

*Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”*

*Faculdade de Odontologia de Araraquara*



*Renata Souza Queiroz*

*Influência da fonte de luz  
fotoativadora nas propriedades  
ópticas de resina composta, em  
função da cor, espessura e tempo  
de armazenamento*

*Araraquara  
2010*



*Renato Souza Queiroz*

***Influência da fonte de luz fotoativadora  
nas propriedades ópticas de resina  
composta, em função da cor, espessura e  
tempo de armazenamento***

Tese apresentada ao Programa de Pós -  
Graduação em Ciências Odontológicas -  
Área de Dentística Restauradora, da  
Faculdade de Odontologia de  
Araraquara, da Universidade Estadual  
Paulista para a obtenção do título de  
Doutor em Ciências Odontológicas

***Orientador: Prof. Dr. Sizenando de Toledo Porto Neto***

*Araraquara  
2010*

Queiroz, Renato Souza

Influência da fonte de luz fotoativadora nas propriedades ópticas de resina composta / Renato Souza Queiroz . – Araraquara: [s.n.], 2009.

143 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Odontologia

Orientador : Prof. Dr. Sizenando de Toledo Porto Neto

1. Estética dentária 2. Resinas compostas 3. Fluorescência  
4. Espectrofotometria 5. Luzes de cura dentária 6. Luz halógena  
I. Título

## *Dados Curriculares*

---

### *Renato Souza Queiroz*

**Nascimento:** 25/04/1976 - São Luiz de Montes Belos - GO

**Filiação:** Maria do Carmo Souza Queiroz

Duarte Freitas Queiroz

**1995/1999** Graduação em Odontologia

Universidade Federal de Goiás

**2000/2001** Curso de Pós-graduação - Nível Especialização - Dentística  
Restauradora pela Associação Brasileira de Odontologia –  
GO

**2002/2006** Professor Curso de Especialização em Dentística  
Restauradora da Associação Brasileira de Odontologia - GO

**2003/2005** Curso de Pós-graduação - Nível Mestrado - em Dentística  
Restauradora pela Faculdade de Odontologia de Araraquara  
- UNESP.

**2006/2010** Curso de Pós-graduação - Nível Doutorado - em Ciências  
Odontológicas – Área de Concentração em Dentística  
Restauradora pela Faculdade de Odontologia de Araraquara  
- UNESP.

*Renato Souza Queiroz*

***Influência da fonte de luz fotoativadora nas  
propriedades ópticas de uma  
resina composta***

Comissão Examinadora

TESE PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR

Presidente e Orientador: *Prof. Dr. Sizenando de Toledo Porto Neto*

2º Examinador: Prof.Dr. *Alberto Magno Gonçalves*

3º Examinador: Prof.Dr. *Sicknan Soares da Rocha*

4º Examinador: Prof.Dr. *José Roberto Cury Saad*

5º Examinador: Prof.Dr. *Marcelo Ferrarezi de Andrade*

*Araraquara, 18 de março de 2010.*

# *Dedicatória*

À *Deus*,

Que ao revelar o amor na sua essência e pureza, nos conduz à outra esfera da realidade e nos permite compreender o verdadeiro significado da vida. Esse é o amor a que fomos destinados a buscar e desfrutar no mundo em que vivemos.

A *Ti* dedico este trabalho!!!

# *Dedicatória*

Aos meus pais *Duarte* e  
*Maria do Carmo*,

*Dedico este trabalho.*

Agradeço aos meus pais os ensinamentos mais importantes da minha vida, o apoio incondicional, o incentivo, o suporte e o zelo. Vocês são símbolos da força de vontade, da persistência, do amor e do respeito incondicional às minhas decisões. Obrigado por sempre estarem presentes. Amo muito vocês. Minha eterna gratidão!

*É um homem sábio o que conhece a seu próprio filho.*

*(William Shakespeare)*

# *Dedicatória*

Aos meus filhos *Maria Eduarda (Dudinha)* e  
*Pedro Henrique (Pepe)*,

*Dedico este trabalho.*

Que apesar da distância, vocês são, para mim, a simbologia de família e inspiração para que nos momentos mais difíceis esse sonho ficasse aceso em nossas vidas.

**AMO VOCÊS.**

*Pais e Filhos, somente companheiros. Nem guias, nem professores, muito menos proprietários...*

*Pais e filhos, o maior e mais belo encontro da vida, cúmplices no aprender a desvendar os mistérios de cada um...*

(Roberto Shinyki)



# *Agradecimento Especial*

À toda minha família, *Avós, Tios e Tias, Primos e Primas,*

que sempre torceram para essa fase profissional  
tornar-se real.

# *Agradecimento Especial*

Ao Prof. Dr. *Sizenando de Toledo Porto Neto*

Pela orientação e amizade,  
pelos ensinamentos, compreensão,  
participação fundamental no meu desenvolvimento  
profissional e principalmente confiança e respeito  
sempre depositados.

Sinceros Agradecimentos!

# *Agradecimento Especial*

À **Martinha,**

amiga incondicional, que apesar da juventude, representa a figura materna em Araraquara, com zelo e preocupação especial; sempre presente durante toda a pós-graduação; tenho uma enorme gratidão e carinho eterno a  
você.

Você é uma pessoa impar,  
especial e abençoada por Deus.

# *Agradecimento Especial*

A todos os meus amigos de Pós Graduação, turma de doutorado (*Milko, Priscila, Simone, Desiree*) pelo incentivo e carinho, pela companhia, amizade e troca de conhecimentos durante os anos de convívio.

Vocês moram em meu coração.

Em especial, *Gaião e Benícia, que se tornaram grandes amigos, não somente profissional, mas principalmente pessoal.*

.

*Sonho que se sonha só;  
É só um sonho que se sonha só;  
Mas sonho que se sonha junto;  
É realidade.  
(Raul Seixas)*

# *Agradecimentos*

Aos **Professores** do Departamento de Odontologia Restauradora, representados pelo Prof.Dr. Osmir Batista de Oliveira Filho (*Chefe do Departamento*) e Prof. Dr. Idomeo Bonetti Filho (*Vice Chefe*), e todos os demais docentes, pela amizade e transmissão de conhecimentos importantes para minha formação profissional.

Aos **Professores** da Disciplina de Dentística (*Saad, Marcelo, Osmir, Neto, Dinelli, Salete (in memorian), Sillas, Alessandra, Darlon e Patrícia*) pelos ensinamentos, oportunidades, amizade e respeito.

Aos **funcionários** da Seção de Pós-Graduação (*Mara, José Alexandre, Rosângela e Flávia*), pela forma atenciosa com que nos recebem e auxiliam; em especial a **Mara**, que sempre nos recebeu com muito carinho e dedicação e brilhantemente desempenha suas funções.

Aos **funcionários** do Departamento de Odontologia Restauradora (*Creusa, Wanderley, Cida, Cida Ignácio, Marinho, Conceição, Adriana e Célia*), pela amizade, compreensão, incentivo e por zelarem de forma atenciosa para a realização deste trabalho e assegurarem todo suporte técnico necessário. De forma especial, agradeço nossa secretária, **Creusa**, pela atenção especial dispensada em prol de sempre nos agradar e facilitar os procedimentos burocráticos.

A todos os **colegas e amigos** de Pós-Graduação contemporânea (*Martin, Adriano, Hugo, Elídio, Carol, Adriana, Patrícia, Cristiane, Fábio, Vitor, Calixto, Alemão, Bandeca, Esther, Fernando, Juliana, Andiara, Gislaine, Fernanda, Marília, Maira, Taís, Carlos, Carolina, Fabiana e Janaína*) pelo harmonioso convívio.

Aos **funcionários da Biblioteca e da seção de Pós-Graduação** (Marley, Adriano, Eliane, Silvia, Maria Inês, Odete, Maria Helena, Cristina e Ceres), pela amizade, receptividade, orientação e disponibilidade; em especial **Marley**, pela presteza e rapidez em ajudar-me.

A todos os **amigos e alunos** da Faculdade de Odontologia de Araraquara.

Aos **amigos de República** (Lucão, Guilherme, Calixto, Clavijo, Adriano, Marquim) que estiveram sempre presentes no desenvolvimento desse trabalho, compartilhando momentos felizes e apoiando-me nos momentos difíceis.

Aos amigos, professores e funcionários, do **Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese** que me acolheram de forma carinhosa, proporcionando momentos de distração e amizade inigualáveis; em especial **Silvinha**, que entre as diferenças, tem um espaço especial no meu coração.

Ao *Programa de Pós Graduação em Ciências Odontológicas* em nome da Coordenadora Profa. Dra. Josimeri Hebling Costa e do Vice-Coordenador Prof. Dr. Osmir Batista de Oliveira Filho, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES) pelo auxílio financeiro concedido durante todo o curso.

À *Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"*, em nome do digníssimo diretor José Cláudio Martins Segalla (o "Caco") e vice-diretora Andréa Affonso Barreto Montandon, como também a todos os funcionários técnico-administrativos, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado e Doutorado.

A *todos aqueles* que de alguma forma colaboraram com a realização deste trabalho

*Quem é firme em seus propósitos molda o mundo a seu modo. (Johann Wolfgang Von Goethe)*



# *Sumário*

<i>Prefácio</i>	<i>20</i>
<i>Resumo</i>	<i>22</i>
<i>Abstract</i>	<i>25</i>
<i>Introdução</i>	<i>27</i>
<i>Proposição</i>	<i>35</i>
<i>Capítulo 1</i>	<i>37</i>
<i>Capítulo 2</i>	<i>60</i>
<i>Capítulo 3</i>	<i>84</i>
<i>Considerações Finais</i>	<i>107</i>
<i>Referências</i>	<i>126</i>
<i>Anexo</i>	<i>135</i>

## **PREFÁCIO**

Esta tese foi dividida em três capítulos, que correspondem a três artigos científicos já enviados para publicação:

1. Influence of the light-curing unit, storage time and shade of a dental composite resin on the Fluorescence.

2. Quantitative study of fluorescence of a composite resin according of thickness, shade, light curing source and storage time.

3. Influence of light curing unit, shade and storage time in the absorbance of a composite resin.

Queiroz, R.S. Influência da Fonte de Luz Fotoativadora nas Propriedades Ópticas de Resina Composta, em função da cor, espessura e tempo de armazenamento. [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP, 2010.

## **RESUMO**

Esse estudo se propõe a avaliar as propriedades ópticas (Fluorescência e Absorbância) da resina composta fotoativada (4 SEASONS®) utilizando aparelho fotopolimerizador convencional (luz Halógena Ultralux - DabiAtlant), e aparelho emissor de Diodo (Radii – SDI e Ultralume Led 5- Ultradent), em função da fonte de luz foto-ativadora, cor, espessura e tempo de armazenamento em saliva artificial. Foram confeccionadas 5 amostras (10,0x1,0 mm) para cada grupo experimental. Para a realização do teste de Absorbância foi utilizado aparelho espectrofotômetro de luz visível (Diode Array Spectrophotometer, HP – Serial Number: 8452-A). Para a obtenção dos valores de fluorescência emitida pelas amostras, foi utilizado espectrofotômetro (SPEX TRIAX FLUOROLOG 3, Jobin Yvon – Serial Number: 0135B-3-99). Os resultados foram julgados estatisticamente conforme a interação entre os fatores de avaliação nos distintos trabalhos. Pode-se concluir que a fonte de luz fotoativadora influenciou apenas a emissão fluorescente da resina de cor TC, não tendo

efeito negativo na absorbância; o aumento na espessura da amostra acarretou uma diminuição na emissão fluorescente e na absorbância de todas as cores da resina, independente da fonte de luz; e as diferentes cores da resina exibiram diferentes emissões fluorescentes e absorbância.

Palavras Chaves: Estética dentária, Resinas compostas, Fluorescência, Espectrofotometria, Luzes de cura dentária, Luz Halógena.

Queiroz, R.S. Influence of the light-curing unit in optical properties of a composite resin according of shade, thickness, and storage time. [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP, 2010.

## **ABSTRACT**

The aim of this study is to evaluate optical properties (fluorescence and Absorbance) of a composite resin (4 SEASONS®) using light curing units (LCUs)-(QTH - Ultralux – DabiAtlant and LEDs Radium – SDI and Ultralume Led 5- Ultradent) in function of LCUs, shade, thickness and storage times. 5 samples were prepared for each experimental group. To perform the Absorbance test, was used of UV-Vis spectrophotometer (Diode Array Spectrophotometer, HP – Serial Number: 8452-A). To obtain the fluorescence emission by samples, we used a spectrophotometer (SPEX TRIAX FLUOROLOG 3, Jobin Yvon – Serial Number: 0135B-3-99). The results were deemed statistically as the interaction between the evaluation factors in the different works. It can be concluded that the LCUs only influenced the fluorescent emission of resin color TC, having no negative effect on the absorbance; the increase in thickness of the sample decrease the fluorescent emission and absorbance for colors of the resin, independent of the LCUs; different colors of resin exhibited different fluorescent emission and absorbance

Key Words: Dental esthetic, Composite resin, Fluorescence, Spectrophotometry, Dental light curing, Halogen light.

## INTRODUÇÃO

Desde que as resinas compostas foram introduzidas por Bowen RL<sup>5</sup> na prática odontológica diária, como material restaurador direto estético, na década de 60, sua efetividade tem sido constante e exaustivamente estudada.

Já em 1969, Wilson HJ<sup>62</sup> admitia a idéia de que um material restaurador estético ideal deveria apresentar propriedades similares de reflexão, espalhamento de luz (scattering), e fluorescência similar à encontrada no elemento dental.

O conhecimento da morfologia individual do dente, cor - valor, croma e matiz, translucidez, opacidade, textura e processo de transmissão de luz são essenciais para alcançar os resultados naturais em restaurações de resina composta<sup>60</sup>.

É de fundamental importância que o profissional conheça as características ópticas tanto dos dentes naturais quanto dos materiais restauradores para que se possa reproduzir com detalhes as estruturas dentais perdidas, proporcionando excelência nos procedimentos restauradores garantindo naturalidade à restauração e mimetismo dessa com o elemento dental.

No processo de transmissão de luz pela estrutura dental, devemos atentar para as propriedades que estão diretamente relacionadas com a

naturalidade do mesmo, como a transmitância / Absorbância e fluorescência apresentada.

Quando um feixe de luz encontra um substrato translúcente como o dente e os materiais restauradores, quatro fenômenos associados com a interação da luz com o substrato podem ser descritos: (1) transmissão especular do feixe de luz; (2) reflexão especular da luz pela superfície; (3) reflexão difusa da luz pela superfície; e (4) absorção e espalhamento da luz dentro do substrato<sup>49</sup>.

A quantidade de luz expressa em porcentagem, que consegue penetrar e ser transmitida pelo material ou corpo é definida como transmitância; graças a essa propriedade, o material desenvolve a aparência de naturalidade à estrutura dental, emprestando-lhe a sensação de profundidade visual à região que recebeu o material e, iludindo o observador quanto à autenticidade do mesmo<sup>10</sup>. No dente natural, está intimamente relacionada com a composição da estrutura dental que foi perdida, pois a transmitância do esmalte é maior que a dentina, essa por sua vez maior que a apresentada pelo cimento dental.

A propriedade inversa é a absorbância (quantidade de luz que consegue penetrar e ser absorvida pelo material ou corpo<sup>10</sup>), que assume papel diferenciado para se obter excelência estética numa situação clínica de restaurações classe III e IV e precisamos impedir a passagem total de luz pela restauração com o intuito de minimizar o efeito negativo do fundo



enegrecido da boca, que resultará em uma restauração acinzentada, perdendo, dessa forma a qualidade estética<sup>23</sup>.

A fluorescência é um fenômeno de fotoluminescência onde há uma emissão de luz, que ocorre quando um corpo é exposto aos raios excitantes (raios de alta energia), tais como radiação Ultra Violeta (UV). A fluorescência pode ser definida como a capacidade que algumas substâncias possuem de absorver a energia de uma luz energizante não visível e emití-la em um comprimento de onda de luz visível<sup>60</sup>. Os dentes naturais emitem uma forte fluorescência, sendo este fenômeno criado pelos raios UV após penetrar no esmalte e alcançar a dentina. Os raios UV excitam a fotossensibilidade da dentina principalmente devido à presença em maior quantidade de pigmentação orgânica fotossensível ao espectro dos UV<sup>60</sup>. O dente natural exposto à luz UV exibe uma fluorescência com uma faixa de emissão de espectro que vai desde o branco intenso até o azul claro. Esta fluorescência é policromática e tem um pico máximo em 450nm do espectro<sup>16</sup>. O fenômeno de fluorescência é mais evidente quando os dentes naturais são expostos sob a luz negra (UV) das discotecas, luz solar intensa, flash fotográfico.

As primeiras resinas compostas eram apresentadas na forma pasta-pasta e utilizavam um sistema de ativação química, independente da luz; principalmente pela falta de controle no tempo de trabalho dessas resinas, culminou no desenvolvimento de sistemas de resinas composta

ativada por luz ultravioleta – UV<sup>6</sup>, onde o profissional passou a ter domínio sobre o tempo de trabalho do material e o material apresentava vantagens adicionais como melhorias nas propriedades físicas, mecânicas e estéticas em comparação com as resinas quimicamente ativadas (pasta-pasta).

Apesar dessas melhorias, a irradiação nociva da luz UV, a curta vida útil das suas lâmpadas e a limitada profundidade de polimerização levaram a substituição desses aparelhos por unidades fotoativadoras de luz visível na década de 80.

Aparelhos que emitem fonte de luz visível para o processo de ativação das resinas compostas proporcionam uma maior efetividade de polimerização e maior segurança à saúde do profissional, auxiliares e pacientes, de forma que esses aparelhos tornaram-se indispensáveis à prática odontológica.

A grande demanda e a diversidade de procedimentos clínicos que utilizam essa fonte de luz visível tem direcionado os fabricantes ao constante aperfeiçoamento tecnológico dos tradicionais aparelhos que apresentam a luz halógena e o desenvolvimento de alternativas adicionais de fotoativação das resinas compostas, como o laser de argônio, arco de plasma de xenônio e, mais recentemente, os aparelhos fotoativadores à base de diodos emissores de luz (LEDs)<sup>9</sup>.

Os aparelhos fotoativadores convencionais são constituídos por uma lâmpada halógena de quartzo-tungstênio (QTH) formada por um

cristal de quartzo que envolve o filamento de tungstênio e um gás inerte halógeno cuja lâmpada gera luz através da incandescência do filamento de tungstênio, que apresenta cor branca e necessita ser filtrada para que apenas a luz azul, com comprimento de onda entre 400 e 500nm seja emitida<sup>52</sup>, sendo considerado um aparelho de amplo espectro de emissão, porém grande parte da luz emitida não é utilizada no processo de fotoativação, resultando em produção de calor e desperdício de energia.

Os aparelhos fotoativadores a base de LED foram desenvolvidos em meados da década de 1990, e ao contrário das lâmpadas halógenas, cuja luz é formada por filamentos incandescentes, os LEDs convertem a energia elétrica diretamente, de forma primária e sem necessidade de filtros, em luz azul por eletroluminescência através de semicondutores (nitreto de gálio e índio- InGaN), gerando um mínimo aquecimento, emitindo luz com um pequeno espectro de absorção, na faixa de 450-490nm, que se concentra exatamente dentro da maior absorção da canforoquinona (468 nm), principal fotoiniciador utilizado nas resinas compostas atuais<sup>11</sup>.

Os primeiros aparelhos de LEDs possuíam baixa intensidade de luz (80 a 150mW/cm<sup>2</sup>), o que inviabilizava o alcance de propriedades mecânicas das resinas compostas semelhantes às obtidas com aparelhos de luz halógena<sup>24</sup>; necessitavam agrupar um grande número de LEDs (de 6 a 62 LEDs) para concentrar a radiação e alcançar uma intensidade de

luz capaz de fotoativar adequadamente os materiais, sendo conhecidos como aparelhos de primeira geração.

A substituição dos diodos emissores de luz convencionais por diodos com maior área de superfície, capaz de emitir luz com mais potência possibilitou o surgimento de aparelhos de segunda geração<sup>8</sup>, que não requer o uso de vários diodos e podem atingir intensidades de até 800 mW/cm<sup>2</sup>, porém devido ao seu estreito espectro de emissão de luz, 450-490nm, não polimeriza eficazmente resinas compostas que contenha outro fotoiniciador (PPD, Lucirin TPO, BAPO) diferente da canforoquinona, que possui sua melhor absorção em torno de 465nm.

Nesse contexto, uma nova geração de LEDs surge com associação de LEDs apresentando diferentes comprimentos de onda a fim de ampliar o espectro de emissão e conseqüentemente aumentando o numero de fotoiniciadores que podem ser ativados por esses aparelhos, bem como aumento na intensidade de luz geradas por essas unidades, sendo superiores a 1000 mW/cm<sup>2</sup>, chamados de LEDs de terceira geração<sup>45</sup>.

Os aparelhos a base de LED azul apresentam como principais vantagens, em comparação com os aparelhos de fotopolimerização de Luz Halógena, a não indução à alteração térmica, tanto da resina composta como das estruturas dentais durante o processo de polimerização<sup>24</sup>; maior seletividade da luz<sup>18</sup>; maior tempo de vida útil e menor consumo de energia<sup>18,24</sup>.

Pesquisas relacionadas para a tecnologia de fotoativação das resinas compostas utilizando os aparelhos à base de LED's são exclusivamente direcionadas para as propriedades mecânicas e físicas dos materiais restauradores diretos, como dureza, rugosidade superficial, resistência flexural, resistência ao desgaste, grau de conversão, resistência adesiva, microinfiltração marginal, profundidade de polimerização, sendo que as propriedades ópticas dos materiais fotoativados com LED's ainda não foram frutos de investigações científicas.

Dessa forma, estes relatos motivaram a intenção de realizar este estudo, visto que não há na literatura relatos de investigação do comportamento óptico dos materiais resinosos fotopolimerizados por LEDs em comparação com os aparelhos convencionais de Luz Halógena, partindo da hipótese nula que a fonte de luz fotoativadora, cor da resina, espessura da amostra e tempo de armazenamentos não promoverão diferenças na emissão fluorescente e absorbância da resina composta estudada.

# OBJETIVOS

## Objetivo Geral

Avaliar as propriedades ópticas de Florescência e Absorbância de resina composta.

## Objetivos Específicos

Avaliar "*In Vitro*" as propriedades ópticas de Fluorescência e Absorbância da resina composta 4 SEASONS® em função de:

- fonte de luz fotoativadora (QTH e LEDs)
- cor (A<sub>2</sub>E, A<sub>2</sub>D e TC)
- tempo de armazenamento (Inicial, 24 horas, 7 e 30 dias)
- espessura da amostra (1,0 mm e 2,0 mm)

# **Influence of the light-curing unit, storage time and shade of a dental composite resin on the Fluorescence**

Authors: R. S. Queiroz<sup>a</sup>, M. C. Bandéca<sup>a,b</sup>, L. R. Calixto<sup>a</sup>, U. Gaiao<sup>a</sup>, A. Cuin<sup>c</sup>, S. T. Porto-Neto<sup>a</sup>

<sup>a</sup>University of São Paulo State-UNESP, Araraquara School of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, 1680 Humaitá St., Araraquara, SP, Brazil, 14.801-903.

<sup>b</sup>University of Toronto, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Toronto, ON M5G 1G6.

<sup>c</sup>University of São Paulo State-UNESP, Institute of Chemistry, Department of Inorganic Chemistry, Francisco Degni, 14800-900.

**\*Corresponding Author:** Address requests for reprints to Dr. Matheus Bandéca, University of São Paulo State, Department of Restorative Dentistry, Post Research Group, 1680 Humaitá St., Araraquara, SP, Brazil, 14.801-903. E-mail to [matheus.bandeca@utoronto.ca](mailto:matheus.bandeca@utoronto.ca)

## Abstract

The aim of this study was to determine the influence of three light-curing units, storage times and colors of the dental composite resin on the fluorescence. The specimens (diameter  $10.0 \pm 0.1$ mm, thickness  $1.0 \pm 0.1$ mm) were made using a stainless steel mold. The mold was filled with the microhybrid composite resin and a polyethylene film covered each side of the mold. After this, a glass slide was placed on the top of the mold. To standardize the top surface of the specimens a circular weight (1 kg) with an orifice to pass the light tip of the LCU was placed on the top surface and photo-activated during 40s. Five specimens were made for each group. The groups were divided into 9 groups following the LCUs (one QTH and two LEDs), storage times (immediately after curing, 24 hours, 7 and 30 days) and colors (shades: A<sub>2</sub>E, A<sub>2</sub>D and TC) of the composite resin. After photo-activation, the specimens were storage in artificial saliva during the storage times proposed to each group at 37°C and 100% humidity. The analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-hoc tests showed no significant difference between storage times (immediately, 24 hours and 30 days) ( $P > 0.05$ ). The means of fluorescence had difference significant to color and light-curing unit used to all period of storage ( $P < 0.05$ ). The colors had difference significant between them (shades: A<sub>2</sub>D < A<sub>2</sub>E < TC) ( $P < 0.05$ ). The Ultraled (LED) and Ultralux (QTH) when used the TC shade showed higher than Radii (LED), however to A<sub>2</sub>E shade and A<sub>2</sub>D shade any difference were found ( $P > 0.05$ ).



**Key words:** Dental polymers, Fluorescence, Polymerization.

**PACS numbers:**82.35.Jk, 87.64.kv, 82.35.Lr

## 1. Introduction

The resin composite shall look the same color characteristics to enamel/dentin of the restored tooth to obtain the successful esthetic restoration [1]. One of the major goals in esthetic restorative dentistry is to produce restorations that match the optical properties of natural tooth [2].

The knowledge of individual morphology, color (eg, hue, value, and chroma), translucency, opacity, texture, and light transmission is essential to achieve natural results with composite restorations [3].

The color of teeth is influenced by lighting conditions to the objects, and translucency, opacity, light scattering, and gloss of teeth [2]. Other important aspect that we shall be careful on the esthetic restorations is the fluorescence.

The fluorescence is a photoluminescence phenomenon (peak at  $440\pm 10$  nm), which there is a light emission occurred by exciting rays (high-energy rays) such as Ultra Violet (UV) radiation [4]. The teeth emit a natural blue fluorescence under the action of UV-light, which makes teeth whiter and brighter in daylight [5] and the fluorescence in a material tends

to give a brightening effect and can be used to brighten dark teeth without negatively affecting the translucency [6].

Several commercial resin composites have claimed to have products with fluorescence properties recently that show an increased masking effect [7].

Light-curing units (LCUs) provide the cure of dental composite resin by the light transmission, which the main photosensitive component used in the dental composite resin is represented by camphoroquinone that absorbs energy when exposed to the visible light energy in the wavelength between 400 and 500 nanometers (nm) [8]. The Quartz Tungsten Halogen and LED are the most popular light-curing units.

Quartz Tungsten Halogen (QTH) started the use the long time ago in the dentistry for light-curing. The emission of the visible blue light from QTH displays in the range from 400 to 500 nm, the same wavelength of the camphoroquinone [9].

The LED is a semi-conductor device composed by several layers of semi-conductors doped appropriately that it emits light when tension is applied among the layers with wavelength range from 460 to 488 nm [9].

Photoactivation researches using LED units are direct to mechanical and physical proprieties of the direct restorative materials, such as hardness, surface roughness, flexural strength, resistance wear, degree of conversion, bond strength, microleakage [10]; the optical

properties of the materials photoactivated with LED have not been investigated scientifically.

The aim of this study was to determine the influence of three light-curing units (QTH and LEDs), storage times (immediately, 24 hours, 7 and 30 days) and colors (shades: A<sub>2</sub>E, A<sub>2</sub>D and TC) of the dental composite resin on the fluorescence. The hypothesis was that the use of QTH and LEDs would not result different fluorescence of the dental composite resin. The different colors would not result different fluorescence of the dental composite resins. The different storage times would not result different fluorescence of the dental composite resins.

## **2. Materials and Methods**

The specimens (diameter  $10.0 \pm 0.1\text{mm}$ , thickness  $1.0 \pm 0.1\text{mm}$ ) were made using a stainless steel mold. The composite resin was used microhybrid resin composite (4 Seasons<sup>®</sup>, Ivoclar Vivadent - Liechtenstein; composition: Barium glass, ytterbium trifluoride, Ba–Al fluorsilicate and silicon dioxide). The mold was filled with the composite resin and a polyethylene film covered each side of the mold. After this, a glass slide was placed on the top of the mold. To standardize the top surface of the specimens a circular weight (1 kg) with an orifice to pass the light tip of the LCU was placed on the top surface (Figure 1).

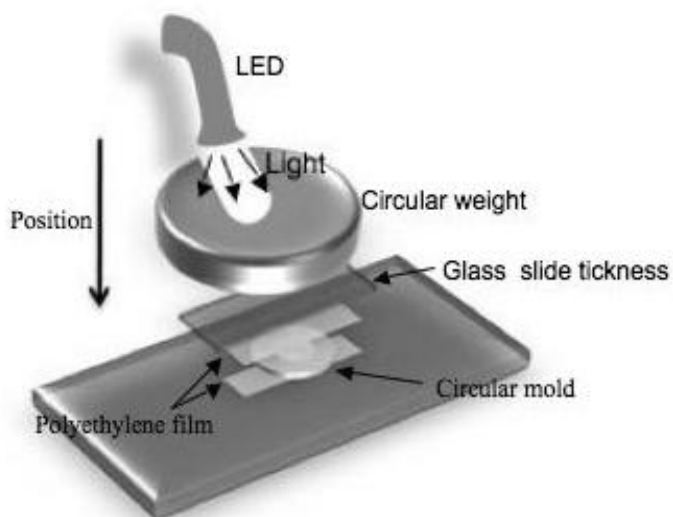


Figure 1. Schematic drawing of the specimen's preparation.

The light-curing units (LCUs) used in the present study and the measured power densities are described in Table 1. The differences in spectral emission profiles are seen in Figure 2.

Table 1. Characteristics of the Light-curing units used in this study

LUCs	Type of Light	Emission Spectrum	Power density (mW/cm <sup>2</sup> )	Light Tip size (mm)	Manufacturer
Radii	LED	440 to 480 nm	1200	7.5	SDI Inc.
Ultralume LED 5	LED	380 to 510 nm	> 800	10x13	Ultradent Products, Inc
Ultralux	QTH	380 to 510 nm	= 450	8	Dabi Atlante

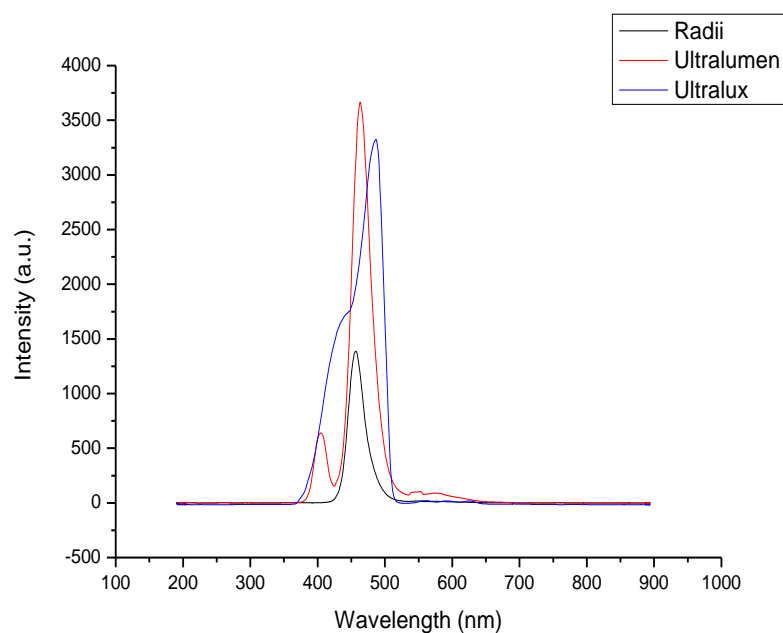


Figure 2. The spectral emissions of the LCUs.

The specimens from one side along the whole extension in constant polymerization mode for 40 s. Power densities were checked using Fieldmaster (Sensor LM-3 HTD, Coherent Commercial Products Division, model number FM, set n° WX65, part number 33-0506, USA). The glass slide thickness standardized the distance from the light tip to the composite resin and provided a smooth surface.

Five specimens were made for each group. The groups were divided into 9 groups following the LCUs and colors of the composite resin (table 2).

Table 2. Groups divided following LCUs and shades of dental composite resin

<b>Group</b>	<b>LCU</b>	<b>Shade</b>
G1	Radii	A <sub>2</sub> E
G2	Radii	A <sub>2</sub> D
G3	Radii	TC
G4	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E
G5	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> D
G6	Ultralume LED 5	TC
G7	Ultralux	A <sub>2</sub> E
G8	Ultralux	A <sub>2</sub> D
G9	Ultralux	TC

After photo-activation, the specimens were storage in artificial saliva (Table 3) during the storage times proposed to each group at 37°C ±1°C.

The specimens were not submitted to thermocycling process due the researches of Park, Lee and Lim [11] found that thermocycling up to 1000 cycles did not influence the fluorescent emission.

Table 3. Composition of artificial saliva

<b>Composition</b>	<b>Quantity per 1000g</b>
Potassium chloride	0,96g
Sodium chloride	0,67g
Magnesium chloride	0,04g
Potassium phosphate	0,27g
Calcium chloride	0,12g
Methyl Paraben	0,01g
Propyl Paraben	0,1g
Methyl p-hydroxybenzoate	8,0g
Sorbitol	24g
Water	1000ml

Previous studies used fluorescence spectrophotometers to measure the fluorescent emission [4,5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20].

The specimens were monitored by fluorescence spectrophotometers (SPEX TRIAX FLUOROLOG 3, Jobin Yvon – Serial Number: 0135B-3-99). The wavelength was at 400 to 700 nm and the UV rays emitted were calibrated to 390 nm with a slit of 1.0 mm and 0.5 mm to receptor slit.

## Results

The mean and standard deviation of the groups (emission to 450 nm) are presented in Table 4. The Figure 3 is shown the fluorescence of each group.

The analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-hoc tests showed no significant difference between storage times (immediately, 24 hours and 30 days) ( $P>0.05$ ), however the values to 7 days decreases compared with others periods. The means of fluorescence had difference significant to color and light-curing unit used to all period of storage ( $P<0.05$ ); the colors had difference significant between them (shades:  $A_2D<A_2E<TC$ ) ( $P<0.05$ ). The Ultralume Led 5 (G6) and Ultralux (G9) when used the TC shade showed higher than Radii (G3), however to  $A_2E$  shade (G1, G4 and G7) and  $A_2D$  shade (G2, G5 and G8) no difference were found ( $P> 0.05$ ).

Table 4. Mean and standard deviation (SD) of each group

Group	Storage time	Mean	SD
G1	Immediately	49.111	5.761
	24 hours	49.036	7.017
	7 days	44.857	2.625
	30 days	45.046	8.422



---

G2	Immediately	30.350	5.222
	24 hours	32.109	3.894
	7 days	25.156	3.483
	30 days	30.043	2.383
G3	Immediately	89.194	7.545
	24 hours	99.700	8.442
	7 days	81.815	4.938
	30 days	84.282	5.881
G4	Immediately	49.932	11.534
	24 hours	54.236	5.407
	7 days	49.282	5.649
	30 days	53.630	6.639
G5	Immediately	29.132	2.964
	24 hours	25.277	3.380
	7 days	25.117	1.285
	30 days	30.978	2.880
G6	Immediately	104.136	4.031
	24 hours	103.218	11.900
	7 days	94.910	8.800
	30 days	108.931	11.622
G7	Immediately	52.546	1.731
	24 hours	56.279	7.444
	7 days	49.543	3.165

---

	30 days	54.636	6.508
G8	Immediately	30.766	2.527
	24 hours	36.365	3.800
	7 days	28.003	1.377
	30 days	33.533	2.826
G9	Immediately	96.830	9.511
	24 hours	105.962	10.863
	7 days	90.945	8.109
	30 days	98.147	7.795

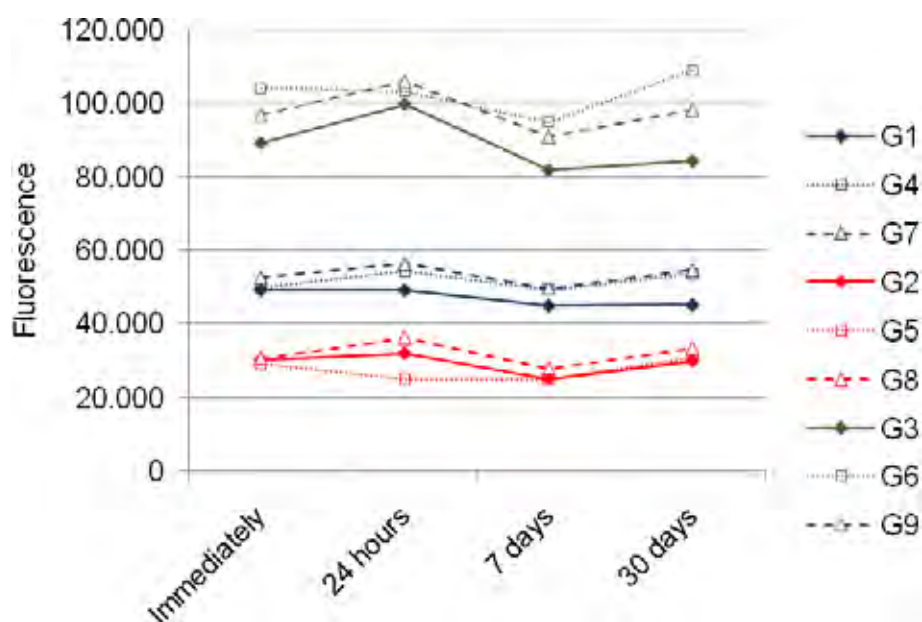
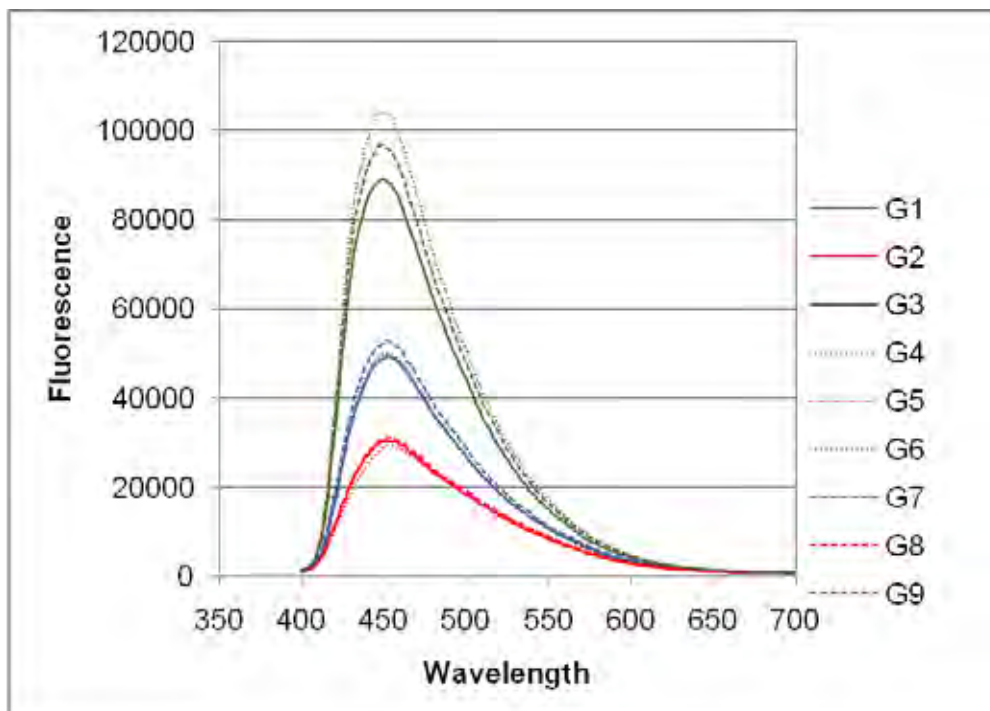
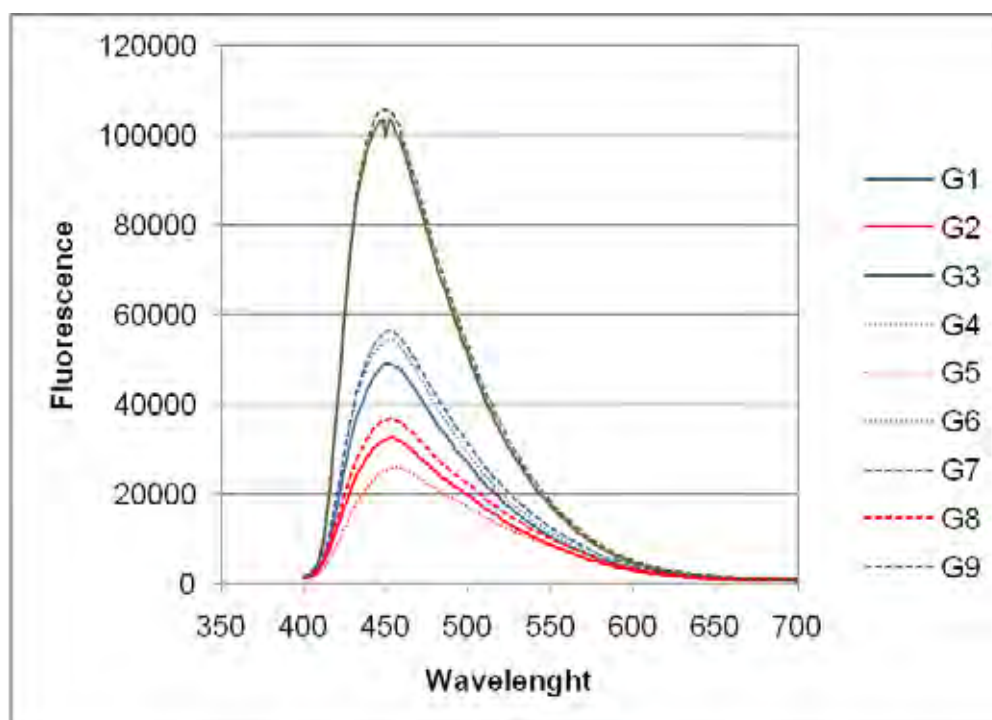


Figure 3. Fluorescence analyzed of each group to storage times.

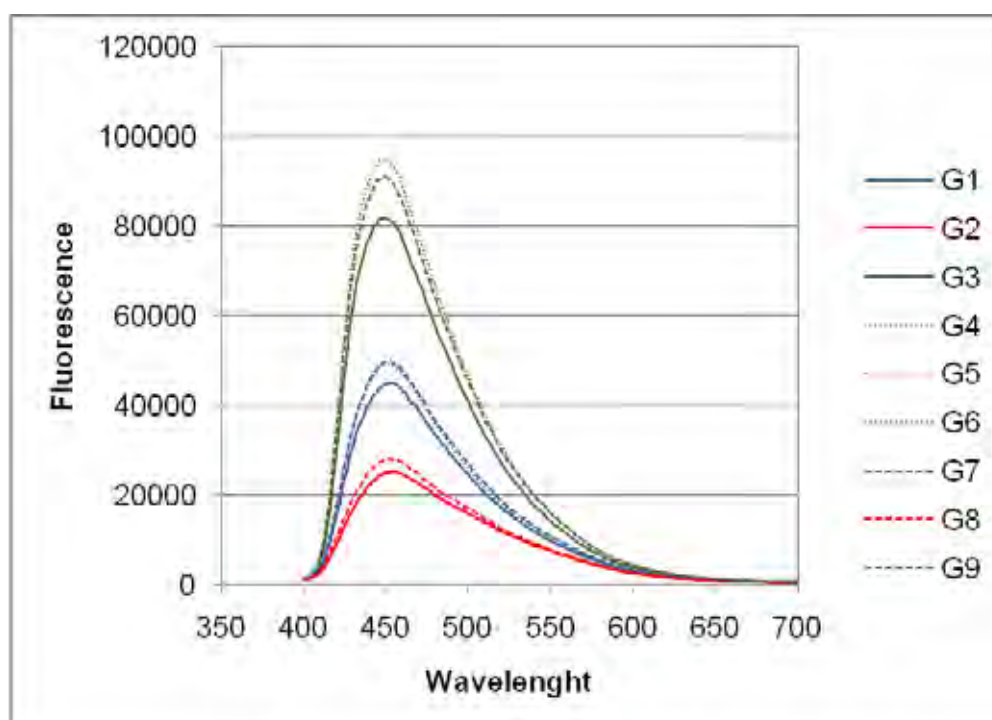
The representative fluorescence spectra of each group in different storage times are shown in Figures 4.



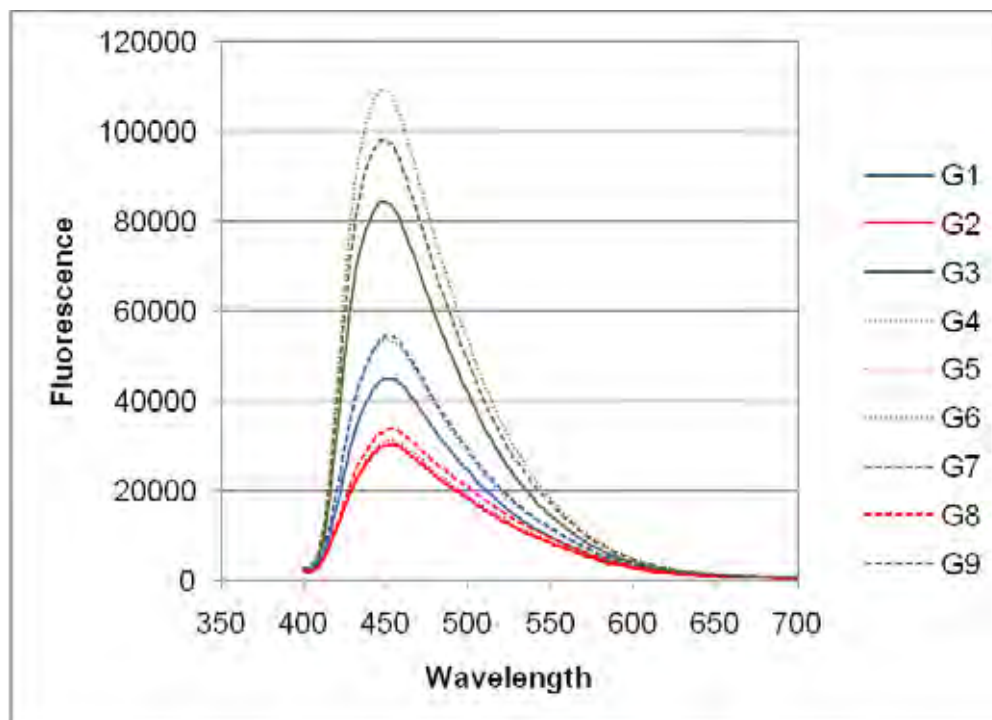
(A) Immediately



(B) 24Hours



(C) 7 Days



(D) 30 Days

Figure 4. Fluorescence spectra of each group to immediately (A), 24 hours (B), 7 days (C) and 30 days (D).

## Discussion

The evaluation of fluorescence of esthetic dental materials has been the goal of some researchers [4,5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20].

Natural teeth emit a strong blue fluorescence under the action of UV light [5]. Fluorescence in a restoration tends to give a bright iridescence effect, and also adds to the vitality of a restoration and minimizes the metameric effect between teeth and restorations [6]. The

fluorescence intensity of restorative materials should be as close as possible to that of human enamel and dentin to ensure an acceptable reproduction of these qualities in esthetic restorations [12].

The fluorescence is clinically significant because esthetic restorations should match color of the natural teeth not only in daylight but also under different light sources [13]. However, the normal ambient light conditions could be minimally perceptible. The fluorescence is important under black light such as in dance clubs, which the fluorescence of a restoration shall have natural appearance [13]. Thus, the implications would be magnified depending on the illumination conditions such as under intense black light [13].

The ideal aesthetic restorative materials should have similar properties of light reflection, scattering and fluorescence found in the natural tooth. If they are absent, the esthetic qualities of the restorations suffer under an UV illumination. Therefore, it is important to select a composite that processes adequate fluorescence [14].

The most important is not the composite resin has a high fluorescence, but rather a fluorescence that is compatible with the natural fluorescence of dentin and enamel.

When analyzing the fluorescence of a composite resin alone, should consider that the bigger the emission, better will be the optical quality of the composite resin, but when compared with the normal

fluorescence of the tooth, it is concluded that both (tooth and restoration) shall emit the same amount of light to bring harmony on optical properties.

Composites with higher fluorescence may be used to mask the darkness of tooth; in this aspect, resin composites with higher fluorescence have a clinical merit [14]. If fluorescent emission of a resin composite is increased, higher masking and brightening effect can be obtained [15].

Spitzer and Ten Bosch [5] reported that all composite resins showed fluorescent peak showed similar peak shapes to that of the fluorescence spectrum of natural enamel, which had the shape of a wide band whose maximum was at 450 nm and slowly decreased to 680 nm; behavior identical to that found in our studies to all experimental groups.

The first null hypothesis was accepted partially because the peak fluorescent emission was similar to any light unit in shades A<sub>2</sub>D and A<sub>2</sub>E, however the shade TC, the means using QTH (Ultralux) and LED (LED Ultralume 5) are equivalent and higher than the other LED (Radii).

The composite materials are not disclosed by the manufacturers, but probably the composite resin has a TC photoinitiator different than that usually used in the composites, the camphorquinone (CQ), because the CQ is a solid yellow compound, which originates a yellowish color for composite resin and to shade TC and highly translucent color; the Radii is a second-generation of LED and has a narrow spectrum of light emission,

coincident with the absorption of light by camphorquinone (Figure 2), probably the TC has another photoinitiator, such as Lucirin, phenylpropanedione-PPD, acylphosphine oxide-PDB bisacylphosphine BAPO-oxide, whereas the mean fluorescence were lower only for the group G3. The others LCUs [QTH and LED Ultralume 5 - (third generation)] have a broad spectrum of light emission that promotes effective absorption of photoinitiators and had higher mean and equivalent compared to G3.

Our results suggest that the fluorescence is related to organic components of composite resin or products formed from the curing process of composite resin by the light unit, and not only the inorganic components as presented in the literature, by the addition of rare earth oxides to the resin composite composition.

Fluorescence peak height and area were influenced by the type of resin matrix (Bis-GMA, UDMA and TEGDMA) [11].

The basic components of dental composites alone do not promote its fluorescence. This property is achieved through the incorporation of luminescent elements such as europium, cerium, and ytterbium (rare earths) [3]; Uo et al. [16] demonstrated that the fusion of rare earth oxides into glass filler particles increased the fluorescent properties of an experimental composite.



The second null hypothesis was rejected because the colors were different significant between them, which the shade showed higher of A<sub>2</sub>D to TC shades; the mean fluorescence of the colors were significantly different, which the A<sub>2</sub>D < A<sub>2</sub>E < TC for all light units used;

A similar result was reported by Takahashi et al. [12], the fluorescence intensities of enamel and the translucent colors of Esthet-X and 4 Seasons were much greater than dentin.

Its can be explained by the composition of composite resin; there are numerous reports on the factors that contribute to the optical properties of resin composites such as matrix and filler composition; the difference between the refractive indices of inorganic particles and the matrix phase; the size of the filler; the range of particle size; and even those pigment additions [17], due to its ability to absorb light. Yu and Lee [17] reported that the differences in color, translucency and fluorescence of investigated flowable and universal resin composites may be due to the differences in composition of matrix, filler and additions.

Dental composite resins are supplied with many shades and the optical properties vary by the shade and brand of materials [13].

Composite to reproduce the dentin, enamel and incisal edge (composite resin effect) have different fluorescent emission as well as in the natural tooth.

In human teeth, dentin exhibits a higher fluorescence intensity than enamel [3,4], because dentin contains more collagen, which contains fluorescence-emitting amino acids such as tryptophan [18], resulting in three times more fluorescence than the enamel [3].

One of the major fluorescent structures of dentine was found to be the dentinal tubules [19].

The increased mineralization of the tissues decreases the fluorescence and therefore the enamel exhibits a low degree of fluorescence when compared to dentin, because it is a highly mineralized tissue, when the dentin is demineralized, increasing its self-fluorescence [3].

According with Hall, Hefferren and Olsen [20], the fluorescence at the gingival area was significantly greater than that at the Incisal area; at the Incisal area the enamel layer would be thicker, and little or no dentin would be excited.

The third null hypothesis was partially accept because the fluorescence was similar for all shades and light units to immediately, 24 hours and 1 month, with a decrease in 7 days, which had statistically significant, it is clinically acceptable, since the values after 30 days return to baseline and after 24 hours. Kildal and Ruyter [21] reported that the opalescence and fluorescence properties of resin materials were influenced by water sorption and/or aging.

## Conclusion

The fluorescence of composite resin - 4 SEASONS ® was influenced by the light unit only for the shade TC.

## References

- [1] Y. Hosoya, T. Shiraishi, M. Oshiro, S. Ando, M. Miyazaki, and F. García-Godoy, *J. Oral Sci.* **51**, 123 (2009).
- [2] A. Joiner, *J. Dent.* **32**, 3 (2004).
- [3] L Vanini. *Pract. Periodontics. Aesthet. Dent.* **8**, 673 (1996).
- [4] H. Matsumoto, S. Kitamura, and T. Araki, *Arch. Oral Biol.* **44**, 309 (1999).
- [5] D. Spitzer, and J.J. Ten-Bosch, *Calcif. Tissue. Res* **20**, 201 (1976).
- [6] E.A. McLaren, *J. Esthet. Dent.* **9**, 3 (1997).
- [7] Y.K. Lee, H. Lu, and J. M. Powers, *Dent. Mater.* **22**, 653 (2006).
- [8] M.C. Bandéca, O. El-Mowafy, E. G. Saade, A. N. S. Rastelli, V. S. Bagnato, and S. T. Porto-Neto, *Laser Phys.* (2009) (in press).
- [9] L.R. Calixto, D.M. Lima, R.S. Queiroz, A.N.S. Rastelli, V.S. Bagnato, and M. F. Andrade. *Laser Phys.* **18**, 1365 (2008).
- [10] R.S. Queiroz, M.C. Bandeca, L.R. Calixto, E.G. Saade, M.R. Nadalin, M.F. Andrade, S.T. Porto-Neto. *Laser Phys.* **19**, 1909 (2009).
- [11] M.Y. Park, Y.K. Lee, B.S. Lim. *Dent. Mater.* **23**,731 (2007).

- [12] M.K. Takahashi, S. Vieira, R.N. Rached, J.B. Almeida, M. Aguiar and E.M. Souza. *Oper. Dent.* **33**,189 (2008).
- [13] Y.K. Lim, and Y.K. Lee, *Dent. Mater.* **23**, 1262 (2007).
- [14] Y.K. Lee, H. Lu, and J.M. Powers, *J. Est. and Rest. Dent.* **17**, 93 (2005).
- [15] Y.K. Lee, H. Lu, and J.M. Powers, *J. of Biomed. Mater. Research - Part B Applied Biomaterials.* **76**, 26 (2006).
- [16] M. Uo, M. Okamoto, F. Watari, K. Tani, M. Morita and A. Shintani. *Dent. Mater. J.* **24**, 49 (2005).
- [17] B. Yu, Y.K. Lee. *J. of Dent.* **36**, 840 (2008).
- [18] P.C. Foreman, *Archs. Oral Biol.* **25**, 641 (1980).
- [19] P.C. Foreman, *Int. Endod. J.* **21**, 251 (1988).
- [20] J.B. Hall, J.J. Hefferren, J.N. Olsen, *J. Dent. Res.* **49**, 1431 (1970).
- [21] K.K. Kildal and I.E. Ruyter. *Eur. J. Oral Sci.* **105**, 353 (1997).

# **Quantitative study of fluorescence of a composite resin according of thickness, shade, light curing source and storage time.**

Authors: R. S. Queiroz<sup>a</sup>, M. C. Bandéca<sup>a,b</sup>, U. Gaião<sup>a</sup>, B. C. I. Ribeiro<sup>a</sup>, J. R. C. Saad<sup>a</sup>, S. T. Porto-Neto<sup>a</sup>

<sup>a</sup> UNESP-University of São Paulo State, Araraquara School of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, 1680 Humaitá St., Araraquara, SP, Brazil, 14.801-903.

<sup>b</sup>University of Toronto, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, University of Toronto, Toronto, ON M5G 1G6.

**\*Corresponding Author:** Address requests for reprints to Dr. Matheus Bandéca, University of São Paulo State, Department of Restorative Dentistry, 1680 Humaitá St., Araraquara, SP, Brazil, 14.801-903. E-mail to [matheus.bandeca@utoronto.ca](mailto:matheus.bandeca@utoronto.ca)

**Abstract**

The aim of this study was to determine the influence of thickness of a composite resin, three light-curing units, storage times and colors of the dental composite resin on the fluorescence. The specimens (diameter  $10.0 \pm 0.1$ mm, thickness  $1.0 \pm 0.1$ mm) were made using a stainless steel mold. The mold was filled with the microhybrid composite resin and a polyethylene film covered each side of the mold. After this, a glass slide was placed on the top of the mold. To standardize the top surface of the specimens a circular weight (1 kg) with an orifice to pass the light tip of the light-curing source was placed on the top surface and photo-activated during 40s. Five specimens were made for each group. The groups were divided into 15 groups following the light-curing sources (two LED's and one QTH) and shades (A<sub>2</sub>E and A<sub>2</sub>D) and thickness (1 and 2 mm) of the composite resin. After photo-activation, the specimens were storage in artificial saliva during the storage times (immediately, 24 hours, 7 days, 30 days) at 37°C and 100% humidity. The analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-hoc tests showed no difference significant between to groups with 1 mm of thickness of A<sub>2</sub>E shade photoactivated with LED or QTHs ( $p < 0.05$ ). The groups with 1 mm of thickness of A<sub>2</sub>D photoactivated with LED or QTHs were significantly different when storage in saliva during 24 hours ( $p > 0.05$ ). The groups with 2 mm of thickness of composite resin (A<sub>2</sub>E or A<sub>2</sub>D or A<sub>2</sub>E and A<sub>2</sub>D) had fluorescence lower than other groups. The increased in thickness of the hybrid composite resin provides a great reduction of the fluorescent emission.

**Key words:** Dental polymers, Fluorescence, Polymerization.

**PACS numbers:**82.35.Jk, 87.64.kv, 82.35.Lr

## 1. Introduction

To enable the reproduction of the esthetic aspects of natural teeth not only color but also texture, opacity and translucency are important characteristics [1]. The knowledge of individual morphology, color (eg, hue, value, and chroma), translucency, opacity, texture, and light transmission is essential to achieve natural results with composite restorations [2].

Color (Shade), translucency, fluorescence and opalescence are optical properties that give natural tooth vital-looking appearance. One of the most important features of fluorescence is the “internal Luminescence” of dentin, which contributes to the vital appearance of the natural tooth [3].

The fluorescence is a photoluminescence phenomenon (peak at  $440\pm 10$  nm), which there is a light emission occurred by exciting rays (high-energy rays) such as Ultra Violet (UV) radiation [4].

Fluorescence is a property of a substance that absorbs light and then spontaneously emits in a longer wavelength within  $10^{-8}$ s of activation [5].

In dentistry, it has been traditionally assumed that fluorescence is the absorption by a substance of ultraviolet (UV) light (black light) and the emission of visible light in the bluish spectrum [6].

The teeth emit a natural strong blue fluorescence under the action of UV-light, which makes teeth whiter and brighter in daylight [7] and the fluorescence in a material tends to give a brightening effect and can be used

to brighten dark teeth without negatively affecting the translucency [6]. Fluorescence adds to the vitality of a restoration and minimizes the metameric effect between the teeth and restoration.

Several commercial resin composites have claimed to have products with fluorescence properties recently that show an increased masking effect [8], to have tooth-like fluorescence, which would favor the masking of restorations and, consequently, the achievement of unnoticed restoration under UV illumination [9].

The fluorescence of tooth and dental materials is dependent on the duration of the UV light exposure that can be happen under natural daylight or artificial light such as fluorescent lamps, photographic flashes, or “dark light” from nightclubs [9].

Restorations should match the color of the natural teeth not only in daylight, but also under different light sources. Fluorescence is important in black light for actors or people participating in social activities in dance clubs or other environments that use black lighting. Under these conditions the fluorescence of a restoration is very important to natural appearance [10].

The fluorescence intensity of restorative materials should be as close as possible to that of human enamel and dentin to ensure an acceptable reproduction of these qualities in esthetic restorations [11]. If fluorescent emission of a resin composite is increased, higher masking and brightening effect can be obtained [8].



When color of a restoration is combined with proper translucency and fluorescence, the restoration could be made to match closely the surrounding tooth structure. Therefore considering the increasing demand for esthetic restorations, dental restorations should reproduce not only the color but also the translucency and fluorescence of natural teeth.

The main objectives of the search are both the final quality of the restoration and the optical properties of the resin, which must be as similar as possible to the natural tooth; the resin composites are applied by replacing layers or increments to mimic the natural anatomy of teeth. The achievement of restoration that is completely integrated into the tooth and that fulfills the functional and cosmetic requirements will depend on the dentist's knowledge of the dental patterns and anatomy, as well as on the restorative materials employed for the reproduction of these structures [12].

Recently the use of resin composites for the restoration of large defects in anterior teeth has been increasing, and layered resin composites with opaque dentin and translucent enamel shades are widely promoted for this purpose. These resin composites are used in direct restorative techniques that use layering to mimic the natural layering of dentin and enamel [13]. Since these composites are used for restoration of large areas, fluorescent properties are important [14].

Light-curing sources provide the cure of dental composite resin by the light transmission, which the main photosensitive component used in the dental composite resin is represented by camphoroquinone that absorbs energy when exposed to the visible light energy in the wavelength between

400 and 500 nanometers (nm) [15]. The Quartz Tungsten Halogen and LED are the most popular light-curing sources.

Quartz Tungsten Halogen (QTH) started the use the long time ago in the dentistry for light-curing. The emission of the visible blue light from QTH displays in the range from 400 to 500 nm, the same wavelength of the camphoroquinone [16].

The LED is a semi-conductor device composed by several layers of semi-conductors doped appropriately that it emits light when tension is applied among the layers with wavelength range from 460 to 488 nm [16].

Studies have shown that LED's have the potential to replace QTH's [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

Photoactivation researches using LED sources are direct to mechanical and physical proprieties of the direct restorative materials, such as hardness [20], surface roughness, flexural strength, resistance wear, degree of conversion, bond strength [21], microleakage [17], degree of conversion [15, 19]; the optical proprieties of the materials photoactivated with LED has been few studied [18].

The aim of this study was to determine the influence of three light-curing sources (QTH and LEDs), storage times (immediately, 24 hours, 7 and 30 days), colors (shades: A<sub>2</sub>E, A<sub>2</sub>D) and thickness of the dental composite resin on the fluorescence. The hypothesis was that the use of QTH and LEDs would not result different fluorescence of the dental composite resin. The different colors would not result different fluorescence of the dental composite

resins. The different storage times would not result different fluorescence of the dental composite resins, and the different thickness would not result different fluorescence of the dental composite resin.

## **2. Materials and Methods**

The specimens (diameter  $10.0 \pm 0.1\text{mm}$ , thickness  $1.0 \pm 0.1\text{mm}$ ) were made using a stainless steel mold. The composite resin was used microhybrid resin composite (4 Seasons<sup>®</sup>, Ivoclar Vivadent - Liechtenstein; composition: Barium glass, ytterbium trifluoride, Ba–Al floursilicate and silicon dioxide – Bath number: A<sub>2</sub>E = K0448 e A<sub>2</sub>D= K00673). The mold was filled with the composite resin and a polyethylene film covered each side of the mold. After this, a glass slide was placed on the top of the mold. To standardize the top surface of the specimens a circular weight (1 kg) with an orifice to pass the light tip of the light-curing source was placed on the top surface.

Samples of the groups G13, G14 and G15 were placed two increments of composite resin with thickness of 1mm at shades A2D and A2E respectively, resulting in a sample with 2 mm of thickness. The light curing occurred after the placement of each increment.

The light-curing sources used in the present study and the measured power densities are described in Table 1. The differences in spectral emission profiles are seen in Figure 1.

Table 1. Characteristics of the Light-curing sources used in this study

Light-curing source	Type of Light	Emission Spectrum	Power density (mW/cm <sup>2</sup> )	Light Tip size (mm)	Manufacturer
Radii	LED	440 to 480 nm	1200	7.5	SDI Inc.
Ultralume LED 5	LED	380 to 510 nm	> 800	10x13	Ultradent Products, Inc
Ultralux	QTH	380 to 510 nm	= 450	8	Dabi Atlante

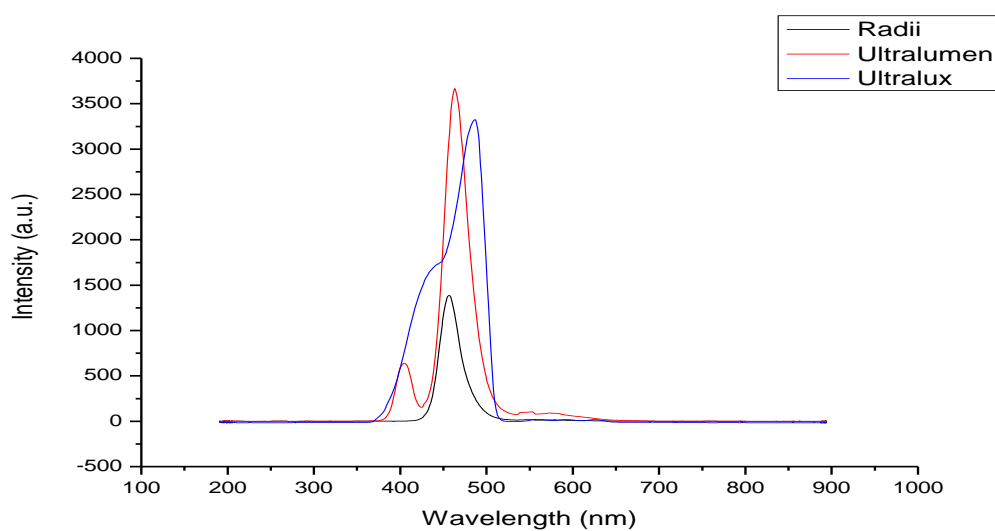


Figure 1. The spectral emissions of the light-curing sources.

The specimens from one side along the whole extension in constant polymerization mode for 40 s. Power densities were checked using Fieldmaster (Sensor LM-3 HTD, Coherent Commercial Products Division, model number FM, set n° WX65, part number 33-0506, USA). The glass slide thickness standardized the distance from the light tip to the composite resin and provided a smooth surface.

Five specimens were made for each group. The groups were divided into 15 groups following the light-curing sources, shades and thickness of the composite resin (table 2).

Table 2. Groups divided following light-curing sources, shades and thickness of dental composite resin

<b>Light curing</b>			
<b>Group</b>	<b>source</b>	<b>Shade</b>	<b>Thickness</b>
G1	Radii	A <sub>2</sub> E	1 mm
G2	Ultralux	A <sub>2</sub> E	1 mm
G3	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E	1 mm
G4	Radii	A <sub>2</sub> D	1 mm
G5	Ultralux	A <sub>2</sub> D	1 mm
G6	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> D	1 mm
G7	Radii	A <sub>2</sub> E	2mm
G8	Ultralux	A <sub>2</sub> E	2mm
G9	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E	2mm
G10	Radii	A <sub>2</sub> D	2mm

G11	Ultralux	A <sub>2</sub> D	2mm
G12	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> D	2mm
G13	Radii	A <sub>2</sub> E/A <sub>2</sub> D	2mm
G14	Ultralux	A <sub>2</sub> E/A <sub>2</sub> D	2mm
G15	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E/A <sub>2</sub> D	2mm

After photo-activation, the specimens were storage in artificial saliva (Table 3) during the storage times proposed to each group at 37°C ±1°C.

The specimens were not submitted to thermocycling process due the researches of Park, Lee and Lim [11] found that thermocycling up to 1000 cycles did not influence the fluorescent emission.

Table 3. Composition of artificial saliva

<b>Composition</b>	<b>Quantity per 1000g</b>
Potassium chloride	0,96g
Sodium chloride	0,67g
Magnesium chloride	0,04g
Potassium phosphate	0,27g
Calcium chloride	0,12g
Methyl Paraben	0,01g
Propyl Paraben	0,1g
Methyl p-hydroxybenzoate	8,0g
Sorbitol	24g
Water	1000ml

The specimens were monitored by a fluorescence spectrophotometers (SPEX TRIAX FLUOROLOG 3, Jobin Yvon – Serial Number: 0135B-3-99). The wavelength was at 400 to 700 nm and the UV rays emitted were calibrated to 390 nm with a slit of 1.0 mm and 0.5 mm to receptor slit.

## Results

The evaluation of the fluorescence of a composite resin was performed according to the light-curing source, the shade of the composite resin, the storage time in saliva and the thickness of the samples for analysis of variance. Analysis of variance was complemented by multiple comparisons of means by Tukey's test. Comparing the initial mean and the final mean of fluorescence of each group separately, by Student's t test with significance level of 5% performed the evaluation of fluorescence between the storage times.

The Figure 2 shown the fluorescence mean of each group.

The mean fluorescence in Figures 4 to 7 initial below 2000 u at wavelength 400nm and increase peaking near 450nm, irrespective of the experimental group and the storage time in saliva. Next, it returns to initial values at 600 nm.

The highest values of mean fluorescence were achieved by three groups of 1mm thickness and shade A<sub>2</sub>E (G1, G2 and G3), all above 80,000 u. The higher scores were the three groups with 1 mm thickness and shade A<sub>2</sub>D (G4, G5 and G6) and mean fluorescence from 23,000 u and 36,000 u.

The peak of fluorescence emission mean was close to 20,000 u for samples with thickness of 2 mm (G7-15).

Detailed study was conducted at a wavelength of 450 nm, which approximates to the peak of fluorescent emission, representing well the behavior of 15 groups. In Table 4 displays the means and standard deviations of fluorescence in the selected wavelength of 450 nm.

Three analyses of variance were used for storage periods.

The mean and standard deviation of the groups (emission to 450 nm) are presented in Table 4.

The first among the groups G1, G2 and G3, the analysis indicated a significant difference between means in three periods, less the 24 hours. The highest mean was G2 and the lowest was G1. The G1 and G3 did not shown a significant different between them by Tukey's test.

The second analysis involved groups G4, G5 and G6. Only 24 hours of storage in saliva was different at storage periods. The G4 and G6 had equivalent mean, which they were significantly higher than G5.

The third analysis of variance were included G7 to G15 (specimens of thickness 2 mm), showing a lower fluorescence than other groups evaluated previously. All periods the analyses were significant and they were complemented by the Tukey's test. The results are shown in Table 4 and were divided into groups of three, in descending order by mean fluorescence, in descending order by mean fluorescence, as follows: a) the three groups (G13, G14 and G15) were analyzed with two shades of composite resins and thickness of 1 mm each; b) the three groups (G7, G8 and G9) with 2 mm of



thickness and shade A<sub>2</sub>E; and c) the three groups (G10, G11 and G12) with 2 mm of thickness and shade A<sub>2</sub>D.

Figure 3 shows the fluorescence means and standard deviation of the groups in the wavelength of 450 nm.

Table 4. Mean and standard deviation (SD) of each group

Groups	Initial		1 Day		7 Days		30 Days	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
G1	89194	7545 e	103700	15207 e	81815	4938 d	84282	5881 e
G2	104136	4031 f	103218	11900 e	94910	8800 e	108931	11622 f
G3	96830	9511 ef	105962	10863 e	90945	8109 de	98147	7795 ef
G4	30350	5222 d	32109	3894 d	25156	3483 c	30043	2383 d
G5	29132	2964 d	25277	3380 c	25117	1285 c	30978	2880 d
G6	30766	2527 d	36365	3800 d	28003	1377 c	33533	2826 d
G13	9248	1325 bc	8562	1352 b	6525	308 b	14270	1746 bc
G14	11459	2536 c	9608	2430 b	7638	678 b	15508	1978 bc
G15	10408	1157 bc	8331	1493 b	6776	640 b	13442	4294 bc
G7	8301	1469 abc	9573	1565 b	7100	565 b	9748	1315 ab
G8	11090	1725 c	8536	522 b	7423	896 b	11908	1971 ab
G9	10587	2113 bc	9514	1632 b	8197	1722 b	18709	7806 c
G10	5911	540 a	5655	881 a	3002	335 a	4771	535 a
G11	7768	1541 ab	5564	1027 a	3145	658 a	6350	844 a
G12	5704	1050 a	5402	367 a	3276	364 a	10797	4271 ab

Means with same letters in column did not significantly different by Tukey's test

\* Significant difference between initial and final mean by Student t test ( $p < 0.05$ )

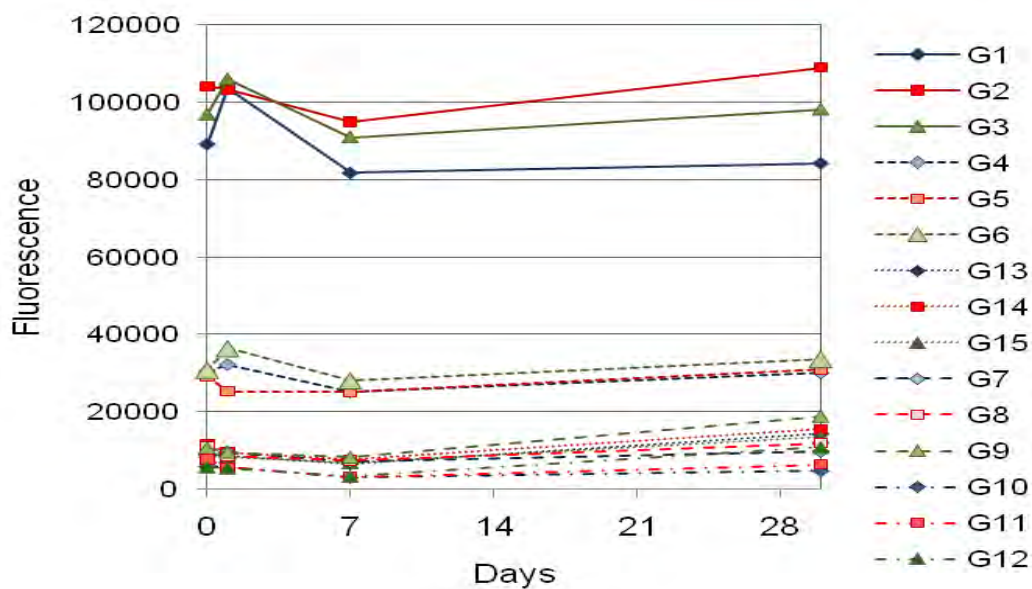


Figure 2. Fluorescence mean of the groups analyzed to storage times.

The representative fluorescence spectra of each group in different storage times are shown in Figures 3-6.

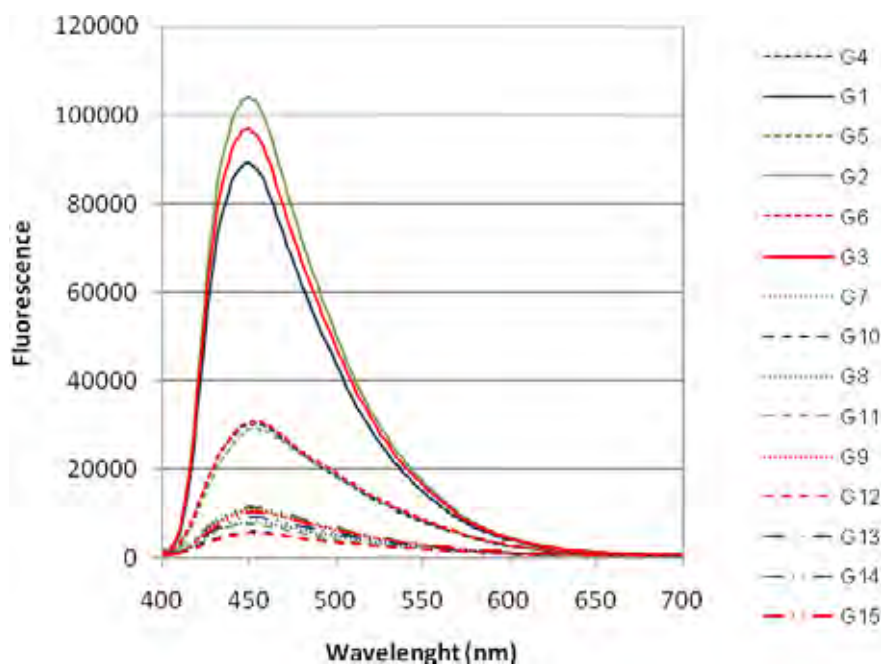


Figure 3 – Initial.

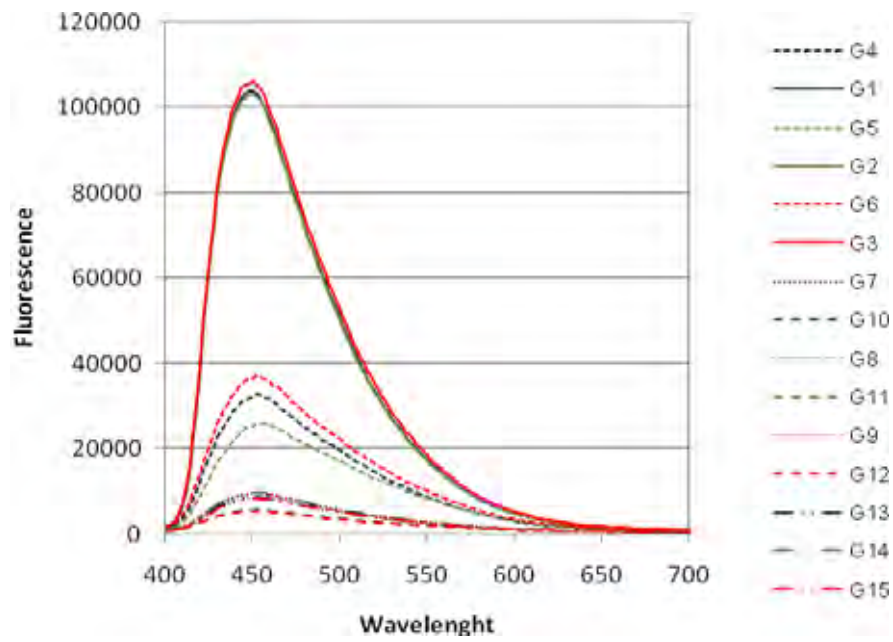


Figure 4 – 24 hours after immersion.

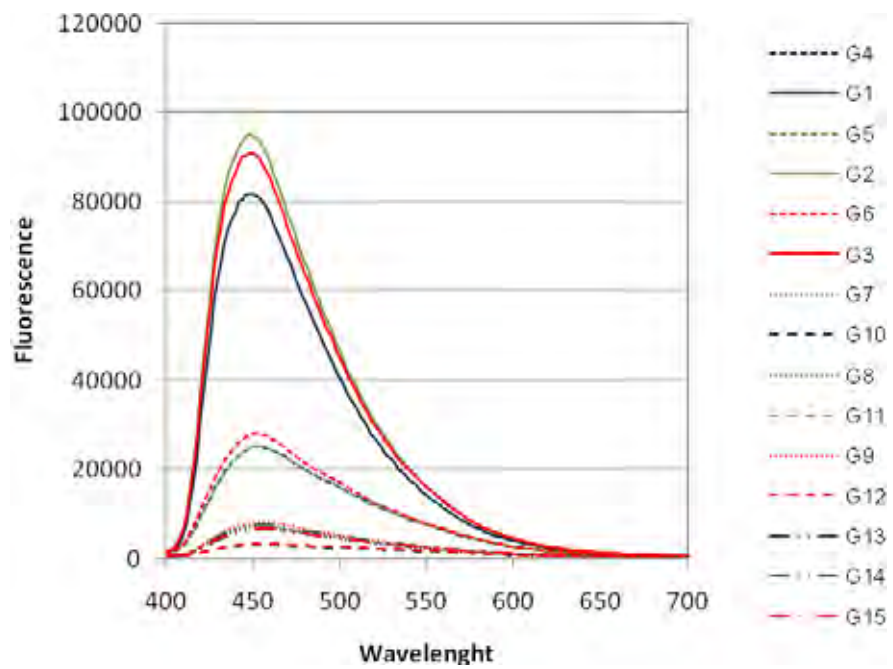


Figure 5 – 7 Days after immersion.

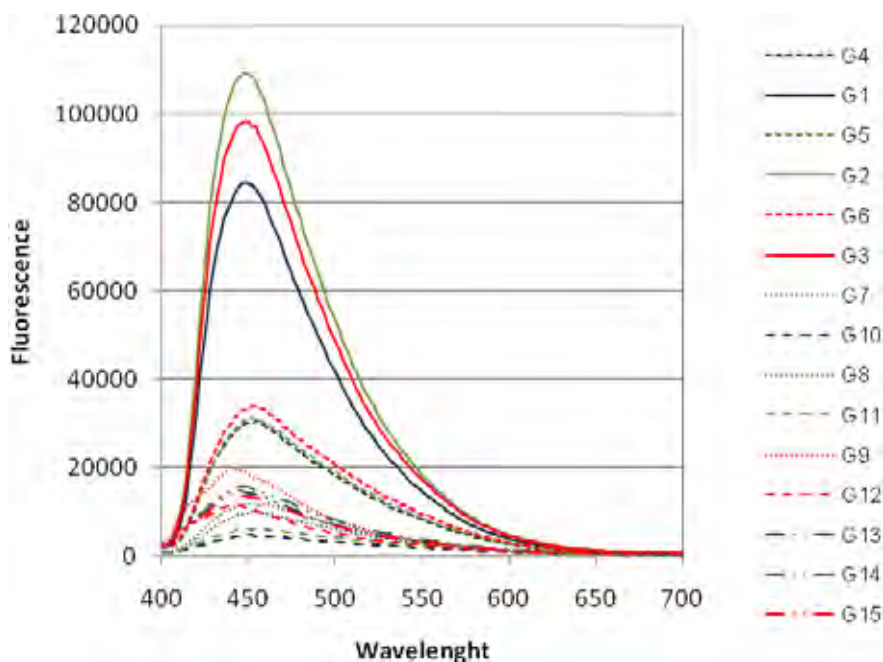


Figura 6 – 30 Days after immersion.

## Discussion

According with Vichi et al [1], to obtain optimal “natural looks”, diverse shades and opacities of a composite have to be employed for one single restoration. Indeed, layering techniques are required to mimic the complex anatomy and optical appearance of natural teeth.

The esthetic outcome is no longer determined by the “basic shade”, but depends on the sophisticated blending of colors and the placement of layers of diverse optical quality. This can, for example be done by employing two layers of composite of different degrees of opacity, one more opaque and able to mimic the optical properties of the dentin, and one less opaque, more close

to the enamel aspect. The degree of opacity of these materials, the thickness of all materials together, as well as the ratio between the thicknesses of the diverse layers, form parameters that may influence the final esthetic result, as much as simply the shade of the composite [1].

To get optimal esthetic results, serious knowledge of the structure of natural dentition and tooth morphology is essential. The color of a tooth can be identified on the basis of its appearance, by hue, saturation and brightness. As a general rule, dentin is very rich in hue and chroma and fluorescent; it is covered by enamel which is transparent, translucent and shows some degree of opalescence [3].

The evaluation of fluorescence of esthetic dental materials has been the goal of some. Previous studies [4, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 19, 22, 23, 24, 25] used fluorescence spectrophotometers to measure the fluorescent emission; they usually used single wavelength for the emission of fluorescence.

Natural teeth emit a strong blue fluorescence under the action of UV light [7]. Fluorescence in a restoration tends to give a bright iridescence effect, and also adds to the vitality of a restoration and minimizes the metameric effect between teeth and restorations [6]. The fluorescence intensity of restorative materials should be as close as possible to that of human enamel and dentin to ensure an acceptable reproduction of these qualities in esthetic restorations [11].

The fluorescence is clinically significant because esthetic restorations should match color of the natural teeth not only in daylight but also under

different light sources [23]. However, the normal ambient light conditions could be minimally perceptible. The fluorescence is important under black light such as in dance clubs, which the fluorescence of a restoration shall have natural appearance [23]. Thus, the implications would be magnified depending on the illumination conditions such as under intense black light [23].

The Ideal aesthetic restorative materials should have similar properties of light reflection, scattering and fluorescence found in the natural tooth [10]. If they are absent, the esthetic qualities of the restorations suffer under an UV illumination conditions (Black light). Therefore, it is important to select a composite that processes adequate fluorescence [14].

The first null hypothesis was accepted because the peak fluorescent emission was similar to any light-curing source. The light-curing source did not influence the emission of fluorescent shades of the composite resin.

In a previous study [18], the light-curing sources (LED and QTH) did not show significant difference to fluorescent emitted by a effect composite resin (4 SEASONS® CT); and the LED (second generation) was lower than LED (third generation) and QTH; the results to the shades A2D and A2E were similar those found in this study.

Spitzer and Ten Bosch [7] reported that all composite resins showed fluorescent peak showed similar peak shapes to that of the fluorescence spectrum of natural enamel, which had the shape of a wide band whose

maximum was at 450 nm and slowly decreased to 680 nm; behavior identical to that found in our studies to all experimental groups.

The second null hypothesis was rejected because the mean fluorescence of the colors were significantly different, which the  $A_{2D} < A_{2E}$  for all light-curing sources used;

A similar result was reported by Takahashi et al. [11], the fluorescence intensities of enamel and the translucent colors of Esthet-X® and 4 Seasons® were much greater than dentin.

Its can be explained by the composition of composite resin; there are numerous reports on the factors that contribute to the optical properties of resin composites such as matrix and filler composition; the difference between the refractive indices of inorganic particles and the matrix phase; the size of the filler; the range of particle size; and even those pigment additions [25], due to its ability to absorb light.

Dental composite resins are supplied with many shades and the optical properties vary by the shade and brand of materials [23].

Composite to reproduce the dentin, enamel and incisal edge (composite resin effect) have different fluorescent emission as well as in the natural tooth. In human teeth, dentin exhibits higher fluorescence intensity than enamel [2, 4].

The third null hypothesis was partially accepted because the fluorescence was similar for all groups immediately, 24 hours and 1 month, with a decrease in 7 days, which had statistically significant, it is clinically acceptable, since

the values after 30 days return to baseline and after 24 hours; the values of only 4 groups after 30 days immersion in artificial saliva remained with the mean fluorescent emission statistically modified. Kildal and Ruyter [26] reported that the opalescence and fluorescence properties of resin materials were influenced by water sorption and/or aging.

The fourth hypothesis was also rejected because the increase in thickness of the composite resin alone or in combination of two shades provided a decrease in fluorescent emission to all shades. Thus, the absorption of light was higher when the thickness was increased of the sample and the emission of fluorescence was reduced.

When two layers of 1 mm of composite resin with different shades were used for the groups G13, G14 and G15 (2 mm), the fluorescent emission was similar fluorescent emission of composite resin (shade A2D) with thickness of 2 mm (G7, G8 and G9). The composite resin (shade A2E) in the thickness of 1 mm (G1, G2 and G3) was the most fluorescent emission:  $(G1=G2=G3) > (G4=G5=G6) > [(G7=G8=G9) = (G13=14=15)] > (G10=G11=G12)$ .

The thickness of each layer plays a significant role in the color [1], and also in fluorescence as observed in our results. For imitation of these widely different characteristics of the two tissues, the use of a multi-layering technique is recommended. Only small restoration might be properly restored with only one single-layer technique [1].

According Vichi et al [1], layer thickness and the proportion of thicknesses of the dentin and translucent shade greatly influence the final



aspect of a multi-layer composite restoration. Good understanding of the optical behavior of each composite system is essential in order to obtain high quality in aesthetic dentistry.

## **Conclusion**

The increased in thickness of the hybrid composite resin provides a great reduction of the fluorescent emission. The LCU did not influence the fluorescence emission of composite resin. The color of composite resin influences the emission fluorescence.

## **References**

1. A. Vichi, A. Fraioli, C. L. Davidson, and M. Ferrari. *Dent. Mater.* **23**, 1584 (2007).
2. L Vanini. *Pract. Periodontics. Aesthet. Dent.* **8**, 673 (1996).
3. S. Duarte Junior, J. Pedigão, and M. Lopes. *Pract. Proced. Aesthet. Dent.* **15**, A (2003).

4. H. Matsumoto, S. Kitamura, and T. Araki, *Arch. Oral Biol.* **44**, 309 (1999).
5. K. Nassau. New York: Elsevier, 10 (1998).
6. E.A. McLaren, *J. Esthet. Dent.* **9**, 3 (1997).
7. D. Spitzer, and J.J. Ten-Bosch, *Calcif. Tissue. Res* **20**, 201 (1976).
8. Y.K. Lee, H. Lu, and J. M. Powers, *Dent Mater.* **22**, 653-660 (2006).
9. R. S. A. dos Reis, L. A. Casemiro, G. V. Carlino, E. C. C. C. Lins, C. Kurachi, V. S. Bagnato, F. C. P. Pires-de-Souza, and H. Panzeri. *J. Esthet. Restor. Dent.* **19**, 199 (2007).
10. H. Panzeri, L. T. Fernandes, C. J. Minelli. *Aust. Dent. J.* **22**, 458 (1977).
11. M.K. Takahashi, S. Vieira, R.N. Rached, J.B. Almeida, M. Aguiar and E.M. Souza. *Oper. Dent.* **33**, 189-195 (2008).
12. L. P. Alves, V. Pilla, D. O. A. Murgo, and E. Munin. *J. Dent.* **38**, 149 (2010).
13. D. Dietschi. *J. Adhes. Dent.* **3**, 71 (2001).
14. Y. K. Lee, H. Lu, and J. M. Powers. *J. Esthet. Restor. Dent.* **17**, 93 (2005).
15. M.C. Bandéca, O. El-Mowafy, E. G. Saade, A. N. S. Rastelli, V. S. Bagnato, and S. T. Porto-Neto, *Laser Phys.* (2009) (in press).
16. L.R. Calixto, D.M. Lima, R.S. Queiroz, A.N.S. Rastelli, V.S. Bagnato, and M. F. Andrade. *Laser Phys.* **18**, 1365 (2008).
17. R.S. Queiroz, M.C. Bandeca, L.R. Calixto, E.G. Saade, M.R. Nadalin, M.F. Andrade, S.T. Porto-Neto. *Laser Phys.* **19**, 1909 (2009).

18. R.S. Queiroz, M.C. Bandeca, U.Gaiao, A. Cuin S.T. Porto-Neto. *Laser Phys.* (2010) (in press).
19. S. X. S. Costa, L. M. Martins, P. A. S. Franciscone, V. S. Bagnato, J. R. C. Saad, A. N. S. Rastelli, and M. F. Andrade. . *Laser Phys.* **19**, 1 (2009).
20. E. G. Saade, M. C. Bandecá, A. N. S. Rastelli, V. S. Bagnato, and S. T. Porto-Neto. *Laser Phys.* **19**, 1276 (2009).
21. V. R. G. Clavijo, M. C. Bandecá, L. R. Calixto, M. R. Nadalin, E. G. Saade, O. B. Oliveira-Junior and M F. Andrade. *Laser Phys.* **19**, 1 (2009).
22. M.Y. Park, Y.K. Lee, B.S. Lim. *Dent. Mater.* **23**,731 (2007).
23. Y. K. Lim, Y. K. Lee. *Dent. Mater.* **23**, 1262 (2007).
24. D. Spitzer, and J.J. Ten-Bosch, *Calcif. Tissue. Res* **20**, 201 (1976).
25. Yu and Lee B. Yu, Y.K. Lee. *J. of Dent.* **36**, 840 (2008).
26. K. K. Kildal and I.E. Ruyter. *Eur. J. Oral Sci.* **105**, 353 (1997).

# **Influence of light curing unit, shade and storage time in the absorbance of a composite resin.**

Authors: R. S. Queiroz<sup>a</sup>, M. C. Bandéca<sup>a,b</sup>, U. Gaião<sup>a</sup>, V. R. G. Clavijo<sup>a</sup>, S. C. S. Pinto, M. F. Andrade<sup>a</sup>, S. T. Porto-Neto<sup>a</sup>

<sup>a</sup>UNESP-University of São Paulo State, Araraquara School of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, 1680 Humaitá St., Araraquara, SP, Brazil, 14.801-903.

<sup>b</sup>University of Toronto, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, University of Toronto, Toronto, ON M5G 1G6.

**\*Corresponding Author:** Address requests for reprints to Dr. Matheus Bandéca, University of São Paulo State, Department of Restorative Dentistry, Post Research Group, 1680 Humaitá St., Araraquara, SP, Brazil, 14.801-903.

E-mail to [matheus.bandeca@utoronto.ca](mailto:matheus.bandeca@utoronto.ca)

## 1. Introduction

The main objective of restorative materials is to provide the possibility to recover the lost tooth structure, mimicking the restoration to the tooth, so the restorative materials must have physical properties equal to tooth structure.

The esthetic success of tooth-colored restorative dental materials is influenced by several factors: optical properties such as color and its elements of hue, value, and chroma; translucency and opacity; light transmission and scattering; metamerism and fluorescence, surface roughness, gloss and restoration size [1].

Thus, the Ideal aesthetic restorative materials should have similar properties of light reflection, scattering and fluorescence found in the natural tooth [2]. Simulating the optical properties of natural tooth would be the final goal for esthetic restorative materials [3].

Massotti et al [4] observers that to obtain an esthetic restoration, it is important for the composite resin to be supplied with different matrixes, shades and values in order to associate different colors and thus faithfully reproduce the esthetic characteristics of the tooth.

The main objectives of the search are both the final quality of the restoration and the optical properties of the resin, which must be as similar as possible to the natural tooth; the resin composites are applied by replacing layers or increments to mimic the natural anatomy of teeth. The achievement of restoration that is completely integrated into the tooth and that fulfills the

functional and cosmetic requirements will depend on the dentist's knowledge of the dental patterns and anatomy, as well as on the restorative materials employed for the reproduction of these structures [5].

Knowledge of the optical properties of tooth and an understanding of the origin of these properties are necessary for the development of biomimetic esthetic restorative materials [3].

When light encounters translucent substances such as tooth and esthetic restorative material, four phenomena associated with the interaction of the substance with the light flux can be described: (1) specular transmission of the light flux, (2) specular light reflection at the surface, (3) diffuse light reflection at the surface, and (4) absorption and scattering of the light within the substance [6].

Optical scattering has been studied because of its important effects on the color and translucency of a material [7].

Since resin composite was introduced in the clinical practice, many efforts have been made to improve the clinical behavior of this esthetic restorative material. One of the most important steps in this field was the introduction of visible light-cured resin composites [8].

Light curing units (LCUs) provide the cure of composite resin by the light transmission, which the photosensitive component, most of the time, is represented by camphoroquinone that absorbs energy when exposed to the visible light energy in the wavelength between 400 and 500 nm with a maximum absorption peak of 468 nm [9].

In dentistry, an increasing number of different light sources have been used. The most commonly used technique to provide the polymerization of dental composite resins is a halogen bulb-based light-curing unit [10].

Quartz Tungsten Halogen (QTH) started the use the long time ago in the dentistry for light-curing. The emission of the visible blue light from QTH displays in the range from 400 to 500 nm, the same wavelength of the camphoroquinone [11].

Currently, LED technology may be an alternative to QTH; The LED is a semi-conductor device composed by several layers of semi-conductors doped appropriately that it emits light when tension is applied among the layers with wavelength range from 460 to 488 nm [11].

Studies have shown that LED`s have the potential to replace QTH LCU`s [9, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Photoactivation researches using LED compared to QTH units have been direct to mechanical and physical proprieties of the direct restorative materials, such as hardness [12], surface roughness, bond strength [13], Curing Depth [11], degree of conversion [9, 14], microleakage [15]; the optical proprieties of the materials photoactivated with LED has been few studied [16].

The aim of this study was to determine the influence of three light-curing units (QTH and LEDs), storage times (immediately, 24 hours, 7 and 30 days) and colors (shades: A<sub>2</sub>E, A<sub>2</sub>D and TC) on the absorbance of a composite resin. The hypothesis was that the use of QTH and LEDs would

not result different absorbance of the dental composite resin. The different colors would not result different absorbance of the dental composite resins. The different storage times would not result different absorbance of the dental composite resins.



## 2. Materials and Methods

The specimens (diameter  $10.0 \pm 0.1\text{mm}$ , thickness  $1.0 \pm 0.1\text{mm}$ ) were made using a stainless steel mold. The composite resin was used microhybrid resin composite (4 Seasons<sup>®</sup>, Ivoclar Vivadent - Liechtenstein; composition: Barium glass, ytterbium trifluoride, Ba–Al floursilicate and silicon dioxide – Bath number: A<sub>2</sub>E = K0448 e A<sub>2</sub>D= K00673). The mold was filled with the composite resin and a polyethylene film covered each side of the mold. After this, a glass slide was placed on the top of the mold. To standardize the top surface of the specimens a circular weight (1 kg) with an orifice to pass the light tip of the LCU was placed on the top surface.

The light-curing units (LCUs) used in the present study and the measured power densities are described in Table 1. The differences in spectral emission profiles are seen in Figure 1.

Table 1. Characteristics of the Light-curing units used in this study

LUCs	Type of Light	Emission Spectrum	Power density (mW/cm <sup>2</sup> )	Light Tip size (mm)	Manufacturer
Radii	LED	440 to 480 nm	1200	7.5	SDI Inc.
Ultralume LED 5	LED	380 to 510 nm	> 800	10x13	UltradentProducts, Inc
Ultralux	QTH	380 to 510 nm	= 450	8	Dabi Atlante

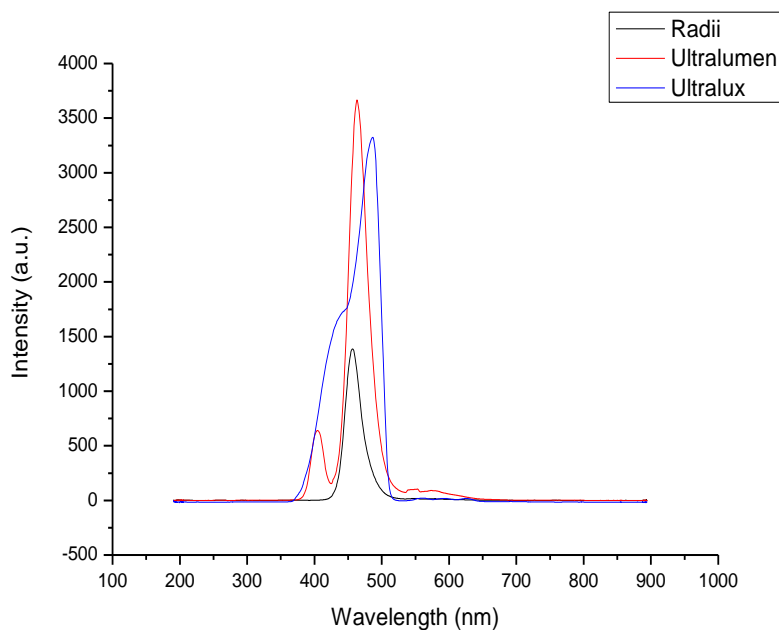


Figure 1. The spectral emissions of the LCUs.

The specimens from one side along the whole extension in constant polymerization mode for 40 s. Power densities were checked using Fieldmaster (Sensor LM-3 HTD, Coherent Commercial Products Division, model number FM, set n° WX65, part number 33-0506, USA). The glass slide thickness standardized the distance from the light tip to the composite resin and provided a smooth surface.

Five specimens were made for each group. The groups were divided into 9 groups following the LCUs and colors of the composite resin (table 2).

Table 2. Groups divided following LCUs and shades of dental composite resin

<b>Group</b>	<b>LCU</b>	<b>Shade</b>
G1	Radii	A <sub>2</sub> E
G2	Radii	A <sub>2</sub> D
G3	Radii	TC
G4	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E
G5	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> D
G6	Ultralume LED 5	TC
G7	Ultralux	A <sub>2</sub> E
G8	Ultralux	A <sub>2</sub> D
G9	Ultralux	TC

The specimens were monitored by a spectrophotometer (Diode Array Spectrophotometer, HP – Serial Number: 8452-A), according to the time of evaluating (initial, before storage in artificial saliva, 1 day, 7 days e 30 days after storage in artificial saliva at 37°C ±1°C), obtaining the values of total transmittance.

Table 3. Composition of artificial saliva

<b>Composition</b>	<b>Quantity per 1000g</b>
Potassium chloride	0,96g
Sodium chloride	0,67g
Magnesium chloride	0,04g
Potassium phosphate	0,27g
Calcium chloride	0,12g
Methyl Paraben	0,01g
Propyl Paraben	0,1g
Methyl p-hydroxybenzoate	8,0g
Sorbitol	24g
Water	1000ml

Analysis of the results was made from the spectral curves of transmission. The absorbance data were obtained by applying the Beer-Lambert Law [17].

## Results

The evaluation of the absorbance of a composite resin was applied according to the LCU, shade and storage time in saliva for analysis of variance and linear regression. The ANOVA was complemented by multiple comparisons of means by Tukey test.

Figures 2 to 5 are represented the mean absorbance of five samples of each group obtained in the range of wavelengths from 400nm to 700nm, respectively to the storage time in saliva from 0 (initial), 1, 7 and 30 days.

The figures show the mean absorbance that depends mainly on the shade of the composite resin, regardless of the wavelength. The absorbance from wavelength 450 nm decreases linearly.

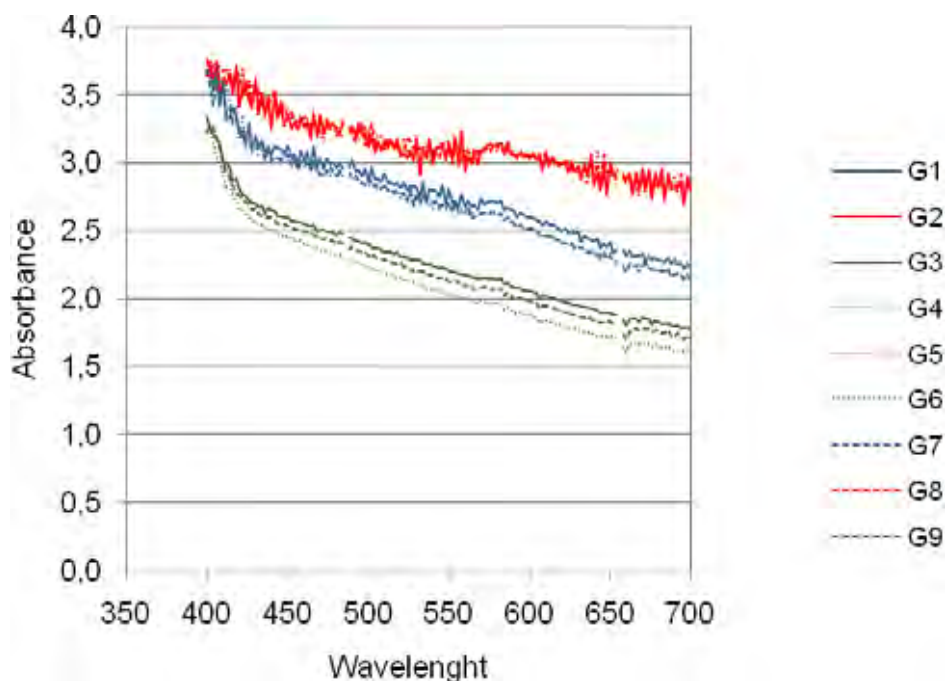


Figure 2. Mean absorbance before immersion in saliva.

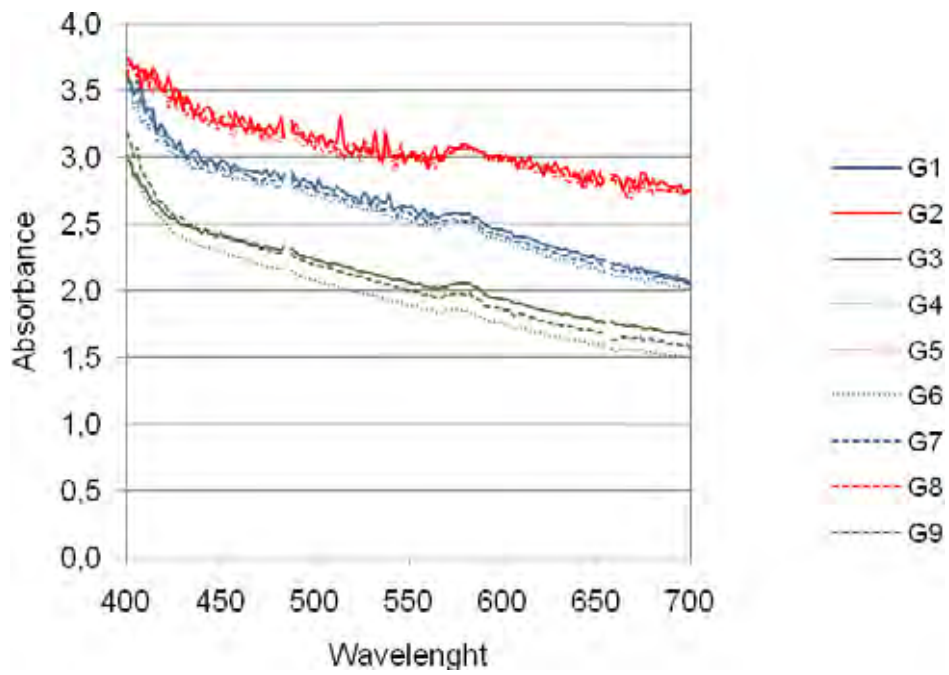


Figure 3. Mean absorbance after 1 day of storage in saliva.

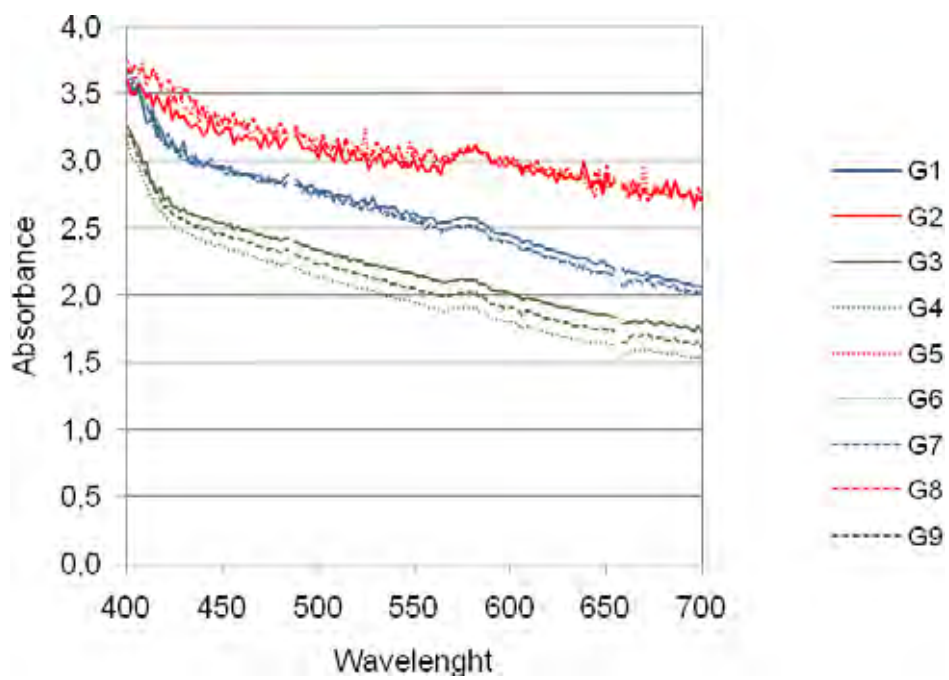


Figure 4. Mean absorbance after 7 days of storage in saliva.

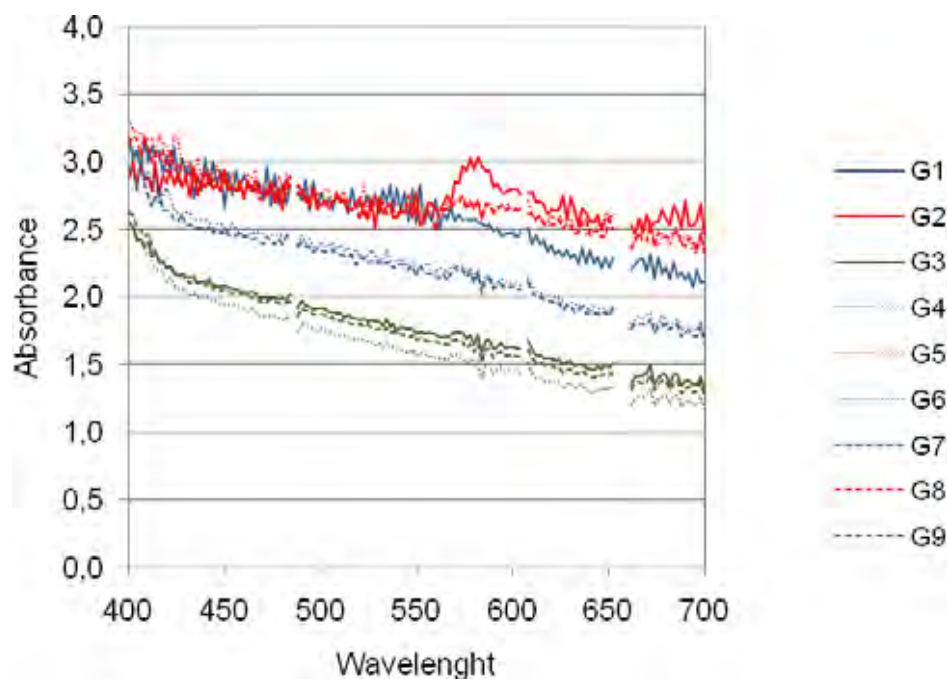


Figure 5. Mean absorbance after 30 days of storage in saliva.

A study of the absorbance at a wavelength of 450nm was performed with the mean absorbance depending on the storage times shown in Figure 6.

The mean and standard deviation (SD) are presented in Table 4.

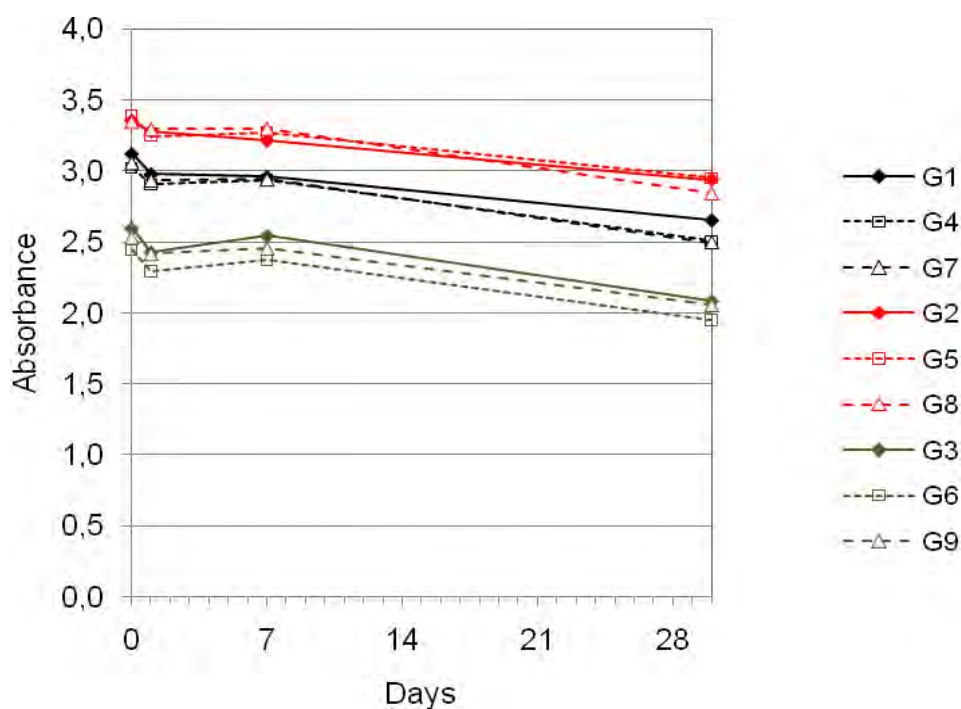


Figure 6. Mean absorbance at wavelength 450 nm according of storage time.

Table 4. Means and standard deviations (SD) of absorbance at a wavelength of 450 nm

Group	LCU	Shade		Storage time (days)			
				0	1	7	30
G <sub>1</sub>	Ratii	A <sub>2</sub> E	Mean	3,12	2,98	2,96	2,65
			SD	0,10	0,07	0,12	0,13
G <sub>2</sub>		A <sub>2</sub> D	Mean	3,35	3,28	3,21	2,94
			SD	0,08	0,09	0,17	0,29
G <sub>3</sub>		TC	Mean	2,60	2,43	2,54	2,09
			SD	0,07	0,14	0,07	0,17
G <sub>4</sub>	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E	Mean	3,02	2,90	2,94	2,51
			SD	0,04	0,08	0,02	0,09
G <sub>5</sub>		A <sub>2</sub> D	Mean	3,39	3,24	3,27	2,95
			SD	0,14	0,05	0,07	0,12
G <sub>6</sub>		TC	Mean	2,44	2,29	2,38	1,95
			SD	0,10	0,08	0,07	0,06
G <sub>7</sub>	Ultralux	A <sub>2</sub> E	Mean	3,06	2,93	2,94	2,49
			SD	0,06	0,02	0,04	0,11
G <sub>8</sub>		A <sub>2</sub> D	Mean	3,35	3,29	3,30	2,84
			SD	0,09	0,05	0,11	0,12
G <sub>9</sub>		TC	Mean	2,53	2,42	2,46	2,05
			SD	0,09	0,06	0,09	0,06

An analysis of variance of three factors (light curing unit, shade and storage time) with significance level of 5% indicated only significant effect of main factors and no significant effect of their interactions as shown in Table 5.



Table 5. Summary of analysis of variance with repeated measures to evaluate the effects of the factors in a study on the absorbance at wavelength 450 nm

Effect	Degrees of freedom	Quadratic mean	F	p
LCU	2	0,078	4,40	0,019 *
Shade	2	11,136	626,12	<0,001 *
LCU*Shade	4	0,040	2,23	0,085
Residual (a)	36	0,018		
Storage time	3	2,063	235,76	<0,001 *
Storage time*LCU	6	0,007	0,83	0,553
Storage time*Shade	6	0,009	1,00	0,432
Storage time *LCU*Shade	12	0,005	0,57	0,862
Residual (b)	108	0,009		

\* Significant at 5%

The Tukey test applied to the significance level of 5% provided in mean absorbance for each factor the following relationships (Table 6):

a) Mean LCU (regardless of shade and storage time):

Ultra lume LED 5 < Raddi, Ultra lume LED 5 = Ultralux e Raddi = Ultralux

b) Mean shade (regardless of LCU and storage time): TC < A<sub>2</sub>E < A<sub>2</sub>D

c) Mean of storage time (regardless of LCU and shade): 30 < (7 = 1) < 0 in days

Table 6. P values of Tukey test for multiple comparisons of means of main effects

LCU	LCU	Radii	Ulume	Ulux	Mean	
Radii			0,015	0,234	2,85	
Ulume		0,015		0,406	2,77	
Ulux		0,234	0,406		2,81	
Shade	Shade	A <sub>2</sub> E	A <sub>2</sub> D	TC	Mean	
A <sub>2</sub> E			<0,001	<0,001	2,88	
A <sub>2</sub> D		<0,001		<0,001	3,20	
TC		<0,001	<0,001		2,35	
Storage time (days)	Storage time	0	1	7	30	Mean
0			<0,001	<0,001	<0,001	2,98
1		<0,001		0,590	<0,001	2,86
7		<0,001	0,590		<0,001	2,89
30		<0,001	<0,001	<0,001		2,50

## Discussion

According Vichi et al [18], to obtain optimal “natural looks”, diverse shades and opacities of a composite have to be employed for one single restoration. Indeed, layering techniques are required to mimic the complex anatomy and optical appearance of natural teeth.

The transmittance displayed by the composite resin is responsible for the sensation of depth of the restoration, providing a mimicry between the tooth structure and restoration, but the absorbance of the composite resin becomes clinically important in restoration of class III and IV, which it need to prevent the transmission of light through of the restoration with the objective of minimizing the negative effect of the blackened background of the mouth, resulting in a restoration gray, losing quality of the restoration.

In 'through and through' class III and IV restorations or in the presence of discolored tooth structures, the harmonization of restoration color with the natural tooth system is made even more difficult by the transmission of background color [19].

Translucency and its opposites (opacity or contrast ratio) are terms used to describe the relative degree to which material permit (or prevent) any underlying color from affecting the appearance of a colorant layer [20]. Para Vichi et al [21], opacity would be considered clinically and visually as the inverse of translucency;

Translucency and opacity have been viewed as vital properties of composite resins since they are an indication of the quality and quantity of light reflection [22].

The presence of different degrees of translucency in composite resins is a determining factor in the quality of esthetic reproduction of lost portions of teeth [4].

Knowledge of the optical properties of tooth and an understanding of the origin of these properties are necessary for the development of biomimetic esthetic restorative materials. Final goals for the optical properties of esthetic restorative materials should be the imitation of those of teeth [3].

When light passes through a translucent substance such as tooth or esthetic material, it undergoes absorption as well as scattering. Light is scattered at inclusions in a material, and absorption attenuates the light beam [23].

The degree of opacity of these materials, the thickness of all materials together, as well as the ratio between the thicknesses of the diverse layers, form parameters that may influence the final esthetic result, as much as simply the shade of the composite [18].

The study of Santos et al [24] showed that, at wavelengths between 400 and 700 nm, the light absorption coefficient of the composite resin decreases as the wavelength increases. For this study, the absorbance of composite resins in all interactions of LCU and shade showed a similar behavior to the wavelength, the absorbance decreases as the increases the wavelength for all storage times. In addition, the authors showed that the light absorption coefficient decreases upon curing.

The contrast ratio (CR) values of tooth enamel and dentin at each wavelength show a similar trend to that of dental restorative materials; they decrease as wavelength increases, which means translucency increases as wavelength increases [25].

The opacity of the composite increases as the refractive index difference between the filler and the resin matrix increases, and depends on the sizes of filler particle [26].

The translucency of materials can be affected by the wavelength of the light. A decrease in transmittance at short wavelengths observed in the spectral distributions would be caused by a higher scattering of light in the material [26]; The authors suggests that the translucency of the composite could be improved with addition of superior nanofiller particles and the reduction of the microfiller content.

The translucency of a material is a function of wavelength as the value of translucency increased with increasing incident wavelength [20]. As for the resin composites in the study of Yu and Lee [28], the CR values also decreased as the wavelength increased, which means translucency increases as the wavelength increases. Those changes of translucency might be due to the changes in absorption and scattering abilities of the resin composites at different wavelengths

The first null hypothesis was accepted because the absorbance was similar to any light curing units. The LCU did not influence the absorbance of the color of the resin. Groups G1, G4 and G7, shade A2E that were light with the LED Radium showed similar absorbance according of wavelength; similarly, the behavior of groups G2, G5 and G8 (A<sub>2</sub>D- Ultralume Led 5) and groups G3, G6 and G9 (TC - Ultralux) were similar and did not influence by LCU.

However, in previous studies Queiroz et al [16] observed that the LED of second generation influenced negatively the emission of fluorescent composite resin, especially in incisal shade whose photoinitiator was not camphorquinone.

In another study, the increase in thickness of the sample had a negative influence on the fluorescent emission due to higher absorbance samples submitted by the thicker and the LCU's did not influence the results which were confirmed in this study. The absorbance of the same shade used by others authors; the same thickness was not influenced by LCU.

The second null hypothesis was rejected because the mean absorbance of the colors were significantly different, which the  $TC < A_2E < A_2D$  for all light units used, in all storage times, as observed in Figure 6.

It can be explained by the composition of composite resin; there are numerous reports on the factors that contribute to the optical properties of resin composites such as matrix and filler composition; the difference between the refractive indices of inorganic particles and the matrix phase; the size of the filler; the range of particle size; and even those pigment additions [29], due to its ability to absorb light. The composition of the composite resins influenced the direct transmittance of the material. The transmittances of composite resins are directly related to the type, size and amount of inorganic filler particles [30].

The translucency of composite resins has been shown to depend on the filler particle size and filler content, however, the findings of study of Azzopard et al [31] indicate that the amount of BisGMA used in the resin mixture could be another factor contributing to translucency of the composite materials and can be an alternative way of adjusting the translucency of esthetic composites.

Differences in the changes of optical properties due to variations in filler such as type of filler, its amount, and its particle size with the same matrix, would provide information on the difference in optical properties caused by filler [32]. The incorporation of small filler particles significantly reduces the light transmittance through composite resins [33].

According Sampath e Ramachandra [34], the Inclusion of glass-fibers into composite resin reduces the amount of light transmittance through the structure. Transmittance is always higher for the longer wavelengths.

While making a restoration, it should be noted the different optical properties of teeth, thus the restorative materials should also provide optical properties distinct from each other and as near as possible to the tooth structure lost.

The results of this study are consistent with this situation; because the shade of the same composite resin used to restore the enamel and dentin (A<sub>2</sub>D and A<sub>2</sub>E) have distinct absorbance, because the composition is different. However it has partially disagreed with Massoti et al [4], which report that the composition of the composite resin influenced the direct transmittance of the material, and the direct transmittance is not directly related with the composite resin shade.

According Yu et al 2009 [25], enamel-shade and opaque-shade composite resins developed to simulate the optical properties of tooth enamel and dentin in layering techniques.

The third null hypothesis was partially accept because the absorbance, independent of the LCU used and shade showed different with time of evaluation:  $30 < (7 = 1) < \text{Initial}$ . This result can be correlated to the solubility; the trifluoride compounds with ytterbium are soluble in water, affecting the optical properties.

According to Lee et al [35], the optical properties of composite resin can be influenced by changes occurring on its surface. Translucency parameters are changed after immersion in water at 37 ° C for 24 hours, with the increase of surface energy. The composites absorb water at the interface matrix-load and cause hydrolytic degradation, changing the pattern of diffusion of light. Additionally, various composite materials have different levels of water sorption depending on the type of monomer they are made from.

## Conclusion

Despite the limitations of this research, the different LCU's did not influence the absorbance of the composite resin, which had the absorbance change over storage time and between different shades.

## References

1. A. Joiner. J. Dent. **32**, 3 (2004).
2. Y. K. Lee, H. Lu, and J.M. Powers, J. Est. and Rest. Dent. **17**, 93 (2005)
3. Y. K. Lim, Y. K. Lee, B. S. Lim, S. H. Rhee, and H. C. Yang. Dent. Mater. **24**, 67 (2008).
4. A.S. Masotti, A. B. Onófrío, E. N. Conceição, and A. M. Spohr. Dent. Mater. **23**, 724 (2007).
5. L. P. Alves, V. Pilla, D. O. A. Murgó, and E. Munin. J. Dent. **38**, 149 (2010).
6. J. C. Ragain Jr, and W. M. Johnston. J. Dent. Res. **80**. 449 (2001).
7. Y. K. Lee. Dent Mater. **23**, 124 (2007).



8. E. C. Dart, J. B. Cantwell, J. R. Traynor, J. F. Jaworzyn, and J. Nemeck. US patent 4089763; 1976
9. M.C. Bandéca, O. El-Mowafy, E. G. Saade, A. N. S. Rastelli, V. S. Bagnato, and S. T. Porto-Neto, *Laser Phys.* **19**, 1050 (2009).
10. M. A. Vargas, D. S. Cobb, and T. Rundle, *Oper. Dent.* **23**, 87 (1998)
11. L.R. Calixto, D.M. Lima, R.S. Queiroz, A.N.S. Rastelli, V.S. Bagnato, and M. F. Andrade. *Laser Phys.* **18**, 1365 (2008).
12. E. G. Saade, M. C. Bandecá, A. N. S. Rastelli, V. S. Bagnato, and S. T. Porto-Neto. *Laser Phys.* **19**, 1276 (2009).
13. V. R. G. Clavijo, M. C. Bandecá, L. R. Calixto, M. R. Nadalin, E. G. Saade, O. B. Oliveira-Junior and M F. Andrade. *Laser Phys.* **19**, 1 (2009).
14. S. X. S. Costa, L. M. Martins, P. A. S. Franciscone, V. S. Bagnato, J. R. C. Saad, A. N. S. Rastelli, and M. F. Andrade. . *Laser Phys.* **19**, 1 (2009).
15. R.S. Queiroz, M.C. Bandeca, L.R. Calixto, E.G. Saade, M.R. Nadalin, M.F. Andrade, S.T. Porto-Neto. *Laser Phys.* **19**, 1909 (2009).
16. R. S. Queiroz, M.C. Bandeca, L.R. Calixto, U. Gaião, A. Cuin, S.T. Porto-Neto. *Laser Phys.* (2010) (in press).
17. F. A. Jenkins and H. E. White. *Fundamentals of optics*. 4th,ed. Auckland: McGraw-Hill; 1981
18. A. Vichi, A. Fraioli, C. L. Davidson, and M. Ferrari. *Dent. Mater.* **23**, 1584 (2007).
19. S. J. Kim, H. H. Son, B. H. Cho, I. B. Lee, and C. M. Um. *J. of Dent.* **37** 102 (2009).

20. W. M. Johnston, T. Ma, and B. H. Kienle. *Int J Prosthodont.* **8**, 79 (1995).
21. A. Vichi, M. Ferrari, and C. L. Davidson. *J. Dent. Mater.* **20**, 530 (2004).
22. R. Winter. *J. Esthet. Dent.* **5**, 102 (1993).
23. R. Grajower, W. T. Wozniak, and J. M. Lindsay. *J. Oral Rehabil.* **9**, 389 (1982).
24. G. B. dos Santos, R. V. Monte Alto, H. R. Sampaio Filho, E. M. da Silva, and C. E. Fellows. *Dent. Mater.* **24**, 571 (2008).
25. B. Yu, J. S. Ahn, and Y. K. Lee. *Act. Odont. Scand.* **67**, 57 (2009).
26. J. J. Kim, H. J. Moon, B. S. Lim, Y. K. Lee, S. H. Rhee, and H. C. Yang. *J. Biomed. Mater. Res. Pt. B. Appl. Biomater.* **80**, 332 (2007).
27. S. B. Mitra, D. Wu, and B. N. Holmes. *J. Am. Dent. Assoc.* **134**, 1383 (2003).
28. B. Yu and Y. K. Lee. *Dent. Mater.* **24**, 1236 (2008).
29. B. Yu and Y. K. Lee. *J. of Dent.* **36**, 840 (2008).
30. R. S. Queiroz, J. P. M. Lima, D. A. M. P. Malta, A. N. S. Rastelli, A. Cuin, and S. T. Porto-Neto. *Mater. Res.* **12**, 127 (2009).
31. N. Azzopardi, K. Moharamzadeh, D. Wood, N. Martin, R. Van Noort. *Dent. Mater.* **25**, 1564 (2009).
32. Y. K. Lee, B. S. Lim, S. H. Rhee, H. C. Yang, and Y. K. Lim. *J. Biomed. Mater. Res. Pt. B. Appl. Biomater.* **80**, 131 (2007).
33. H. Arikawa, T. Kanie, K. Fujii, H. Takahashi, and S. Ban. *Dent. Mater. J.* **26**, 38 (2007).
34. S. Sampath, and G. S. Ramachandra. *Dent. Mater.* **24**, 34 (2008).

35. Y. K. Lee, S. H. Kim, and J. M. Powers. *J. Esthet. Rest. Dent.* **17**, 293 (2005).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de uma restauração completamente integrada ao dente e que cumpra os requisitos funcionais e estéticos vai depender do conhecimento do comportamento óptico dos tecidos dentários e dos materiais restauradores utilizados para a reprodução destas estruturas, bem como da habilidade profissional<sup>1</sup>. Os dentes naturais e os materiais restauradores se comportam de diferentes maneiras frente a uma mudança de iluminação, já que cada um tem suas próprias propriedades ópticas. Sendo, dessa forma, necessário conhecer o comportamento dos dentes naturais e dos materiais restauradores a diferentes fontes de luz.

O conhecimento da morfologia individual, cor, translucidez, opacidade, textura superficial e do comportamento de transmissão da luz da estrutura dental é essencial para alcançar resultados naturais em restaurações utilizando resina composta<sup>1,60</sup> para reprodução das estruturas dentais perdidas<sup>1</sup>; uma das maiores metas na dentística restauradora estética é produzir restaurações que iguale as propriedades ópticas do dente natural<sup>19</sup>.

Cor, translucidez, fluorescência e opalescência são propriedades ópticas que dão a aparência vital aos dentes naturais<sup>65</sup>, e precisam ser reproduzidas durante a confecção de uma restauração.

O conhecimento das propriedades ópticas do dente e a compreensão da origem dessas propriedades são necessárias para o

desenvolvimento materiais restauradores estéticos biomiméticos com a estrutura dental<sup>35</sup>.

Há vários relatos na literatura sobre os fatores que contribuem para as propriedades ópticas de resinas compostas<sup>26,49,55,66</sup> como a composição de matriz orgânica e partículas de carga inorgânica; a diferença entre os índices de refração de partículas carga inorgânica e da fase orgânica; a variação no tamanho, forma e quantidade da partícula de carga inorgânica; e até mesmo as adições de pigmentos.

O material restaurador estético ideal deve ter propriedades de reflexão de luz, espalhamento e fluorescência semelhantes aos encontrados no dente natural. Se essas propriedades estão ausentes, a qualidade estética das restaurações sofre interferências sob uma iluminação de luz Ultravioleta (UV); portanto, é importante selecionar um material restaurador que possua adequada fluorescência<sup>29</sup>.

Quando um feixe de luz encontra um substrato translúcente, como o dente e os materiais restauradores, quatro fenômenos associados com a interação da luz com o substrato podem ser descritos: (1) transmissão especular do feixe de luz; (2) reflexão especular da luz pela superfície; (3) reflexão difusa da luz pela superfície; e (4) absorção e espalhamento da luz dentro do substrato<sup>50</sup>.

Observada inicialmente por Stubel<sup>57</sup>, a fluorescência é um fenômeno óptico retratado pela capacidade que algumas substâncias

possuem de absorver energia de uma luz energizante não visível e emite-a espontaneamente em um comprimento de onda de luz visível<sup>43</sup>.

A Fluorescência é uma manifestação luminosa, em que moléculas são excitadas por absorção de uma radiação eletromagnética. As ondas eletromagnéticas na faixa do visível e principalmente do ultravioleta (UV) realizam transições eletrônicas, isto é, ao absorver um fóton de luz, um elétron passa de um orbital menos energético para um orbital mais energético; este elétron permanece neste orbital energético por um período de tempo geralmente reduzido, sendo que depois volta ao estado fundamental passando por orbitais intermediários. Dependendo da localização energética destes orbitais, a volta do elétron ao estado fundamental leva à emissão de luz, que sempre possui uma energia menor ( $\lambda$  maior) do que a luz que levou este elétron ao seu estado excitado<sup>34</sup>.

Quando os corpos excitados vão para o estado fundamental, liberam o seu excesso de energia na forma de fótons; se este relaxamento ocorre em tempos inferiores a  $10^{-5}$  segundos, chama-se fluorescência, através de um processo de relaxamento radioativo, com emissão de luz<sup>34</sup>.

Em Odontologia, fluorescência é a absorção de uma luz ultravioleta (UV- Black Light) pela estrutura dental/ material restaurador, e emissão de luz visível no espectro azul<sup>40</sup>; dessa forma, quando os raios UV são

emitidos sobre os dentes, pode-se observar uma luz branco-azulada denominada fluorescência dentária.

Dentes naturais aparentam-se mais brancos e brilhantes à luz do dia, por causa da grande quantidade de luz no espectro azul produzido pela fluorescência dental<sup>56</sup>.

Fluorescência em uma restauração tende proporcionar um efeito de iridescência brilhante, e também contribui para a vitalidade de uma restauração, minimizando o efeito metamérico entre os dentes e restaurações<sup>40</sup>.

Quando a dentina humana foi irradiada por uma luz UV (365nm), observou-se um pico de emissão de fluorescência azul na faixa de  $440\pm 10\text{nm}$ <sup>29,38</sup>,  $430\text{nm}$ <sup>42</sup>. O espectro de emissão fluorescente do esmalte natural encontra-se faixa de emissão que vai desde o branco intenso até o azul claro, com pico máximo de emissão em torno de 450nm o qual decresce lentamente até  $680\text{nm}$ <sup>42,46</sup>.

Em dentes humanos, a dentina exibe maior intensidade de fluorescência quando comparado ao esmalte<sup>38,42,60</sup>. A fluorescência da estrutura dental é determinada principalmente pela dentina; cuja parte orgânica é responsável por este fenômeno<sup>14</sup>, pois apresenta número maior de pigmentos orgânicos fotossensíveis ao espectro dos raios UV, e contém mais colágeno, com aminoácidos emissores de fluorescência como triptofano<sup>17,13</sup>, resultando em cerca de três vezes mais fluorescência

que o esmalte<sup>60</sup>; uma das principais estruturas fluorescentes de dentina foi encontrada nos túbulos dentinários<sup>12</sup>.

As substâncias responsáveis pela fluorescência do esmalte não estão completamente identificados; Hartles, Leaver<sup>17</sup>, consideraram que são parte da proteína do esmalte e mais tarde sugeriram que moléculas de pirimidina eram parcialmente responsáveis pelo processo de fluorescência no esmalte dental.

O aumento na mineralização dos tecidos diminui a fluorescência, por esse motivo o esmalte exibe um baixo grau de fluorescência quando comparado com a dentina, justamente por ser um tecido altamente mineralizado; porém, quando a dentina está desmineralizada aumenta sua autofluorescência<sup>60</sup>.

De acordo com Hall et al<sup>16</sup>, a fluorescência encontrada no terço gengival foi significativamente maior do que no terço incisal; no terço incisal a camada de esmalte seria mais grossa, e pouca ou nenhuma dentina seria excitada.

Desde 1976, o trabalho de Spitzer, Ten Bosch<sup>56</sup> constatou que todas as resinas compostas avaliadas apresentaram pico fluorescente semelhantes ao pico de emissão fluorescente do esmalte natural; a emissão fluorescente apresentava espectro largo, cuja máxima emissão era em 450nm e lentamente decresceu até 680nm; comportamento esse idêntico ao encontrados nos artigos 1<sup>48</sup> e 2.



Já Lee et al<sup>29</sup> verificaram que as resinas compostas estudadas evidenciaram um pico de emissão de fluorescência semelhante ao da dentina; em contrapartida, Reis et al<sup>51</sup> evidenciaram que há uma considerável variação de fluorescência entre os compostos e da estrutura dental natural.

Os espectros de todos os materiais restauradores testados possuem semelhante banda de emissão fluorescente, com pico de emissão região de 440nm. Surpreendentemente, as intensidades de fluorescência das cores de esmalte e cores translúcidas das resinas compostas Esthet-X e 4 Seasons foram muito maiores do que a para as cores de dentina<sup>58</sup>, concordante com os achados do trabalhos 1<sup>48</sup> e 2.

A intensidade de fluorescência dos materiais restauradores deve ser a mais próxima possível da emitida pelo esmalte e dentina humanos para assegurar uma reprodução aceitável destas qualidades em restaurações estéticas<sup>58</sup>.

De acordo com Busato et. al<sup>7</sup>, o mais importante não é a resina ter uma alta fluorescência, mas sim, uma fluorescência que seja compatível com a fluorescência natural da dentina e do esmalte dentário.

Quando se analisa a fluorescência de uma resina isoladamente, pode-se pensar que quanto maior a emissão de luz, melhor a qualidade óptica desta resina. Porém, quando são comparadas com a fluorescência normal emitida pelo dente, conclui-se que ambos (dente e restauração) devem estar emitindo a mesma quantidade de luz para que ocorra uma

harmonia de propriedades ópticas, e não se perceba que naquele dente há um material restaurador, o que concorre para que se possa obter sucesso no objetivo de imitar a estrutura original perdida<sup>7</sup>.

Diversos fatores são relatados na literatura como sendo responsável pela alteração na emissão fluorescente dos materiais restauradores; de acordo com Lim, Lee<sup>36</sup>, a emissão fluorescente foi influenciada pela marca<sup>61</sup> e cor das resinas compostas<sup>48, 61</sup>.

Em 2008, Yu, Lee<sup>66</sup>, concluíram que as propriedades ópticas de resina composta universal e “flow” eram significativamente diferentes entre si; todas as resinas compostas universais apresentaram fluorescência enquanto apenas duas resinas “flow” apresentaram a mesma propriedade; dessa forma, essa diferença pode estar relacionada à composição da matriz orgânica, partículas de carga inorgânica e aditivos; o clínico deve estar ciente da diferença de cor, translucidez e fluorescência entre resinas compostas flow e universal para a correspondência clínica de cor.

O espectro de emissão fluorescente dos materiais restauradores para região anterior, variaram entre os materiais restauradores foram afetados pela aplicação de um glaze<sup>46</sup>. Segundo Lee et al<sup>28</sup>, aplicação de selante de superfície e o manchamento diminuíram ou bloquearam a fluorescência das resinas compostas testadas; de certa forma, a remoção das manchas restaurou fluorescência. A redução na emissão de fluorescência pode ter sido causada pela redução da transmissão da

radiação UV através do selante de superfície e/ou pela absorção da fluorescência das resinas compostas pelo selante de superfície<sup>46</sup>.

Os componentes básicos das resinas compostas isoladamente não promovem a sua fluorescência. Esta propriedade é conseguida através da incorporação de elementos luminescentes tais como o europium, cerium, e ytterbium<sup>44,60,63</sup>; cerium, europium, terbium, ytterbium, dysprosium and samarium<sup>4</sup>. No entanto, os fabricantes de resina composta estão relutantes em revelar os compostos responsáveis pela fluorescência de seus produtos.

Monsenego et al<sup>42</sup> descreveram que a fluorescência em porcelanas dentais é obtida pela adição de algumas terras raras como componentes capazes de produzir fluorescência, tal como europium, terbium, cerium e ytterbium.

Uo et al<sup>59</sup> demonstraram que a fusão de óxidos de terras raras em partículas de carga de vidro aumentaram as propriedades fluorescentes de um composto experimental.

O pico e o espectro de emissão fluorescente foram influenciados pelo tipo de resina de matriz (Bis-GMA, UDMA and TEGDMA)<sup>47</sup>.

Agentes branqueadores fluorescentes (FWA) absorvem energia da faixa ultravioleta do espectro de luz e a emite como luz azul visível; a adição de FWA aumentou a emissão fluorescente de uma resina composta experimental; FWA adicionado nas concentrações de 0,01 e 0,05% em uma resina experimental emitiram maior fluorescência em

comparação com resinas compostas comercial<sup>47</sup>. Em contrapartida, a adição de  $\text{TiO}_2$  não influenciou o pico de emissão de uma resina experimental<sup>65</sup>.

Os processos de envelhecimento acelerado afetaram a fluorescência de uma resina composta<sup>31</sup>. Após o processo de envelhecimento acelerado, todos os materiais avaliados apresentaram uma redução significativa na intensidade de emissão fluorescente<sup>27,58</sup>. A redução da fluorescência pode ser explicada pela degradação dos complexos orgânicos encontrados nas resinas compostas e dentina; isso poderia confirmar a teoria de que luminóforos estão associados à parte orgânica das resinas compostas<sup>58</sup>.

As propriedades de fluorescência e opalescência mudaram-se significativamente durante o processo de polimerização em ambos os materiais de resina composta direta e indireta, e essas propriedades variaram também de acordo com a marca comercial da resina<sup>55</sup>.

Durante o processo de polimerização, o índice de refração da matriz orgânica da resina composta aumenta enquanto o índice de refração das partículas de carga inorgânica permanece inalterada; portanto, a diferença nos índices de refração entre a matriz de resinoso e partículas de cargas inorgânicas, bem como os valores opalescência e fluorescência dos materiais, poderiam ser alterado após a sua polimerização<sup>55</sup>; a transmissão de luz através das resinas compostas melhorou após o processo de polimerização<sup>54</sup>.

A exposição dos compósitos a bebidas pigmentantes provocou uma redução na intensidade da luminescência em até 40%, e a magnitude dessa redução dependeu da bebida e dos materiais<sup>39</sup>. Estas alterações são provavelmente causadas pela absorção dos componentes das bebidas na superfície dos materiais e/ou penetração no interior do material<sup>39</sup>.

As propriedades de opalescência e fluorescência dos materiais foram influenciadas pela absorção de água e/ou envelhecimento acelerado<sup>20</sup>. De acordo com Miettinen et al<sup>41</sup>, os diferentes níveis de sorção de água depende do tipo de monômero utilizado no material.

A intensidade da fluorescência da dentina humana aumentou com a idade, temperatura e o tempo durante o qual o calor foi aplicado<sup>38</sup>.

Fukushima et al<sup>14</sup> mostraram um aumento da intensidade de fluorescência nos dentes humanos dependente da idade correlacionando o resultado com o processo de reticulação de colágeno.

Recentemente, os fabricantes tem mostrado que os seus compostos apresentam fluorescência semelhante à estrutura dental; esta propriedade favoreceriam o mascaramento das restaurações<sup>27</sup> e, conseqüentemente, a realização de restaurações despercebida sob iluminação ultravioleta<sup>51</sup>. As propriedades de opalescência e fluorescência podem aumentar o efeito de mascaramento da resina composta sem aumentar a opacidade do material<sup>32</sup>. Adicionalmente a influência da propriedade de fluorescência sobre o efeito de mascaramento de resinas

compostas foi confirmada, embora o grau de influência tenha sido muito baixa<sup>30</sup>.

Resinas compostas com maior fluorescência podem ser utilizadas para mascarar dentes escurecidos; neste aspecto, resinas compostas, com maior fluorescência têm um mérito clínico<sup>29</sup>; podem ser utilizadas para clarear os dentes escuros sem afetar negativamente a translucidez<sup>40</sup>.

Fluorescência, embora pudesse ser minimamente perceptível em condições normais de luz ambiente, é clinicamente significativa, porque as restaurações devem combinar cor natural dos dentes não somente sob influência da luz solar, mas também sob diferentes fontes de luz, como lâmpadas fluorescentes, flashes fotográficos ou luz negra em boates; nestas condições, a fluorescência de uma restauração é muito importante para a sua aparência natural da restauração<sup>63</sup>.

De acordo com Ragain et al<sup>50</sup>, um dos quatro fenômenos que ocorre na interação entre a luz e o dente/substrato é responsável pela absorbância do comprimento de onda recebido pela estrutura.

A absorbância do comprimento de onda também está intimamente relacionada com o processo de espalhamento da luz (Scattering) no interior da estrutura. Quando a luz atravessa uma substância translúcida, como dente ou material estético, sofre absorção e espalhamento (scattering). A luz é espalhada no interior do material, e absorção atenua o feixe de luz<sup>15</sup>.

A transmitância exibida pela resina composta é responsável pela sensação de profundidade da restauração, proporcionando um mimetismo entre a estrutura dental adjacente e a restauração em resina composta; porém, a absorbância da resina composta ganha fundamental importância a partir do momento em que clinicamente nos deparamos numa situação de restauração classes III e IV e precisamos impedir a passagem total de luz pela restauração com o intuito de minimizar o efeito negativo do fundo enegrecido da boca, que resultará em uma restauração acinzentada, perdendo, dessa forma a qualidade estética.

Em restaurações classe III e IV “englobando vestibular e lingual”, ou na presença de estruturas dentais escurecidas, a harmonização da cor da restauração com o dente natural torna-se ainda mais difícil pela transmissão da cor de fundo<sup>23</sup>.

Durante a realização de uma restauração, devemos observar que estamos recuperando estruturas dentais diferentes, com propriedades ópticas distintas; dessa forma, os materiais restauradores utilizados para restaurar o esmalte e/ou dentina devem apresentar também propriedades ópticas distintas entre si e o mais próximo possível da estrutura dental perdida. Os valores nos padrões de transmitância encontrados no esmalte dental foi muito maior aos encontrados para a dentina, na mesma espessura da amostra<sup>64</sup>.

Nossos resultados estão em acordo com essa situação, visto que diferentes cores da mesma resina composta utilizada para restaurar o

esmalte e dentina ( $A_{2E}$  e  $A_{2D}$  respectivamente) apresentam absorvência distintas, provavelmente por apresentar composição com relação ao tipo de particular de carga diferente, porem apresenta desacordo em partes com Massoti et al<sup>37</sup>, pois relatam que a composição da resina composta influenciou a transmissão direta do material, e a transmissão direta não está diretamente relacionada com a cor de resina composta.

A composição das resinas compostas influenciou a transmitância direta do material<sup>37</sup>. Há relatos sobre os fatores que contribuem para as propriedades ópticas de resinas compostas como a matriz orgânica e a composição das partículas de carga inorgânica; a diferença entre os índices de refração de partículas de carga inorgânicas e a fase orgânica, o tamanho da partícula de carga inorgânica, a variedade de tamanho de partículas de carga inorgânica e ate mesmo adição de pigmentos<sup>66</sup>; devido à sua capacidade de absorver a luz. A transmitância de resinas compostas está diretamente relacionada ao tipo, tamanho e quantidade de partículas de carga inorgânica<sup>49</sup>.

O tamanho e a quantidade de partículas de carga inorgânica deveriam ser controlados, visto que o processo de absorção e espalhamento da luz interferem na reprodução da cor, considerando os índices de refração entre as partículas de carga inorgânica e fase orgânica da resina<sup>33</sup>.

A translucidez das resinas compostas depende do conteúdo e tamanho das partículas de carga inorgânica, no entanto, as conclusões do



estudo de Azzopard et al<sup>3</sup> (2009) indicam que a quantidade de BisGMA utilizado na resina poderia ser outro fator que contribui para translucidez dos materiais e pode ser uma forma alternativa de ajustar a translucidez de materiais estéticos.

O trabalho de Kim et al<sup>21</sup> mostrou que mudanças nos padrões de transmitância foram influenciadas pelas resinas compostas, cujas grandes mudanças de transmitância apresentadas após a imersão da resina composta em substancias químicas e orgânicas são uma indicação de que a absorção de pigmentos que pode representar o grau de degradação da resina composta. O efeito da enzima salivar também tem mostrado influência nos parâmetros de transmitância das resinas compostas<sup>25</sup>.

Diferenças nas alterações das propriedades ópticas devido a variações de partículas carga, como o tipo de partículas de carga inorgânica, sua quantidade e tamanho com a mesma matriz orgânica, poderia fornecer informações sobre as diferenças nas propriedades ópticas causadas pelas partículas de carga inorgânicas<sup>26</sup>. A incorporação de pequenas partículas de carga inorgânicas reduziu significativamente a transmissão da luz através de resinas compostas<sup>2,22</sup>; de acordo com Sampath, Ramachandra<sup>53</sup> (2008), a inclusão de fibras de vidro na resina composta reduziu a quantidade de luz transmitida através da estrutura. Kim et al<sup>22</sup> (2007) sugerem que a transmitância dos materiais pode ser

melhorada com a adição de partículas nonoméricas e redução de conteúdo de micro-partículas de carga inorgânica.

Os valores de raio de contraste para esmalte e dentina em cada comprimento de onda mostram uma tendência semelhante aos dos materiais restauradores dentais<sup>67</sup>; diminuem à medida que se aumenta o comprimento de onda, como consequência, há aumento na transmitância com o aumento no comprimento de onda<sup>53,67</sup>.

O estudo de Santos et al<sup>54</sup> mostrou que, em comprimentos de onda entre 400 e 700nm, o coeficiente de absorção de luz de resina composta reduziu com aumento do comprimento de onda; em nossos resultados do trabalho 3 também observamos que a absorbância das resinas compostas, em todas as interações de fonte de luz e cor mostraram um comportamento similar com relação ao comprimento de onda, cuja absorbância diminui conforme se observa o aumento no comprimento de onda, para todos os tempos; comportamento esse semelhante ao encontrado no trabalho de Sampath, Ramachandra<sup>53</sup>, visto que a propriedade de transmitância pode ser considerada como clinica e visualmente o inverso de absorbância.

O trabalho de Lee, Powers<sup>32</sup> confirmou que a fluorescência influenciou o grau de luz transmitida na resina composta e essa influência varia de acordo com o comprimento de onda.

Nos três trabalhos realizados da tese, estudamos a variável cor, que mostrou um comportamento diferente entre elas ( $A_2E$ ,  $A_2D$  e TC), porém concordantes em todos os trabalhos e com a literatura.

De acordo com Villarroel et al<sup>61</sup>, os sistemas restauradores de resinas compostas apresentam diferentes graus de fluorescência, tanto em suas cores opacas como nas de dentinas e de esmaltes; resultado semelhante, encontramos no artigo 1<sup>48</sup>, onde houve uma grande diferença na emissão de fluorescência entre as cores estudadas.

A cor de dentina ( $A_2D - 3,2$  u.a.) apresentou uma maior absorção de luz em todos os tempos de avaliação e para as fontes de luz em comparação às cores de esmalte ( $A_2E 2,9$  u.a.) e translúcida (TC -  $2,3$  u.a.); podemos fazer uma correlação positiva entre absorção de luz e emissão fluorescente; essa correlação só foi possível porque as amostras utilizadas para realização dos trabalhos 1 e 3 foram as mesmas. A maior emissão fluorescente foi observada nas amostras com menor absorbância de luz (TC -  $92.000$  u.a. e  $A_2E - 50.000$  u.a.) em comparação as amostras com maior absorção ( $A_2D - 29.000$  u.a.); assim, a partir dos resultados dos trabalhos 1<sup>49</sup> e 3 pode-se concluir que quanto maior a absorbância ( $A_2D > A_2E > TC$ ) da amostra, menor a emissão fluorescente (TC >  $A_2E > A_2D$ ).

Da mesma forma, a espessura da amostra, avaliada no trabalho 2 também influenciou a emissão fluorescente; quando dobrou-se a espessura da amostra, tanto nas cor  $A_2E$  ( $95.000$ u.a. em  $1,0$ mm para

9.500 u.a. em 2,0 mm) quanto A<sub>2</sub>D ( 30.000u.a. em 1,0mm para 6.500u.a. em 2,0mm) surpreendentemente observamos que houve uma drástica diminuição na emissão fluorescente das amostras. Quando associamos uma camada de 1,0mm de resina na cor A<sub>2</sub>E e 1,0mm da resina na cor A<sub>2</sub>D formando um conjunto com 2,0mm de espessura, chegamos a um valor aproximado de emissão fluorescente da resina na cor A<sub>2</sub>E, na espessura de 2,0mm. A fonte de luz não influenciou a fluorescência das diferentes espessuras nas cores das amostras avaliadas.

A variável fonte de luz, também foi estudada nos três trabalhos e apresentou influência negativa apenas quando utilizada com a cor de resina TC.

A composição dos materiais é segredo dos fabricantes, mas provavelmente a resina na cor TC possui um fotoiniciador diferente daquele usualmente utilizado nas resinas compostas, a canforoquinona (CQ), porque a CQ is a componente que confere uma cor amarelada à resina, e a cor TC é uma cor altamente translúcida; o aparelho de Led Radian é um LED de segunda geração e possui um estreito espectro de emissão de luz, coincidente com a absorção de luz pela canforoquinona; provavelmente a resina na cor TC possui um outro fotoiniciador, como o Lucirin, phenylpropadione - PPD, acylphosphine oxide - APO, bisacylphosphine oxide - BAPO, visto que as médias de fluorescência foram estatisticamente menores apenas para o grupo da resina na cor TC fotoativado com o aparelho Radian. As demais fontes de luz [Halógena e

LED - Ultralume LED 5 –(terceira Geração)] possuem um amplo espectro de emissão de luz que promove a efetiva absorção de todos os fotoiniciadores e tiveram medias superiores e equivalentes quando comparados ao grupo da resina na cor TC fotoativado com o aparelho Radium.

Nossos resultados podem sugerir que a fluorescência esta relacionada aos componentes orgânicos da resina composta ou produtos formados a partir do processo de fotoativação da resina composta pela fonte de luz, e não somente a componentes inorgânicos como são apresentados na literatura, pela adição de terras raras a composição da resina composta.

Com relação ao tempo de avaliação das amostras, essa variável teve um comportamento distinto para a fluorescência e absorbância; nos artigos 1<sup>48</sup> e 2, a emissão fluorescente foi semelhante em todas as cores e fontes de luz no tempo inicial, 24 horas e 30 dias de avaliação, com um pequeno decréscimo com 7 dias; apesar de estatisticamente significativa, é aceitável clinicamente, visto que os valores após 30 dias retornam aos valores iniciais. Kildal, Ruyter<sup>20</sup> relataram que as propriedades de opalescência e fluorescência das resinas compostas foram influenciadas pela sorção de água e/ou envelhecimento acelerado.

Para absorbância da resina, independente da fonte de luz utilizada e cor da resina, apresentou-se diferente:  $30 < (7=1) < \text{inicial}$ . Esse resultado pode ser correlacionado à solubilidade, pois compostos com trifluoreto de

iterbio, componente da resina estudada, são solúveis em água, com propriedades ópticas afetadas.

De acordo com Lee et al<sup>25</sup>, as propriedades ópticas dos compósitos podem ser influenciadas pelas mudanças que ocorrem na sua superfície; relataram que os parâmetros de translucidez se modificam após imersão em água a 37° C por 24 horas, com o aumento da energia de superfície. Os compósitos absorvem água na interface matriz–carga e sofrem degradação hidrolítica, alterando o padrão de difusão da luz; em adição, vários materiais possuem diferentes níveis de sorpção de água dependendo do tipo de monômero que foi fabricado.

## Referências \*

1. Alves LP, Pilla V, Murgo DOA, Munin E. Core-shell quantum dots tailor the fluorescence of dental resin composites. *J Dent*. 2010; 38: 149-52.
2. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. *Dent Mater J*. 2007; 26: 38-44.
3. Azzopardi N., Moharamzadeh K., Wood D., Martin N., Van Noort R. Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resin. *Dent Mater*. 2009; 25: 1564-38.
4. Baran, G, O'Brien WJ, Tien TY. Colored emission of rare earth ions in potassium feldspath glass. *J Dent Res*. 1977; 56: 1323-29.
5. Bowen RL. Properties of silica – reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc*. 1963; 66: 57-64.
6. Buonocore MG, Davilla J. Restoration of fractured anterior teeth with ultraviolet light polymerised bonding materials: A new technique. *J Am Dent Assoc*. 1973; 86: 1349-54.
7. Busato ALS, Reichert LA, Valin RR, Arossi GA, Silveira CM. Comparação de fluorescência entre resinas compostas restauradoras e a estrutura dental hígida – In Vivo. *Rev Odont Araç*. 2006; 27: 142-7.
8. Caughman WF, Rueggeberg FA. Shedding new light on composite polymerization. *Oper Dent*. 2002; 27: 636-8.

\* De acordo com estilo Vancouver. Disponível no site:  
[HTTP://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

9. Cook WD. Spectral distribution of dental photo-polymerization sources. *J Dent Res.* 1982; 61: 1436-8.
10. Crisp S, Abel G, Wilson AD. The quantitative measurement of the opacity of aesthetic dental filling materials. *J Am Dent Assoc.* 1979; 58: 1585-96.
11. Duke S. Light emitting diodes in composite resin photopolymerization. *Compend Cont Educ Dent.* 2001; 22: 722-5.
12. Foreman PC. Fluorescent microstructure of mineralized dental tissues. *Int. Endod. J.* 1988; 21: 251-6.
13. Foreman PC. The excitation and emission spectra of fluorescent components of human dentine. *Archs Oral Biol.* 1980; 25: 641-7.
14. Fukushima Y, Araki T, Yamada MO. Topography of fluorescence and its possible composites in human teeth. *Cell Mol Biol.* 1987; 33: 725-36.
15. Grajower R, Wozniak WT, Lindsay JM. Optical properties of composites resins. *J Oral Rehabil.* 1982; 9: 389-99.
16. Hall JB, Hefferren JJ, Olsen NH. Study of fluorescent characteristics of extracted human teeth by use of a clinical fluorometer. *J Dent Res.* 1970; 49: 1431-6.
17. Hartles RL, Leaver AG. Fluorescence of some proteins, nucleic acids and related compounds. *Arch Biochem Bioph.* 1953; 60: 100-7.



18. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LED). *Dent Mater.* 2000; 16: 41-7.
19. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004; 32: 3-12.
20. Kildal KK, Ruyter IE. How different curing methods affect mechanical properties of composites for inlays when tested in dry and wet conditions. *Eur J Oral Sci.* 1997; 105: 353-61.
21. Kim JH, Lee YK, Powers JM. Influence of a series of organic and chemical substances on the translucency of resin composites. *J Biomed Mater Res. - Part B Appl Biomater.* 2005; 75: 21-7.
22. Kim JJ, Moon BH, Lim JS, Lee YK, Rhee SH, Yang HC. The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *J Biomed Mater Res. - Part B Appl Biomater.* 2007; 80: 332-8.
23. Kim SJ, Son HH, Cho BH, Lee IB, Um CM. Translucency and masking ability of various opaque-shade composites resins. *J Dent.* 2009; 37: 102-7.
24. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with an experimental LED – based device. *Dent Mater.* 2001; 17: 309-15.
25. Lee YK, Kim SH, Powers JM. Changes in translucency of resin composites after storage in salivary esterase. *J Esthet Rest Dent.* 2005; 17: 293- 302.

26. Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Lim YK. Changes in scattering and absorption properties of esthetic filling materials after aging. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater* 2007; 80: 131-9.
27. Lee YK, Lu H, Powers JM. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. *Dent Mater.* 2006; 22: 653-60.
28. Lee YK, Lu H, Powers JM. Effect of surface sealant and staining on the fluorescence of resin composites. *J Prost Dent.* 2005; 93: 260-6.
29. Lee YK, Lu H, Powers JM. Fluorescence of layered resin composites. *J Esthet and Restor Dent.* 2005; 17: 93-101.
30. Lee YK, Lu H, Powers JM. Influence of fluorescent and opalescent properties of resin composites on the masking effect. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2006; 76: 26-32.
31. Lee YK, Lu H, Powers JM. Optical properties of four esthetic restorative materials after accelerated aging. *Am J Dent.* 2006; 19: 155-8.
32. Lee YK, Powers JM. Influence of opalescence and fluorescence properties on the light transmittance of resin composite as a function of wavelength. *Am J Dent.* 2006; 19: 283-8.
33. Lee YK. Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dent Mater.* 2007; 23: 124-31.

34. Lenz, G. Fluorescência: método físico de análise. Instituto de Biociências, Departamento de Biofísica [apostila]. Rio Grande do Sul: Universidade Federal Rio Grande do Sul. UFRGS, 2000.
35. Lim YK, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Influence of filler distribution on the color parameter of experimental resin composites. *Dent Mater.* 2008; 24: 67-73.
36. Lim YK, Lee YK. Fluorescent emission of varied shades of resin composites. *Dent Mater.* 2007; 23: 1262-8.
37. Masotti AS, Onófrio AB, Conceição EN, Spohr AM. Uv-vis spectrophotometric direct transmittance analysis of composite resins. *Dent Mater.* 2007; 23: 724-30.
38. Matsumoto H, Kitamura S, Araki T. Autofluorescence in human dentine in relation to age, tooth type and temperature measured by nanosecond time-resolved fluorescence microscopy. *Arch Oral Biol.* 1999; 44: 309-18.
39. Mazur-Koczorowska A, Sikorska E, Krawczyk A, Khmelinskii I, sikorski M, Koczorowski R, et al. Luminescence of selected dental composites in vitro. *Dent Mater.* 2008; 24: 1329-35.
40. Mc Lean EA. Luminescent veneers. *J Esthet Dent.* 1997; 9: 3-12.
41. Miettinen VM, Narvs K, Vallitu PK. Water sorption, solubility and postcuring of glass fiber reinforced polymer. *Biomaterials.* 1999; 20: 1187-94.

42. Monsenego G, Burdairon G, Clerjaud B. Fluorescence of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 106-13.
43. Nassau K. *Color for science, art and technology*. New York: Elsevier; 1998. p. 10–1, 163.
44. O'Brien WJ, Boenke KM. Cerium oxide as a silver decolorizer in dental porcelains. *Dent Mater*. 1998; 14: 365-9.
45. Palmer TM, Gessel TF, Steele DB, Ploeger BJ. Polymerization of non-CQ resins by LED curing lights. *J Dent Res*. 2004; 82: abstract 552.
46. Panzeri H, Fernandes LT, Minelli CJ. Spectral fluorescence of direct anterior restorative materials. *Aust Dent J*. 1977; 22: 458-61.
47. Park MY, Lee YK, Lim BS. Influence of fluorescent whitening agent on the fluorescent emission of resin composites. *Dent Mater*. 2007; 23: 731-5.
48. Queiroz RS, Bandecá MC, Calixto LR, Gaião U, Cuin A, Porto-Neto ST. Influence of the light-curing unit, storage time and shade of a dental composite resin on the fluorescence. *Las Physc*. 2010; 20: 1647-53.
49. Queiroz RS, Lima JPM, Malta DAMP, Rastelli ANS, Cuin A, Porto-Neto ST. Changes on transmittance mode of different composite resins. *Mater Res*. 2009; 12, 127-32.
50. Ragain JC Jr, Johnston WM. Accuracy of Kubelka–Munk reflectance theory applied to human dentin and enamel. *J Dent Res*. 2001; 80: 449–52.

51. Reis RSA, Casemiro LA, Carlino GV, Lins ECCC, Kurachi C, Bagnato VS, et al. Evaluation of fluorescence of dental composites using contrast ratios to adjacent tooth structure: a pilot study. *J Esthet Restor Dent.* 2007; 19: 199-206.
52. Rueggeberg FA. Contemporary issues in photocuring. *Compend Cont Educ Dent.* 1999; 20: 34-41.
53. Sampath S, Ramachandra GS. Effects of glass fibers on light transmittance and color of fiber-reinforced composite. *Dent Mater.* 2008; 24: 34-8.
54. Santos GB, Monte Alto RV, Sampaio Filho HR, Silva EM, Fellows CE. Light transmission on dental resin composites. *Dent Mater.* 2008; 24: 571-6.
55. Song SH, Yu B, Ahn JS, Lee YK. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. *Acta Odontol Scand.* 2008; 66: 236-42.
56. Spitzer D, Ten Bosch JJ. The total luminescence of bovine and human dental enamel. *Calcif Tissue Res.* 1976; 20: 201-8.
57. Stubel H. Die Fluoreszenz tierischer Gewebe im ultravioletten licht. *Pflug. Arch Ges Physiol.* 1911; 141: 1-14.
58. Takahashi MK, Vieira S, Rached RN, Almeida JB, Aguiar M, Souza EM. Fluorescence Intensity of Resin Composites and Dental Tissues Before and After Accelerated Aging: A Comparative Study. *Oper Dent.* 2008, 33: 189-95.

59. Uo M, Okamoto M, Watari F, Tani K, Morita M, Shintani A. Rare earth oxide-containing fluorescent glass filler for composite resin. *Dent Mater J.* 2005; 24: 49-52.
60. Vanini L. Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodont Aesthet Dent.* 1996; 8: 673–82.
61. Villarroel M, Jorquera C, Gomes OMM, Gomes JC. Fluorescência: uma contribuição na vitalidade natural do dente humano. *Rev Ibero Americana Odontol Estet Dent.* 2004; 3: 397-406.
62. Wilson HJ. Restorative materials and ultraviolet radiation. *Brit Dent J.* 1969; 126: 345-6.
63. Wozniak WT, Moore BK. Luminescence spectra of dental porcelains. *J Dent Res.* 1978; 57: 971–4.
64. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odont Scand.* 2009; 67: 57-64.
65. Yu B, Ahn JS, Lim JI, Lee YK. Influence of TiO<sub>2</sub> nanoparticles on the optical properties of resin composites. *Dent Mater.* 2009, 25: 1142-7
66. Yu B, Lee YK. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *J Dent.* 2008; 36: 840-6.
67. Yu B, Lee YK. Influence of color parameter of resin composites on their translucency. *Dent Mater.* 2008, 24: 1236-42.

# ***MATERIAL E MÉTODO***

## **MATERIAL**

Para a realização do presente trabalho foi selecionada a resina composta fotopolimerizável 4 SEASONS® (Ivoclar Vivadent Liechtenstein), classificada segundo o fabricante como sendo uma resina Híbrida com partículas finas; a matriz orgânica é composta por Bis-GMA, Dimetacrilato de uretano e Trietilenoglicol-dimetacrilato (22 – 24% em peso), e a fase inorgânica composta por partículas de Vidro de bário, Trifluoreto de itérbio, Vidro de fluorsilicato de Ba-Al, Dióxido de silício e Óxidos mistos esferoidais corresponde 75 - 77% em peso.

O meio de imersão para armazenamento das amostras durante os períodos de avaliação (Inicial - antes da imersão, 24 horas, 7 e 30 dias de imersão) tanto da fluorescência quanto absorbância, foi a saliva artificial. A fórmula da saliva artificial é elaborada pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP cuja composição para a quantidade de 1000g é: Cloreto de Potássio – 0,96g; Cloreto de sódio - 0,67g; Cloreto de Magnésio - 0,04g; Fostato de Potássio – 0,27g; Cloreto de Cálcio – 0,12g; Nipagin – 0,01g; Nipasol – 0,1g; Carboxil Metil Celulose – 8,0g; Sorbitol – 24g; Água qsp - 1000 ml.

## MÉTODO

### Confecção da matriz

Para obtenção das amostras foi confeccionada uma matriz em aço inoxidável composta por duas partes encaixadas e justapostas: uma parte superior na forma de cilindro oco com 30,0mm de altura e 30,0mm de diâmetro apresentando um orifício central de 10,0mm de diâmetro, com interior perfeitamente liso; e outra parte inferior na forma de cilindro, com 10,0mm de diâmetro e 30,0mm de altura e uma base inferior de 30,0mm de diâmetro e 10,0mm de altura. Acompanhando a matriz foi utilizado um espaçador de 1,0mm de espessura que quando encaixado entre as partes superior e inferior da matriz, fez com que a parte superior da matriz ficasse 1mm mais alta que a inferior, proporcionando a espessura adequada das amostras, ou utilizado dois espaçadores de 1mm cada conforme a necessidade de espessura da amostra e/ou conjunto restaurador (no trabalho 2), conforme apresentado na figura 1.



FIGURA 1. Matriz de aço inoxidável utilizada para confecção das amostras.



### Obtenção dos corpos-de-prova

Para a confecção das amostras, a resina foi inserida em incremento único com auxílio de espátula para resina antiaderente (Thompson) (Figura 2-A), no espaço criado na parte superior da matriz metálica em incremento único. Posteriormente a resina foi coberta com uma tira de poliéster e outra lâmina de vidro (figura 2-B). A técnica escolhida elimina a presença de ar da superfície do compósito, impedindo a formação de uma camada superficial com polimerização inibida pelo oxigênio. As amostras foram fotoativadas por 40 segundos, segundo instruções do fabricante.

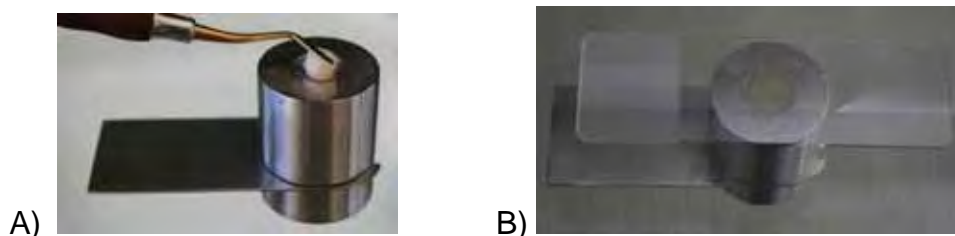


FIGURA 2. Inserção da resina no Conjunto da Matriz.

As amostras foram padronizadas em 10,0mm de diâmetro X 1,0 mm de espessura para os trabalhos 1 e 3, e em 10,0mm de diâmetro X 1,0mm de espessura e/ou 10,0mm de diâmetro X 2,0mm de espessura conforme o planejamento experimental do trabalho 2.

Para a obtenção das amostras com 2,0mm de espessura no trabalho 2, tanto em cor única [ $A_2E$  (2,0mm) ou  $A_2D$  (2,0mm)] ou em

conjunto [ $A_2E$  (1,0mm) +  $A_2D$  (1,0mm) = 2,0mm], um primeiro incremento foi conseguido conforme relatado anteriormente, porém sem a colocação da tira de poliéster e lâmina de vidro; a segunda camada também foi inserida em incremento único e posicionada, então, a tira de poliéster e a lâmina de vidro realizada a fotoativação por mais 40 segundos.

### **Aparelhos Fotoativadores**

Foi selecionado como fonte de luz de controle positivo um aparelho fotoativador de luz halógena (QTH), e como experimental, duas fontes de luz a base de LED (Luz emissora de diodo azul) conforme apresentado na tabela 1.

A intensidade de luz emitida pelos aparelhos foi mensurada com auxílio de um radiômetro (Sensor LM-3 HTD, Coherent Commercial Products Division, modelo FM, set n° WX65, número de série: 33-0506, USA).

Tabela 1 - Características dos aparelhos fotoativadores utilizados

<b>Fontes de Luz</b>	<b>Tipo de Luz</b>	<b>Espectro de Emissao de Luz</b>	<b>Intensidade de Luz (mW/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tamanho da Ponteira (mm)</b>	<b>Fabricante</b>
Radii	LED	440 to 480 nm	1200	7.5	SDI Inc.
Ultralume	LED	380 to 510 nm	> 800	10x13	Ultradent
LED 5					Products, Inc
Ultralux	QTH	380 to 510 nm	= 450	8	Dabi Atlante

## Planejamento Experimental

Para os trabalhos 1 e 3, que foram realizados simultaneamente, foram confeccionadas 5 amostras (10,0 X 1,0mm) para cada grupo experimental, de acordo com a fonte de luz e cor da resina composta, perfazendo um total de 9 grupos experimentais, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Grupos Experimentais dos trabalhos 1 e 3

<b>Grupo Experimental</b>	<b>Unidade Fotoativadora</b>	<b>Cor</b>
G1	Radii	A <sub>2</sub> E
G2	Radii	A <sub>2</sub> D
G3	Radii	TC
G4	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E
G5	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> D
G6	Ultralume LED 5	TC
G7	Ultralux	A <sub>2</sub> E
G8	Ultralux	A <sub>2</sub> D
G9	Ultralux	TC

Para a realização do trabalho 2, também foram confeccionadas 5 amostras para cada grupo experimental, conforme apresentado na tabela 3.

Para a confecção das da amostras dos grupos G13, G14 e G15, foi colocado um primeiro incremento de resina na cor A<sub>2</sub>D (1,0mm), fotoativado e em seguida inserido mais um incremento de 1,0mm de espessura da cor A<sub>2</sub>E e novamente fotoativado, perfazendo uma amostra com 2mm de espessura.

Tabela 3 - Grupos Experimentais trabalho 2

Grupo Experimental	Unidade		ESPESSURA
	Fotoativadora	Cor	AMOSTRA
G1	Radii	A <sub>2</sub> E	1mm
G2	Ultralux	A <sub>2</sub> E	1mm
G3	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E	1mm
G4	Radii	A <sub>2</sub> D	1mm
G5	Ultralux	A <sub>2</sub> D	1mm
G6	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> D	1mm
G7	Radii	A <sub>2</sub> E	2mm
G8	Ultralux	A <sub>2</sub> E	2mm
G9	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E	2mm
G10	Radii	A <sub>2</sub> D	2mm
G11	Ultralux	A <sub>2</sub> D	2mm
G12	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> D	2mm
G13	Radii	A <sub>2</sub> E/A <sub>2</sub> D	2mm
G14	Ultralux	A <sub>2</sub> E/A <sub>2</sub> D	2mm
G15	Ultralume LED 5	A <sub>2</sub> E/A <sub>2</sub> D	2mm

### **Análise dos corpos-de-prova**

Em todos os trabalhos, foi padronizada as medidas em 4 tempos de aferições: inicial (antes da imersão em saliva artificial); 24 horas de imersão em saliva artificial; 7 dias após imersão em saliva artificial e 30 dias de imersão em saliva artificial. Entre os intervalos de aferição tanto da fluorescência quanto da absorbância das amostras, as mesmas ficaram armazenadas em frascos individuais e identificados em estufa a uma temperatura de  $37^{\circ}\text{C} \pm 1$ , para todas as aferições serem realizadas na mesma amostra, em função do tempo.

Antes da realização da leitura das amostras no espectrofotômetro, as mesmas eram lavadas em água corrente e secadas com papel absorvente.

### **Análise da fluorescência**

A intensidade de emissão fluorescente das amostras dos trabalhos 1 e 2 foi mensurada através do aparelho espectrofotômetro (SPEX TRIAX FLUOROLOG 3, Jobin Yvon – Número de Série: 0135B-3-99), no comprimento de onda compreendido entre 400nm e 700nm, correspondente ao espectro visível da luz; os raios excitatórios emitidos foram calibrados para que incidissem no corpo de prova com um comprimento de onda de 390nm, a partir de um orifício (Slit) de emissão

de 1,0mm de diâmetro, com orifício (Slit) de recepção de 0,5mm de diâmetro.

A amostra foi posicionada em um anteparo que permitia a amostra ficar com uma angulação de  $22,5^\circ$  graus em relação ao orifício de emissão de luz excitatória, evitando que a amostra refletisse luz para o orifício de recepção; dessa forma foi captada apenas a luz emitida pela amostra após a excitação dos raios UV de 390nm.

Entre o raio excitatório e o anteparo de fixação da amostra foi colocado um filtro de luz para que nenhum comprimento de onda abaixo de 390nm fosse transmitido para a amostra; da mesma forma, entre o anteparo de fixação da amostra e o orifício de recepção da luz emitida pela amostra foi colocado outro filtro de luz para considerar apenas a recepção de luz com comprimentos de onda acima de 400nm, conforme ilustrado na figura 3.

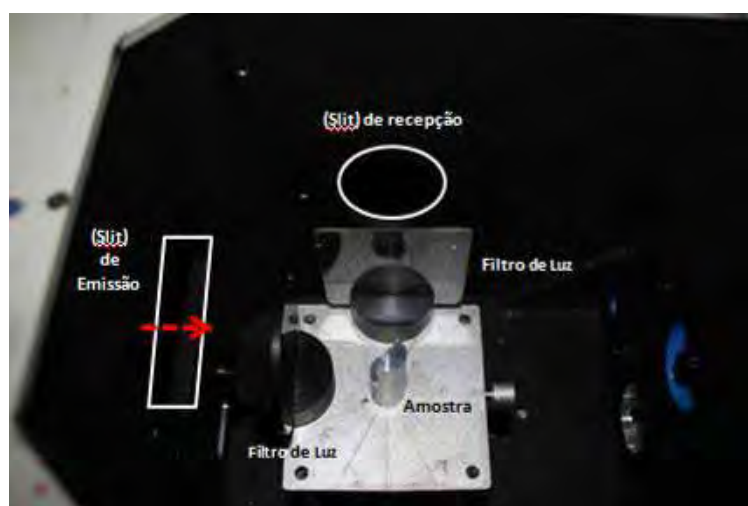


FIGURA 3. Visualização do anteparo para fixação da amostra, filtros de luz e slits de emissão e recepção de luz.

Esse registro foi visualizado mediante uma curva de intensidade de fluorescência (ordenada) em função do comprimento de onda (abscissa). Dessa maneira, foi possível determinar para cada amostra em estudo, sua respectiva fluorescência, identificando seu comprimento de onda e o pico de maior intensidade. A partir do comprimento de onda de 700nm, o aparelho foi automaticamente desligado, não havendo medições a partir desse ponto.

Os dados foram julgados estatisticamente para interpretação e discussão dos resultados nos trabalhos 1 e 2.

### **Análise da Absorbância**

Para a obtenção dos valores de absorbância foi utilizado espectrofotômetro de luz visível – Uv-vis (Diode Array Spectrophotometer, HP – Número de série: 8452-A). O aparelho emite uma intensidade de luz constante, fazendo uma varredura nos comprimentos de onda variando entre 400 e 700 nm, com intervalo de 1,0nm em 1,0nm, através de uma transmissão direta.

Para a realização do teste, a amostra foi posicionada em um suporte específico do aparelho (Figura 4), o qual permite que a luz incidente do aparelho seja direcionada perpendicularmente ao centro da amostra e captada pelo receptor (Figura 5).



FIGURA 4. Amostra posicionada no suporte específico do espectrofotômetro.



FIGURA 5. Visão Interna do espectrofotômetro com a amostra sendo posicionada no anteparo específico do aparelho.

Os valores de transmitância direta foram convertidos em valores de absorbância a partir da aplicação da lei de Beer-Lambert, também conhecida como a lei exponencial da absorção, que define a perda de intensidade de luz que atravessa um meio com espessura  $x$ , e é dada pela fórmula:

$I = I^0 \cdot e^{-\alpha x}$ , aplicando-se o logaritmo, temos:  $\ln(I/I^0) = -\alpha x$ , sendo ( $I^0$ ) o raio incidente, ( $I$ ) o raio emergente do meio, ( $\alpha$ ) o coeficiente de absorção do meio e ( $x$ ) a espessura da amostra.

Como resultado, a lei Beer-Lambert possibilita o cálculo da “Absorbância” da amostra aplicando-se o logaritmo natural aos valores de transmitância; quando isso ocorre, uma curva invertida é obtida.

Os dados foram julgados estatisticamente e os resultados interpretados e discutidos no trabalho 3.



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

Araraquara, 18 de março de 2010.

RENATO SOUZA QUEIROZ