

Fotopolimerização na Cimentação de Lentes de Contato Dentais

Atenuação pela cerâmica, tempo e energia de exposição, tipo de aparelho, técnica de aplicação da luz e grau de conversão

Série "Fases da Cimentação dos Laminados Cerâmicos" — Artigo 6

Resumo

A fotopolimerização é a etapa que consolida toda a cadeia adesiva da lente de contato dental: é nela que o cimento resinoso converte seus monômeros, trava-se nas microrretenções da cerâmica e do dente e adquire as propriedades mecânicas e a estabilidade de cor que sustentam a longevidade. Diferentemente da polimerização de uma resina exposta diretamente, aqui a luz precisa atravessar a cerâmica antes de atingir o cimento — e a cerâmica atenua tanto a irradiância quanto a energia. Este trabalho revisa a evidência indexada na PubMed sobre os fatores que determinam uma fotopolimerização adequada sob laminados: a atenuação da luz pela espessura e cor da cerâmica, o tempo e a energia de exposição necessários, o tipo de aparelho fotopolimerizador (espectro único versus múltiplos picos), a técnica de aplicação da luz e os erros que comprometem o grau de conversão. Conclui-se que, em laminados de espessura clínica, a fotopolimerização adequada é plenamente possível, mas exige tempo de exposição suficiente (a exposição localizada e prolongada por elemento é superior), irradiância adequada e posicionamento correto da ponteira; mover a ponteira durante a cura e encurtar o tempo reduzem significativamente o grau de conversão e a microdureza, comprometendo a interface.

Palavras-chave: fotopolimerização; grau de conversão; cimento resinoso; laminado cerâmico; irradiância; transmissão de luz; aparelho fotopolimerizador.

1. Introdução

Todas as etapas anteriores desta série — condicionamento, limpeza, silanização, manejo do adesivo e escolha do cimento — convergem para um único momento: a fotopolimerização. É ela que transforma um cimento ainda fluido na matriz sólida que une, definitivamente, a cerâmica ao dente. Se a luz não converter o cimento de forma adequada, todo o cuidado anterior se perde: monômero residual fragiliza a interface, reduz a resistência, compromete a estabilidade de cor e abre caminho para descolagem e infiltração.

O desafio específico dos laminados é que a luz precisa atravessar a cerâmica para alcançar o cimento. A cerâmica funciona como um filtro óptico que absorve e dispersa parte da radiação, reduzindo a irradiância e a energia que efetivamente chegam ao cimento. Quanto mais espessa e mais opaca/saturada a cerâmica, maior a atenuação. Compreender essa física é o que separa uma cura confiável de uma cura aparente — em que a superfície parece polimerizada, mas o cimento sob a peça não atingiu conversão suficiente.

Na descrição clínica do projeto, a fotopolimerização é realizada em cada face da restauração por tempo prolongado, parte do protocolo de cimentação com cimento resinoso fotopolimerizável (ver

Referências). Este artigo detalha por que o tempo, a energia, o aparelho e a técnica importam tanto.

Objetivo deste artigo

Explicar como a cerâmica atenua a luz; definir o tempo, a energia e o tipo de aparelho necessários para converter o cimento sob laminados; e identificar os erros de técnica de fotopolimerização que comprometem a interface — tudo ancorado na PubMed.

2. A cerâmica como filtro óptico

A primeira variável a entender é quanto de luz se perde ao atravessar a cerâmica. Faria-e-Silva e Pfeifer mediram a transmissão de luz de aparelhos LED através de cilindros cerâmicos de 0,5, 1,0 e 2,0 mm e observaram que a energia total e a irradiância diminuem com o aumento da espessura da cerâmica; ainda assim, na maioria das condições (exceto em modo de altíssima irradiância e curtíssimo tempo), a redução teve efeito apenas discreto sobre a cinética de polimerização, segundo a PubMed. Em outras palavras, para laminados de espessura clínica, a atenuação é real mas administrável.

Bragança e colaboradores quantificaram esse efeito num cenário muito próximo do clínico — cimento sob dissilicato de lítio de 0,5 mm: a interposição da cerâmica reduziu a irradiância recebida pelo cimento em aproximadamente 50%, segundo a PubMed. Ou seja, metade da luz se perde já numa fina lâmina de cerâmica — o que precisa ser compensado por tempo e energia adequados.

A espessura não é a única variável: cor (shade), translucidez e microestrutura também governam a transmissão. Hardy e colaboradores mostraram que materiais restauradores indiretos de até 4 mm permitem polimerização ótima do cimento apenas em condições específicas; acima de 2 mm de espessura, houve reduções significativas do grau de conversão, e a absorção foi maior no comprimento de onda violeta (400 nm) do que no azul (470 nm), segundo a PubMed. Esse detalhe explica por que o espectro violeta — usado por fotoiniciadores alternativos — é o mais penalizado pela cerâmica.

Embora boa parte da evidência de atenuação extrema venha de zircônia (mais opaca), ela é instrutiva. Tafur-Zelada e colaboradores, em revisão integrativa, concluíram que o aumento da espessura da zircônia reduz a transmissão de luz, mas que espessuras ultrafinas (~0,1–0,3 mm) ainda permitem polimerização completa do cimento dual, preservando as propriedades da interface; cor e microestrutura são fatores-chave, segundo a PubMed. Para laminados vítreos, mais translúcidos e finos que a zircônia, o cenário é ainda mais favorável.

O número a guardar

Sob 0,5 mm de dissilicato de lítio, cerca de metade da irradiância se perde. A cura continua viável — mas só se o tempo, a energia e a técnica compensarem essa perda. Cerâmica mais espessa, opaca ou saturada exige ainda mais cuidado.

3. Tempo e energia de exposição

Se a irradiância cai ao atravessar a cerâmica, a forma de compensar é entregar energia suficiente — e energia é o produto da irradiância pelo tempo. Daí a importância de não encurtar o tempo de exposição na cimentação de laminados.

Bragança e colaboradores, testando o cimento sob dissilicato de lítio de 0,5 mm, compararam protocolos de exposição e verificaram que a exposição localizada de 40 segundos centrada sobre cada elemento sempre produziu os maiores valores de grau de conversão e de microdureza Knoop; já mover a ponteira ao longo dos dentes com tempo total de apenas 10 segundos resultou nos menores valores, segundo a PubMed. A diferença entre acertar e errar o tempo é, portanto, mensurável diretamente na qualidade do cimento curado.

Hardy e colaboradores identificaram, para cada formulação de cimento, um limiar mínimo de irradiância (entre cerca de 250 e 500 mW/cm²) que, mantido por 40 segundos, preserva o grau de conversão ótimo, segundo a PubMed. Isso reforça duas ideias práticas: existe um piso de irradiância abaixo do qual a cura falha, e 40 segundos por face é um tempo de referência razoável para laminados — frequentemente estendido na prática clínica para 60 segundos por face por margem de segurança.

4. Tipo de aparelho: espectro único versus múltiplos picos

Aparelhos LED dividem-se, de forma simplificada, em monowave/espectro único (emissão concentrada na faixa azul, ~450–470 nm) e polywave/múltiplos picos (que adicionam emissão no violeta, ~400–410 nm). A faixa violeta serve a fotoiniciadores alternativos (como TPO e BAPO) presentes em alguns materiais; a faixa azul ativa a canforoquinona, o fotoiniciador clássico.

A escolha do aparelho deve casar com o fotoiniciador do cimento. Bragança e colaboradores observaram que, para um cimento que utiliza um fotoiniciador ativável na faixa azul (Ivocerin), um aparelho de espectro único polimerizou tão bem quanto o de múltiplos picos — ou seja, não houve vantagem do polywave naquela situação; o fator limitante foi a baixa potência de uma ponteira pequena, que reduziu o grau de conversão e a microdureza, segundo a PubMed. A lição é que potência/irradiância adequadas importam mais do que o número de picos quando o fotoiniciador é compatível com a luz azul.

Por outro lado, quando o cimento contém fotoiniciadores que absorvem no violeta, o aparelho polywave passa a ser relevante — e, como a cerâmica absorve mais no violeta (Hardy), esses materiais exigem atenção redobrada à energia entregue. Em síntese: verifique o fotoiniciador do seu cimento e escolha um aparelho que o ative, com irradiância suficiente e ponteira que cubra a restauração.

Regra de compatibilidade

O aparelho certo é o que ativa o fotoiniciador do seu cimento, com irradiância adequada. Para cimentos de canforoquinona/Ivocerin, um bom monowave basta; para cimentos com TPO/BAPO (violeta), prefira polywave — lembrando que a cerâmica penaliza mais o violeta.

5. Técnica de aplicação da luz: os erros que comprometem a cura

Mesmo com o aparelho e o cimento corretos, a técnica de aplicação da luz pode arruinar a fotopolimerização. A evidência aponta erros específicos.

5.1 Mover a ponteira durante a cura

Há uma crença de que "varrer" a ponteira sobre vários dentes economiza tempo. Bragança e colaboradores mostraram o oposto: mover o aparelho durante a fotopolimerização não é recomendado, pois reduz a energia entregue a cada ponto e diminui o grau de conversão e a microdureza; a exposição localizada e estática sobre cada elemento foi sempre superior, segundo a PubMed. Cada dente merece sua própria exposição completa e estática.

5.2 Encurtar o tempo total

Reduzir o tempo para acelerar a cimentação de vários laminados compromete a conversão, sobretudo porque a cerâmica já consumiu metade da irradiância. O tempo "economizado" reaparece como interface fraca e risco de descolagem.

5.3 Distância e posicionamento da ponteira

A irradiância cai com a distância e com a angulação inadequada da ponteira. A ponteira deve ficar o mais próxima e perpendicular possível à superfície a polimerizar, cobrindo toda a área da restauração; ponteiros pequenos podem não cobrir o laminado inteiro, exigindo exposições adicionais em diferentes posições.

5.4 Polimerização por todas as faces

Laminados recebem luz por vestibular, mas as margens incisal, cervical e proximais também precisam ser polimerizadas. Por isso o protocolo clínico prevê fotoativação de cada face da restauração — garantindo conversão nas regiões que a exposição vestibular isolada não alcança plenamente.

6. Camada inibida por oxigênio e gestão de excessos

A polimerização de metacrilatos é inibida pelo oxigênio na superfície exposta ao ar, formando uma fina camada não polimerizada (camada inibida por oxigênio). Nas margens do laminado, onde o cimento fica exposto, essa camada pode deixar monômero residual. Duas práticas ajudam: aplicar gel de glicerina sobre as margens antes da polimerização final (barreira ao oxigênio, favorecendo a conversão superficial) e remover cuidadosamente os excessos de cimento antes da cura definitiva, evitando que polimerizem em locais indesejados — inclusive no sulco gengival e nas proximais (onde o fio dental auxilia).

A sequência usual é: assentar a peça, remover o grosso dos excessos, dar um breve pulso de luz para gelificar (tack cure) e facilitar a remoção fina dos excessos, e então realizar a fotopolimerização completa por face — frequentemente com glicerina nas margens no passo final.

Margens: onde a cura falha por último

As margens são o ponto mais vulnerável: cimento exposto ao oxigênio e luz que chega em ângulo

desfavorável. Glicerina nas margens e fotopolimerização dedicada de cada face reduzem o monômero residual e protegem a interface marginal.

7. Protocolo passo a passo (síntese operacional)

Sequência da fotopolimerização na cimentação de laminados. Parâmetros devem seguir o cimento e o aparelho.

1. Verificar o fotoiniciador do cimento e usar um aparelho compatível, com irradiância adequada e ponteira que cubra a restauração.
2. Assentar a peça e remover o grosso dos excessos de cimento.
3. Aplicar um breve pulso de luz (tack cure) para gelificar o cimento e facilitar a remoção fina dos excessos, inclusive nas proximais (fio dental).
4. Aplicar gel de glicerina nas margens para reduzir a inibição por oxigênio (no passo final).
5. Fotopolimerizar cada face de forma localizada e estática — sem mover a ponteira —, com tempo suficiente (referência de 40 s, frequentemente estendido a 60 s por face).
6. Garantir cobertura de todas as faces (vestibular, incisal, cervical, proximais), reposicionando a ponteira conforme necessário.
7. Remover a glicerina, conferir margens e proceder ao acabamento e ajuste oclusal.

Ponto crítico

A cerâmica come metade da luz. Compense com tempo suficiente, ponteira próxima e estática, e exposição de cada face. Mover a ponteira ou encurtar o tempo é a causa mais comum — e evitável — de cimento subpolimerizado sob laminados.

8. Correspondência com o protocolo clínico de referência (Borille)

Os trabalhos de Borille que embasam este projeto descrevem a fotopolimerização realizada em cada face da restauração por 60 segundos, como etapa final do protocolo de cimentação adesiva com cimento resinoso fotopolimerizável. No relato de caso de substituição de laminados, a cimentação das dez lentes foi concluída com fotopolimerização de cada superfície por 60 segundos, após o posicionamento das peças e a remoção dos excessos — inclusive com auxílio de fio dental nas proximais.

Essa escolha — 60 segundos por face, de forma localizada — é coerente com a melhor evidência aqui revisada. Considerando que a cerâmica reduz a irradiância em cerca de 50% (Bragança) e que a exposição localizada e prolongada por elemento maximiza o grau de conversão, o tempo de 60 segundos por face oferece margem de segurança sobre o limiar de 40 segundos, e a aplicação face a face garante a cura das margens incisal, cervical e proximais. O uso do cimento Allcem Veneer APS, citado no relato, é inclusive um dos materiais avaliados no estudo de Bragança, o que torna a correspondência ainda mais direta.

9. Conclusão

- A fotopolimerização consolida toda a cadeia adesiva; cura inadequada anula o cuidado de todas as etapas anteriores.
- A cerâmica atenua a luz: sob 0,5 mm de dissilicato de lítio, cerca de metade da irradiância se perde, e a atenuação cresce com espessura, opacidade e saturação.
- A compensação é energia: tempo de exposição suficiente (referência de 40 s, frequentemente 60 s por face) e irradiância acima do limiar do cimento (~250–500 mW/cm²).
- O aparelho deve ser compatível com o fotoiniciador do cimento; com irradiância adequada, um monowave pode igualar um polywave para cimentos de luz azul, enquanto cimentos de espectro violeta exigem polywave.
- Mover a ponteira e encurtar o tempo reduzem significativamente o grau de conversão e a microdureza — devem ser evitados; cada face merece exposição localizada e estática.
- Glicerina nas margens e fotopolimerização de todas as faces reduzem o monômero residual da camada inibida por oxigênio, protegendo a interface marginal.

Referências

Artigos científicos recuperados da base PubMed (com DOI, quando disponível):

1. Bragança GF, Vianna AS, Neves FD, Price RB, Soares CJ. Effect of exposure time and moving the curing light on the degree of conversion and Knoop microhardness of light-cured resin cements. *Dent Mater.* 2020;36(11):e340-e351. DOI: [10.1016/j.dental.2020.08.016](https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.08.016)
2. Faria-e-Silva AL, Pfeifer CS. Effectiveness of high-power LEDs to polymerize resin cements through ceramics: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2017;118(5):631-636. DOI: [10.1016/j.prosdent.2016.12.013](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.12.013)
3. Hardy CMF, Bebelman S, Leloup G, Hadis MA, Palin WM, Leprince JG. Investigating the limits of resin-based luting composite photopolymerization through various thicknesses of indirect restorative materials. *Dent Mater.* 2018;34(9):1278-1288. DOI: [10.1016/j.dental.2018.05.009](https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.009)
4. Tafur-Zelada CM, Carvalho O, Silva FS, Henriques B, Özcan M, Souza JCM. The influence of zirconia veneer thickness on the degree of conversion of resin-matrix cements: an integrative review. *Clin Oral Investig.* 2021;25(6):3395-3408. DOI: [10.1007/s00784-021-03904-w](https://doi.org/10.1007/s00784-021-03904-w)
5. Schneider LFJ, Ribeiro RB, Liberato WF, Salgado VE, Moraes RR, Cavalcante LM. Curing potential and color stability of different resin-based luting materials. *Dent Mater.* 2020;36(10):e309-e315. DOI: [10.1016/j.dental.2020.07.003](https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.07.003)
6. Favarão J, Oliveira DCRS, Zanini MM, Rocha MG, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC. Effect of curing-light attenuation on color stability and physical and chemical properties of resin cements containing different photoinitiators. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;113:104110. DOI: [10.1016/j.jmbbm.2020.104110](https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104110)

Páginas de referência do projeto (conteúdo clínico correspondente a esta fase):

7. BORILLE, M. Protocolo de cimentação adesiva de laminados cerâmicos. Lente de Contato Dental — Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lentedecontatodental.poa.br/protocolo-cimentacao-lente-de-contato-dental/>. Acesso em: jun. 2026.
8. BORILLE, M. Cimentação da lente de contato dental: a etapa decisiva. Lente de Contato Dental — Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lentedecontatodental.poa.br/cimentacao-lente-de-contato-dental/>. Acesso em: jun. 2026.

Trabalhos do autor (TCCs — São Leopoldo Mandic, 2021):

9. BORILLE, M. B. Laminados cerâmicos na reabilitação estética conservadora: revisão de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Odontologia Estética) — Faculdade São Leopoldo Mandic, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://www.lentedecontatodental.poa.br/wp-content/uploads/2026/06/tcc-laminados-ceramicos-revisao-2021-borille.pdf>. DOI: [10.5281/zenodo.20670402](https://doi.org/10.5281/zenodo.20670402). Acesso em: jun. 2026.
10. BORILLE, M. B. Reabilitação estética conservadora na substituição de laminados cerâmicos: um relato de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Dentística Restauradora) — Faculdade São Leopoldo Mandic, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://www.lentedecontatodental.poa.br/wp-content/uploads/2026/06/tcc-substituicao-laminados-ceramicos-2021-borille.pdf>. DOI: [10.5281/zenodo.20669726](https://doi.org/10.5281/zenodo.20669726). Acesso em: jun. 2026.

Nota de atribuição: a fundamentação científica deste trabalho baseia-se em artigos recuperados da base PubMed, com os respectivos DOIs indicados nas Referências.