

Artigo Original de Pesquisa
Original Research Article

Influência da cor e da espessura da cerâmica de dissilicato de lítio na transmissão da luz emitida por fotopolimerizadores a LED

Influence of color and thickness of lithium disilicate ceramic on the light transmission emitted by LED photopolymerizers

Odirlei Arruda Malaspina¹
Jonas Alves de Oliveira¹
Daniella Birnbaum Pessoa de Mello²
Samantha Schaffer Pugsley Baratto³
Leonardo Fernandes da Cunha²

Autor para correspondência:

Leonardo Fernandes da Cunha
Universidade de Brasília
Faculdade de Saúde, Departamento de Odontologia
Campus Darcy Ribeiro – Asa Norte
CEP 70910-900 – Brasília – DF – Brasil
E-mail: cunha_leo@me.com

¹ Universidade do Estado do Amazonas – Manaus – AM – Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade de Brasília – Brasília – DF – Brasil.

³ Centro Universitário UniDomBosco – Curitiba – PR – Brasil.

Data de recebimento: 24 mar. 2024. **Data de aceite:** 27 abr. 2024.

Palavras-chave:

cerâmica;
fotopolimerizador;
estética dentária.

Resumo

Introdução: A polimerização dos cimentos é fundamental para o sucesso do tratamento. **Objetivo:** Avaliar a redução na transmissão da luz emitida por dois diferentes aparelhos fotopolimerizadores (Radii-cal e Emitter.B) ao atravessar discos cerâmicos de dissilicato de lítio (Rosetta SP) com diferentes cores (W1LT; W1HT; W2LT; W2HT; W3LT e W3HT) e espessuras (0,5 mm; 1,0 mm e 1,5 mm). **Material e métodos:** Pelo método da injeção a vácuo foram obtidos discos cerâmicos, que eram colocados entre a ponteira emissora de luz do aparelho fotopolimerizador e o radiômetro que fazia a leitura dos valores de densidade de potência emitida. Os dados foram analisados

estatisticamente usando o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 5\%$), seguido pelo teste Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner. **Resultados:** Os valores de potência do Emitter.B foram estatisticamente superiores aos do Rádii em todas as condições. Nos espécimes mais delgados, os valores de irradiância foram estatisticamente superiores em relação aos mais espessos. Não foi encontrada influência da cor ou translucidez da cerâmica sobre os valores de irradiância dos aparelhos. **Conclusão:** De acordo com os aspectos estudados, a transmissão da luz através do dissilicato de lítio é afetada pela potência do aparelho fotopolimerizador e pela espessura da peça cerâmica, mas não pela cor ou translucidez.

Keywords:

ceramic; light curing;
dental esthetics.

Abstract

Introduction: The polymerization process is essential for treatment success. **Objective:** The present study aimed to evaluate the reduction in irradiance light transmission by two different light curing devices (Rádii-cal and Emitter.B) when passing through ceramic disks of lithium disilicate (Rosetta SP) with different colors (W1LT; W1HT; W2LT; W2HT; W3LT and W3HT) and thicknesses (0.5 mm; 1.0 mm and 1.5 mm). **Material and methods:** Lithium disilicate ceramic discs were obtained using the vacuum injection method and placed between the light-emitting photopolymerization device and the radiometer that measured the irradiance value. Data were statistically analyzed using the Kruskal-Wallis test ($\alpha = 5\%$), followed by the Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner test. **Results:** The Emitter.B device demonstrated statistically superior power values to Rádii in all experimental conditions. Thinner specimens exhibited statistically higher irradiance values than thicker specimens. There was no influence of the ceramic's color or translucency on the irradiation values of the devices. **Conclusion:** Within the aspects observed, the transmission of light through lithium disilicate is influenced by the power of the light curing device and the thickness of the ceramic, but not by its color or translucency.

Introdução

Seja por perda excessiva de tecido dentário ou por razões de natureza estética, muitas vezes faz-se necessário o uso de restaurações indiretas confeccionadas em materiais cerâmicos para devolver forma, função e beleza a elementos dentários comprometidos [3].

É durante a confecção de restaurações cerâmicas em dentes anteriores que o fator estético desse material se torna preponderante e, nesses casos, as cerâmicas feldspáticas e de dissilicato de lítio são os materiais de escolha para que se consiga alcançar a excelência na reprodução das nuances dos elementos naturais, ponderando entre a resistência mecânica necessária e as características ópticas, como translucidez, opacidade, opalescência e brilho.

Diversos trabalhos destacam as cerâmicas feldspáticas como a seleção clássica de material restaurador para a região do sorriso [6]. O material apresenta uma notável habilidade em reproduzir de forma precisa as características ópticas dos dentes naturais, resultando em restaurações de elevado valor estético. Contudo é relevante salientar que, em termos de resistência mecânica, as cerâmicas feldspáticas têm valores inferiores quando comparadas a outros materiais cerâmicos [5, 13].

Por tal motivo as cerâmicas de dissilicato de lítio vêm ganhando bastante notoriedade como uma escolha segura para confecção de restaurações em que é preciso maior suporte estrutural e de melhor força coesiva do material restaurador, com o intuito de se obter restaurações mais duráveis, menos

propensas a fraturas e com maior confiabilidade clínica. Seus elevados valores de resistência à flexão e tenacidade conferem maior durabilidade às restaurações, enquanto sua translucidez ostenta uma notável semelhança com a dos dentes naturais, o que contribui consideravelmente para a obtenção de resultados estéticos altamente satisfatórios [10].

Para garantir uma fixação estável e duradoura dos laminados cerâmicos sobre o substrato dentário, é imprescindível o uso de um material de interposição adequado. Nesse contexto, os cimentos resinosos surgem como a escolha ideal para essa finalidade. Os cimentos resinosos são materiais de união que possuem propriedades adesivas e de resistência que contribuem para a manutenção da integridade estrutural, minimizando o risco de deslocamento ou fratura dos laminados [8].

Dentre os tipos de cimentos disponíveis para a cimentação dos laminados cerâmicos de dissilicato de lítio, a escolha dos cimentos resinosos fotopolimerizáveis é respaldada pela sua excelente adesão, resistência mecânica, estabilidade de cor e capacidade de controle preciso de tempo de trabalho durante o processo de cimentação [18]. Isso garante uma correta manipulação do material, facilitando sua aplicação, posicionamento da peça cerâmica e garantindo a adesão efetiva entre o laminado e o substrato dentário. Além disso, a fotopolimerização proporciona uma rápida e completa polimerização do cimento, resultando em uma fixação imediata e uma maior resistência inicial da restauração [4].

Porém, por possuir uma natureza de constituição polimérica, uma fotopolimerização incompleta do cimento resinoso pode representar um risco para a cimentação de restaurações de dissilicato de lítio. Estudos têm demonstrado que uma polimerização inadequada pode resultar em uma camada de cimento mal curada, comprometendo a adesão e a integridade da restauração [2]. Como o grau de polimerização dos cimentos resinosos está diretamente relacionado com a quantidade de luz recebida [12] e esta decai à medida que atravessa um material cerâmico [7], é primordial garantir que uma adequada quantidade de energia esteja disponível para o estabelecimento de uma apropriada polimerização do cimento resinoso, obtendo-se assim suas melhores propriedades mecânicas [14].

Diante do que foi exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de penetração da luz de duas marcas de aparelhos fotopolimerizadores (Emitter.B Supra – Schuster e Rádi-cal – SDI) através de peças de dissilicato de lítio, considerando a influência da espessura (0,5 mm, 1,0 mm e 1,5 mm), cor (W1, W2 e W3) e translucidez (baixa e alta) do material cerâmico. As hipóteses de nulidade estabelecidas foram: 1) não há diferença na capacidade de penetração da luz entre as duas marcas de aparelhos fotopolimerizadores; 2) a espessura das peças de dissilicato de lítio não influencia significativamente a capacidade de penetração da luz; 3) a cor das peças de dissilicato de lítio não tem efeito significativo na capacidade de penetração da luz; 4) a translucidez do material cerâmico não afeta de forma significativa a capacidade de penetração da luz dos aparelhos fotopolimerizadores. Tais hipóteses de nulidade fornecem a base para a análise dos resultados e a compreensão da influência desses fatores na penetração da luz nos laminados cerâmicos de dissilicato de lítio.

Material e métodos

Desenho experimental

Este estudo constitui uma pesquisa experimental *in vitro* de natureza quantitativa com adoção de uma metodologia de ensaio laboratorial, em que foi empregado um método de amostragem probabilística. O objetivo principal foi avaliar a capacidade de penetração da luz de duas marcas de aparelhos fotopolimerizadores – Emitter.B Supra (Schuster Com. Eq. Odont. Ltda., Santa Maria, Brasil) e Rádi-cal (SDI Limited – Bayswater Victoria 3153, Austrália) – através de peças cerâmicas de dissilicato de lítio (Rosetta SP – Odontomega, Ribeirão Preto, Brasil), considerando a influência da espessura (0,5mm, 1,0mm e 1,5mm), cor (W1, W2 e W3) e translucidez (baixa (LT) e alta (HT)) do material cerâmico. Especificamente, pretendeu-se comparar os valores de irradiâncias dos aparelhos fotopolimerizadores sob a influência das variáveis estudadas do substrato cerâmico.

Materiais

Os materiais utilizados neste estudo estão descritos na tabela I.

Tabela I - Materiais utilizados no estudo

Descrição do produto	Fabricante	Material/cor
Aparelho fotopolimerizador LED	SDI Limited – Bayswater, Austrália	Radii-cal
	Schuster Com. Eq. Odont. Ltda. – Santa Maria, Brasil	Emitter.B Supra
Pastilhas de dissilicato de lítio (LiSi2) para prensagem	Odontomega – Ribeirão Preto, Brasil	Rosetta SP/ W1LT
		Rosetta SP/ W2LT
		Rosetta SP/ W3LT
		Rosetta SP/ W1HT
		Rosetta SP/ W1HT
		Rosetta SP/ W2HT
		Rosetta SP/ W3HT

Preparo da amostra cerâmica

O método escolhido para a obtenção dos espécimes cerâmicos foi a técnica de prensagem a vácuo de pastilhas de dissilicato de lítio de baixa fusão. Inicialmente, um modelo tridimensional do espécime foi criado por meio de um *software de design* assistido por computador. Nesse estágio, a forma dos espécimes foi configurada como cilíndrica, apresentando um diâmetro fixo de 9 mm e espessuras variáveis de 0,5 mm, 1,0 mm ou 1,5 mm.

Após a conclusão do modelo digital, este foi transferido para uma impressora 3D DLP (Impressora 3D MiiCraft 125 Ultra, MiiCraft, EUA) capaz de materializar os espécimes em plástico. A escolha da impressora 3D se deu em função de sua capacidade de reproduzir com alta resolução e precisão as dimensões desejadas. Os espécimes impressos em plástico foram então submetidos a um processo de inclusão em anel de revestimento odontológico (Gilvest HS) de 100 g e aquecidos a 870°C por 45 minutos, conforme as instruções do fabricante. Posteriormente, as pastilhas de dissilicato de lítio (Rosetta SP) nas cores W1LT, W1HT, W2LT, W2HT, W3LT ou W3HT eram injetadas a vácuo seguindo rigorosamente as preconizações do fabricante quanto aos tempos de aquecimento e temperaturas. Ao final do processo, um total de

54 espécimes cerâmicos foram obtidos, sendo n=3 espécimes para cada condição de cor e espessura. O processamento final dos espécimes se deu pela limpeza das peças com jato de esferas de vidro de ambos os lados dos espécimes, seguida do acabamento de uma das faces com a utilização de tachas de borracha (Kit EVE de Acabamento e Polimento Rosetta SP – Odontomega, Ribeirão Preto, Brasil) e posterior aplicação do glaze de acordo com as instruções do fabricante. O último passo na preparação dos espécimes foi a checagem das dimensões finais com o uso de um paquímetro digital (Digimess); todos apresentavam as dimensões originalmente desejadas (tolerância de espessura > 0,01 mm).

Aparelhos fotopolimerizadores

Nesta pesquisa, utilizaram-se aparelhos fotopolimerizadores novos dos modelos Emitter.B Supra (Schuster) e Radii-cal (SDI). Essa seleção foi feita considerando suas reputações no mercado, suas características técnicas e a disponibilidade de aquisição.

Leitura dos valores de irradiância

Em todos os procedimentos de medições de valores de irradiância usou-se o radiômetro

Woodpecker LM-1 (Guilin Woodpecker Medical Devices Co.), capaz de medir valores de irradiância entre 50 e 3500mW/cm² em intervalos de 25mW/cm² para ondas eletromagnéticas de comprimento entre 400 e 500 nm. O aparelho radiômetro, adquirido havia menos de 6 meses especificamente para a realização deste trabalho, é calibrado de fábrica, não sendo assim necessária nenhuma outra calibração. Os fotopolimerizadores foram sempre carregados com carga máxima de baterias e o tempo de exposição definido em 20 segundos; a mensuração da irradiância foi aferida após os 5 segundos iniciais de disparo do feixe luminoso estando o radiômetro posicionado em superfície plana, alimentado por pilhas novas, sendo manuseado sempre pelo mesmo operador, com as ponteiros luminosas previamente limpas com uso de álcool etílico e gaze e o valor de irradiância do grupo controle do aparelho checado antes e após as análises dos espécimes. Fizeram-se três medições distintas para cada espécime em cada aparelho fotopolimerizador, e a média aritmética da somatória desses valores era considerada o valor da amostra.

Condições de leituras

Como grupo controle do estudo levou-se em conta o valor de irradiância obtido com as ponteiros luminosas dos aparelhos fotopolimerizadores posicionadas diretamente sobre a abertura de leitura do radiômetro sem nenhum anteparo entre eles e com as baterias com a carga completa. Durante o processo de leitura dos valores dos espécimes, a condição de leitura do grupo controle era replicada novamente após a leitura de cada grupo experimental, com o intuito de garantir que não houvesse ocorrido nenhum decaimento de irradiância da fonte geradora.

Para os grupos experimentais, a leitura dos valores era feita com as mesmas condições aplicadas ao grupo controle, com a exceção do posicionamento do espécime cerâmico a ser testado entre a ponteira luminosa e a abertura de leitura do radiômetro. Essa condição procurou simular a perda de irradiância que ocorre pela passagem da luz através de uma prótese cerâmica antes da sensibilização de um agente cimentante fotopolimerizável.

Grupos experimentais

Com base nas variáveis a serem estudadas – fotopolimerizadores, cor, translucidez e espessura da peça cerâmica –, os espécimes foram divididos em grupos (tabela II).

Tabela II - Divisão dos espécimes nos grupos de estudo

Fotopolimerizador	Cor	Espessura	Grupo
Radii-cal	-	0,0 mm	Radicentrl
	W1LT	0,5 mm	Radi1L05
		1,0 mm	Radi1L10
		1,5 mm	Radi1L15
	W1HT	0,5 mm	Radi1H05
		1,0 mm	Radi1H10
		1,5 mm	Radi1H15
	W2LT	0,5 mm	Radi2L05
		1,0 mm	Radi2L10
		1,5 mm	Radi2L15
	W2HT	0,5 mm	Radi2H05
		1,0 mm	Radi2H10
		1,5 mm	Radi2H15
	W3LT	0,5 mm	Radi3L05
		1,0 mm	Radi3L10
		1,5 mm	Radi3L15
	W3HT	0,5 mm	Radi3H05
		1,0 mm	Radi3H10
1,5 mm		Radi3H15	
Emitter.B	-	0,0 mm	Emitentrl
	W1LT	0,5 mm	Emitt1L05
		1,0 mm	Emitt1L10
		1,5 mm	Emitt1L15
	W1HT	0,5 mm	Emitt1H05
		1,0 mm	Emitt1H10
		1,5 mm	Emitt1H15
	W2LT	0,5 mm	Emitt2L05
		1,0 mm	Emitt2L10
		1,5 mm	Emitt2L15
	W2HT	0,5 mm	Emitt2H05
		1,0 mm	Emitt2H10
		1,5 mm	Emitt2H15
	W3LT	0,5 mm	Emitt3L05
		1,0 mm	Emitt3L10
		1,5 mm	Emitt3L15
	W3HT	0,5 mm	Emitt3H05
		1,0 mm	Emitt3H10
1,5 mm		Emitt3H15	

Análise estatística

Definiu-se o tamanho da amostra mediante o cálculo matemático considerando a qualidade e a quantidade da amostra. Quanto à qualidade da amostra, levaram-se em conta a precisão e os cuidados tomados durante o processo de confecção dos espécimes. Para a definição da quantidade, determinou-se que o erro máximo admitido seria de 5%, o nível de confiança de 95%, o erro alfa em 5%, o erro beta em 20%, um desvio padrão estimado em 13 e a menor diferença entre os grupos com efeito clínico relevante em 50 mW/cm². Com esses parâmetros identificou-se que uma amostra de dois espécimes por grupo seria suficiente; ainda assim o valor foi majorado em 50% e o tamanho da amostra definido em três espécimes por grupo.

Para os cálculos estatísticos, os dados obtidos foram inicialmente submetidos à análise estatística descritiva e inferencial, com nível de significância de 5%, utilizando-se o programa Jamovi Stats Open. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, que acusou a rejeição da hipótese nula do teste. Por consequência, o teste estatístico aplicado para verificar se havia diferença entre os grupos foi Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de comparações múltiplas Dwass-Steel-Christchlow-Fligner isolando os fatores de estudo.

Resultados

Os valores médios das medidas obtidas e o desvio padrão (dv) dos grupos estudados podem ser observados na tabela III.

Tabela III - Estatística descritiva

Fotopolimerizador	Cor	Espessura	Potência mW/cm ²	dv	Grupo	
Radii-cal	-	0,0 mm	822	4,62	Radicntrl	
	WILT		0,5 mm	450	0,00	Radi1L05
			1,0 mm	350	0,00	Radi1L10
			1,5 mm	275	0,00	Radi1L15
			0,5 mm	455	4,62	Radi1H05
	WIHT		1,0 mm	353	4,62	Radi1H10
			1,5 mm	278	4,62	Radi1H15
			0,5 mm	453	4,62	Radi2L05
	W2LT		1,0 mm	350	0,00	Radi2L10
			1,5 mm	275	0,00	Radi2L15
			0,5 mm	455	4,62	Radi2H05
	W2HT		1,0 mm	353	4,62	Radi2H10
			1,5 mm	270	4,62	Radi2H15
			0,5 mm	455	4,62	Radi3L05
	W3LT		1,0 mm	345	4,62	Radi3L10
			1,5 mm	258	0,00	Radi3L15
			0,5 mm	450	0,00	Radi3H05
	W3HT		1,0 mm	350	0,00	Radi3H10
		1,5 mm	270	4,62	Radi3H15	

Continua...

Continuação da tabela III

Fotopolimerizador	Cor	Espessura	Potência mW/cm ²	dv	Grupo
Emitter.B	-	0,0 mm	1072	4,62	Emitcntrl
		0,5 mm	625	0,00	Emitt1L05
	WILT	1,0 mm	458	8,50	Emitt1L10
		1,5 mm	350	0,00	Emitt1L15
		0,5 mm	636	2,31	Emitt1H05
	W1HT	1,0 mm	455	4,62	Emitt1H10
		1,5 mm	355	4,62	Emitt1H15
		0,5 mm	628	4,62	Emitt2L05
	W2LT	1,0 mm	455	4,62	Emitt2L10
		1,5 mm	350	0,00	Emitt2L15
		0,5 mm	630	4,62	Emitt2H05
	W2HT	1,0 mm	472	4,62	Emitt2H10
		1,5 mm	350	0,00	Emitt2H15
		0,5 mm	622	4,62	Emitt3L05
	W3LT	1,0 mm	450	0,00	Emitt3L10
		1,5 mm	350	0,00	Emitt3L15
		0,5 mm	625	0,00	Emitt3H05
	W3HT	1,0 mm	456	9,81	Emitt3H10
		1,5 mm	350	0,00	Emitt3H15

Os maiores valores médios de irradiância foram encontrados para o grupo Emitcntrl (1072 mW/cm²), seguido pelo grupo Radicntrl (822 mW/cm²), ambos grupos controles. Independentemente das cores dos espécimes, quando eles apresentavam a espessura de 0,5 mm e foram testados com o aparelho Emitter.B (Emitt1L05, Emitt1H05, Emitt2L05, Emitt2H05, Emitt3L05 e Emitt3H05), evidenciaram valores entre 617 e 637 mW/cm²; quando testados com o aparelho Rádi-Cal (Radi1L05, Radi1H05, Radi2L05, Radi2H05, Radi3L05 e Radi3H05), os valores ficaram entre 450 e 458 mW/cm². Para a espessura de 1,0 mm, os valores ficaram entre 450 e 475 mW/cm² para o Emitter.B (Emitt1L10, Emitt1H10, Emitt2L10, Emitt2H10, Emitt3L10 e Emitt3H10) e entre 342 e 358 mW/cm² para o Rádi-Cal (Radi1L10, Radi1H10, Radi2L10, Radi2H10, Radi3L10 e Radi3H10). Quando a espessura foi de 1,5 mm, os valores dos grupos Emitter.B (Emitt1L15, Emitt1H15, Emitt2L15, Emitt2H15, Emitt3L15 e Emitt3H15) ficaram entre 350 e 358 mW/cm² e as menores médias de valores encontrados foram os dos grupos Rádi-Cal (Radi1L15, Radi1H15, Radi2L15, Radi2H15, Radi3L15 e Radi3H15) entre 258 e 283 mW/cm².

Quando se submeteram os valores ao teste Shapiro-Wilk, verificou-se que a hipótese nula do teste deveria ser rejeitada ($p < 0,001$). Portanto, os dados não possuíam distribuição normal, e aplicou-se o teste estatístico Kruskal-Wallis para verificar se havia diferença entre os grupos, como observado na tabela IV. A aplicação do teste foi capaz de identificar fortes diferenças estatísticas ($p < 0,001$) entre os fatores espessuras dos espécimes e fotopolimerizadores. No quesito cor, não houve diferença estatística para os valores encontrados tanto para as características de saturação como translucidez.

Tabela IV - Resultado do teste de Kruskal-Wallis

	χ^2	gl	p
Fotopolimerizador	25,2	1	< 0,001
Cor	1,41	6	0,923
Espessura	81,0	3	< 0,001

Na sequência, recorreu-se ao teste de comparações múltiplas Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner para isolar a interação dos fatores estudados quando existiu diferença estatística. A tabela V mostra o resultado para o fator fotopolimerizador e a tabela VI para a interação entre as espessuras.

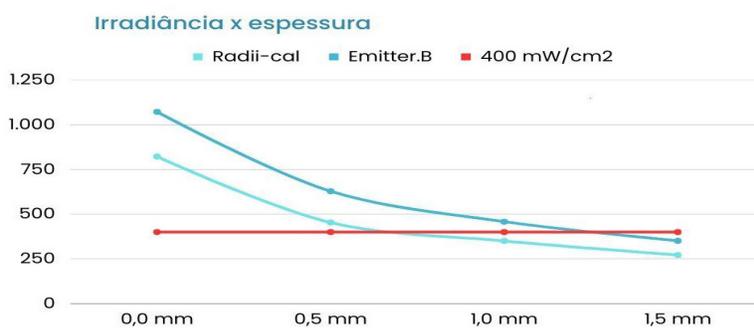
Tabela V - Resultado do teste de comparações múltiplas Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner para o fator fotopolimerizador

		W	p
Radii-cal	Schulter	7,1	< 0,001

Tabela VI - Resultado do teste de comparações múltiplas Dwass-Steel-Chritchlow-Fligner para o fator espessura

		W	p
0,0 mm	0,5 mm	-5,61	< 0,001
0,0 mm	1,0 mm	-5,62	< 0,001
0,0 mm	1,5 mm	-5,69	< 0,001
0,5 mm	1,0 mm	-7,15	< 0,001
0,5 mm	1,5 mm	-10,44	< 0,001
1,0 mm	1,5 mm	-7,79	< 0,001

A consolidação dos resultados evidencia que em todas as situações os valores médios de radiância emitidos pelo aparelho fotopolimerizador Emitter.B foram superiores aos encontrados para o aparelho Radii-Cal. Quanto à espessura dos espécimes, observou-se que ela foi capaz de diminuir estatisticamente os valores da irradiância em função do aumento de sua espessura, como observado na figura 1. Os grupos Radi1L10, Radi1H10, Radi2L10, Radi2H10, Radi3L10 e Radi3H10, Emitt1L15, Emitt1H15, Emitt2L15, Emitt2H15, Emitt3L15, Emitt3H15, Radi1L15, Radi1H15, Radi2L15, Radi2H15, Radi3L15 e Radi3H15 não conseguiram apresentar valores superiores ao limite mínimo de segurança de 400 mW/cm².

**Figura 1** - Comparativo entre os valores médios de irradiância obtidos em função da espessura dos espécimes e dos aparelhos fotopolimerizadores com o valor limite mínimo adequado de 400 mW/cm² para a fotopolimerização

Discussão

Como esperado, a qualidade do preparo dos espécimes juntamente com as características de homogeneidade típica das cerâmicas e a metodologia de três leituras de valores por espécime produziram valores de mediana do desvio padrão de 4.62, com valores mínimos de 0 e máximo de 9.81, reforçando a confiabilidade do “n” amostral de três espécimes por grupo de estudo.

A homogeneidade da amostra foi novamente identificada no teste Shapiro-Wilk ($p < 0,001$), que rejeitou uma distribuição normal dos valores encontrados por meio da rejeição da hipótese nula do teste.

A consequência desse resultado foi a necessidade da escolha do teste Kruskal-Wallis, seguido de um teste de comparações múltiplas (Dwass-Steel-Critchlow-Fligner), em detrimento ao Anova 3 critérios – que teria um maior poder estatístico para encontrar diferenças entre os grupos. Ainda assim as correlações encontradas foram bastante fortes, com diferenças menores que $P < 0,001$ e semelhanças maiores que $p = 0,923$.

Tais resultados fizeram com que a primeira hipótese de nulidade estabelecida fosse rejeitada, pois houve diferença na capacidade de penetração da luz entre as duas marcas de aparelhos fotopolimerizadores testados; que a segunda hipótese fosse também rejeitada, já que a espessura das peças de dissilicato de lítio influenciou significativamente a capacidade de penetração da luz; e finalmente a terceira e quarta hipóteses fossem aceitas, haja vista que nem a cor nem a translucidez das peças de dissilicato de lítio tiveram efeito significativo na capacidade de penetração da luz dos aparelhos fotopolimerizadores testados.

O aparelho fotopolimerizador com maior poder de irradiância no grupo controle (Emitter.B) também apresentou os maiores valores de transmissão de luz através das amostras. Mas vale ressaltar que a diferença inicial entre os valores de irradiância dos fotopolimerizadores Emitter.B (1072 mW/cm^2) e Radii-cal (822 mW/cm^2), que era de 250 mW/cm^2 nos grupos controle, foi decaindo à medida que a espessura dos espécimes foi aumentando e chegou a apenas 80 mW/cm^2 nos espécimes com 1,5 mm de espessura. Por outro lado, os achados corroboram com os resultados de outros estudos que relataram que unidades fotopolimerizadoras de maior potência afetam negativamente a atenuação da luz pela cerâmica [1, 16].

A cor dos espécimes não apresentou nenhuma influência estatisticamente detectável sobre a transmissão da luz. Uma possibilidade para esse

achado pode ser a baixa pigmentação presente nas cores testadas W1, W2 e W3, pois estas são as mais claras disponíveis comercialmente para as cerâmicas de dissilicato de lítio e, por tal motivo, amplamente utilizadas na confecção de laminados anteriores por pacientes que desejam dentes com aspecto muito claros. Essa observação seria um indicativo de que a perda da capacidade de transmissão da luz através do dissilicato de lítio possa estar muito mais relacionada com fenômenos ópticos de difração da luz pelo material [17] do que com a sua absorção por pigmentos de caracterização do material.

Essa hipótese também pode ser aplicada para explicar o motivo pelo qual a translucidez dos espécimes não influenciou a transmissão da luz entre os espécimes dos grupos com baixa translucidez LT (Radi1L05, Radi1L10, Radi1L15, Radi2L05, Radi2L10, Radi2L15, Radi3L05, Radi3L10, Radi3L15, Emitt1L05, Emitt1L10, Emitt1L15, Emitt2L05, Emitt2L10, Emitt2L15, Emitt3L05, Emitt3L10, Emitt3L15) e dos grupos com alta translucidez HT (Radi1H05, Radi1H10, Radi1H15, Radi2H05, Radi2H10, Radi2H15, Radi3H05, Radi3H10, Radi3H15, Emitt1H05, Emitt1H10, Emitt1H15, Emitt2H05, Emitt2H10, Emitt2H15, Emitt3H05, Emitt3H10, Emitt3H15), que demonstraram valores de $p = 0,923$ para o teste Kruskal-Wallis. Esse achado indica que a escolha do grau de translucidez da peça laminada pode ser baseada apenas na questão da estética final desejada, sem colocar na equação a questão técnica da sensibilização fotônica do cimento resinoso, permitindo que a utilização de laminados mais opacos mascare remanescentes dentários que estejam mais escurecidos quando se trabalha com cores bastante claras.

Em relação à espessura dos espécimes, notou-se que, quanto maior a espessura, menor é a quantidade de energia luminosa que consegue atravessar a cerâmica e fotoativar o cimento resinoso, o que corrobora com outros estudos que observaram que a irradiância de luz diminuía à medida que as espessuras da cerâmica aumentavam, e isso afeta diretamente a polimerização e dureza dos cimentos resinosos assim fotoativados [9, 11, 18].

A maior taxa de decaimento de energia ocorre entre o grupo controle e os espécimes com 0,5 mm, sendo 444 mW/cm^2 para o aparelho Emitter.B e 369 mW/cm^2 para o aparelho Radii-cal. Porém o decaimento de energia torna-se crítico para os grupos Radii-cal a partir das espessuras de 1,0 mm e 1,5 mm e para o grupo Emitter.B na espessura de 1,5 mm, em que os valores médios de irradiância observados (Radi-cal 1,0 mm – 350 mW/cm^2 , 1,5mm – 271 mW/cm^2 e Emitter.B

1,5 mm – 351 mW/cm²) ficam abaixo do limite mínimo de emissão considerado adequado de 400 mW/cm² por diversos trabalhos na literatura [20]. Isso indica a necessidade de se aumentar o tempo de fotopolimerização dos cimentos resinosos quando se trabalha com laminados cerâmicos de espessuras iguais ou maiores que 1,0 mm, para garantir a obtenção de suas melhores propriedades mecânicas [19].

Há uma clara necessidade de estudos adicionais para investigar o efeito da atenuação da passagem de luz e modificação do seu comprimento de onda sobre o resultado clínico final das peças cerâmicas cimentadas com cimentos resinosos fotopolimerizáveis.

Eventualmente estudos de longo prazo podem produzir evidências claras para determinar as diferenças clínicas do desempenho de diferentes espessuras de laminados cerâmicos.

Conclusão

De acordo com as limitações deste estudo, conclui-se: a irradiância de luz através de cerâmicas de dissilicato de lítio foi influenciada pela potência dos aparelhos fotopolimerizadores e pela espessura da peça cerâmica; o valor de irradiação dos aparelhos foi reduzido a valores abaixo de 400 mW/cm² nas maiores espessuras dos laminados; as cores e os graus de translucidez estudados não influenciaram a transmissão da luz.

Referências

1. Aldryhim H, El-Mowafy O, McDermott P, Prakki A. Hardness of resin cements polymerized through glass-ceramic veneers. *Dent J.* 2021;9(8):92.
2. Angelica P, Furuse AY, Correr GM, Ornaghi BP, Gonzaga CC. Influence of the interposition of ceramic spacers on the degree of conversion and the hardness of resin cements. *Dent Mater.* 2013;27:403-9.
3. Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Dumfahrt H. Clinical performance of porcelain laminate veneers for up to 20 years. *Int. J. Prosthodont.* 2012;25:79-85.
4. Fradeani M. Six-year follow-up with empress veneers. *Int J Periodont Restor Dent.* 1998; 18: 216-25.
5. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NRFA, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. *Int J Prosthodont.* 2010;23:434-42.
6. Gurel G, Morimoto S, Calamita M, Coachman C, Sesma N. Clinical performance of porcelain laminate veneers: outcomes of the aesthetic pre-evaluative temporary (APT) technique. *Int J Periodont Restor Dent.* 2012;32:625-36.
7. Kesrak P, Leevailoj C. Surface hardness of resin cement polymerized under different ceramic materials. *Int J Dent.* 2012;2012:1-5.
8. Layton D, Walton T. An up to 16-year prospective study of 304 porcelain veneers. *Int J Prosthodont.* 2007;20:389-96.
9. Lee IB, An W, Chang J, Um CM. Influence of ceramic thickness and curing mode on the polymerization shrinkage kinetics of dual-cured resin cements. *Dent Mater.* 2008;24:1141-7.
10. Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res.* 2014;58:208-16.
11. Meng X, Yoshida K, Atsuta M. Influence of ceramic thickness on mechanical properties and polymer structure of dual-cured resin luting agents. *Dent Mater.* 2008;24:594-9.
12. Moreno MBP, Costa AR, Rueggeberg FA, Correr AB, Sinhoreti MAC, Ambrosano GMB et al. Effect of ceramic interposition and post-activation times on knoop hardness of different shades of resin cement. *Braz Dent J.* 2018;29:76-81.
13. Mörmann WH, Bindl A. All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dent Clin N Am.* 2002;46:405-26.
14. Passos SP, Kimpara ET, Bottino MA, Rizkalla A, Santos GC. Effect of ceramic thickness and shade on mechanical properties of a resin luting agent. *J Prosthodont.* 2014;23:462-6.
15. Peixoto RT, Paulinelli VM, Sander HH, Lanza MD, Cury LA, Poletto LT. Light transmission through porcelain. *Dent Mater.* 2007;23:1363-8.
16. Peutzfeldt A, Lussi A, Flury S. Effect of high-irradiance light-curing on micromechanical properties of resin cements. *BioMed Res Int.* 2016;4894653.

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

18. Vargas MA, Bergeron C, Diaz-Arnold A. Cementing all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc.* 2011;142:20S-4S.

19. Watanabe H, Kazama R, Asai T, Kanaya F, Ishizaki H, Fukushima M et al. Efficiency of dual-cured resin cement polymerization induced by high-intensity led curing units through ceramic material. *Oper Dent.* 2015;40:153-62.

20. Zhang X, Wang F. Hardness of resin cement cured under different thickness of lithium disilicate-based ceramic. *Chin Med J.* 2011;124:3762-7.