,85 (±9,38). Aplicando sobre os dados o teste *t-Student*, houve uma diferença significativa estatística entre os dois grupos. Para o uso clínico do cimento RelyX Unicem, cuidados pós-operatórios, durante as primeiras 24h se fazem necessários, por parte do paciente, como escovação e mastigação do bolo alimentar.

Nogueira et al. (2010) avaliaram o efeito de materiais restauradores indiretos e unidades de cura a luz, sobre a microdureza do cimento resinoso dual. Utilizaram um total de 36 amostras cilíndricas (2mm de espessura), que foram preparados com cimento de resinoso dual (Relyx ARC) fotoativado com luz halógena (Optilight Plus), e uma unidade de cura a luz LED para 65s ou 40s. Fotoativação foi realizada por

meio do barreiras de 2mm de espessura e as amostras foram divididas em seis grupos ( $n = 6$ ) de acordo com a combinação de revestimento materiais. No grupo controle, as amostras foram polimerizados sem interposição de qualquer material restaurador. Teste de microdureza Vickers foi realizado nas superfícies superior e inferior de cada amostra (carga de 50 g para 15 segundos).

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando um three-way ANOVA seguido de Tukey x teste post-hoc de s ( $p < 0.05$ ). Não existiram diferenças estatisticamente significativas sobre a superfície superior entre as unidades de cura ( $p > 0,05$ ); no entanto, o LED obteve maior dureza na superfície inferior quando foi utilizado um material cerâmico ( $p < 0,05$ ). A dureza média nas amostras fotoativadas, em que não houve nenhuma interposição de materiais indiretos, foi significativamente maior ( $p < 0.01$ ). Concluíram que a interposição de material restaurador diminuiu a dureza do micro na camada mais profunda de cimento. Essa diminuição, no entanto, foi menor quando a cerâmica foi intermediária e o cimento curada de luz com LED.

Ribeiro (2010) afirmou que a evolução dos materiais odontológicos, a interação de resinas compostas e aparelhos fotopolimerizadores motivaram a realização do estudo. Construíram-se corpos-de-prova os quais foram polimerizados por diferentes aparelhos fotoativadores. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de microdureza, com auxílio do microdurômetro, em dois tempos: imediato e após 24 horas. Obtidos os dados, foram encaminhados para análise estatística. Concluiu-se que: o dispositivo LED (de segunda geração) permitiu polimerização e consequentes valores de dureza equivalentes ao do aparelho halógeno.

Valentino et al. (2010) avaliaram a dureza de um cimento resinoso (Panavia F – Kurarai), ativado quimicamente (sem o uso de luz) e fotoativados (por uma fonte de luz), através da interposição de discos fabricados por oito cerâmicas diferentes com espessura de 1,2 mm. A aferição das medidas foi realizada em dois tempos, imediatamente e 24 h após, sendo realizado entre 10-20 minutos após a fotoativação e entre 20-30 minutos para os grupos quimicamente ativados. Os corpos-de-provas foram armazenados sob condições secas, escuras a 37°C. As cerâmicas utilizadas foram: Duceram, Cergogold, IPS Empress, IPS Empress 2, Procera, Cercon, In Ceram Alumina e In Ceram Zirconia. O microdurômetro utilizado para aferição foi HMV 2 (Shimadzu, Tóquio, Japão), com carga aplicada de 50 g por

15s. Foram realizados 3 perfurações em cada amostra e calculado pelo software automaticamente e analisados por dois tipos de teste, ANOVA e teste de Tukey, sendo todos realizados para análise estatística ( $p < 0,05$ ) de nível de significância. Foi possível perceber que a dureza do cimento resinoso foi afetada não só pela composição da cerâmica, mas também pelo tempo pós-ativação. O modo de ativação direta apresentou significativamente maior do que a ativação através da cerâmica utilizada como barreira, para ambos os tempos de teste. Cerâmicas de vidro e dissilicato apresentaram resultados superiores que cerâmicas alumina e zirconia, imediatamente e após de 24h. As cerâmicas mais reforçadas e opacas apresentaram menor dureza.

E Kilinc et al. (2011) realizaram um estudo a fim de avaliar a microdureza de três marcas diferentes de cimentos resinosos (Appeal/Ivoclar; Calibra/Dentsply; Nexus 2/Kerr). As amostras foram preparadas em forma de disco (espessura 0.5mm x 5mm de diâmetro) ( $n=15$ ). Amostras do grupo de estudo foram fopolimerizados por 40 segundos (Flashlite 1401/Discus Dental) através de barreiras de cerâmica com quatro espessuras 1mm, 2mm, 3mm, 4mm (IPS Empress Esthetic/Ivoclar). Como grupo controle, foram fopolimerizados sem a presença de cerâmica. A transmissão da luz foi medida por um radômetro Hand-held (Demetron/Kerr). Foram realizadas medições de microdureza Vickers (Micromet/Buehler) em 24h após a fopolimerização. As amostras foram mantidas em ambiente escuro armazenamento em água a 37°C. Os valores das medidas da microdureza foram avaliados estatisticamente através de análise de variância ( $p=0,05$ ). Concluíram que a espessura da cerâmica tem um efeito significativo na fopolimerização do cimento resinoso, e que cerâmicas com espessuras de 3mm ou acima, afetaram negativamente a polimerização de cimentos resinosos, portanto, a espessura de 3mm foi considerado o limite crítico.

Zhang et al. (2011) avaliaram a dureza do cimento resinoso curado sob diferentes espessuras de cerâmica (1, 2 e 3mm) em momentos diferentes. A eficiência de polimerização do cimento resinoso foi expressa em dureza Vickers, medido após armazenamento de 24h. Testes de Tukey foram utilizados para determinar as diferenças. Concluíram que a espessura da cerâmica e tempo de luz teve notável influência sobre a polimerização do cimento resinoso dual, e que

quando o cimento resinoso foi curado sob uma cerâmica foi necessário prolongar o tempo de cura para garantir a completa polimerização.

Öztürk et al. (2012) avaliaram as propriedades micromecânicas e o desempenho de dois cimentos resinosos fotopolimerizáveis em restauração de cerâmica, em comparação ao cimento resinoso dual. Duzentos e setenta corpos-de-prova foram preparados utilizando dois cimentos resinosos fotopolimerizáveis (Variolink Veneer, Ivoclar Vivadent; RelyX Veneer, 3M ESPE) e um cimento resinoso de presa dual (Variolink II, Ivoclar Vivadent). Os compósitos foram fotopolimerizados por meio de um LED (Bluephase®, Ivoclar Vivadent) com três diferentes tempos de cura (10, 20 e 30s), sob duas cerâmicas (IPSe.max Press, Ivoclar Vivadent; IPS Empress® CAD, Ivoclar Vivadent) de diferentes espessuras (0; 0,75 e 2mm).

Quarenta e cinco grupos foram incluídos, contendo cada um seis corpos-de-prova. As amostras foram armazenadas depois da cura durante 24h, a 37°C com água destilada. Propriedades micromecânicas dos compósitos foram medidos com um microdurômetro automático (Fisherscope H100C, Alemanha). Para cada amostra, foram realizados recortes e num total de 10 penetrações por amostra, assim totalizando 60 medições por grupo. As propriedades micromecânicas dos cimentos resinosos foram estatisticamente analisadas. Foram observadas diferenças significativas entre as propriedades micromecânicas dos cimentos resinosos ( $p < 0,05$ ). O cimento resinoso dual, Variolink II apresentou em todas as espessuras de cerâmicas os maiores valores de módulo de elasticidade ( $E = 11 \pm 0,5$ ), e dureza Vickers ( $HV = 48,2 \pm 3,2$ ), seguido por Veneer RelyX ( $E = 6,9 \pm 0,3$ ,  $HV = 33 \pm 2,5$ ) e Veneer Variolink ( $E = 4,4 \pm 0,4$ ,  $HV = 20,1 \pm 2,6$ ). O cimento resinoso dual expressa valores mais elevados nas propriedades micromecânicas em comparação com os cimentos resinosos fotopolimerizáveis.

O aparelho fotopolimerizador escolhido para o estudo foi uma unidade de LED com uma alta irradiância ( $1.200 \text{ mW/cm}^2$ ). Com isso, as propriedades micromecânicas do material foram aumentadas para todos os grupos, quando o tempo de cura mudou de 10 para 20s. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre 20 e 30s para as propriedades micromecânicas do cimento resinoso dual. No entanto, o aumento da dureza entre os tempos de exposição de 20 a 30s foi relativamente menor, quando se comparam com as diferenças 10-20s. Isto significa que pelo menos, 20s de tempo de cura é necessária para manter uma

adequada polimerização destes cimentos resinosos fotopolimerizáveis quando a cura com unidades de saída for semelhante à luz de polimerização utilizado. A espessura da cerâmica utilizada no trabalho afetou as propriedades micromecânicas dos cimentos resinosos utilizados.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Este trabalho de pesquisa avaliou a microdureza superficial de cimentos resinosos, polimerizados por LED, quando interpostos entre a luz e o cimento barreiras de cerâmicas de diferentes espessuras.

#### **3.2 Objetivo específico**

Avaliar a dureza superficial de dois cimentos resinosos duais e um apenas fotopolimerizável com a interposição de cerâmicas odontológicas de diferentes espessuras, em dois períodos de tempo, imediato e após sete dias, simulando a cimentação de peças protéticas com a unidade LED - (Bluephase, Ivoclar – Vivadent).

## 4 MATERIAIS E MÉTODO

A parte experimental desse trabalho foi desenvolvida nos laboratórios dos cursos de Odontologia e de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Campo Grande, MS.

### 4.1 Materiais

O material utilizado durante a pesquisa está descrito a seguir:

#### 4.1.1 Cimento resinoso

Durante a realização do trabalho foram utilizadas três marcas de cimentos resinosos. O Quadro 1 apresenta as características físicas de cada um desses cimentos.

Quadro 1 - Características físico-químicas e fabricantes dos cimentos utilizados.

Material		Composição	Cor	Fabricante
Foto	Variolink Veneer	Dimetacrilatos Silica Vidro de Bário Trifluoreto de Itérbio Catalisadores Estabilizadores Pigmentos	A1	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Dual	Variolink II	Dimetacrilatos Carga inorgânica Trifluoreto de Itérbio Catalisadores Estabilizadores Pigmentos	A1	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Dual	RelyX ARC	BisGMA+TEGDMA	U	3M ESP, Seefeld, Germany



Figura 1 – Cimentos resinosos utilizados

#### 4.1.2 Aparelho fotoativador

Nessa pesquisa foi utilizado um único aparelho fotoativador, [cedido pela representante da Ivoclar Vivadent em Cuiabá – MT], o Bluephase, IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein, que dispõe de 3 programas de exposição que permitem fazer aplicações diferentes, High Power, Low Power e Soft Power (Figuras 2 e 3).



Figura 2 – Aparelho fotoativador



Figura 3 – Programa High Power

O programa selecionado foi o High Power, onde a intensidade de luz é permanentemente elevada, para polimerização de materiais de fixação em caso de restaurações diretas e indiretas, com as seguintes características (Quadro 2).

Quadro 2 - Características do aparelho fotoativador de acordo com o fabricante.

Marca	Tensão de Operação	Fonte de Luz	Intensidade da Luz	Comprimento de Onda	Tempo de Exposição
Bluephase Ivoclar- Vivadent	110 V	LED	1200mw/cm <sup>2</sup> +/- 10%	385-515nm	20s

Para determinar a intensidade de luz emitida por este LED, foi utilizado o radiômetro Bluephase Mater (Ivoclar – Vivadent), A sonda de luz foi colocada exatamente sobre o sensor utilizando-se o calibrador central e na sequência o dispositivo de fotopolimerização é acionado. O sensor inteligente determina tanto a energia emitida, como o diâmetro da janela de emissão de luz. A intensidade é exibida no monitor digital.

#### 4.1.3 Barreiras

Foram utilizadas três tipos de barreiras, de diferentes espessuras, interpostas aos corpos-de-prova no momento da fotopolimerização, simulando as condições de cimentação de peças protéticas, com as seguintes características (Quadro 3).

Quadro 3 - Características físico químicas das barreiras interpostas à fotopolimerização.

Material	Espessura	Fabricante
Cerâmica e.max CAD	1,2mm	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Cerâmica e.max CAD	1,0mm	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Cerâmica e.max CAD	0,7mm	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein

As barreiras interpostas entre o cimento resinoso e a fonte de luz no momento da fotopolimerização dos corpos-de-prova foram confeccionadas no laboratório de pesquisa da Faculdade de Odontologia da UFMS. Cortes de diferentes espessuras foram feitos em blocos cerâmico IPS e.max® CAD LT A1/ C14 (Ivoclar Vivadent), com auxílio a máquina de corte Isomet® 1000 Baixa velocidade Saw, Buehler®, IL,

EUA), através de um disco de corte diamantado. Medições dos discos foram avaliadas com um paquímetro digital (Starret, MA, EUA).



Figuras 4-A/B - Máquina de Corte



Figura 5 - Paquímetro Digital

Após realizados os cortes na cerâmicas, as mesmas foram sinterizadas na máquina CAD/CAM (IVOCLAR/VIVADENT) no IOPG – Pós Graduação em Odontologia/Campo Grande - MS, cujo processamento simulou a confecção de uma restauração indireta. As dimensões de cada barreira eram de 6mm x 6mm por três diferentes espessuras.



Figura 6 – Cerâmicas posicionadas



Figura 7 – Programa e.max CAD/CAM



Figura 8 - Sinterização

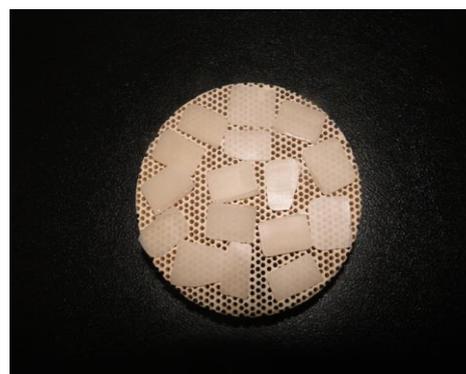


Figura 9 – Cerâmica sinterizada

#### 4.1.4 Microdurômetro digital

Para a determinação da microdureza de corpos-de-provas, foi utilizado o aparelho microdurômetro digital com as características contidas no Quadro 4. O valor da dureza (carga/área da superfície piramidal do endentador) é dado em HV. Neste trabalho, foi aplicada uma carga de 50gf por 15s e os valores foram convertidos e fornecidos em HV pelo próprio aparelho.

Quadro 4 - Características dos aparelhos para a determinação da microdureza.

Modelo	Produto	Fabricante
HMV-2000 Shimadzu	Microhardness Tester	Kyoto-Japão

#### 4.1.5 Obtenção dos corpos-de-provas

Neste trabalho foram utilizadas duas marcas comerciais de cimentos resinosos duais: Variolink II e; RelyX ARC, e um cimento fotolimerizável, Variolink Veneer, com os quais foram confeccionados um total de 72 corpos-de-prova, sendo 24 de cada marca de cimento.

Cada corpo-de-prova foi confeccionado utilizando-se matriz metálica de aço inoxidável com 1mm de espessura, um orifício central medindo 6mm de diâmetro, discretamente menor do que o diâmetro da ponta do aparelho de fotopolimerização. O feixe de luz ficou centralizado diretamente na superfície da amostra, para manter o máximo de energia sobre a superfície de medição.

O interior da cavidade da matriz foi preenchido com uma porção de cimento resinoso, sobre uma placa de vidro. Depois de preencher a matriz, em seguida, era coberto com uma tira de poliéster, para separar as amostras do cimento resinoso para o teste de microdureza. Por este motivo dispensa a utilização do ataque ácido e silanização da peça, pois não houve adesão ao cimento. Uma lamínula de vidro foi colocada sobre a tira de poliéster e realizado uma ligeira pressão para a homogeneização e planificação da superfície. Os excessos foram devidamente removidos com auxílio da lâmina de uma espátula 24F.

Os corpos-de-provas foram todos identificados, dando origem a 24 corpos-de-provas para cada marca de cimento. Esses foram divididos em 4 grupos G1, G2, G3 e G4 e submetidos a diferentes condições experimentais para a fotopolimerização do cimento resinoso através dos discos de cerâmica.

No grupo G1, designado como controle, nenhuma barreira foi utilizada para a fotopolimerização. Do grupo G2 ao grupo G4 o cimento foi fotopolimerizado através da interposição das respectivas barreiras: Cerâmica e.max/CAD 1,2mm; Cerâmica e.max/CAD 1,0mm; Cerâmica e.max/CAD 0,7mm. Com isso, o experimento apresentou seis repetições (n = 6).

As superfícies de topo de cada corpo-de-prova foram divididas em 4 quadrantes com auxílio de um bisturi com lâmina número 15. Em cada quadrante foi realizado 1 edentação, totalizando 4 edentações por corpo-de-prova.

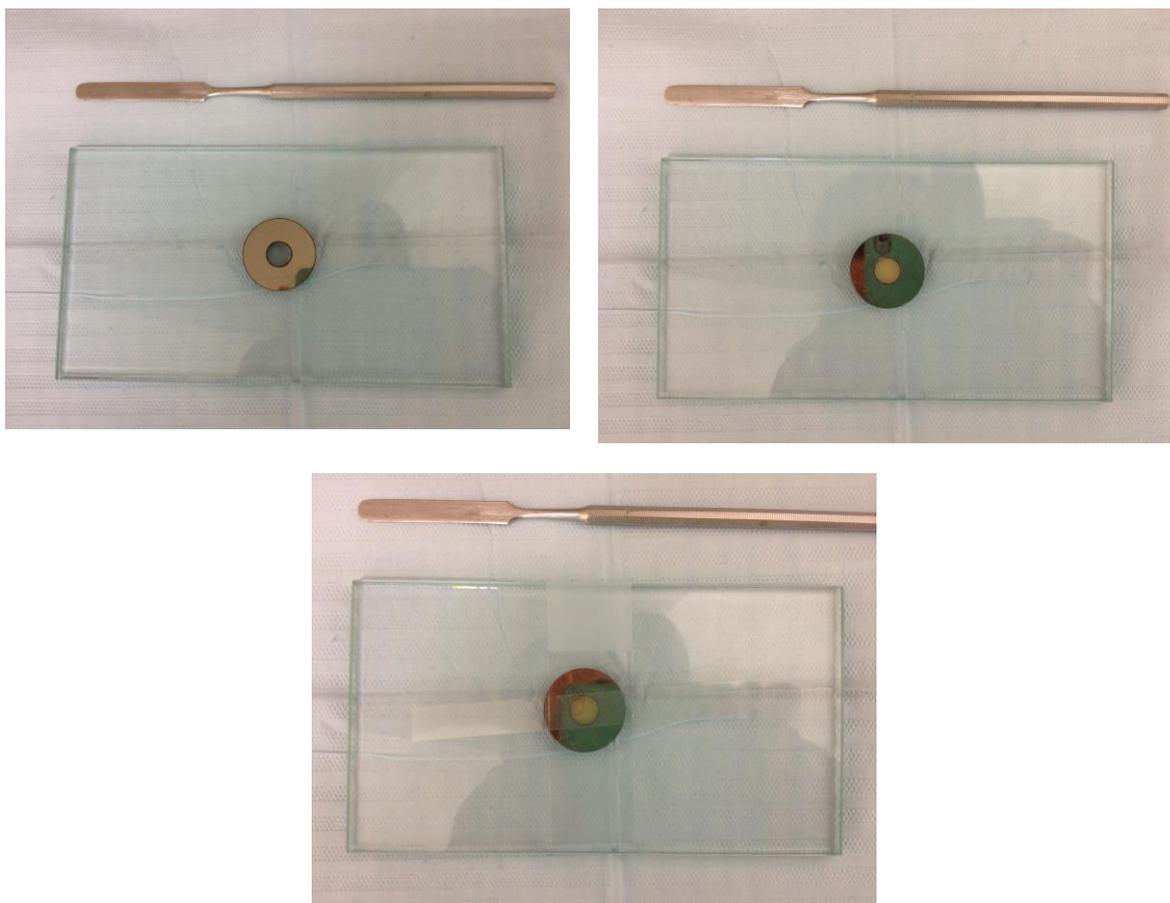


Figura 10- A-B-C – Confeccção dos corpos-de-prova.

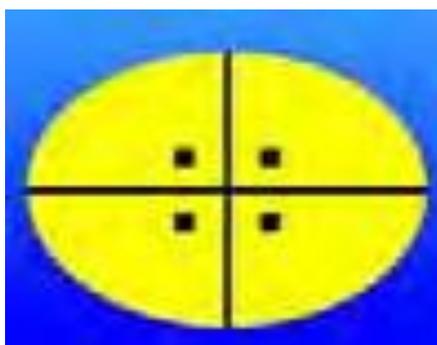


Figura 11 – Edentações  
Fonte: Umetsubo (2007).

Dois períodos foram utilizados para a realização de testes de microdureza superficial em cada corpo-de-prova. O primeiro período (período 1), foi imediatamente à fotopolimerização e, o segundo (período 2), 7 dias após essa polimerização. Sendo que, nesse intervalo os corpos-de-prova foram

aconicionados em recipientes à prova de luz e mantidos a uma temperatura ambiente.

Os valores médios das 4 leituras de microdurezas superficiais (HV) para cada corpo, nos dois períodos, foram analisados estatisticamente.

## 4.2 Método

Este trabalho pode ser classificado como pesquisa descritiva, porque aborda descrições de um determinado fenômeno, analisa e interpreta o problema, objetivando o esclarecimento do mesmo; e exploratória, porque visou à formulação do problema, com a finalidade de desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade com o fenômeno e, abrir caminho para novas pesquisas sobre o mesmo.

A pesquisa bibliográfica foi necessária para identificar autores, métodos e conhecimentos teóricos sobre o assunto em tela. A pesquisa bibliográfica, de modo geral, se volta a livros e artigos, com o objetivo de embasar e sustentar o referencial teórico de trabalhos científicos.

Hilgert et al. (2004) citaram que é lícito afirmar que, tanto o tipo de fotopolimerizador quanto o material restaurador indireto interferem na microdureza do cimento resinoso dual utilizado, neste trabalho foi possível verificar, mesmo que não muito significativo, o uso de barreiras de cerâmicas interferiu ativamente nos resultados de microdureza.

### 4.2.1 Delineamento experimental

Foram utilizados três marcas de cimentos: Variolink Veneer; Variolink II e; RelyX ARC, denominados, respectivamente, por C1, C2 e C3, barreiras de cerâmica e.max CAD/CAM de três espessuras: 1,2mm; 1,0mm e 0,7mm denominadas, respectivamente, por B1, B2 e B3, interpostas entre o fotoativador e o corpo-de-prova, sendo que as medições das microdurezas foram tomadas em dois períodos: imediato à fotopolimerização e; sete dias após a fotopolimerização, denominados, respectivamente, P1 e P2.

Foram confeccionados setenta e dois corpos-de-prova (vinte e quatro com cada marca de cimento). Os corpos-de-prova foram fotopolimerizados com luz LED Bluephase – Ivoclar Vivadent. A intensidade de luz do Bluephase® e do condutor de luz 10mm de diâmetro fornecido foi controlada previamente com o radiômetro Bluephase Meter. Os resultados foram obtidos por meio da análise dos valores de microdureza utilizando o aparelho, Microhardness Tester Shimadzu HMV-2000, e convertidos automaticamente às medidas em HV (Hardness Vickers) para o computador, e calculados estatisticamente.

Considerou-se seis repetições ( $n = 6$ ) e, para cada tipo de cimento, seis corpos-de-provas foram testados sem a interposição de nenhuma barreira, denominando-se como controle da experimentação. Os Quadros A1, A2 e A3, no Apêndice A, apresentam o desenho de delineamento experimental no período 1.

Uma configuração semelhante foi obtida para as leituras no período 2. Para facilidade dos registros das leituras das microdurezas (HV), de cada corpo-de-prova, nas tomadas das quatro medidas pelo microdurômetro, elaborou-se os Quadro A4 para esse fim (Apêndice A).

### **4.3 Análise estatística**

Com a finalidade de analisar as influências das barreiras e dos tempos na resistência do cimento resinoso foi delineado um experimento de análise variância em esquema fatorial ( $3 \times 4 \times 2$ ), totalizando 24 condições experimentais com 6 repetições.

Cada unidade experimental foi formada por um bloco de cimento resinoso, denominado de corpo-de-prova, em que foram consideradas três variáveis independentes: cimento resinoso, barreira e tempo. O primeiro fator era relativo às marcas dos cimentos apresenta três tipos de categorias (níveis), que eram as marcas dos materiais utilizadas: Variolink Veneer; Variolink II e; RelyX ARC. O segundo fator era relativo às barreiras que apresentaram quatro níveis: Sem barreira; espessura 1,2mm; 1,0mm e 0,7mm. Finalmente, o terceiro fator, relativo ao tempo transcorrido após a fotopolimerização, apresentando dois níveis: imediato e após sete dias.

A variável dependente (ou resposta) foi a resistência à penetração, medida por meio do teste microdureza superficial (HV). O valor de microdureza considerado na análise estatística foi o valor médio das quatro leituras na face de cada corpo-de-prova. Obteve-se 144 dados que foram submetidos à análise estatística através dos programas computacionais SPSS 20.0 e Microsoft Excel.

Inicialmente, a estatística descritiva consistiu no cálculo de médias aritméticas, desvio-padrão e coeficientes de variação dos valores das microdurezas correspondentes às quatro leituras feitas em cada corpo-de-prova. Os cálculos dos coeficientes de variação serviram para aferir a qualidade das medidas realizadas pelo pesquisador.

Já a estatística inferencial consistiu nos testes: análise de variância fatorial de medidas repetidas (a variável tempo como fator repetido) e teste de comparação múltipla de Tukey HSD. Os efeitos das interações foram determinados por meio dos gráficos de médias. O nível de significância para cada análise foi de 5%.

Uma maneira efetiva e amplamente utilizada para estimar e avaliar o grau de polimerização é a mensuração da dureza superficial através de testes de microdureza (LAZZARI, 2003; RUEGGEBERG; CRAIG, 1988 apud HILGERT et al., 2004).

## 5 RESULTADOS

Os dados obtidos nos ensaios de microdureza foram apresentados em duas partes, Imediata e após 7 dias, num total de 576 medidas de leituras de microdurezas. Foram confeccionados 72 corpos-de-provas dos 3 tipos de cimentos, Variolink Veneer, Variolink II e RelyX ARC, denominados de C1, C2, e C3, respectivamente. Em cada corpo-de-prova foram realizadas 4 edentações em sua superfície superior.

Cada cimento foi colocado num grupo de 24 corpos-de-provas, denominados de C1, C2 e C3. Cada um desses grupos foi dividido em subgrupos de 6 corpos-de-provas para a colocação de barreiras B1, B2 e B3, para à interposição da luz de fotopolimerização, sendo que no primeiro subgrupo de cada grupo de cimento não houve interposição de barreira. Esse subgrupo, para cada tipo de cimento, passou a ser denominado de grupo testemunha ou grupo de controle.

Desse modo, obtive um total de 4 subgrupos formados combinando os três tipos de cimentos com os três tipos de barreiras, somados ao grupo controle, sem interposição de barreira. Os três cimentos C1, C2 e C3, combinados com as barreiras e SB (sem barreira), B1, B2 e B3, passaram a ser denominados de C1SB, C1B1, C1B2, C1B3, C2SB, C2B1, C2B2, C2B3, C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3. Cada um desses arranjos foi repetido seis vezes, num total de setenta e dois arranjos. Com as medidas das 4 leituras de todos os corpos-de-provas foram calculadas as médias aritméticas, os desvios-padrão e os coeficientes de variação percentual.

Realizado cada ensaio, para cada período, foram tomadas quatro leituras para cada um desses arranjos, denominados HV1, HV2, HV3 e HV4, respectivamente. No final, foram calculados a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação das quatro leituras de cada arranjo. Os cálculos desses parâmetros estatísticos serviram para verificar se não houve discrepâncias entre as medidas que pudessem inviabilizar o ensaio.

### 5.1 Análises estatísticas relativas ao período 1

O Quadro A5 (Apêndice A) apresenta, no período 1, os vinte e quatro arranjos obtidos das combinações do cimento C1 com os três tipos de barreiras B1, B2 e B3, e com o grupo controle SB, bem como as quatro leituras das medidas HV1, HV2, HV3 e HV4, com as respectivas médias aritméticas (MÉDIA), desvios padrão (DP) e coeficientes de variação percentuais CV(%).

Observa-se, no Quadro A5, que os coeficientes de variações estão de abaixo de 15% dos valores das médias, valores esses muito bons, inferindo-se que as quatro medidas das microdurezas estão bastante homogêneas, são confiáveis e propícias a estudos mais aprofundados.

Para verificar se houve ao menos uma diferença significativa em relação às durezas do cimento C1, relativas às interposições de barreiras, no período 1, imediato ao ensaio, aplicou-se o teste de Análise de Variância (ANOVA) de um critério que verifica se existem diferenças significativas das médias aritméticas dos tratamentos, aqui representados pelas interposições de barreiras entre a luz fotoativadora e o cimento C1: C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3. As médias desses tratamentos estão na Tabela 1.

Tabela 1. Valores das médias e dos Desvios-Padrão (DP) dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1

	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
C1SB	6	15,7400	0,66987
C1B1	6	13,1133	0,93125
C1B2	6	13,3867	0,72753
C1B3	6	14,1533	1,17009
Total	24	14,0983	

Observe, da Tabela 1, que a média aritmética da microdureza da aplicação do cimento C1, sem barreira, é maior do que todas as outras médias das microdurezas quando são interpostas barreiras e que, os valores das médias com a interposição de barreiras ficaram em ordem crescentes a partir da barreira B1. A Figura 12 apresenta o gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3.

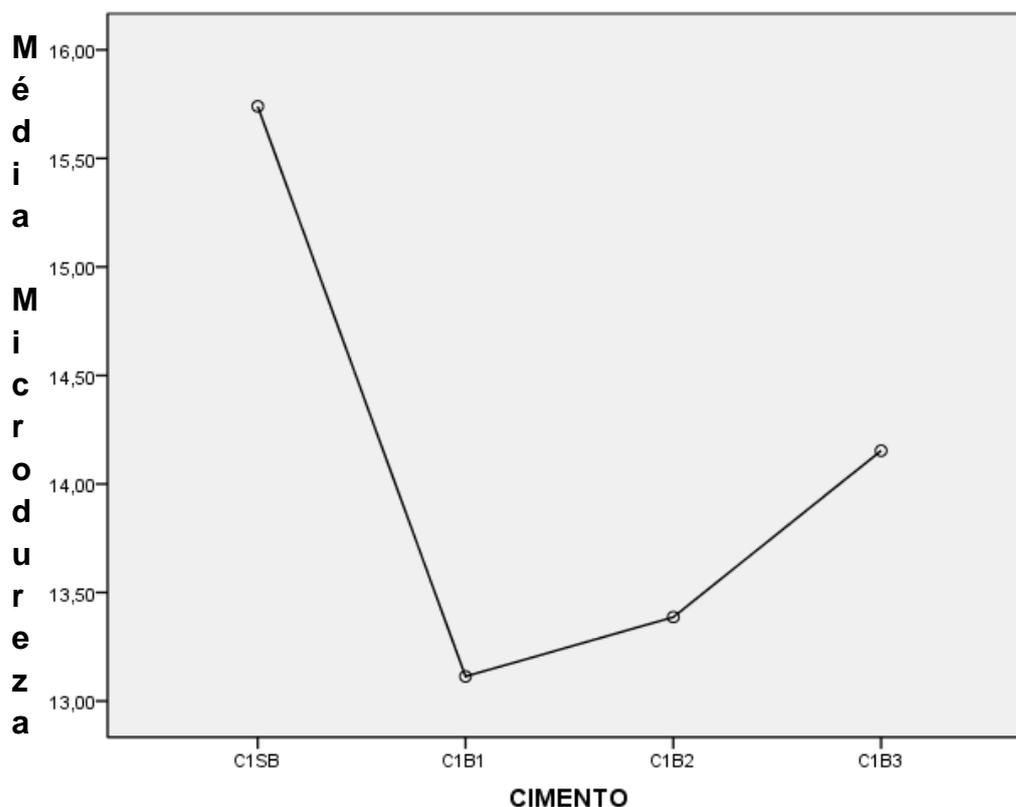


Figura 12 - Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1.

Pela análise da Figura 12 observa-se, visualmente, que a média aritmética dos valores das microdurezas do tratamento C1SB é maior que as outras médias dos outros tratamentos. Já o tratamento C1B1, isto é, quando se interpõe entre o cimento C1 (Variolink Veneer) e a fonte de luz a barreira B1, da cerâmica de espessura 1,2mm, e tomam-se imediatamente as medidas das microdurezas, a média dessas atinge o seu valor mais baixo.

Restou saber se as diferenças eram significativas, com a aplicação do teste da ANOVA de um critério, mas antes, com aplicação do teste de Levene para a homogeneidade das variâncias.

Foi realizado o teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias, com significância menor do 0,05, tendo-se obtido o valor  $p = 0,376 > 0,05$  indicando que as variâncias são homogêneas entre os tratamentos, garantindo a confiabilidade dos testes estatísticos aplicados. Com isso, aplicou o teste da ANOVA de um critério, apresentado na Tabela 2, para testar a hipótese de que não

existem diferenças significativas entre as médias dos valores das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3.

Tabela 2 - Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1.

	SQ	gl	QM	F	p
Entre grupos	25,049	3	8,350	10,390	0,000
Dentro dos grupos	16,072	20	0,804		
Total	41,121	23			

Como o valor de  $p=0$ , conclui-se que existem diferenças altamente significativas entre, pelo menos, duas médias dos valores das microdurezas. Para determinar quais dos tratamentos apresentam diferenças significativas nos valores das suas médias de microdurezas, aplicou-se o teste *Post Hoc* de Tukey HSD, cujos resultados estão no Quadro 5.

Quadro 5 - Resultados do teste *Post Hoc* de Tukey HSD das diferenças entre as médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1.

(I) Cimento	(J) Cimento	Diferença entre as médias (I-J)	p
C1SB	C1B1	2,62667*	<b>0,000</b>
	C1B2	2,35333*	<b>0,001</b>
	C1B3	1,58667*	<b>0,029</b>
C1B1	C1SB	-2,62667*	<b>0,000</b>
	C1B2	-0,27333	0,951
	C1B3	-1,04000	0,218
C1B2	C1SB	-2,35333*	<b>0,001</b>
	C1B1	0,27333	0,951
	C1B3	-0,76667	0,467
C1B3	C1SB	-1,58667*	<b>0,029</b>
	C1B1	1,04000	0,218
	C1B2	0,76667	0,467

Em relação ao Quadro 5, observa-se alguns pares de cimentos com valores de  $p < 0,05$  (em negrito), donde se conclui que só existem diferenças significativas entre os valores das médias das microdurezas entre o tratamento C1SB para os

demais, isto é, quando não existia nenhuma interposição de barreira entre a luz e o cimento, o valor da média da microdureza foi significativamente maior do que as demais onde existia a interposição de barreira..

No Apêndice A6 são apresentados os mesmos dados discutidos para o Apêndice A5, porém, utilizando o cimento C2.

Observa-se, no Apêndice A6 (Apêndice A) que os coeficientes de variações estão de abaixo de 15% dos valores das médias, valores esses muito bons, inferindo-se que as quatro medidas das microdurezas estão bastante homogêneas, são confiáveis e propícias a estudos mais aprofundados.

Para verificar se existe ao menos uma diferença significativa em relação às durezas do cimento C2, relativas às interposições de barreiras, no período 1, aplicou-se o teste de Análise de Variância (ANOVA de um critério) de um critério que verifica se existem diferenças significativas das médias aritméticas dos tratamentos, aqui representados pelas interposições de barreiras entre a luz fotoativadora e C2: C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3. As médias e os desvios-padrão desses tratamentos estão na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores das médias e dos desvios-padrão dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, no período 1.

	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
C2SB	6	27,1833	2,62398
C2B1	6	24,4267	1,91899
C2B2	6	25,3983	3,92058
C2B3	6	26,5067	3,54708
Total	24	25,8788	3,08725

Observe, da Tabela 3, que a média aritmética da microdureza da aplicação do cimento C2, sem barreira, é maior do que todas as outras médias das microdurezas quando são interpostas barreiras e que, os valores das médias com a interposição de barreiras ficaram em ordem crescentes a partir da barreira B1. A Figura 13 apresenta o gráfico dos valores das médias aritméticas das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3.

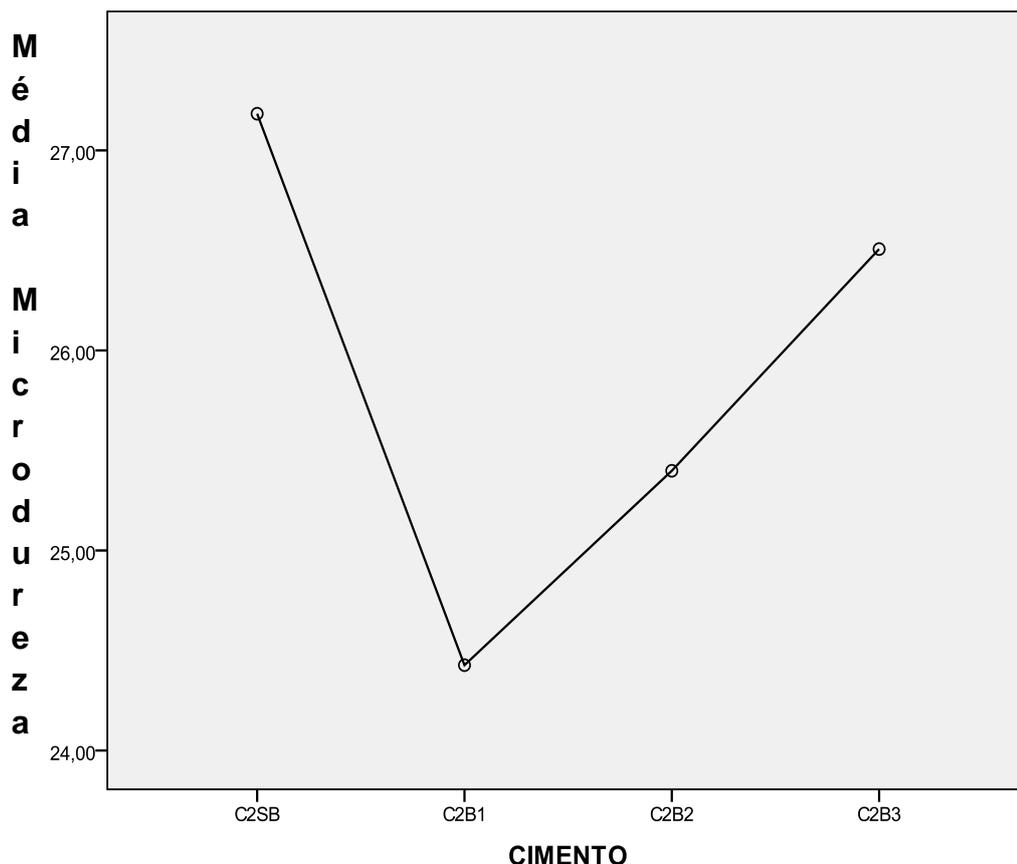


Figura 13 - Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3.

Pela análise da Figura 13 observa-se, visualmente, que apesar da média aritmética dos valores das microdurezas do tratamento C2SB parecer significativamente maior do que as outras médias dos outros tratamentos, esse fato não é verdadeiro, pois, o valor da ANOVA de um critério não foi significativo, visto que  $p = 0,449$ . Esse fato ocorre devido à escala do gráfico que está bastante grande.

Resta saber se essas diferenças são significativas com a aplicação do teste da ANOVA de um critério, antes, com aplicação do teste de Levene para a homogeneidade das variâncias. O teste de Levene para a homogeneidade das variâncias foi de  $p = 0,164$ , indicando que as variâncias são homogêneas com nível de confiança de 95%, indicando que se podem aplicar os testes da Estatística Paramétrica, como o teste da ANOVA, por exemplo. Sendo assim, aplicou, então, o teste da ANOVA de um critério para testar a hipótese de que não existem diferenças significativas entre as médias dos valores das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, cujos resultados estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, no período 1.

	<b>SQ</b>	<b>GI</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Entre grupos	26,613	3	8,871	0,921	0,449
Dentro dos grupos	192,602	20	9,630		
Total	219,216	23			

Observa-se, da Tabela 4, que  $p=0,449$ , indicando que não se tem argumentos para rejeitar a hipótese nula de que as médias das microdurezas dos tratamentos com o cimento C2 (Variolink II) são iguais. Esse resultado, apesar das diferenças não serem significativas, está de acordo com o que se obteve para os tratamentos que envolvia o cimento C1 (Variolink Veneer), em que este, sem a interposição de barreiras, apresentou a maior microdureza.

No Apêndice A7 (Apêndice A), são apresentados os mesmos dados discutidos para os Apêndices A5 e A6, porém, utilizando o cimento C3 (RelyX ARC).

Novamente, para verificar se existe ao menos uma diferença significativa em relação às durezas do cimento C3 (RelyX ARC), relativas às interposições de barreiras, no período 1, aplicou-se o teste de Análise de Variância (ANOVA de um critério) entre os quatro tratamentos, aqui representados pelas interposições de barreiras entre a luz fotoativadora e C3: C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3. As médias e os desvios-padrão desses tratamentos estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, no período 1.

	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
C3SB	6	34,3817	2,53652
C3B1	6	32,6233	3,09338
C3B2	6	32,8133	3,00544
C3B3	6	33,6233	4,23178
Total	24	33,3604	3,13775

Observe, da Tabela 5, que a média aritmética da microdureza da aplicação do cimento C3, sem barreira, é maior do que todas as outras médias das microdurezas quando são interpostas barreiras e que, os valores das médias com a interposição de barreiras ficaram em ordem crescentes a partir da barreira B1. A Figura 14

apresenta o gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3.

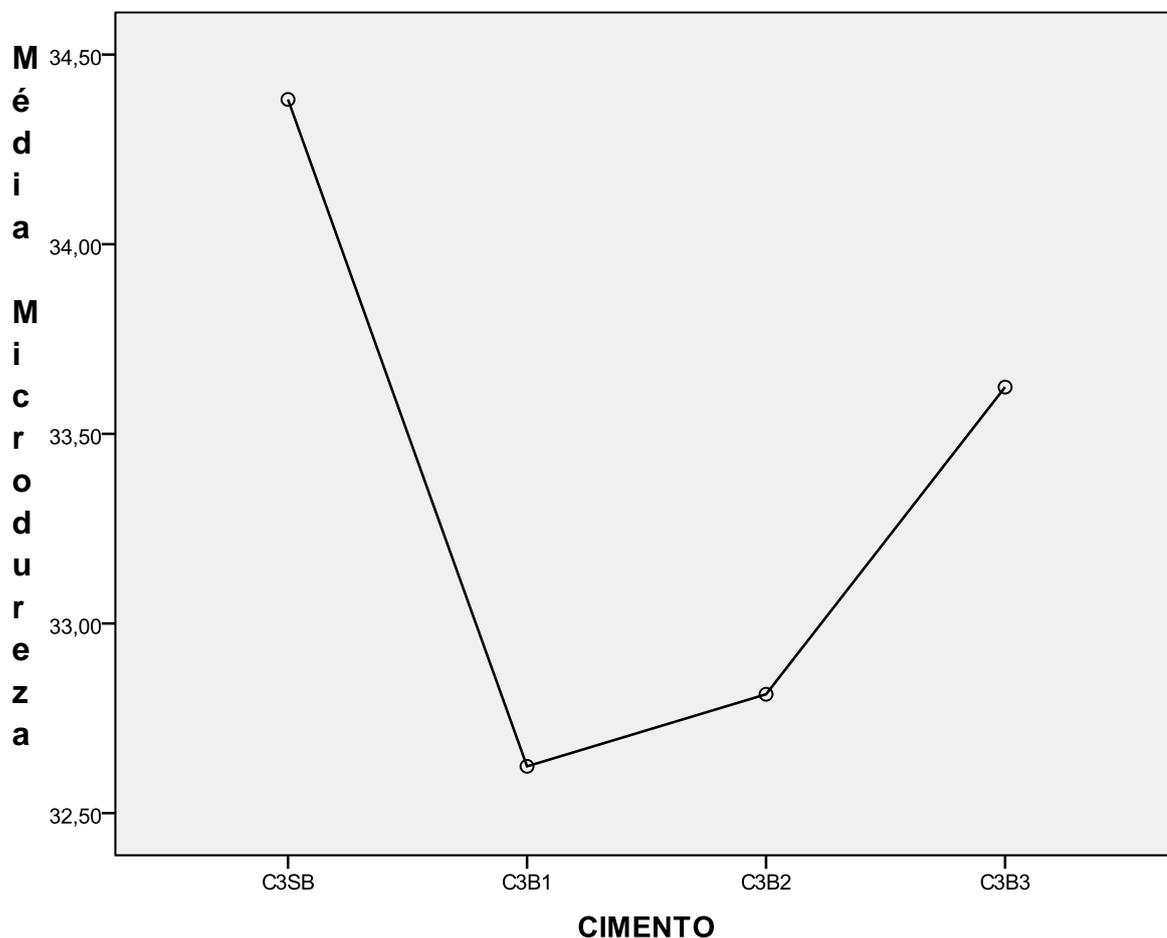


Figura 14 - Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3.

Analisando a Figura 14 observa-se, visualmente, que a média aritmética dos valores das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, levando-se em conta a escala do gráfico, podem ser consideradas iguais. Essa afirmação deve ser comprovada estatisticamente com a aplicação do teste da ANOVA de um critério.

Para a aplicação do teste da ANOVA é recomendável a verificação da homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Aplicado o teste de Levene obteve-se o valor de  $p = 0,716$ , indicando que as variâncias são homogêneas com nível de confiança de 95% indicando que o teste pode ser aplicado. Aplicou, então, o teste da ANOVA de um critério para testar a hipótese de que não existem

diferenças significativas entre as médias dos valores das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, cujos resultados estão na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, no período 1.

	<b>SQ</b>	<b>gl</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre grupos	11,728	3	3,909	0,364	0,780
Dentro dos grupos	214,718	20	10,736		
Total	226,446	23			

Observa-se, da Tabela 6, que  $p = 0,780$ , indicando que não se tem argumentos para rejeitar a hipótese nula de que as médias das microdurezas dos tratamentos com o cimento C3 são iguais. Como na análise dos cimentos C1 e C2, este também, apesar do valor da microdureza para o tratamento do cimento C2 sem Barreira (C2SB), ser maior que os valores das demais, essas diferenças não foram significativas. Isto é, com um nível de confiança de 95% essas médias de microdurezas podem ser consideradas iguais.

## 5.2 Análises estatísticas relativas ao período 2

No Apêndice A, no Quadro A8, são apresentados, para o período 2, os vinte e quatro arranjos obtidos das combinações do cimento C1 com os quatro tipos de barreiras SB, B1, B2 e B3, bem como as quatro leituras das medidas HV1, HV2, HV3 e HV4, com as respectivas médias aritméticas (MÉDIA), desvios padrão (DP) e coeficientes de variação percentuais CV(%).

No Quadro A8 observa-se que os coeficientes de variações estão abaixo de 17%, mostrando, ainda, homogeneidade das medidas, assegurando confiabilidade nas análises mais aprofundadas que serão processadas mais à frente.

Para verificar se houve ao menos uma diferença significativa em relação às durezas do cimento C1, relativas às interposições de barreiras, no período 2, após 7 dias de cura, aplicou-se o teste de Análise de Variância (ANOVA) de um critério que verifica se existem diferenças significativas entre as médias aritméticas dos tratamentos, aqui representados pelas interposições de barreiras entre a luz

fotoativadora e o cimento C1: C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3. As médias aritméticas e os desvios padrão desses tratamentos estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 2.

	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
C1SB	6	19,5567	0,94593
C1B1	6	17,6650	1,26185
C1B2	6	18,4950	1,26071
C1B3	6	18,6650	0,79465
Total	24	18,5954	1,22239

A Figura 15 apresenta o gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3.

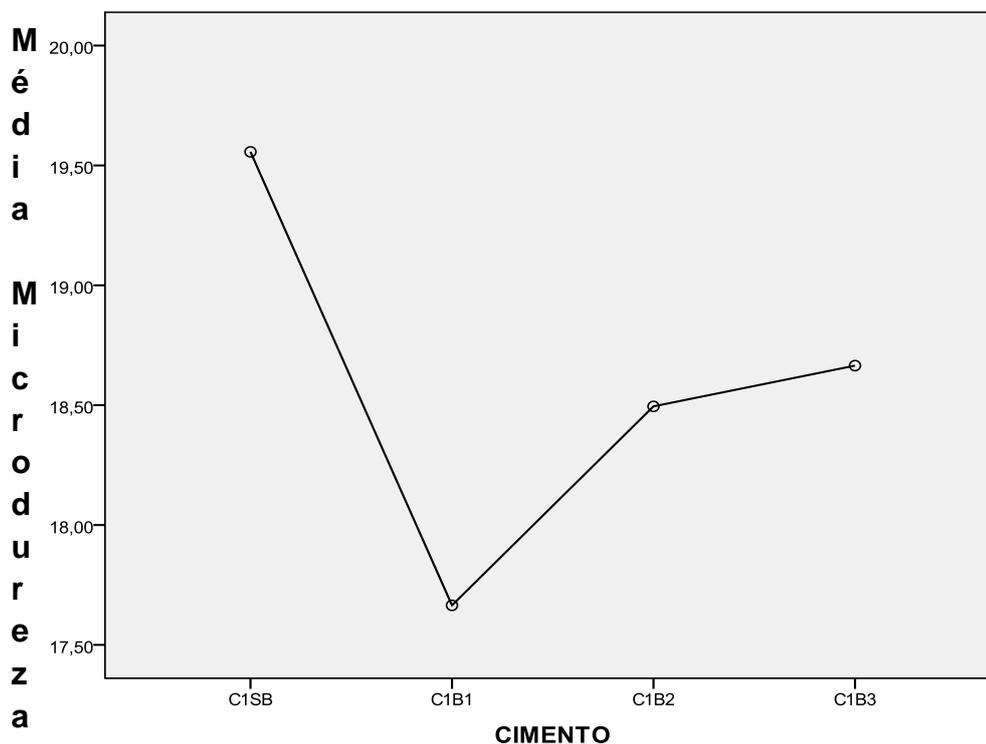


Figura 15 - Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 2.

Pela análise da Figura 15 observa-se, visualmente, que a média aritmética dos valores das microdurezas do tratamento C1SB é bem maior que as outras médias dos outros tratamentos, restando saber se essa diferença é significativa.

O teste de Levene para a homogeneidade das variâncias foi de  $p = 0,881$ , indicando que as variâncias são homogêneas com nível de confiança de 95%. Aplicou, então, o teste da ANOVA de um critério para testar a hipótese de que não existem diferenças significativas entre as médias dos valores das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3. Os resultados estão na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados do teste da ANOVA de um critério para os valores das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3, no período 2.

	<b>SQ</b>	<b>gl</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Entre grupos	10,828	3	3,609	3,066	0,052
Dentro dos grupos	23,540	20	1,177		
Total	34,367	23			

Observa-se, da Tabela 8, que  $p=0,052$ , que pode considerado pouco significativo, indicando que existem pelo menos duas médias com diferença pouca significativa entre elas, rejeitando-se a hipótese nula de que as médias das microdurezas dos tratamentos iguais.

Para determinar quais os pares de tratamentos apresentam diferenças significativas nos valores das suas médias de microdurezas, aplicou-se o teste *Post Hoc* de *Tukey HSD*, cujos resultados estão no Quadro 6.

Quadro 6 - Resultados do teste *Post Hoc* de Tukey HSD das diferenças entre as médias das microdurezas dos tratamentos C1SB, C1B1, C1B2 e C1B3 no período 2.

(I) Cimento	(J) Cimento	Diferença entre as médias (I-J)	p
C1SB	C1B1	1,89167*	<b>0,032</b>
	C1B2	1,06167	0,352
	C1B3	0,89167	0,500
C1B1	C1SB	-1,89167*	<b>0,032</b>
	C1B2	-0,83000	0,558
	C1B3	-1,00000	0,403
C1B2	C1SB	-1,06167	0,352
	C1B1	0,83000	0,558
	C1B3	-0,17000	0,993
C1B3	C1SB	-0,89167	0,500
	C1B1	1,00000	0,403
	C1B2	0,17000	0,993

Do Quadro 6, observando-se os pares de tratamentos cujos valores de  $p < 0,05$  (em negrito), conclui-se que só existem diferenças significativas entre os valores das médias das microdurezas entre o tratamento C1SB e o tratamento C1B1 e vice-versa, em que  $p = 0,032$ . Nos outros casos, apesar do valor da microdureza do tratamento C1SB ser maior que os valores dos outros tratamentos, as diferenças não são significativas, podendo considerar iguais com um nível de confiança de 95%.

No Apêndice A, o Quadro A9 apresenta os mesmos dados discutidos para o Quadro A5, porém, utilizando o cimento C2, no período 2, sete dias após a realização do ensaio. No Quadro A9 observa-se, como já discutidos nos outros quadros anteriores, que os coeficientes de variações estão abaixo de 17%, demonstrando, ainda, homogeneidade das medidas, assegurando confiabilidade nas análises mais aprofundadas que serão processadas mais à frente. As médias e os desvios-padrão desses tratamentos estão na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, no período 2.

	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
C2SB	6	47,7067	2,08158
C2B1	6	42,0283	11,18583
C2B2	6	46,3067	1,13225
C2B3	6	46,2933	1,91690
Total	24	45,5838	5,82761

Apesar de se observar que a média do valor da microdureza do tratamento C2SB ser maior que todos os outros valores das microdurezas médias do outros tratamentos, deve-se aplicar o teste da ANOVA para a verificação se essas diferenças são significativas. A Figura 16 apresenta o gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3.

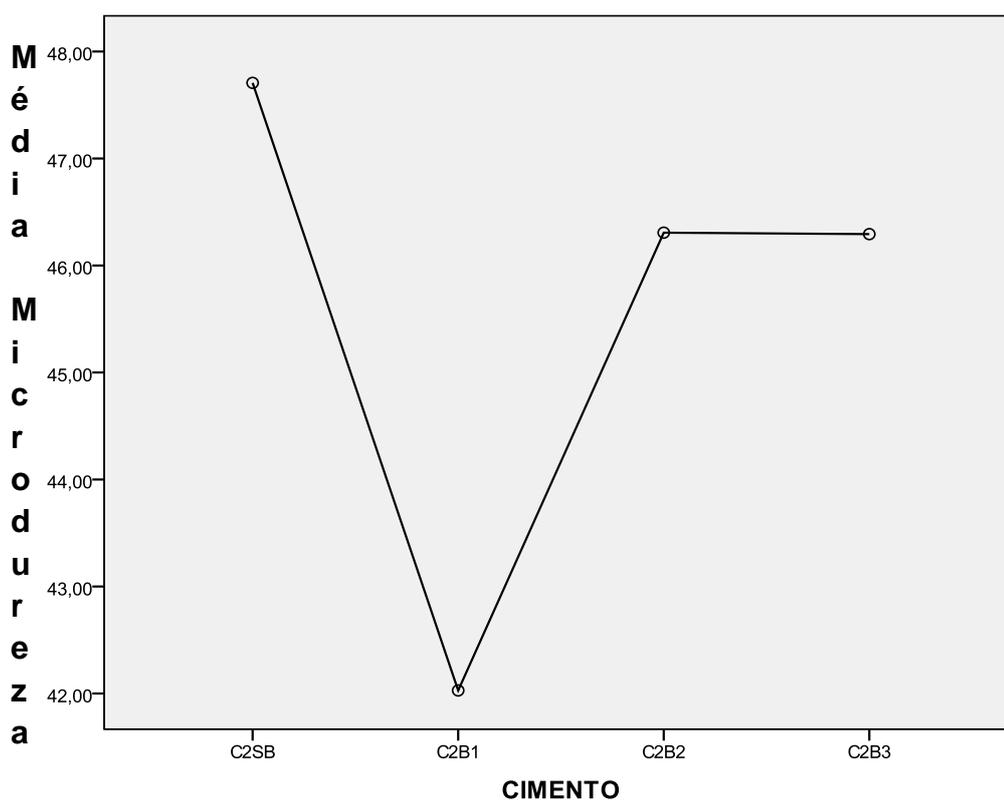


Figura 16 - Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3.

Pela análise da Figura 16 observa-se, visualmente, que a média aritmética dos valores das microdurezas do tratamento C2SB é, realmente, maior que as outras médias dos outros tratamentos. Resta saber se essas diferenças são significativas.

Antes, aplicou-se o teste de Levene para a homogeneidade das variâncias, resultando em o valor de  $p=0,030$ , indicando que as variâncias não são homogêneas com nível de confiança de 95%.

O teste de Levene é usado para testar se as amostras tem a mesma variância. Alguns testes estatísticos como, por exemplo, a análise de variância (ANOVA), assumem que as variâncias são iguais dentro das categorias da variável independente ou amostras. O teste de Levene pode ser usado para verificar essa suposição. Quando esse teste falha, ele deve ser substituído pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Assim, aplicou-se então o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para testar a hipótese de que não existem diferenças significativas entre as médias dos valores das microdurezas dos tratamentos C2SB, C2B1, C2B2 e C2B3, obtendo um valor de  $p = 0,379$  indicando que não se tem argumentos para rejeitar a hipótese nula de que as médias das microdurezas dos tratamentos em tela são iguais.

O Quadro A10, no Apêndice A, apresenta os mesmos dados discutidos para o Quadro A9, porém, utilizando o cimento C3, no período 2, sete dias após a realização do ensaio

No Quadro A10 observa-se, que os coeficientes de variações estão um pouco maiores do que aqueles dos quadros anteriores, mas mesmo assim, não ultrapassando 20%, podendo ser considerados bons para análises futuras.

Novamente, para verificar se existe ao menos um par de médias relativas à microdurezas do cimento C3, no período 2, quando interpostas barreiras entre o cimento e a luz fotoativadora, cuja diferença entre elas seja significativa, aplicou-se o teste de Análise de Variância (ANOVA de um critério) entre os quatro tratamentos, aqui representados pelas interposições de barreiras entre a luz foto ativadora e C3: C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3. As médias aritméticas e os desvios-padrão desses tratamentos estão na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores das médias e dos Desvios-Padrão dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, no período 2.

	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
C3SB	6	49,1250	2,30681
C3B1	6	46,7200	4,78807
C3B2	6	48,6017	2,77172
C3B3	6	49,0317	4,67668
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>48,3696</b>	<b>3,68137</b>

Na Tabela 10 pode-se observar que o valor da média da microdureza do tratamento C3SB, isto é, valor da microdureza do cimento 3 sem a interposição de barreira ser maior que todas as outras médias, é necessário observar se as diferenças entre os valores das mesmas são significativos. A Figura 17 apresenta o gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3.

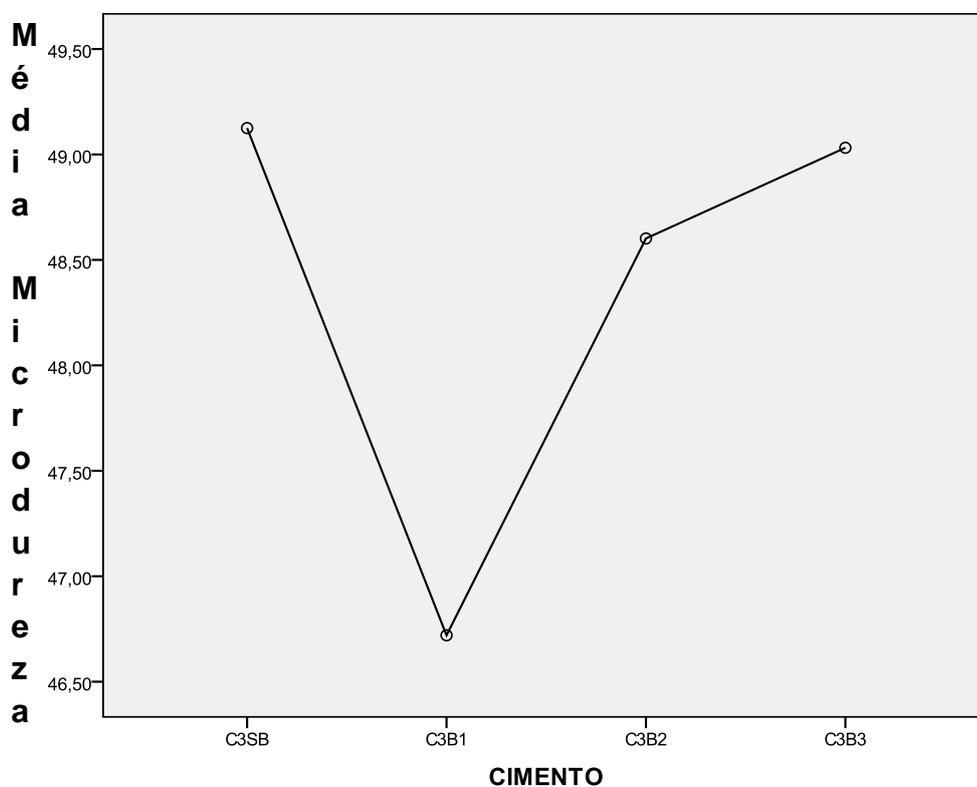


Figura 17 - Gráfico dos valores das médias das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3.

Pela análise da Figura 17, também, observa-se que visualmente, a média aritmética dos valores das microdurezas do tratamento C3SB é, realmente, maior que as outras médias dos outros tratamentos, mas com diferenças não significativas entre essa e as demais. Para isso aplica-se o teste da ANOVA de um critério, precedido do teste de Levene para a homogeneidade das variâncias.

O teste de Levene para a homogeneidade das variâncias foi de  $p = 0,327$ , indicando que as variâncias são homogêneas com nível de confiança de 95%. Aplicou, então, o teste da ANOVA de um critério para testar a hipótese de que não existem diferenças significativas entre as médias dos valores das microdurezas dos tratamentos C3SB, C3B1, C3B2 e C3B3, obtendo um valor de  $p = 0,671$  indicando que não se tem argumentos para rejeitar a hipótese nula de que as médias das microdurezas dos tratamentos em tela são iguais.

### 5.3 Análises estatísticas relativas aos períodos 1 e 2

Com a finalidade de verificar se houve ou não aumento significativo do valor de microdureza relacionado ao tempo de cura, de modo que no período 1 as medidas foram tomadas imediatamente à realização do ensaio e, no período 2, sete dias após o mesmo, realizou o teste da ANOVA Fatorial, considerando como variável dependente a média aritmética dos valores das microdurezas nos dois períodos considerados e, como variáveis independentes (fatores), os períodos de medições, os cimentos utilizados e as barreiras interpostas.

Os Quadros A11 e A12 (Apêndice A), apresentam os valores ordinais das variáveis independentes e as médias aritméticas correspondentes da variável dependente, relativos aos período 1 e período 2, respectivamente.

O Quadro 7 apresenta a relação dos fatores utilizados na pesquisa, sendo dois períodos, três cimentos e quatro barreiras, bem como o número N de medições de microdurezas realizadas para cada um deles.

Quadro 7 - Relação de fatores e número de medidas das microdurezas de cada um dos três cimentos analisados.

Fator		Descrição	N
Períodos de medição	1	período 1	72
	2	período 2	72
Cimentos utilizados	1	Cimento_1	48
	2	Cimento_2	48
	3	Cimento_3	48
Barreiras interpostas	1	Sem Barreira	36
	2	Barreira_1	36
	3	Barreira_2	36
	4	Barreira_3	36

Inicialmente, para testar a confiabilidade do teste da ANOVA Fatorial, aplicou-se o teste de Levene para a verificação da hipótese nula de que as diferenças das variâncias entre os grupos eram iguais. A Tabela 11 apresenta os resultados do teste de Levene para a igualdade dos erros das variâncias.

Tabela 11 - Resultados do teste de Levene para verificação das igualdades de Variâncias.

F	gl1	gl2	p
3,301	23	120	0,060

Observa-se a Tabela 11, que no teste de Levene obteve-se  $p = 0,060$ , maior do que  $0,05$ , indicando que não temos argumentos para rejeitar a hipótese nula, de que as variâncias da variável dependente microdureza sejam iguais. Com isso, pode-se realizar o teste da ANOVA Fatorial.

Aplicou-se o teste da ANOVA Fatorial utilizando como variável dependente microdureza e, como variáveis independentes (fatores), as variáveis: período, cimento e; barreira. Optou-se, inicialmente, pela realização de um teste da ANOVA Fatorial customizada, um pouco mais simples, que só verifica os efeitos principais entre as variáveis especificadas, não medindo os efeitos das interações entre elas (efeitos secundários). A Tabela 12 apresenta os resultados da saída deste teste.

Tabela 12 - Resultados da ANOVA Fatorial dos valores da microdureza (variável dependente) e dos fatores período, barreira e cimento (variáveis independentes).

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados Tipo III</b>	<b>gl</b>	<b>Média ao Quadrado</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Modelo Corrigido	22317,181 <sup>a</sup>	6	3719,530	172,493	0,000
Intercepto	138214,792	1	138214,792	6409,713	0,000
Período	6150,089	1	6150,089	285,210	0,000
Cimento	16051,965	2	8025,983	372,205	0,000
Barreira	115,127	3	38,376	1,780	0,154
Erro	2954,177	137	21,563		
Total	163486,150	144			
Total Corrigido	25271,358	143			

Nos dados da Tabela 12, é importante observar quais as variáveis independentes produziu efeitos na variável dependente microdureza. Desse modo, deve-se analisar os valores da significância (coluna p) dessas variáveis independentes. Variáveis com valores de p menores do que 0,05 indicam que provocaram efeitos significativos sobre a variável dependente.

Desse modo, as variáveis independentes período e cimento, as duas com  $p = 0$ , tiveram efeitos significativos sobre a variável dependente microdureza. Diz-se, então, que a razão F, nesses dois casos, são altamente significativas, indicando que o período de medição e o tipo de cimento afetaram significativamente o valor da medida da dureza no experimento. Já, a variável barreira, com valor de  $p = 0,154$ , não produziu nenhum efeito significativo sobre a variável dependente, não influenciando na medida da microdureza.

Como a variável período só admite duas possibilidades, período 1 e período 2, não é necessário nenhum teste para descobrir qual alternativa mais influenciou a variável dependente microdureza, bastando observar a Tabela 13, de onde se conclui que o período 2 influenciou mais a variável dependente, pois tem média maior do que o período 1.

Tabela 13 - Médias aritméticas da microdureza nos períodos 1 e 2.

<b>Período</b>	<b>Média</b>
Período 1	24,45
Período 2	37,52

Na Tabela 14 estão relacionadas as médias aritméticas dos três cimentos utilizados, nos períodos 1 e 2, com e sem a interposição de barreiras.

Tabela 14 - Médias aritméticas da microdureza relativas aos três cimentos utilizados, períodos 1 e 2 com e sem a interposição de barreiras.

<b>Cimento</b>	<b>Média</b>
Cimento 1	16,35
Cimento 2	35,73
Cimento 3	40,88

Já, para descobrir em que condições a variável independente cimento influenciou a variável dependente microdureza, realizou-se o teste *post hoc* (à posteriori) de *Tukey HSD* cujos resultados estão na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados do teste post hoc de Tukey HSD para a variável cimento, com efeitos sobre a variável dependente microdureza.

<b>(I) Cimento</b>	<b>(J) Cimento</b>	<b>Diferença Média (I-J)</b>	<b>p</b>	<b>Intervalo de Confiança 95%</b>	
				<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>
Cimento C1	Cimento C2	-18,5844*	0,000	-20,9549	-16,2139
	Cimento C3	-23,1092*	0,000	-25,5707	-20,6477
Cimento C2	cimento C1	18,5844*	0,000	16,2139	20,9549
	Cimento C3	-4,5248*	0,000	-6,8623	-2,1873
Cimento C3	cimento C1	23,1092*	0,000	20,6477	25,5707
	Cimento C2	4,5248*	0,000	2,1873	6,8623

\*. Diferença significativa à nível de 5%.

Observa-se da Tabela 15 que as diferenças das médias das microdurezas para os três cimentos considerados são diferentes entre si, mas todas elas altamente significativas, pois  $p = 0$  para todas.

Conclui-se, então, que existem efeitos principais significativos para as variáveis independentes período e cimento, com influência sobre o comportamento

das medidas das microdurezas durante o ensaio realizado. Já com a variável independente barreira nenhum efeito principal foi constatado sobre a variável dependente microdureza.

Também, foi realizada uma análise sobre a existência de efeitos secundários sobre a variável dependente microdureza provocados pelas interações entre as variáveis independentes a saber: período\*barreira, período\*cimento, barreira\*cimento e período\*cimento\*barreira. Realizou-se, então, o teste da ANOVA Fatorial Total, cujos resultados estão na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados da ANOVA Fatorial Total dos valores da microdureza (variável dependente) e dos fatores período, cimento e barreira (variáveis independentes).

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados Tipo III	gl	Média ao Quadrado	F	p
Modelo correto	18801,024 <sup>a</sup>	23	817,436	79,893	0,000
Intercepto	114408,939	1	114408,939	11181,935	0,000
Período	5003,990	1	5003,990	489,073	0,000
Barreira	30,795	3	10,265	1,003	0,395
Cimento	11491,811	2	5745,905	561,585	0,000
Período * barreira	20,631	3	6,877	0,672	0,571
Período * cimento	1127,459	2	563,729	55,097	0,000
Barreira * cimento	131,878	6	21,980	2,148	0,054
Período * cimento * barreira	55,156	6	9,193	0,898	0,499
Erro	1033,390	101	10,232		
Total	141537,504	125			
Total Corrigido	19834,415	124			

Da análise da Tabela 16 pode-se concluir que o efeito da interação período\*cimento sobre a variável dependente microdureza é muito significativa, pois  $p = 0$ . O efeito da interação barreira\*cimento sobre a variável dependente é pouco significativa, pois  $p=0,054$ . Já as interações período\*barreira e período\*cimento\*barreira não apresentaram efeitos significativos sobre a variável dependente, pois apresentaram valores de  $p$ , respectivamente, 0,571 e 0,499, muito maiores do que 0,05. Os efeitos principais já foram analisados anteriormente, na Tabela 12.

## 6 DISCUSSÃO

Para as leituras feitas das medidas das microdurezas dos cimentos Variolink Veneer, Variolink II e RelyX ARC, nos dois períodos considerados, o primeiro imediatamente após a fotopolimerização e, o segundo, sete dias após a fotopolimerização, constatou-se que quando não havia a interposição de barreira entre a luz e o cimento, os valores das médias das microdurezas foram maiores que as demais medidas dos valores das microdurezas, sendo algumas diferenças significativas e outras não significativas. Sem as interposições de barreiras a fotopolimerização age com mais intensidade, concordando com E Kilinc et al., 2011, onde o grupo controle (sem barreira), obteve valores significativamente mais elevados de dureza em todos os grupos de cimentos. Havendo uma correlação significativa entre a quantidade de luz transmitida e a dureza.

As medições realizadas no presente trabalho, logo após a fotopolimerização (P1/mediato), apresentaram menor dureza do que quando comparada aos valores do tempo de teste após 7 dias em todos os cimentos testados nesta pesquisa. Resultados similares foram observados em estudos anteriores que avaliaram diferentes cimentos (Valentino et al., 2010). Restaurações são instáveis imediatamente após a colocação e pode ser deslocado durante o processo de mastigação. Recomenda-se assim um protocolo clínico que deve ser criado após cimentação de peças protéticas, incluindo conselhos para os pacientes evitar alimentos rígidos, procurando uma dieta mais pastosa, a fim de permitir um tempo adicional e uma polimerização mais adequada.

Com relação aos dois períodos do experimento, verificou-se que os valores das microdurezas dos três cimentos, com ou sem interposição de barreiras, foram em ordem crescente de valores: Variolink Veneer, com 16,35, Variolink II, com 35,73 e RelyX ARC, com 40,88.

Com este resultado pode-se deduzir que o material que apresentou maior dureza, deve estar associado ao fato de estar disponível em duas bisnagas que vem acopladas em uma única saída do material, onde é feita a mistura automática da pasta base e do catalisador, de forma uniforme, facilitando sua manipulação, tempo e proporções adequadas de cada pasta no momento da cimentação, evitando com isso proporções inadequadas no momento da sua utilização. Resultado semelhante

ao de Bernardo et al. (2008), onde o estudo comparativo entre os cimento resinosos, revelou diferenças estatísticas entre os três materiais, sendo que o cimento RelyX também obteve os maiores valores de microdureza superficial, assim como o estudo de Umetsubo (2007).

Neste estudo, o comparativo entre os cimentos resinosos, revelou diferenças estatísticas entre os materiais, sendo que o cimento Relyx obteve os maiores valores de microdureza superficial, em concordância com os trabalhos de (UMETSUBO, 2007; BERNARDO et al., 2008; GUEDES et al., 2008).

Para uma maior efetividade de polimerização dos cimentos resinosos sob uma cerâmica, pode-se ainda ser necessário prolongar o tempo luz conforme a sua maior espessura. Segundo Alencar Júnior (2005), um aumento no tempo de exposição sobre o cimento resinoso poderia promover um aumento da dureza deste material, podendo suprir a deficiência destes aparelhos quanto a energia emitida.

Para Öztürk et al. (2010) pelo menos 20s são necessários para polimerizar cimentos resinosos com LED de alta intensidade, o mesmo tempo utilizado no presente estudo, pois a polimerização inadequada pode levar à microinfiltração marginal em virtude de falhas adesivas e redução nas propriedades físicas e mecânicas.

Espessuras de cerâmicas utilizadas como barreira de 3mm ou mais, afetam significativamente a microdureza do cimento resinoso, sendo considerado como limite crítico uma espessura de 3mm (E KILINC et al., 2011).

Em relação ao grupo dos cimentos polimerizados sem barreiras, denominado como grupo controle, o mesmo mostrou resultados superiores estatisticamente significantes, em relação a todos os outros, tanto no teste imediato, como após 7 dias, assim como demonstrou nos trabalhos de Hilgert et al., 2004; Valentino et al., 2010; E Kilinc et al., 2011.

Os resultados neste trabalho, como também no estudo de Jung et al. (2006) mostraram que aumentando a espessura de discos cerâmicos teve um efeito negativo sobre a profundidade de cura e dureza do cimento resinoso dual e fotopolimerizável.

No primeiro período, a média do valor da microdureza geral, levando-se em conta os três cimentos e as três barreiras, bem como, sem a interposição de

barreiras, ficou em 24,45HV, enquanto no segundo período foi de 37,52HV, evidenciando que o tempo de cura tem influência positiva no valor da microdureza.

Os instantes de medição e o tipo de cimento interferiram nos valores das microdurezas. Já a interposição de barreiras dos diversos materiais disponíveis durante a fotopolimerização de cimentos resinosos duais não influenciaram significativamente nos valores das microdurezas dos mesmos. Para garantir uma maior polimerização ao cimento resinoso sob uma cerâmica, pode ainda ser necessário prolongar o tempo luz conforme maior sua espessura (ALENCAR JÚNIOR, 2006).

Diante dos resultados deste trabalho que envolveu cimentos resinosos da categoria dual pode-se admitir que seu desempenho é extremamente promissor. Entretanto, em estudos futuros, principalmente estudos clínicos de longo tempo, ainda se fazem necessários para que se possa de fato consagrá-los. Assim, o profissional deve estar consciente das limitações e indicações desses materiais, a fim de otimizar os seus procedimentos, uma vez que, nenhum material ainda é capaz de satisfazer à todas as situações clínicas (FARIA e SILVA, 2008).

No entanto, ainda é indeterminado se as propriedades mecânicas da resina de cimentação correlacionam-se com seu desempenho clínico. Além disso, além de utilizar um cimento resinoso inadequado, existem outros fatores que podem ter implicado no insucesso, a longo prazo de uma restauração, tais como oclusão desfavorável e articulação, perda da aderência do tecido dental e dentes despreparados.

Concluindo, dentro das limitações do presente estudo, pode-se concluir que a polimerização através da cerâmica afetou a microdureza superficial dos cimentos resinosos duais e o fotopolimerizável, sendo que uma melhora na microdureza foi encontrada no teste realizado após 7 dias. A utilização de uma fonte de luz com elevada intensidade ou o aumento do tempo de exposição a luz é aconselhável quando realizada cimentação de cerâmica

## 7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações da presente pesquisa, conclui-se:

- O cimento resinoso dual expressa valores mais elevados nas propriedades micromecânicas em comparação com os cimentos resinosos fotopolimerizáveis.
- Os valores obtidos da microdureza superficial dos cimentos resinosos duais e o fotopolimerizável quando polimerizado sem barreira, foi considerado maior.
- Houve maior dureza após 7 dias em todos os cimentos testados.
- A interposição de barreiras com pequenas espessuras, utilizando LED de alta intensidade, não afetou significativamente a dureza do cimento resinoso utilizado.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

Alencar Júnior EA. Microdureza superficial do cimento resinoso de ativado por três diferentes fontes de luz através da interposição de cerômero e porcelana. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2005, 83p.

Barbosa JKG, Duarte RM, Pinto RM, Medeiros CE, Silva FDS. Tipos de ativação dos cimentos resinosos. X Encontro de iniciação à docência. Anais. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

Bernardo RT, Obici AC, Sonhoreti MAC. Efeito da ativação química ou dual a microdureza knoop de cimentos resinosos. Cienc Odontol Bras. 2008.

E Kilinc SA, Antonson PC, Hardigan and Kesercioglu A. The effect of ceramic restoration shade and tyhickness on the polymerization of light- and dual-cure resin cements. Operative Dentistry. 2011; 36(6): 661-9.

Faria e Silva AL. Efeito do modo de ativação de cimentos resinosos duais, sob a cinética de conversão, propriedades mecânicas e resistência de união e geração de tensões. Tese de Doutorado. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. 2008.

Fonseca RG, Cruz CAS, Adabo GL. A influência da ativação química na dureza de cimentos de resina cura dual: Uma influência da ativação química na dureza de cimentos resinosos duais. Braz Oral Res. 2004;18(3).

França RV. Cimentos resinosos. [Monografia do Curso de Especialização em Dentística Restauradora]. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2002.

---

<sup>1</sup>Estilo Vancouver apresentado pelo Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas, publicadas inicialmente em 1979.

Guedes LLS, Mattos ECG, Zani IM, Prates LHM, Chain MC. Avaliação das propriedades mecânicas de cimentos resinosos convencionais e autocondicionantes. Rev Odontol da UNESP. 2008; 37(1):85-9.

Hilgert LA, Graff VA, Garbin CA, Silva SBA. Influência da fonte de luz e material restaurador sobre a dureza de um cimento resinoso dual cure. Rev Fac Odontol. 2004; 45(2):31-4.

Jung H, Friedl KH, Hiller KA, Furch H, Bernhart S. eficiência de schmalz g. polimerização de photocuring diferentes unidades através de discos cerâmicos. Oper Dent. 2006; 31:68-77.

Kuguimiya RN, Alves LB, FR Seabra, CF. Sarmento, Santos AS, CT Machado. influência da luz-cura unidades e materiais restauradores sobre a micro dureza dos cimentos resinosos. Indian J Dent Res. 2010, 21:49-53.

Lazzari CR. Efeito da distância entre o fotopolimerizador e o compósito na dureza superficial do compósito dental, com diferentes espessuras. [TCC]. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Piracicaba, SP. 2003. 18p.

Maia LG, Vieira LCC. Cimentos resinosos: uma revisão de literatura. JBD. 2003; 2(7):258-62.

Mesquita VT, Pompeu MH, Dias AHM. Novo conceito em prótese fixa estética. 2013. Disponível em: [www.ilapeo.com.br/.../Artigo\\_03\\_O\\_novo\\_conceito\\_em\\_protese\\_fixa\\_e](http://www.ilapeo.com.br/.../Artigo_03_O_novo_conceito_em_protese_fixa_e). Acesso em: 20 jul. 2013.

Öztürk ELIF, Hickel R, Bolay S, Ilie N. Propriedades micromecânica de cimentação verniz resinas após a cura através da cerâmica. Springer-Verlag. 2012.

Pires HC, Carvalho OB, Freitas CA, Freitas MFA, Lauris JRP. Avaliação da dureza vickers de 29 Resinas Compostas. Rev Odont de Araçatuba. 2007; 28(3):16-23.

Prakki A, Carvalho RM. Cimentos resinosos dual: características e considerações clínicas. Rev Fac Odontol de São José dos Campos. 2001; 4(1).

Ribeiro BCI. Estudo da dureza e do grau de conversão de resinas compostas. Efeito de fonte de luz e material. Faculdade de Odontologia de Araraquara Departamento de Odontologia Restauradora Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Universidade Estadual Paulista-UNESP. Araraquara, SP. 2010. 223p.

Ribeiro CMB, Lopes MWF, Farias ABL, Cabral BLAL, Guerra CMF. Cimentação em prótese: procedimentos convencionais e adesivos. Int JDent. 2007; 6(2):58-62.

Tango RN, MA Sinhoreti, AB Correr, Correr-Sobrinho L, Henriques GE. Efeito do modo de ativação Método e cimento cura a luz na dureza de knoop de cimento de resina. J Prosthodont. 2007; 16:480-4.

Umetsubo LS. Avaliação da microdureza de quatro cimentos resinosos duais fotopolimerizados através da interposição de diferentes materiais: estudo *in vitro*. [Tese de Doutorado]. Faculdade de Odontologia de São José dos Campos. Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos, 2007. 164p.

Valetino TA, Borges GA, Borges LH, Vishal J, Martins LR, Correr-Sobrinho L. Dual resin cement knoops hardness after different activation modes through dental ceramics. Braz Dent J. 2010.

Varjão FM, Von Schalch M, Fonseca RG, Adabo GL. Tratamento de superfícies de restaurações estéticas indiretas para cimentação adesiva. RGO. 2004; 52(3):145-9.

Vasconcelos BT, Macedo MRP, Oda M, Garoe Netto N. Avaliação da rugosidade superficial de um material cerâmico sob diferentes tratamentos. Rev Cien Saúde. 2008; 26(1):82-6.

Voltarelli FR. Avaliação da resistência de união de reparos em resina composta compactável confeccionados com diferentes combinações restauradoras. [Monografia]. Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Piracicaba, 2004. 43p.

Weidgenant, AC. Cimentos Resinosos. Monografia do Curso de Especialização em Dentística. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

Wingert A, Reginatto CS. Cimentos resinosos auto-adesivos e autocondicionantes: análise de microdureza. [Monografia]. Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

## APÊNDICE A

Quadro A1 - Leituras das microdurezas (HV) dos corpos-de-provas do cimento C1 sem barreira SB e com as três barreiras B1, B2 e B3, no período 1.

<b>Dados de microdureza (HV) a serem obtidos no experimento com o cimento C1, período 1</b>				
<b>Médias de quatro leituras imediatas à polimerização</b>				
Leitura	Controle	B1	B2	B3
1	C1SB	C1B1	C1B2	C1B3
2	C1SB	C1B1	C1B2	C1B3
3	C1SB	C1B1	C1B2	C1B3
4	C1SB	C1B1	C1B2	C1B3
5	C1SB	C1B1	C1B2	C1B3
6	C1SB	C1B1	C1B2	C1B3

Quadro A2 - Leituras das microdurezas (HV) dos corpos-de-provas do cimento C2 sem barreira SB e com as três barreiras B1, B2 e B3, no período 1.

<b>Dados de microdureza (HV) a serem obtidos no experimento com o cimento C2, período 1</b>				
<b>Médias de quatro leituras imediatas a polimerização</b>				
Leitura	Controle	Barreira 1	Barreira 2	Barreira 3
1	C2SB	C2B1	C2B2	C2B3
2	C2SB	C2B1	C2B2	C2B3
3	C2SB	C2B1	C2B2	C2B3
4	C2SB	C2B1	C2B2	C2B3
5	C2SB	C2B1	C2B2	C2B3
6	C2SB	C2B1	C2B2	C2B3

Quadro A3 - Leituras das microdurezas (HV) dos corpos-de-provas do cimento C3 sem barreira SB e com as três barreiras B1, B2 e B3, no período 1.

<b>Dados de microdureza (HV) a serem obtidos no experimento com o cimento C3, período 1</b>				
<b>Médias de quatro leituras imediatas a polimerização</b>				
Leitura	Controle	Barreira 1	Barreira 2	Barreira 3
1	C3SB	C3B1	C3B2	C3B3
2	C3SB	C3B1	C3B2	C3B3
3	C3SB	C3B1	C3B2	C3B3
4	C3SB	C3B1	C3B2	C3B3
5	C3SB	C3B1	C3B2	C3B3
6	C3SB	C3B1	C3B2	C3B3

Quadro A4 - Resultados das médias e desvios-padrão relativos aos dois períodos da experimentação aos três cimentos utilizados, sem a utilização de barreiras e com as três barreiras utilizadas.

período	cimento	barreira	Média	DP	período	cimento	barreira	Média	DP
período 1	cimento C1	SB	15,7400	0,66987	período 2	cimento C1	SB	17,6650	1,26185
		B1	13,1133	0,93125			B1	18,6650	0,79465
		B2	13,3867	0,72753			B2	18,4950	1,26071
		B3	14,1533	1,17009			B3	19,5567	0,94593
	Total	14,0983	1,33710	Total	18,5954	1,22239			
Cimento C2	SB	SB	24,4267	1,91899	Cimento C2	SB	SB	42,0283	11,18583
		B1	26,5067	3,54708			B1	47,7067	2,08158
		B2	27,1833	2,62398			B2	46,3067	1,13225
		B3	25,3983	3,92058			B3	46,2933	1,91690
	Total	25,8787	3,08725	Total	45,5838	5,82761			
Cimento C3	SB	SB	32,8133	3,00544	Cimento C3	SB	SB	48,6433	2,36776
		B1	34,3817	2,53652			B1	46,7200	4,78807
		B2	32,6233	3,09338			B2	48,6017	2,77172
		B3	33,6233	4,23178			B3	49,6033	4,31784
	Total	33,3604	3,13775	Total	48,3921	3,61465			
Total	SB	SB	24,3267	7,43761	Total	SB	SB	36,1122	15,05984
		B1	24,6672	9,35223			B1	37,6972	14,14713
		B2	24,3978	8,62588			B2	37,8011	14,19010
		B3	24,3917	8,81043			B3	38,4844	14,08646
	Total	24,4458	8,40274	Total	37,5237	14,09663			

Quadro A5 - Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos com o cimento C1, com um grupo controle C1SB e três barreiras C1B1, C1B2 e C1B3, no período 1, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.

C1	G	CB <sup>1</sup>	HV1	HV2	HV3	HV4	MÉDIA	DP	CV (%)	
	1	SB	C1SB	15,7	15,8	13,1	13,5	14,53	1,42	9,81
	2		C1SB	14,3	16,7	17,3	15,5	15,95	1,33	8,34
	3		C1SB	17,3	15,0	15,7	16,7	16,18	1,02	6,33
	4		C1SB	19,7	16,4	14,6	15,1	16,45	2,30	13,96
	5		C1SB	16,8	16,0	15,2	15,2	15,78	0,75	4,75
	6		C1SB	15,8	15,8	15,4	15,2	15,55	0,30	1,90
	7	B1	C1B1	11,1	11,8	13,2	10,4	11,63	1,20	10,28
	8		C1B1	12,6	12,2	12,4	12,6	12,45	0,19	1,54
	9		C1B1	12,5	14,3	13,5	14,0	13,58	0,79	5,81
	10		C1B1	14,6	12,4	14,6	13,5	13,78	1,05	7,65
	11		C1B1	15,0	16,1	13,5	11,9	14,13	1,83	12,93
	12		C1B1	13,2	13,4	13,4	12,5	13,11	0,44	3,33
	13	B2	C1B2	13,2	13,1	12,4	14,3	13,25	0,79	5,93
	14		C1B2	15,0	12,9	15,1	13,7	14,18	1,06	7,50
	15		C1B2	16,7	12,9	13,1	13,2	13,98	1,82	13,03
	16		C1B2	11,6	15,3	14,1	14,3	13,83	1,57	11,38
	17		C1B2	13,8	12,1	12,6	12,0	12,63	0,83	6,54
	18		C1B2	13,7	11,1	11,0	14,0	12,45	1,62	13,03
	19	B3	C1B3	10,4	13,1	12,8	12,8	12,28	1,26	10,25
	20		C1B3	15,1	15,1	15,0	15,3	15,13	0,13	0,83
	21		C1B3	13,4	15,3	13,8	15,9	14,60	1,19	8,16
	22		C1B3	13,8	12,1	14,3	12,7	13,23	1,00	7,60
	23		C1B3	14,1	15,3	13,7	14,5	14,40	0,68	4,74
24	C1B3		14,5	15,5	14,8	16,3	15,28	0,80	5,25	

Quadro A6 - Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C2, o grupo controle C2SB e três barreiras C2B1, C2B2 e C2B3 no período1, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.

		G	CB <sup>1</sup>	HV1	HV2	HV3	HV4	MÉDIA	DP	CV (%)
C2	25	SB	C2SB	20,5	22,0	26,2	24,6	23,33	2,56	10,97
	26		C2SB	24,6	23,3	25,0	26,6	24,88	1,36	5,47
	27		C2SB	26,6	27,0	27,0	29,7	27,58	1,43	5,18
	28		C2SB	28,3	31,2	29,7	32,9	30,53	1,98	6,48
	29		C2SB	25,4	28,8	29,3	30,2	28,43	2,10	7,38
	30		C2SB	28,3	31,8	28,3	25,0	28,35	2,78	9,79
	31	B1	C2B1	22,9	21,9	26,6	30,2	25,40	3,79	14,90
	32		C2B1	19,2	21,3	23,9	20,7	21,28	1,96	9,21
	33		C2B1	21,4	21,3	24,7	25,0	23,10	2,02	8,77
	34		C2B1	25,0	25,8	26,6	14,3	25,80	0,80	3,10
	35		C2B1	24,3	27,0	20,8	26,2	24,58	2,76	11,23
	36		C2B1	25,8	23,2	28,3	28,3	26,40	2,44	9,23
	37	B2	C2B2	17,5	19,1	19,7	21,6	19,48	1,69	8,70
	38		C2B2	20,2	21,9	21,3	23,6	21,75	1,42	6,53
	39		C2B2	27,4	27,9	29,7	29,7	28,68	1,20	4,19
	40		C2B2	26,6	28,7	30,7	29,3	28,83	1,70	5,91
	41		C2B2	26,2	27,4	29,3	28,3	27,80	1,32	4,74
	42		C2B2	24,7	24,6	25,8	28,3	25,85	1,72	6,66
	43	B3	C2B3	23,9	22,6	23,9	25,4	23,95	1,14	4,78
	44		C2B3	18,4	23,2	22,9	20,8	21,33	2,22	10,43
	45		C2B3	24,2	24,3	25,4	27,4	25,33	1,49	5,87
	46		C2B3	30,2	31,8	29,7	29,7	30,35	0,99	3,28
	47		C2B3	25,0	27,0	30,2	31,8	28,50	3,07	10,77
	48		C2B3	26,6	28,8	31,7	31,2	29,58	2,35	7,96

Quadro A7 - Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C3, o grupo controle C3SB e três barreiras C3B1, C3B2 e C3B3 no período 1, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.

	G	CB <sup>1</sup>	HV1	HV2	HV3	HV4	MÉDIA	DP	CV (%)	
C3	49	SB	C3SB	35,3	40,9	36,6	32,3	36,28	3,57	9,84
	50		C3SB	12,5	35,3	32,3	32,3	33,30	1,73	5,20
	51		C3SB	31,2	34,9	34,0	31,8	32,98	1,76	5,34
	52		C3SB	28,8	31,2	40,2	29,2	32,35	5,34	16,50
	53		C3SB	28,3	34,6	30,7	37,2	32,70	3,97	12,13
	54		C3SB	39,4	36,5	38,7	40,1	38,68	1,56	4,03
	55	B1	C3B1	27,9	30,7	31,8	37,2	31,90	3,90	12,21
	56		C3B1	32,9	32,9	39,4	35,9	35,28	3,09	8,77
	57		C3B1	22,9	30,2	29,3	26,2	27,15	3,31	12,20
	58		C3B1	38,7	35,3	34,1	34,2	35,58	2,15	6,05
	59		C3B1	31,8	30,7	31,8	34,0	32,08	1,38	4,32
	60		C3B1	33,5	31,3	32,3	37,9	33,75	2,91	8,62
	61	B2	C3B2	30,7	35,3	34,0	33,4	33,35	1,94	5,81
	62		C3B2	22,9	30,2	28,3	31,8	28,30	3,87	13,69
	63		C3B2	36,5	41,7	31,2	35,2	36,15	4,33	11,99
	64		C3B2	35,3	31,8	35,3	37,3	34,93	2,29	6,55
	65		C3B2	26,6	30,2	30,7	32,9	30,10	2,61	8,68
	66		C3B2	32,9	34,6	34,0	34,7	34,05	0,83	2,43
	67	B3	C3B3	34,0	31,2	31,8	32,3	32,33	1,20	3,72
	68		C3B3	30,2	35,3	34,6	36,6	34,18	2,78	8,12
	69		C3B3	27,9	27,8	26,6	25,5	26,95	1,13	4,20
70	C3B3		38,0	38,1	39,0	38,6	38,43	0,46	1,21	
71	C3B3		30,7	34,1	29,3	34,1	32,05	2,44	7,60	
72	C3B3		39,4	36,6	36,6	38,6	37,80	1,42	3,77	

Quadro A8 - Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C1, o grupo controle C1SB e três barreiras C1B1, C1B2 e C1B3 no período 2, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.

C1	G	CB <sup>1</sup>	HV1	HV2	HV3	HV4	MÉDIA	DP	CV (%)	
	1	SB	C1	20,2	22,0	20,8	17,9	20,23	1,72	8,51
	2		C1	21,9	19,2	18,4	19,4	19,73	1,51	7,67
	3		C1	19,0	19,4	20,7	19,7	19,70	0,73	3,68
	4		C1	16,8	17,3	18,7	19,4	18,05	1,21	6,69
	5		C1	24,7	21,0	17,5	19,6	20,70	3,03	14,64
	6		C1	19,2	19,6	18,0	18,9	18,93	0,68	3,59
	7	B1	C1B1	17,1	17,9	16,5	16,7	17,05	0,62	3,63
	8		C1B1	18,2	18,4	16,5	17,1	17,55	0,90	5,15
	9		C1B1	15,1	15,0	15,9	17,5	15,88	1,16	7,28
	10		C1B1	19,4	18,0	19,7	21,6	19,68	1,48	7,53
	11		C1B1	17,1	21,3	15,1	16,9	17,60	2,63	14,92
	12		C1B1	17,7	17,1	18,7	19,4	18,23	1,02	5,62
	13	B2	C1B2	14,8	17,3	16,9	15,7	16,18	1,14	7,06
	14		C1B2	22,6	18,8	16,5	17,6	18,88	2,66	14,07
	15		C1B2	18,4	19,6	18,7	16,8	18,38	1,17	6,35
	16		C1B2	18,7	24,2	17,5	17,7	19,53	3,16	16,19
	17		C1B2	17,1	17,2	19,4	19,7	18,35	1,39	7,58
	18		C1B2	18,2	22,9	19,9	17,6	19,65	2,38	12,09
	19	B3	C1B3	17,3	18,2	17,7	19,6	18,20	1,00	5,51
	20		C1B3	19,1	18,4	15,9	16,1	17,38	1,62	9,30
	21		C1B3	19,2	18,9	17,1	19,7	18,73	1,13	6,05
	22		C1B3	21,3	18,6	18,4	17,5	18,95	1,64	8,64
	23		C1B3	22,9	18,7	16,5	20,7	19,70	2,74	13,90
24		C1B3	19,7	18,6	18,7	19,1	19,03	0,50	2,62	

Quadro A9 - Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C2, o grupo controle C2SB e três barreiras C2B1, C2B2 e C2B3 no período 2, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.

C2		G	CB <sup>1</sup>	HV1	HV2	HV3	HV4	MÉDIA	DP	CV (%)
		25	SB	C2	44,3	47,0	51,2	47,0	47,38	2,85
	26	C2		51,2	52,2	50,0	48,0	50,35	1,81	3,59
	27	C2		48,0	42,5	45,2	45,3	45,25	2,25	4,96
	28	C2		43,4	54,1	50,0	43,4	47,73	5,27	11,04
	29	C2		58,5	47,1	50,2	43,5	49,83	6,40	12,84
	30	C2		44,2	47,0	48,0	43,6	45,70	2,13	4,67
	31	B1	C2B1	40,9	48,0	50,1	43,4	45,60	4,20	9,21
	32		C2B1	17,7	19,4	23,2	18,8	19,78	2,39	12,08
	33		C2B1	40,2	55,9	37,2	47,6	45,23	8,35	18,47
	34		C2B1	47,0	52,2	38,0	50,1	46,83	6,26	13,37
	35		C2B1	43,4	50,1	58,4	52,4	51,08	6,20	12,14
	36		C2B1	43,4	45,2	43,5	42,5	43,65	1,13	2,58
	37	B2	C2B2	49,0	46,2	47,9	47,6	47,68	1,15	2,42
	38		C2B2	49,1	44,2	50,2	45,0	47,13	2,97	6,30
	39		C2B2	45,2	52,4	43,4	42,6	45,90	4,47	9,73
	40		C2B2	46,1	42,1	37,2	52,4	44,45	6,43	14,46
41	C2B2		51,3	51,1	41,0	43,3	46,68	5,31	11,38	
42	C2B2		50,2	45,3	42,5	46,0	46,00	3,18	6,92	
43	B3	C2B3	40,1	43,4	44,2	50,1	44,45	4,16	9,37	
44		C2B3	41,7	46,1	44,3	49,7	45,45	3,36	7,39	
45		C2B3	53,4	55,8	46,1	41,7	49,25	6,51	13,21	
46		C2B3	47,1	41,0	46,0	47,8	45,48	3,07	6,76	
47		C2B3	43,4	47,0	47,2	42,5	45,03	2,43	5,39	
48		C2B3	39,4	42,6	54,7	55,7	48,10	8,31	17,28	

Quadro A10 - Dados de microdurezas (HV) obtidos nos experimentos o cimento C3, o Grupo controle C3SB e três barreiras C3B1, C3B2 e C3B3, no período 2, Faculdade de Odontologia da UFMS, em 2013.

	G	CB <sup>1</sup>	HV1	HV2	HV3	HV4	MÉDIA	DP	CV (%)	
C3	49	SB	C3	43,3	49,0	48,0	45,2	46,38	2,61	5,62
	50		C3	53,5	48,0	43,4	51,1	49,00	4,36	8,90
	51		C3	46,2	53,5	45,1	55,9	50,18	5,34	10,63
	52		C3	48,2	55,3	47,1	54,7	51,33	2,14	4,16
	53		C3	46,2	57,1	49,1	53,5	51,48	4,80	9,33
	54		C3	43,3	49,0	48,0	45,2	46,38	2,61	5,62
	55	B1	C3B1	48,0	43,4	38,0	47,1	44,13	4,54	10,30
	56		C3B1	40,1	37,2	40,9	41,9	40,03	2,02	5,05
	57		C3B1	61,4	50,0	50,1	54,0	53,88	5,35	9,93
	58		C3B1	52,4	46,1	48,0	49,1	48,90	2,64	5,40
	59		C3B1	40,9	59,8	43,4	50,2	48,58	8,45	17,40
	60		C3B1	41,7	45,2	45,1	47,2	44,80	2,28	5,09
	61	B2	C3B2	48,1	45,2	47,6	46,5	46,85	1,29	2,75
	62		C3B2	43,4	45,1	43,4	49,6	45,38	2,93	6,45
	63		C3B2	50,1	55,9	50,2	53,5	52,43	2,80	5,35
	64		C3B2	45,1	45,2	45,4	50,1	46,45	2,44	5,25
	65		C3B2	53,4	50,1	48,1	48,0	49,90	2,53	5,06
	66		C3B2	53,5	53,6	50,1	45,2	50,60	3,95	7,81
	67	B3	C3B3	50,1	44,2	46,1	49,1	47,38	2,71	5,73
	68		C3B3	64,1	56,0	48,1	62,0	57,55	7,17	12,47
	69		C3B3	51,3	50,1	49,0	53,5	50,98	1,93	3,78
	70		C3B3	47,0	46,1	54,7	43,4	47,80	4,85	10,14
71	C3B3		42,5	49,0	46,0	43,4	45,23	2,92	6,46	
72	C3B3		44,3	45,3	48,0	43,4	45,25	1,99	4,40	

Quadro A11 - Número de ordem, valores ordinais das variáveis período, cimento e barreira e médias aritméticas correspondentes da variável dependente, relativo ao período 1.

N	PER.	CIM.	BAR.	MÉDIA	N	PER.	CIM.	BAR.	MÉDIA
1	1	1	1	14,53	37	1	2	3	19,48
2	1	1	1	15,95	38	1	2	3	21,75
3	1	1	1	16,18	39	1	2	3	28,68
4	1	1	1	16,45	40	1	2	3	28,83
5	1	1	1	15,78	41	1	2	3	27,80
6	1	1	1	15,55	42	1	2	3	25,85
7	1	1	2	11,63	43	1	2	4	23,95
8	1	1	2	12,45	44	1	2	4	21,33
9	1	1	2	13,58	45	1	2	4	25,33
10	1	1	2	13,78	46	1	2	4	30,35
11	1	1	2	14,13	47	1	2	4	28,50
12	1	1	2	13,11	48	1	2	4	29,58
13	1	1	3	13,25	49	1	3	1	36,28
14	1	1	3	14,18	50	1	3	1	33,30
15	1	1	3	13,98	51	1	3	1	32,98
16	1	1	3	13,83	52	1	3	1	32,35
17	1	1	3	12,63	53	1	3	1	32,70
18	1	1	3	12,45	54	1	3	1	38,68
19	1	1	4	12,28	55	1	3	2	31,90
20	1	1	4	15,13	56	1	3	2	35,28
21	1	1	4	14,60	57	1	3	2	27,15
22	1	1	4	13,23	58	1	3	2	35,58
23	1	1	4	14,40	59	1	3	2	32,08
24	1	1	4	15,28	60	1	3	2	33,75
25	1	2	1	23,33	61	1	3	3	33,35
26	1	2	1	24,88	62	1	3	3	28,30
27	1	2	1	27,58	63	1	3	3	36,15
28	1	2	1	30,53	64	1	3	3	34,93
29	1	2	1	28,43	65	1	3	3	30,10
30	1	2	1	28,35	66	1	3	3	34,05
31	1	2	2	25,40	67	1	3	4	32,33
32	1	2	2	21,28	68	1	3	4	34,18
33	1	2	2	23,10	69	1	3	4	26,95
34	1	2	2	25,80	70	1	3	4	38,43
35	1	2	2	24,58	71	1	3	4	32,05
36	1	2	2	26,40	72	1	3	4	37,80

Quadro A12 – Número de ordem, valores ordinais das variáveis período, cimento e barreira e médias aritméticas correspondentes da variável dependente, relativo ao período 2.

N	PER.	CIM.	BAR.	MÉDIA	N	PER.	CIM.	BAR.	MÉDIA
73	2	1	1	20,23	109	2	2	3	47,68
74	2	1	1	19,73	110	2	2	3	47,13
75	2	1	1	19,70	111	2	2	3	45,90
76	2	1	1	18,05	112	2	2	3	44,45
77	2	1	1	20,70	113	2	2	3	46,68
78	2	1	1	18,93	114	2	2	3	46,00
79	2	1	2	17,05	115	2	2	4	44,45
80	2	1	2	17,55	116	2	2	4	45,45
81	2	1	2	15,88	117	2	2	4	49,25
82	2	1	2	19,68	118	2	2	4	45,48
83	2	1	2	17,60	119	2	2	4	45,03
84	2	1	2	18,23	120	2	2	4	48,10
85	2	1	3	16,18	121	2	3	1	47,38
86	2	1	3	18,88	122	2	3	1	57,55
87	2	1	3	18,38	123	2	3	1	50,98
88	2	1	3	19,53	124	2	3	1	47,80
89	2	1	3	18,35	125	2	3	1	45,23
90	2	1	3	19,65	126	2	3	1	45,25
91	2	1	4	18,20	127	2	3	2	44,13
92	2	1	4	17,38	128	2	3	2	40,03
93	2	1	4	18,73	129	2	3	2	53,88
94	2	1	4	18,95	130	2	3	2	48,90
95	2	1	4	19,70	131	2	3	2	48,58
96	2	1	4	19,03	132	2	3	2	44,80
97	2	2	1	47,38	133	2	3	3	46,85
98	2	2	1	50,35	134	2	3	3	45,38
99	2	2	1	45,25	135	2	3	3	52,43
100	2	2	1	47,73	136	2	3	3	46,45
101	2	2	1	49,83	137	2	3	3	49,90
102	2	2	1	45,70	138	2	3	3	50,60
103	2	2	2	45,60	139	2	3	4	46,38
104	2	2	2	19,78	140	2	3	4	49,00
105	2	2	2	45,23	141	2	3	4	50,18
106	2	2	2	46,83	142	2	3	4	51,33
107	2	2	2	51,08	143	2	3	4	51,48
108	2	2	2	43,65	144	2	3	4	46,38