



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Ciências da Saúde

Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada

DANIELE ESTEVES PEPELASCOV

**AVALIAÇÃO DA OPALESCÊNCIA, REFLETÂNCIA, TRANSMITÂNCIA E
ATENUAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS EM FUNÇÃO DO TEMPO**

MARINGÁ

2014

DANIELE ESTEVES PEPELASCOV

**Avaliação da opalescência, refletância, transmitância e atenuação de
resinas compostas em função do tempo**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia Integrada

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Raquel Sano Suga Terada

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Francielle Sato

MARINGÁ

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central – UEM, Maringá – PR., Brasil)

P421a	<p>Pepelascov, Daniele Esteves</p> <p>Avaliação da opalescência, refletância, transmitância e atenuação de resinas compostas em função do tempo / Daniele Esteves Pepelascov. -- Maringá, 2014.</p> <p>70 f. : il. color.</p> <p>Orientador: Prof.a Dr.a Raquel Sano Suga Terada. Coorientadora: Prof.a Dr.a Francielle Sato. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada, 2014.</p> <p>1. Materiais dentários. 2. Resinas compostas. 3. Espectrofotometria. 4. Opalescência. I. Terada, Raquel Sano Suga, orient. II. Sato, Francielle, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada. IV. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 617.695</p>
-------	---

DANIELE ESTEVES PEPELASCOV

**Avaliação da Opalescência do esmalte dentário e de resinas compostas
odontológicas**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia Integrada

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Raquel Sano Suga Terada

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Francielle Sato

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ronaldo Hirata

Departamento de Biomateriais e Biomimética - Universidade de Nova Iorque

Prof. Dr. Antonio Medina Neto

Departamento de Física – Universidade Estadual de Maringá

Prof.^a Dr.^a Raquel Sano Suga Terada

Departamento de Odontologia – Universidade Estadual de Maringá

Maringá, _____ de _____ de 2014

DEDICATÓRIA

À **Deus** que me deu a vida e jamais deixou de olhar por ela, guiando e abençoando meus passos a cada dia.

À minha **família** que sempre acreditou e investiu em mim.

Ao meu **noivo** Cristiano, que é o meu grande e verdadeiro amor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Daniel, minha mãe Cida e minha avó Lourdes, que não mediram esforços para que eu tivesse todas as oportunidades para chegar até aqui. Obrigada por todo amor, carinho e incentivo, eles foram fundamentais para que eu aprendesse a não desistir dos meus sonhos.

Ao meu irmão Rodrigo que é um exemplo de dedicação àquilo que faz.

Ao meu amor Cristiano que é uma benção que Deus colocou na minha vida. Obrigada por sempre estar ao meu lado, por todo o apoio, ajuda e dedicação. Com certeza eu quero passar a vida toda ao seu lado.

À minha orientadora Prof.^a Raquel que sempre será uma grande amiga. Obrigada por toda a confiança depositada em mim, por todo incentivo. Obrigada pela paciência e por sempre me compreender e ajudar no que foi preciso. Todos esses anos que trabalhamos juntas foram muito valiosos na minha vida profissional e pessoal e lembrarei com muito carinho deles. Obrigada!

A Prof.^a Francielle que sempre foi meu ombro amigo e me incentivou a continuar, mesmo nos momentos mais difíceis. Obrigada por dedicar até mesmo o tempo que não tinha para me ajudar. Admiro muito a pessoa que é e tive muita sorte de tê-la em meu caminho. Obrigada!

Ao Departamento de Física da UEM, nas pessoas do Prof. Mauro e Prof. Medina, que nos mostraram como é bom trabalhar ao lado de pessoas que são ao mesmo tempo humildes e extraordinárias. Obrigada por terem acreditado em nós.

Aos Professores da banca, Prof. Medina e Prof. Ronaldo Hirata que aceitaram prontamente o convite, leram com carinho o trabalho e fizeram grandes contribuições, desde a qualificação. Todas as considerações foram de grande valor para o fechamento deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Odontologia da UEM.

Ao acadêmico Alex Sandro Centenaro que foi de fundamental ajuda ao desenvolvimento da parte laboratorial deste trabalho e compartilhou momentos de estresse e alegria e sempre esteve disposto a ajudar.

A todos os alunos da Física, que sempre foram solícitos, em especial ao Leandro Herculano, que prontamente me ajudou em todos os momentos que precisei.

As amigas do mestrado Joana, Larissa e Aline. Foi muito bom ter vocês ao meu lado durante essa caminhada.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que hoje eu pudesse estar aqui.

“... Confia no SENHOR e faze o bem; habitarás na terra, e verdadeiramente
serás alimentado.

Deleita-te também no SENHOR, e te concederá os desejos do teu coração.

Entrega o teu caminho ao SENHOR; confia nele, e ele o fará...”

Salmos 37:3-5

RESUMO

Objetivos: Avaliar o parâmetro de opalescência (OP) e os espectros de refletância ($R(\lambda)$), transmitância ($T(\lambda)$) e o coeficiente de atenuação ($\sigma(\lambda)$), de resinas compostas, imediatamente após a sua confecção e após 2, 7, 30, 60, 120 e 180 dias de armazenamento e comparar com os resultados obtidos para o esmalte humano. **Metodologia:** Para tanto, foram confeccionados 20 corpos de prova (CP) de esmalte (5,0 x 0,3 mm) e 9 CP (10,0 mm x 1,0 mm) de 10 diferentes tonalidades de marcas comerciais de resinas compostas disponíveis no mercado nacional: Empress Direct (Ivoclar Vivadent), Enamel Plus HRI (Miscerium), Filtek Z350 XT (3M Espe), Llis (FGM) e Opallis (FGM). Como grupo controle, foram confeccionados 9 CP do adesivo Ambar (FGM). A leitura dos espectros de $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$ foi realizada por espectrofotometria, com a utilização de esfera integradora. O $\sigma(\lambda)$ foi calculado em termos de $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$ e OP foi calculado como a diferença entre as coordenadas azul-amarelo (Δb^*) e as coordenadas verde-vermelho (Δa^*), entre a luz refletida e a transmitida. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente (ANOVA e Tukey). **Resultados:** Apenas uma das resinas apresentou valores de OP semelhantes estatisticamente ao esmalte durante todo o período avaliado. As resinas apresentaram alto valor do OP, que para algumas marcas se manteve estável e para outras aumentou com o passar do tempo. Para as resinas que tiveram seu OP aumentado, houve deslocamento para a cor amarela tanto para $T(\lambda)$ como para $R(\lambda)$. **Significância:** O OP não apresenta aplicabilidade clínica, ou seja, resinas com altos valores de opalescência não reproduzem necessariamente uma maior reflexão de tons frios e maior transmissão de cores quentes.

Palavras-chave: Materiais dentários, Resinas compostas, Espectrofotometria, Opalescência.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the Opalescence Parameter (OP), reflectance spectra ($R(\lambda)$), transmittance spectra ($T(\lambda)$) and attenuation coefficient ($\sigma(\lambda)$) of composite resins, immediately after preparation and after 2, 7, 30, 60, 120 and 180 days of storage and compare with the results obtained for human enamel.

Methodology: For this purpose, 20 samples of enamel (5.0 mm x 0.3 mm) and 9 samples (10.0 mm x 1.0 mm) were made up of 10 different shades of commercial composite resins available on the national market: Empress Direct (Ivoclar Vivadent), Enamel Plus HRI (Miscerium), Filtek Z350 XT (3M Espe), Llis (FGM) and Opallis (FGM). As a control group, 9 samples of adhesive Ambar (FGM) were fabricated. The reading of the spectra $R(\lambda)$ and $T(\lambda)$ was performed by spectrophotometry, using the integrating sphere. The $\sigma(\lambda)$ was calculated in terms of $R(\lambda)$ and $T(\lambda)$ and OP was calculated as the difference between the yellow-blue coordinates (Δb^*) and red-green coordinates (Δa^*) between the reflected and transmitted light, using color scale CIE $L^*a^*b^*$ (1976). The data were statistically analyzed (ANOVA and Tukey). **Results:** Only one of the resins had statistically similar values of OP to the enamel during the study period. The resins showed high value of OP, which for some brands remained stable and others increased over time. For resins that had increased their OP, there was a shift to yellow for both $T(\lambda)$ and for $R(\lambda)$. **Significance:** The OP does not have clinical applicability, in other words, resins with high values of opalescence not necessarily reproduce a greater reflection of cool colors and greater transmission of warm colors.

Key Words: Dental materials, composite resins, spectrophotometry, opalescence.

SUMÁRIO

CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
1 Colorimetria.....	11
2 Interação da luz com a matéria.....	16
3 Propriedades ópticas dos dentes humanos.....	18
4 Propriedades ópticas das resinas compostas.....	20
REFERÊNCIAS.....	23
ARTIGO	
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 OBJETIVOS.....	28
2.1 Objetivo geral.....	28
2.2 Objetivos específicos.....	28
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 Tipo de estudo.....	29
3.2 Confeção dos corpos de prova.....	29
3.2.1 Esmalte humano.....	29
3.2.2 Resina composta e sistema adesivo.....	29
3.3 Armazenagem dos corpos de prova.....	31
3.4 Leitura dos espectros de refletância e transmitância.....	31
3.5 Análise dos dados.....	32
4 RESULTADOS.....	33
5 DISCUSSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	45
ANEXOS.....	47

CONTEXTUALIZAÇÃO

1 Colorimetria

A cor consiste nas características da luz que um observador percebe mediante sensações visuais que decorrem do estímulo da retina, sendo a luz o espectro da energia radiante (SEARS, 1964). Sendo assim, a percepção da cor pode ser definida como um fenômeno psicofísico (NOVATSKI, 2009) já que depende, além dos níveis físicos e métricos, da sensação e percepção de um observador.

A Colorimetria é a ciência de medição das cores, isto é, a técnica que busca quantificar e simular a percepção da cor pelo homem (SEARS, 1964; LOPES, 2009). A Comissão Internacional de Iluminação (CIE – Commission Internationale de l'Eclairage) definiu algumas diretrizes para o estudo da cor com o objetivo de padronizar as medidas. Em 1931, tendo em vista a percepção de cores pelo sistema visual humano, por meio das funções de combinação de cor (color matching functions) e o diagrama de cromaticidade (NOVATSKI, 2009), a CIE realizou a primeira padronização. Esse espaço de cores definido matematicamente foi denominado espaço de cores XYZ ou também conhecido como espaço de cores CIE 1931. Para tanto, a CIE definiu curvas-padrões para a composição das cores (Fig. 1). Para representar as ordenadas das três curvas, utilizam-se os símbolos \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} , sendo que os valores de \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} , para um comprimento de onda qualquer são denominados valores triestímulos da cor desse comprimento de onda (SEARS, 1964). Essas curvas padrões de composição de cores foram obtidas de uma série de combinações, nas quais as intensidades das três luzes primárias (vermelho, verde e azul), conhecido como sistema de cor RGB, foram fixadas pelo experimentador (NOVATSKI, 2009).

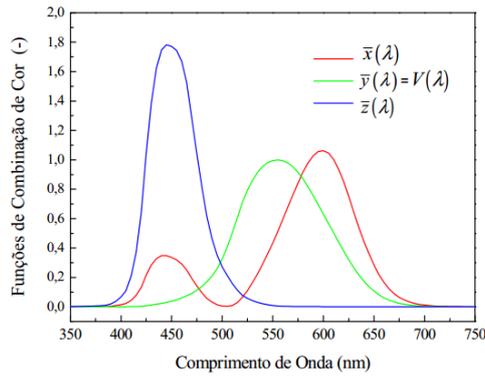


Figura 1: Funções de combinação de cor de acordo com CIE 1931 (NOVATSKI, 2009)

Visto que para especificar uma cor são necessários os três valores triestímulos, a representação gráfica das cores só se tornou possível através de um diagrama tridimensional. Para isto, lançou-se mão de outras três grandezas, x, y e z, chamadas coeficientes tricromáticos.

Por definição, $x + y + z = 1$, sendo assim, bastam dois quaisquer desses coeficientes para definir uma cor. Comumente são utilizados os coeficientes x e y (SEARS, 1964), e podem ser representados bidimensionalmente em um diagrama de cromaticidade.

A Tabela 1 mostra as cores presentes no espectro visível e seus respectivos comprimentos de onda.

Tabela 1: Nomes das cores associados às regiões do espectro: O olho humano percebe comprimentos de onda compreendidos entre 380 e 760 nm.

Designação	Comprimento de onda (nm)
Violeta	Menor que 450
Azul	450 – 500
Verde	500 – 570
Amarelo	570 – 590
Alaranjado	590 – 610
Vermelho	Maior que 610

Em 1976, a CIE definiu outro espaço de cores, a fim de reduzir alguns problemas no espaço original X Y Z, como a visualização não-uniforme das coordenadas de cor no espaço de cores bi-dimensional. Este novo espaço foi denominado espaço de cores $L^* a^* b^*$ ou CIELAB, em que as coordenadas são funções não-lineares de x, y e z (CIE, 1976). O espaço de cores CIELAB está representado na figura 2.

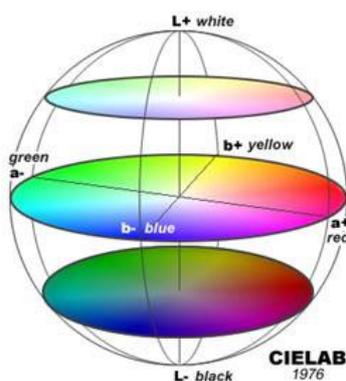


Figura 2: O significado geométrico das coordenadas $L^* a^* b^*$ (CIE 1976)

Disponível em: <http://digitalprintingevolution.blogspot.com.br/2010/04/color-calibration-is-key-to-consistency.html>

As coordenadas $L^*a^*b^*$ são obtidas a partir dos valores triestímulos, sendo que cada valor dependerá de um iluminante e de um observador (OLIVEIRA, 2006).

De acordo com a CIE, sempre que os cálculos colorimétricos requererem a representação da luz do dia, é conveniente utilizar o iluminante padrão D65. Sabe-se que a luz do dia depende da estação do ano, hora do dia e localização geográfica. Sendo assim, o iluminante padrão D65 pode ser utilizado para contornar essas variações (CIE, 1976).

Já em relação ao observador padrão, após detalhada revisão de literatura, a CIE chegou à conclusão da adoção de um observador em 10° , que padroniza o campo visual do observador, que inclui duas áreas distintas da retina, tanto onde há células cones (visão em cores) tanto onde há células bastonetes (visão em preto e branco) (CIE, 1976; OLIVEIRA, 2006).

A partir dos espectros de transmitância e/ou refletância é possível calcular as coordenadas de cores x , y e z e L^* , a e b^* . Primeiramente decompõem-se os espectros de reflexão e transmissão, separadamente, nas três funções de combinação de cor do sistema RGB (vermelho, verde e azul), cada comprimento de onda do espectro corresponde a um valor $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ e $\bar{z}(\lambda)$, sendo λ o comprimento de onda. É importante ressaltar que estes valores são quantidades adimensionais e que nenhuma das funções é única. Na realidade, existem diferentes versões das funções de combinação de cor, bem como dos diagramas de cromaticidade. $\bar{x}(\lambda)$ é referente a quantidade da componente do vermelho, $\bar{y}(\lambda)$ da componente verde e $\bar{z}(\lambda)$ da componente azul. Com auxílio destes parâmetros podemos obter o espectro no sistema de cores xyz:

$$x = \frac{\bar{x}(\lambda)}{\bar{x}(\lambda) + \bar{y}(\lambda) + \bar{z}(\lambda)} \quad \text{(equação 01)}$$

$$y = \frac{\bar{y}(\lambda)}{\bar{x}(\lambda) + \bar{y}(\lambda) + \bar{z}(\lambda)} \quad \text{(equação 02)}$$

$$z = 1 - x - y \quad \text{(equação 03)}$$

Assim, para uma determinada intensidade de luz incidente $I(\lambda)$ podemos obter o espectro em coordenadas XYZ:

$$X = \int_{\lambda} \bar{x}(\lambda) I(\lambda) d\lambda \quad \text{(equação 04)}$$

$$Y = \int_{\lambda} \bar{y}(\lambda) I(\lambda) d\lambda \quad \text{(equação 05)}$$

$$Z = \int_{\lambda} \bar{z}(\lambda)I(\lambda)d\lambda \quad (\text{equação 06})$$

Nesse caso, X, Y e Z são os valores triestímulos que fornecem a intensidade de cada uma das três cores primárias – vermelho, verde e azul – necessárias para combinar uma cor incidente de intensidade I(λ). Os valores de X, Y e Z indicam as cores vermelho, verde e azul do espectro, respectivamente.

O próximo passo é obter as coordenadas de tricromaticidade xyz a partir dos valores XYZ, da seguinte forma:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (\text{equação 07})$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (\text{equação 08})$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} = 1 - x - y \quad (\text{equação 09})$$

O valor de z pode ser obtido de x e y, não fornecendo novas informações sendo assim, a coordenada z não é utilizada.

Com as coordenadas xy é possível construir um diagrama de cromaticidade, no qual todas as cores podem ser caracterizadas em termos da localização neste diagrama.

Para obter o espectro em coordenadas do sistema CIEL*a*b*, utiliza-se os valores triestímulos calculado anteriormente por meio das seguintes relações:

$$L^* = 116 f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \quad (\text{equação 10})$$

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \quad (\text{equação 11})$$

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \quad (\text{equação 12})$$

sendo,

$$f(\alpha) = \begin{cases} \alpha^{\frac{1}{3}} & \text{se } \alpha > 0,00856 \\ 7,8703\alpha + 0,13793 & \text{se } \alpha > 0,00856 \end{cases} \quad (\text{equação 13})$$

X_n , Y_n e Z_n são os valores de triestímulos do branco de referência.

2 Interação da luz com a matéria

Tendo visto que a fonte de luz (iluminante) e o observador interferem na formação da cor, é preciso saber que a forma como o objeto interage com a luz que a ele incide, também contribui na forma como a cor é observada. Para avaliar a interação entre os objetos e a luz, pode ser utilizada a espectrofotometria, método capaz de medir a fração de luz que foi absorvida, transmitida e/ou refletida pelo material. A luz interage com os sólidos opacos e transparentes de diferentes formas. Ao incidir luz em materiais translúcidos tais como dentes e materiais de restauração estética fenômenos como a

transmissão da luz, reflexão especular e difusa da luz pela superfície e absorção e espalhamento da luz no interior devem ser levados em consideração (LEE, 2007). Absorção é o fenômeno pelo qual a radiação transfere sua energia parcial ou totalmente para o meio material que atravessa, caso a absorção seja parcial, esta fração da energia pode ser transmitida pelo sistema. E ainda a fração que não foi absorvida ou transmitida pode ser refletida pelo sistema (LOPES, 2009). Durante a propagação da luz no meio além da absorção podem ocorrer a refração, luminescência e espalhamento.

O espalhamento linear é um processo no qual a luz absorvida pela partícula é emitida em outras direções. Algumas partículas espalhadoras são mais eficientes em espalhar um comprimento de onda em particular, por exemplo, quanto menor seu tamanho, são mais eficientes em espalhar comprimentos de onda curta da luz, sendo a quantidade de energia transferida em outras direções diretamente proporcional a potência da luz incidente.

Quando não é possível medir separadamente as contribuições do espalhamento e da absorção, no caso de meios translúcidos, podemos considerar um coeficiente de atenuação (σ). Acrescentando um termo proporcional ao espalhamento a lei de Beer-Lambert, que descreve como a luz absorvida se comporta em um material de espessura finita, podemos descrever σ como:

$$I_T = I_0(e^{-kl})e^{-sl} = I_0e^{-(k+s)l} = I_0e^{-\sigma l} \quad (\text{equação 14})$$

Sendo k o coeficiente de absorção, s o coeficiente de espalhamento, l a espessura da amostra, I_T a intensidade de luz transmitida e I_0 a intensidade da luz incidente. Em termos de transmitância e refletância podemos escrever σ como:

$$-\frac{1}{l} \ln \left(\frac{T}{1-R} \right) = k + s = \sigma \quad (\text{equação 15})$$

T é a transmitância e R é a refletância.

3 Propriedades ópticas dos dentes humanos

Para que seja possível reproduzir com fidelidade as características de um dente natural, é preciso que se conheça a maneira complexa com que os diferentes tecidos dentários interagem com a luz.

Ao interagir com o dente, a luz incidente pode ser absorvida, refletida ou transmitida, além de sofrer o fenômeno de dispersão.

Translucidez é a capacidade que determinados corpos não-opacos têm de apresentarem transmissão de luz de diferentes níveis (HATJÓ, 2008). Em um dente, os diferentes tecidos permitem a passagem de luz de maneira diferenciada, sendo que o esmalte é o tecido mais translúcido da coroa dentária. A translucidez dá o aspecto de “vitalidade”, por isto, trabalhos restauradores extremamente opacos dão aparência artificial ao sorriso.

A dentina dispersa a luz de forma mais difusa que o esmalte, mas também absorve mais. O esmalte praticamente não absorve luz, mas a dispersa fortemente, não só de maneira difusa, mas também para frente (HATJÓ, 2008).

Há algum tempo a Física tem se aliado à Odontologia para o estudo das propriedades ópticas dos dentes. Sptizer e Ten Bosch (1975) foram os primeiros autores a investigar os tecidos dentais em termos de absorção óptica. Neste trabalho, observaram a absorção e dispersão de luz no esmalte dentário bovino e humano, a partir dos espectros de refletância e transmitância. Mais tarde, em 1981, Brodbelt et al., estudaram a translucidez do esmalte em função do espectro de transmitância. Outros autores (FRIED et al., 1995 E TEN BOSCH, COOPS, 1995) também estudaram a dispersão de luz através dos tecidos dentários.

Além disto, o esmalte possui uma característica peculiar, denominada opalescência. A opalescência é um fenômeno óptico em que há dispersão de luz de ondas curtas do espectro visível, dando ao material uma aparência azulada sob a luz refletida e uma aparência laranjada/amarronzada sob a luz transmitida (MCLAREN, 1997; PRIMUS, CHU et al., 2002; LEE, LU et al., 2005; ARIMOTO, NAKAJIMA et al., 2010). Em materiais opalescentes como o dente, também é possível observar a contra-opalescência, que é um fenômeno no qual a luz penetra um material opalescente e é refletida dentro do próprio

material (BARATIERI, ARAUJO, MONTEIRO 2005). É observada como um brilho amarelo-avermelhado em meio à região incisal dos mamelos (KINA, BRUGUERA, 2007).

A região incisal dos dentes, por se tratar de uma área com menor quantidade de dentina e, portanto mais transparente, possibilita a visualização das características de opalescência e contra-opalescência. Além disto, é possível observar a formação do halo incisal, que é a região opaco-esbranquiçada, localizada na borda incisal dos dentes. Este halo ocorre em consequência de uma forte reflexão e transmissão diminuída da luz incidente, na borda incisal, inclinada para a lingual (HATJÓ, 2008). O halo pode variar de acordo com o ângulo de incidência da luz, inclinação da borda incisal e também da luz refletida pela dentina (HATJÓ, 2008, BARATIERI, ARAUJO, MONTEIRO 2005).

Devido à riqueza de detalhes da estrutura dentária, além do grande conhecimento técnico do cirurgião-dentista, são necessários materiais que reajam à luz incidente da mesma maneira que o dente natural.

Em relação à opalescência, para que fosse possível o desenvolvimento de materiais que reproduzissem esta característica, foi necessário o desenvolvimento de métodos para quantificá-la. Em 1993, na patente europeia 533,434 A1 (HOLMES et al., 1993), estabeleceu-se um valor de opalescência baseado na mensuração das coordenadas CIELAB (1976), especialmente nos valores de b^* (coordenada amarelo-azul). Para isto, sugeriu-se o uso de uma amostra de 1 mm de espessura, medida nos modos de transmitância e refletância, sendo que $\Delta b^*_{T-R} = b^*_{\text{Transmitância}} - b^*_{\text{Reflexão}}$. De acordo com esta patente, quanto maior o valor de b^* , mais opalescente é a amostra. Se a amostra não é opalescente, ela irá refletir e transmitir a mesma cor e o Δb^* será 0 ou número menor. Sendo assim, uma resina composta com valor de Δb^* maior que 9 pode ser considerada opalescente.

Já de acordo com a patente americana US 6,232,367 B1 (KOBASHIGAWA et al., 2001), a coordenada a^* também deve ser considerada. Assim, o método utilizado para medir a opalescência deve ser baseado na diferença de cromaticidade ΔC^*_{T-R} , além das coordenadas Δa^*_{T-R} e Δb^*_{T-R} . Sendo assim, sugeriu-se uma fórmula $\Delta C^*_{T-R} = [(\Delta a^*_{T-R})^2 + (\Delta b^*_{T-R})^2]^{1/2}$. Valores de ΔC^*_{T-R} menores que 4, não apresentam opalescência. Para resinas

compostas odontológicas o valor ideal para que haja opalescência deve ser de pelo menos 9. Materiais que apresentem valores entre 4 e 9 podem ser considerados opalescentes, porém esta opalescência não é visível a olho nu.

Poucos trabalhos avaliaram a opalescência do esmalte humano. Lee & Yu, 2007 avaliaram tanto o esmalte humano quanto o bovino, utilizando dois tipos de espectrofotômetro. Para tanto, eles calcularam o parâmetro de opalescência (OP), baseados na expressão proposta pela patente americana (KOBASHIGAWA et al., 2001). A variação encontrada para o esmalte bovino foi de 10,6 a 19,0. Já para o esmalte humano, a média encontrada foi de 22,9 (LEE, YU, 2007). Os autores sugeriram este valor como referência para o desenvolvimento de materiais restauradores opalescentes.

Em trabalho mais recente (SCHMELING, MAIA, BARATIERI, 2012), foi avaliada a influência do clareamento dentário na opalescência do esmalte humano. Para o esmalte pré-clareamento foi encontrado um valor médio de opalescência de 18,9. Percebeu-se que após o clareamento, os valores de opalescência diminuíram, chegando a um valor médio de 16,1. Os autores correlacionaram esta diminuição com as diferenças na coordenada b^* no modo de transmitância (SCHMELING, MAIA, BARATIERI, 2012).

4 Propriedades ópticas das resinas compostas

Devido à evolução dos materiais odontológicos, é possível observar no mercado, resinas compostas com modificações na composição, tanto na matriz orgânica quanto na quantidade, formato e tamanho das partículas de carga, o que confere ao material melhoria nas propriedades físicas (HIRATA, 2008). As propriedades ópticas das resinas compostas também têm sido melhoradas no sentido de simular cada vez mais as características dentárias. Diversas metodologias podem ser empregadas para o estudo da cor em odontologia, como por exemplo, métodos colorimétricos e espectrofotométricos (JOHNSTON, 2009). Observa-se na literatura, estudos que caracterizaram absorção e espalhamento (LEE, 2007), cor, translucidez e fluorescência (YU & LEE, 2008), refletância e transmitância direta (HIRATA, 2008), alterações de cor nos modos de refletância e transmitância (LEE, POWERS, 2007), além de trabalhos que avaliaram a opalescência (LEE, LU, POWERS, 2005; LEE, LU,

POWERS, 2006; SONG, YU, AHN, LEE, 2008; ARIMOTO et al., 2010; YU & LEE, 2013).

Em relação à refletância e transmitância de resinas compostas, observou-se que após submetê-las ao envelhecimento acelerado, foi possível verificar alterações de cor, em cada componente do CIE L*, a* e b* (LEE, POWERS, 2007).

A absorção e a espalhamento observada nas resinas compostas, também influenciaram os valores de CIE L*, a* e b* (LEE, 2007).

Quanto à opalescência, em trabalho realizado com quatro resinas de diferentes tonalidades e adesivo dentinário, encontrou-se que a opalescência variou de 5,7 a 23,7 entre as diferentes resinas e cores. O menor valor de opalescência encontrado foi de 3,5 para o adesivo dentinário (LEE, LU, POWERS, 2005).

Outro trabalho avaliou a opalescência de alguns materiais após envelhecimento acelerado (LEE, LU, POWERS, 2006). Ao comparar uma resina composta, um cimento de ionômero de vidro, um cimento de ionômero de vidro modificado por resina e um compômero, os autores encontraram aumento da opalescência nos materiais à base de ionômero de vidro, sendo que a resina composta e o compômero mantiveram-se constantes (LEE, LU, POWERS, 2006).

Song, Yu, Ahn e Lee, 2008, avaliaram as mudanças no valor de opalescência antes e após a fotopolimerização. Neste trabalho, observaram que as resinas compostas apresentavam opalescência menor após a fotopolimerização (SONG, YU, AHN, LEE, 2008).

Arimoto et al., 2010 avaliaram três resinas compostas em relação à opalescência na espessura de 1 mm e encontraram valores médios entre 18,9 e 21,2.

A opalescência também foi avaliada após envelhecimento acelerado no trabalho de Yu e Lee, 2013. Neste trabalho, os autores verificaram que, ao comparar os resultados de opalescência encontrados em estudo prévio (LEE, YU, 2007), a opalescência das resinas compostas mostrou-se menor, sendo assim, o autor sugere que os materiais deveriam melhorar as suas propriedades ópticas para garantir melhores resultados (YU, LEE 2013). Em relação à estabilidade do material, observaram mudanças na ordem de -0,6 a

1,3 nas 16 resinas diretas avaliadas, mostrando que o envelhecimento acelerado afetou a opalescência (YU & LEE, 2013).

Percebe-se a necessidade de mais trabalhos que avaliem as diferentes resinas disponíveis no mercado, além de avaliar a estabilidade da opalescência com o passar do tempo.

REFERÊNCIAS

ARIMOTO, A. et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. **Dent Mater**, v. 26, n. 11, p. 1090-7, Nov 2010.

BARATIERI, L.N.; ARAUJO JR, E.M.; MONTEIRO JR, S. **Composite restorations in anterior teeth: fundamentals and possibilities**. Quintessence, São Paulo, 2005.

BRODBELT et al. Translucency of human dental enamel. **J Dent Res**. 60(10): 1749-1753, 1981.

Comissão Internacional de Iluminação (CIE) Em: <http://cie.co.at/index.php?%20i_ca_id=485>. Acesso em 30 de agosto de 2013.

Comissão Internacional de Iluminação (CIE) Em: <http://cie.co.at/index.php?i_ca_id=484>. Acesso em 30 de agosto de 2013.

Comissão Internacional de Iluminação (CIE) Em: <http://www.cie.co.at/Publications/index.php?i_ca_id=441>. Acesso em 30 de agosto de 2013.

FRIED, D.; GLENA, R.E.; FEATHERSTONE, J.D.B.; SEKA, W. Nature of light scattering in dental enamel and dentin at visible and near-infrared wavelengths. **Applied Optics**, v.34, n.7, p.1278-1285, 1995.

HATJÓ, J. **Anteriores - a beleza natural dos dentes anteriores**. São Paulo: Editora Santos, 2008.

HIRATA, R. Avaliação da refletância, transmitância direta e fluorescência de resinas Compostas. Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia. 2008.

HOLMES, B.N.; BRYAN, T.T. Aesthetic, opalescent cold-polymerizable dental materials. European Patent 0,533,434 A1. Paris, France: **European Patent Office**, 1993.

JOHNSTON, W.M. Color measurement in dentistry. **Journal of Dentistry**. v.375, p. e2-e9.

KINA, S.; BRUGUERA, A. **Invisível - restaurações estéticas cerâmicas**. Maringá: Dental Press, 2007.

KOBASHIGAWA, A.L.; ANGELETAKIS, C. Opalescence fillers for dental restorative composite. United States Patent 6,232,367. Alexandria, Virginia: **United States Patent and Trademark Office**, 2001.

LEE, Y. K.; LU, H.; POWERS, J. M. Measurement of opalescence of resin composites. **Dent Mater**, v. 21, n. 11, p. 1068-74, Nov 2005.

LEE, Y. K.; YU, B. Measurement of opalescence of tooth enamel. **J Dent**, v. 35, n. 8, p. 690-4, Aug 2007.

LEE, Y.K. Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. **Dent Mater**, v. 23, p.124-131. 2007.

LEE, Y.K.; POWERS, J.M. Color changes of resin composites in the reflectance and transmittance modes. **Dent Mater**, v.23, p. 259-264. 2007.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. **Dent Mater**, v. 22, n.7, p. 653-660, 2005.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Optical properties of four esthetic restorative materials after accelerated aging. **Am J Dent**, v. 19, p.155-158, 2006.

LOPES, L.C; FROTA, M.N. Controle metrológico da cor aplicado à estamperia digital de materiais têxteis. 142 p. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em metrologia, qualidade e inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

MCLAREN, E. A. Luminescent veneers. **J Esthet Dent**, v. 9, n. 1, p. 3-12, 1997.

NOVATSKI, A. Vidro aluminossilicato de cálcio dopado com Ti^{3+} ou Ce^{3+} para geração de alta taxa de luminescência e de luz branca inteligente. 163 p. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Física. Universidade Estadual de Maringá, 2009.

OLIVEIRA, D.F. Confiabilidade metrológica e validação de procedimentos espectroradiométricos para medição de fontes luminosas. 2006. 169 p. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em metrologia, qualidade e inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

PRIMUS, C. M. et al. Opalescence of dental porcelain enamels. **Quintessence Int**, v. 33, n. 6, p. 439-49, Jun 2002.

SCHMELING, M; MAIA, H.P; BARATIERI, L.N. Opalescence of bleached teeth. **J Dent**. v. 40, n. 1, p. 35-9. 2012.

SONG, SH.; YU, B.; AHN, J.S.; LEE, Y.K. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. **Acta Odontologica Scandinavica**. v.66, p. 236-242, 2008.

SEARS, F.W. **Física III Óptica**. Ao Livro Técnico S.A. 5° Ed. Rio de Janeiro , 1964.

SPTIZER D.; TEN BOSCH J.J.The absorption and scattering of light in bovine and human dental enamel. **Calcif. Tiss. Res**. V.17. p.129-137, 1975.

TEN BOSCH J.J.; COOPS J.C. Tooth Color and Reflectance as Related to Light Scattering and Enamel Hardness. **J Dent Res**, v.74, p. 374-380, 1995

YU, B; LEE, Y.K. Comparison of stabilities in translucency, fluorescence and opalescence of direct and indirect composite resins. **Eu. J. Esthet Dent**. v. 8, n. 2, p. 214-25. 2013.

YU, B; LEE, Y.K. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. **Jornal of Dentistry**. v. 36, n. 1, p. 840-6. 2008.

ARTIGO

Periódico a ser Submetido: Dental Materials (A1 Odontologia, Normas em Anexo 1)

1 INTRODUÇÃO

A exigência em relação a restaurações anteriores altamente estéticas tem aumentado consideravelmente. Atualmente, os pacientes têm buscado não somente saúde bucal, mas também um sorriso perfeito [1]. Um dos mais importantes quesitos almejados pelo paciente é a cor da restauração e sua aparência o mais semelhante possível ao dente natural [2]. Para isto, o conhecimento do cirurgião-dentista deve focar não somente os parâmetros tradicionais como o valor, matiz e croma [2], devendo se estender ao conhecimento profundo das propriedades ópticas dentárias, para que seja possível reproduzir com fidelidade estas características em seu trabalho restaurador. Há algum tempo a Física tem se aliado à Odontologia para estudos ópticos. Fried et al., em 1995 [3], observaram a natureza do espalhamento de luz no esmalte dental e dentina sob diversos comprimentos de onda, caracterizando algumas propriedades destes tecidos. Estudos como este dão a possibilidade de produzir materiais restauradores que reajam à luz incidente da mesma maneira que a dentição natural, para que haja a mimetização do resultado.

Uma das diversas propriedades ópticas dentárias é a opalescência do esmalte. A opalescência é um fenômeno óptico em que há dispersão de luz de ondas curtas do espectro visível, dando ao material uma aparência azulada sob a luz refletida e uma aparência laranjada/amarronzada sob a luz transmitida [4, 5, 6, 7]. Materiais e técnicas restauradoras que reproduzam esta característica darão à restauração uma aparência natural. A todo instante surgem no mercado diversos tipos de materiais e os fabricantes prometem cada vez mais a semelhança e compatibilidade à estrutura dentária. As especificações, muitas vezes são insuficientes para que o clínico conheça satisfatoriamente o material que está usando e possa empregá-lo adequadamente aos diversos tipos de situação. Além disso, até onde sabemos, não existe na literatura consultada

trabalhos que avaliem a propriedade de opalescência de resinas compostas fabricadas no Brasil comparativamente à estrutura dentária e à outros produtos comercializados no país e, particularmente, poucos trabalhos avaliam essa propriedade ao longo do tempo [6, 8].

A opalescência de cerâmicas odontológicas e de resinas indiretas tem sido estudada, sendo que os resultados mostram que o grau de opalescência varia entre os materiais e a metodologia empregada [5, 2, 9].

Em relação ao esmalte dentário, a literatura mostra que a seleção da amostra de esmalte e a configuração do espectrofotômetro são variáveis importantes, porém apresenta um valor de opalescência que poderia ser usado como referência no desenvolvimento de materiais estéticos [10].

Poucos trabalhos avaliaram a opalescência de resinas compostas diretas [6, 2, 11, 7], sendo que poucas marcas disponíveis no mercado atual foram analisadas. Estes estudos encontraram vários fatores que influenciaram o valor de opalescência, como a configuração do espectrofotômetro e a marca e tonalidade das resinas compostas [6], a tonalidade e a polimerização [2], metodologia empregada [11] e espessura da amostra [7]. Além disto, são necessários mais estudos para avaliar a estabilidade desta propriedade com o passar do tempo [6, 8].

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o parâmetro de opalescência (OP) e os espectros de refletância ($R(\lambda)$), transmitância ($T(\lambda)$) e do coeficiente de atenuação ($\sigma(\lambda)$), de resinas compostas em diferentes períodos de tempo.

2.2 Objetivos específicos

-Comparar a opalescência encontrada nas resinas compostas com a opalescência do esmalte;

-Avaliar a variação da opalescência em resinas compostas imediatamente após sua confecção e após 2, 7, 30, 60, 120 e 180 dias.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo

Este trabalho trata-se de um estudo *in vitro*.

3.2 Confeção dos corpos de prova

3.2.1 Esmalte Humano

Para a realização desta pesquisa, o projeto foi encaminhado e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (COPEP) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), CAAE 18623713.5.0000.0104 (Anexo 2).

Foram realizados 20 corpos de prova de esmalte medindo aproximadamente 5,0 mm de diâmetro por 0,30 mm de espessura, a partir de 10 terceiros molares humanos hígidos, extraídos por razões ortodônticas, provenientes do Banco de Dentes Humanos da UEM. As faces vestibulares e palatinas dos dentes foram cortadas com auxílio de um disco diamantado de precisão (Isomet1000 - Buehler) e a dentina foi desgastada com ponta diamantada esférica 1016 (KG Sorensen), em alta rotação, sob refrigeração abundante (Anexo 3).

3.2.2 Resina composta e sistema adesivo

Foram confeccionados 9 corpos-de-prova de 10 diferentes tonalidades de algumas marcas comerciais de resinas compostas disponíveis no mercado nacional, de acordo com a Tabela 1. Esses materiais foram escolhidos pelo fato de o fabricante declarar nos dados técnicos do produto, a característica de opalescência. Como grupo controle metodológico, foram confeccionados 9 corpos de prova do adesivo Ambar (FGM) que contém na sua composição matriz orgânica e partículas de carga em quantidade bem inferior em relação às resinas testadas. Os corpos de prova foram confeccionados com o auxílio de uma matriz metálica medindo 10,0 mm de diâmetro por 1,0 mm de espessura posicionada sobre uma lâmina de vidro e tira de papel celofane (polipropileno). A resina composta foi inserida cuidadosamente com espátula de resina nº 1 (CIGFT 1, Hu-Friedy), a fim de evitar a formação de bolhas.

Após preenchimento de toda a matriz, outra tira de papel celofane foi posicionada e outra lâmina de vidro foi pressionada contra a matriz, para permitir o extravasamento de excessos e a lisura superficial. Os corpos de prova foram fotopolimerizados com o auxílio de um aparelho Radii Plus (SDI), 40 segundos com a lâmina de vidro em posição, 20 segundos sem a lâmina e mais 40 segundos no lado oposto da amostra, totalizando 100 segundos, sendo então, removidos da matriz (Anexo 4).

O adesivo foi gotejado no interior da matriz, primeiramente 2 gotas fotopolimerizadas por 30 segundos, em seguida mais 2 gotas fotopolimerizadas por 30 segundos e para preencher toda a matriz, mais 3 gotas. A tira de papel celofane foi posicionada e a lâmina de vidro foi pressionada contra a matriz, para permitir o extravasamento de excessos e a lisura superficial. O adesivo foi fotopolimerizado por mais 30 segundos com a lâmina de vidro e 30 segundos sem a lâmina, totalizando 120 segundos.

Os corpos-de-prova de resina e adesivo foram marcados para que todas as leituras fossem realizadas do mesmo lado do material.

Tabela 1: Fabricantes, marcas, tonalidades e lotes das resinas compostas e sistema adesivo utilizados

Fabricante	Marca	Tonalidade	Símbolo	Lote
3MEspe	Z 350 XT	Ambar	Z350XT-AT	N398992BR
		Blue	Z350XT-BT	N375074BR
		Clear	Z350XT-CT	N367731BR
FGM	Llis	Incisal	LL-I	180912
	Opallis	T-neutral	OP-TN	210512 e 231012
		T-yellow	OP-TY	230512 e 141112
		T-blue	OP-TB	060812 e 261012
	Adesivo Ambar	AD	061212	
Miscerium	Enamel Plus HRI	OpalescentAmbar	EP-OA	2010006522
Ivoclar- Vivadent	EmpressDirect	Trans 20	ED-T20	R51424 e
		Trans 30	ED-T30	N49872 R47920

3.3 Armazenagem dos corpos de prova

A opalescência dos nove corpos de prova de resina composta de cada tonalidade de material foi medida imediatamente após a confecção. Após a medida inicial, as amostras foram armazenadas em recipientes de vidro, imersas em aproximadamente 20 mL de água destilada e estocadas em estufa a 37°C, simulando a temperatura corporal. Novas medidas foram realizadas após 48 horas de armazenagem e 7, 30, 60, 120 e 180 dias, nas mesmas condições. A água destilada presente no recipiente foi substituída mensalmente. Todas as amostras de dentes humanos ficaram armazenadas em recipientes de vidro, imersas em 20 mL água destilada.

3.4 Leitura dos espectros de refletância e transmitância

Foram obtidos os espectros de refletância ($R(\lambda)$) e transmitância ($T(\lambda)$), e a partir destes foram calculados o coeficiente de atenuação em função do comprimento de onda ($\sigma(\lambda)$) e o parâmetro de opalescência (OP) imediatamente após a confecção dos corpos-de-prova e após os períodos de estocagem de 2, 7, 30, 60, 120 e 180 dias. Para cada tempo foi realizada uma média dos nove corpos-de-prova avaliados, tomando-se o cuidado de realizar a leitura sempre do mesmo lado do material.

Para os esmaltes, foi realizada apenas a leitura imediata. Foram obtidos espectros em 4 partes dos corpos-de-prova, a fim de se obter uma média de toda a extensão obtida de esmalte.

Para a medida da opalescência foi empregada a técnica de espectrofotometria bem como, utilizou-se a escala de cor recomendada pela CIE em 1976 (Commission Internationale de l'Eclairage). Foram obtidos os espectros de transmitância e refletância das amostras utilizando um espectrofotômetro com esfera integradora (Perkin Elmer, modelo lambda 950 UV/Vis/Nir) com diâmetro de abertura de 6,0 mm, sendo a leitura realizada na região dos 380 aos 780 nm. A partir dos espectros obtidos foram calculadas, via software de aquisição, as coordenadas CIE L^* a^* b^* , sendo que L^* indica luminosidade, a^* valores vermelho/verde e b^* valores azul/amarelo [12] com o iluminante e campo do observador padrão D65 e 10°, respectivamente.

O parâmetro de opalescência (OP) foi calculado utilizando a seguinte equação:

$$OP = [(CIE a^*_T - CIE a^*_R)^2 + (CIE b^*_T - b^*_R)^2]^{1/2},$$

sendo que as letras T e R significam cor transmitida e refletida, respectivamente [12, 6].

Além disto, considerando o fato da heterogeneidade dos materiais avaliados, observou-se o coeficiente de atenuação, que foi calculado utilizando a seguinte equação:

$$-\frac{1}{l} \ln \left(\frac{T}{1-R} \right) = k + s = \sigma$$

Onde T é a transmitância e R é a refletância a fim de analisar as contribuições da absorção e do espalhamento, já que estas duas características não puderam ser medidas separadamente por limitações experimentais.

3.5 Análise dos dados

Os dados obtidos foram analisados com o uso do software Origin e estatisticamente através do teste ANOVA e Tukey, pelo Bioestat 5.3.

4 RESULTADOS

Os resultados do OP ao longo do tempo variaram, dependendo do material, sendo que alguns permaneceram constantes desde os períodos iniciais, outros aumentaram com o passar do tempo e, ainda, outros aumentaram nos intervalos até 7 dias e posteriormente, permaneceram constantes. A variação do OP foi considerada em relação às amostras imediatas. A Figura 1 e a Tabela 2 apresentam a comparação entre os valores do OP para os diferentes materiais em função do tempo.

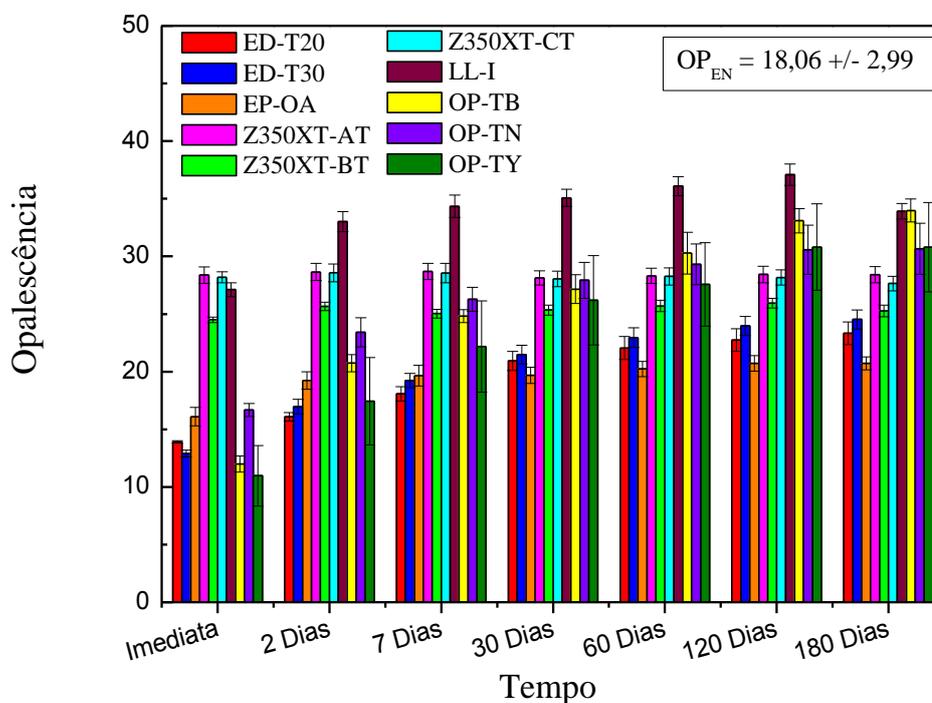


Figura 1: Comparação dos valores do OP entre os diferentes períodos de tempo, para cada material. OP_{EN} é o valor médio de OP calculado para o esmalte.

Tabela 2: Comparação dos valores do OP entre os diferentes períodos de tempo, para cada material.

MATERIAL	Imediata		2 Dias		7 Dias		30 Dias		60 Dias		120 Dias		180 Dias	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
ED-T20	13,91	0,10	16,09*	0,37	18,07*	0,62	20,93	0,83	22,05 ^a	0,99	22,73 ^{a,b}	0,98	23,34 ^b	0,98
ED-T30	12,9	0,30	16,97*	0,63	19,23*	0,62	21,48	0,82	22,95 ^c	0,85	23,97 ^{c,d}	0,83	24,53 ^d	0,83
EP-OA	16,10*	0,79	19,23 ^{*e}	0,75	19,65 ^{*e}	0,89	19,68 ^{*e,f}	0,70	20,23 ^{*e,f}	0,65	20,72 ^{*f}	0,68	20,72 ^{*f}	0,57
Z350XT-AT	28,37 ^g	0,71	28,64 ^g	0,74	28,68 ^g	0,70	28,13 ^g	0,62	28,31 ^g	0,66	28,43 ^g	0,71	28,41 ^g	0,69
Z350XT-BT	24,50 ^h	0,24	25,66 ^h	0,36	25,03 ^h	0,38	25,34 ^h	0,44	25,70 ^h	0,49	25,93 ^h	0,42	25,27 ^h	0,50
Z350XT-CT	28,19 ⁱ	0,47	28,57 ⁱ	0,78	28,54 ⁱ	0,84	28,05 ⁱ	0,67	28,26 ⁱ	0,75	28,17 ⁱ	0,67	27,64 ⁱ	0,63
LL-I	27,11	0,60	33,01 ^j	0,87	34,34 ^k	0,97	35,07 ^{k,l,m}	0,74	36,10 ^{l,n}	0,83	37,09 ⁿ	0,93	33,92 ^{j,k,m}	0,67
OP-TB	11,98	0,70	20,74	0,74	24,82	0,55	27,16	1,24	30,28	1,81	33,09 ^o	1,06	33,98 ^o	0,99
OP-TN	16,68*	0,57	23,41	1,26	26,28 ^p	1,03	27,92 ^{p,q}	1,57	29,31 ^{q,r}	1,76	30,57 ^r	2,14	30,66 ^r	2,21
OP-TY	10,97	2,62	17,43 ^{*s}	3,79	22,18 ^{s,t}	3,97	26,20 ^u	3,87	27,57 ^u	3,61	30,81 ^u	3,75	30,80 ^u	3,88
AD	7,05 ^v	1,87	8,86 ^{v,w}	1,84	9,76 ^w	1,86	9,92 ^w	1,64	10,75 ^w	2,31	10,15 ^w	1,53	10,45 ^w	1,46
EN	18,06*	2,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Símbolos (*) semelhantes não apresentam diferenças com o esmalte

- Letras iguais não apresentam diferenças entre os períodos de tempo analisados ($p < 0,05$)

- DP= desvio padrão

O OP encontrado para o EN foi de $18,06 \pm 2,99$. Para o adesivo AD, o OP variou de $7,05 \pm 1,87$ a $10,75 \pm 2,31$.

A resina EP-OA foi o material que apresentou valores de OP em função do tempo ($16,10 \pm 0,79$ a $20,72 \pm 0,57$) estatisticamente ($p < 0,05$) semelhantes ao EN, durante todo o período avaliado. As resinas Z350XT-AT, Z350XT-BT e Z350XT-CT apresentaram OP estável durante todo o período avaliado; entretanto, quando comparados ao OP do EN, os valores foram bem superiores. Na avaliação imediata, por exemplo, as resinas Z350XT-AT, Z350XT-BT e Z350XT-CT apresentaram um valor de OP de $28,37 \pm 0,71$, $24,50 \pm 0,42$ e $28,19 \pm 0,47$, respectivamente. Os valores de OP para as resinas ED-T20 e ED-T30 aumentaram até 7 dias e, exceto na avaliação imediata, foram estatisticamente semelhantes ao EN durante este período; posteriormente, permaneceram constantes. Para as resinas LL-I, OP-TB, OP-TN e OP-TY houve uma variação do OP durante todo o período avaliado, sendo que a diferença mais marcante ocorreu entre a medida imediata e após 2 dias.

Para que fosse possível comparar os espectros em função dos diferentes períodos, realizou-se a normalização dos espectros de $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$ em 650 nm. O $\sigma(\lambda)$ foi corrigido também com relação ao comprimento de onda de 650 nm. A região de 650 nm foi escolhida como referência por não apresentar nenhuma banda para as amostras imediatas e em função do tempo.

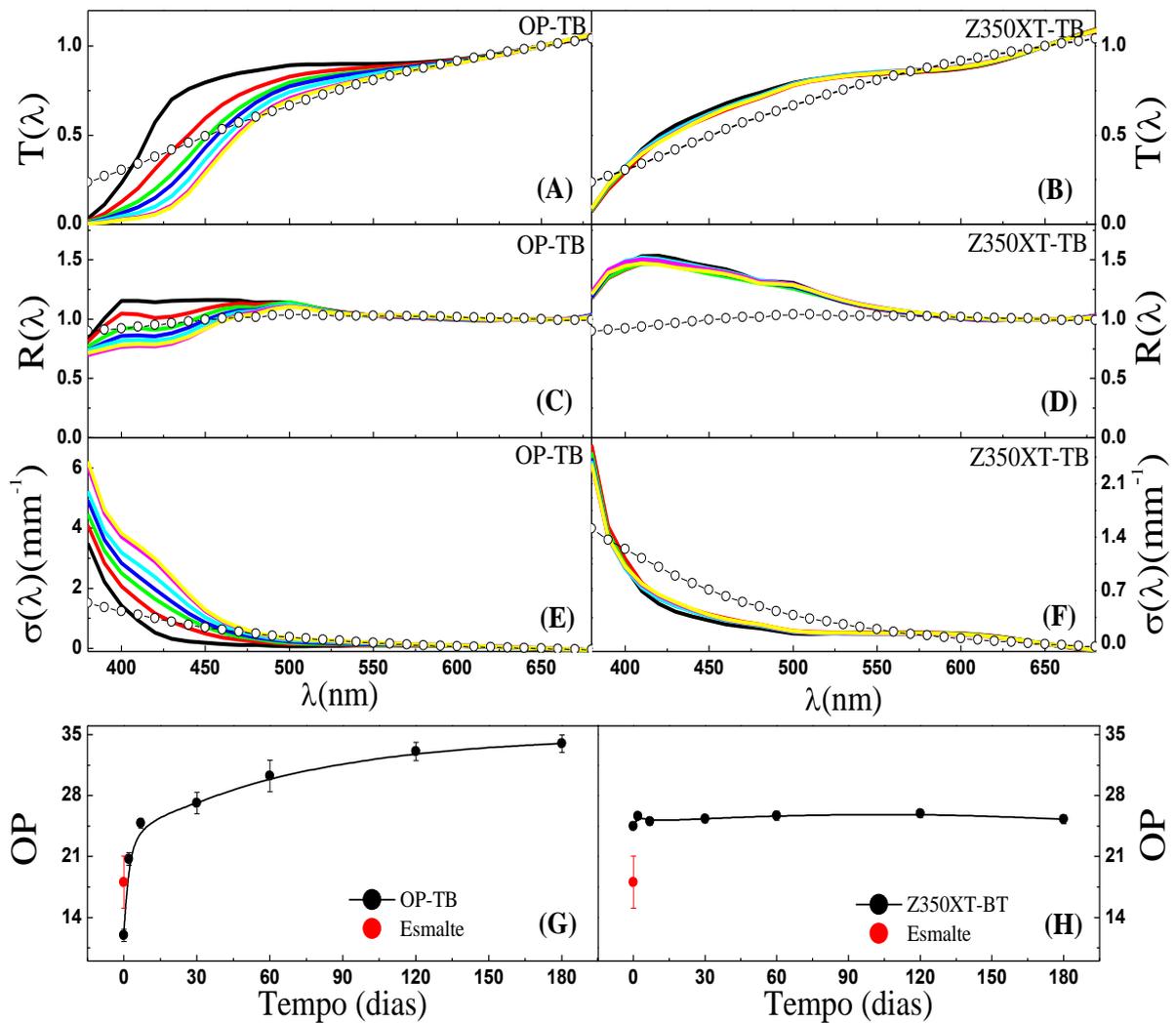


Figura 2: Comparação entre o comportamento de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e OP das resinas Z350XT-BT e OP-TB. (A) e (B) são os espectros de $T(\lambda)$; (C) e (D) são os espectros de $R(\lambda)$; (E) e (F) são os $\sigma(\lambda)$; (G) e (H) são o OP para amostras OP-TB e Z350XT-BT, respectivamente. As linhas sólidas de (A) até (F) representam as medidas em função do tempo sendo as cores; preta: imediata, vermelha: 2 dias, verde: 7 dias, azul escura 30 dias, azul clara 60 dias, magenta 120 dias, amarela 180 dias e os círculos abertos representam o esmalte. Em (G) e (H) tempo igual a zero indica a medida imediata.

Para as resinas indicadas na Fig. 2, o comportamento de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$ para a amostra OP-TB variou com o tempo de envelhecimento, mostrando um decréscimo para $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$ e, em contrapartida, um aumento do $\sigma(\lambda)$. Já

para as amostras Z350XT-BT, $R(\lambda)$, $T(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$ mostraram-se invariantes durante os mesmo períodos. Comparativamente aos espectros do EN dentário, as amostras mostraram algumas diferenças. Por exemplo, a $R(\lambda)$ (Fig. 1(C)) da Z350XT-BT mostrou uma banda na região do azul (~410 nm) ausente no EN, e as amostras OP-TB (Fig. 1(B)) apresentaram bandas próximas à região do azul 430 nm para $T(\lambda)$ e 403 nm para $R(\lambda)$, aparentemente ausentes no EN. A reflexão é o parâmetro que sofre maior influência das condições de superfície da amostra, e ainda as resinas possuem cromóforos absorvedores e partículas espalhadoras o que dificulta sua medida, acarretando em diferença dos espectros de reflexão das resinas comparadas ao EN (Fig. 1(C-D)). Entretanto, o comportamento geral com maior transmitância na região alaranjado/vermelho (~630 nm) foi verificado para ambas as amostras.

Com relação ao $\sigma(\lambda)$, apesar da banda próxima a 420 nm para a amostra OP-TB, ausente no EN, existiu a mesma tendência de queda em função do aumento do comprimento de onda para ambas as amostras, tal como no EN. O OP mostrou aumento para a resina OP-TB (Fig. 1(G)) e estabilidade para Z350XT-BT (Fig. 1(H)) em função do tempo, mas os valores de OP para Z350XT-BT foram maiores que o do EN. Já para a amostra OP-TB o valor mais próximo ao do EN foi para o tempo de 2 dias.

Os dados das demais resinas não estão apresentados, mas a Z350XT-AT e Z350XT-CT mostraram comportamento semelhante à amostra Z350XT-BT para $T(\lambda)$, R $T(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$.

As resinas ED-T20 e ED-T30 mostraram-se mais refletoras para regiões próximas ao azul (~430 nm). Entretanto, com o tempo de envelhecimento, houve um decréscimo nesta região de $R(\lambda)$, tornando as amostras mais refletoras para região acima de 500 nm, próxima ao vermelho. A $T(\lambda)$ aumentou com o comprimento de onda, ou seja, transmitiu mais nas regiões próximas ao vermelho, e sua intensidade decresceu, próximo ao azul, com o tempo de envelhecimento. O $\sigma(\lambda)$ aumentou com o tempo na região próxima a 430 nm e decresceu com o aumento do comprimento de onda.

As resinas OP-TB, OP-TN, OP-TY e LL-I mostraram comportamento semelhante às resinas ED-T20 e ED-T30 para $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$; entretanto, o $\sigma(\lambda)$ apresentou um deslocamento para maiores comprimentos de onda, sendo o

centro da banda da amostra imediata em ~ 420 nm e, para 180 dias, de ~470 nm.

As amostras EN-OA apresentaram $R(\lambda)$ semelhante ao do EN e, exceto para a amostra imediata, não houve variação da refletância com relação ao tempo de envelhecimento. A $T(\lambda)$ aumentou com o comprimento de onda e não variou com o tempo. O $\sigma(\lambda)$ decresceu com o comprimento de onda e também permaneceu constante durante o tempo de envelhecimento.

O adesivo AD mostrou $R(\lambda)$ constante do comprimento de onda e $T(\lambda)$ com maior intensidade para regiões próximas ao vermelho. Ambos não sofreram variação com o tempo de envelhecimento. O comportamento de $\sigma(\lambda)$ aumentou com o tempo (~ 450 nm) e decresceu com o aumento do comprimento de onda.

As Figuras 3 (A) e (B) apresentam os diagramas de cromaticidade das resinas Z350XT-BT e OP-TB, respectivamente. Estes diagramas representam as cores de um determinado material no espaço de cores xy. Para a resina Z350XT-BT tanto a refletância quanto a transmitância permanecem constantes em função do tempo, já para a resina OP-TB há um deslocamento para região do amarelo/laranja para $T(\lambda)$ e $R(\lambda)$ indicando que amostra ficou mais amarelada com o tempo. Entretanto em termos de cores, a resina OP-TB tem valores mais próximos ao do esmalte comparada a resina Z350XT-BT para a $R(\lambda)$. Para a $T(\lambda)$ a amostra Z350XT-BT fica próxima a cor do esmalte, e a resina OP-TB tem a cor mais próxima do esmalte para o tempo de 7 dias. As demais resinas não têm seus diagramas de cromaticidade mostrados.

Para as resinas Z350XT-AT e CT, EP-OA e o adesivo AD o comportamento das cores para $T(\lambda)$ e $R(\lambda)$ foram semelhantes a Fig.2 (A), já para as amostras ED-T20 e T30, OP-TB, TN e TY e LL-I houve deslocamento para a cor amarela tanto para $T(\lambda)$ como para $R(\lambda)$.

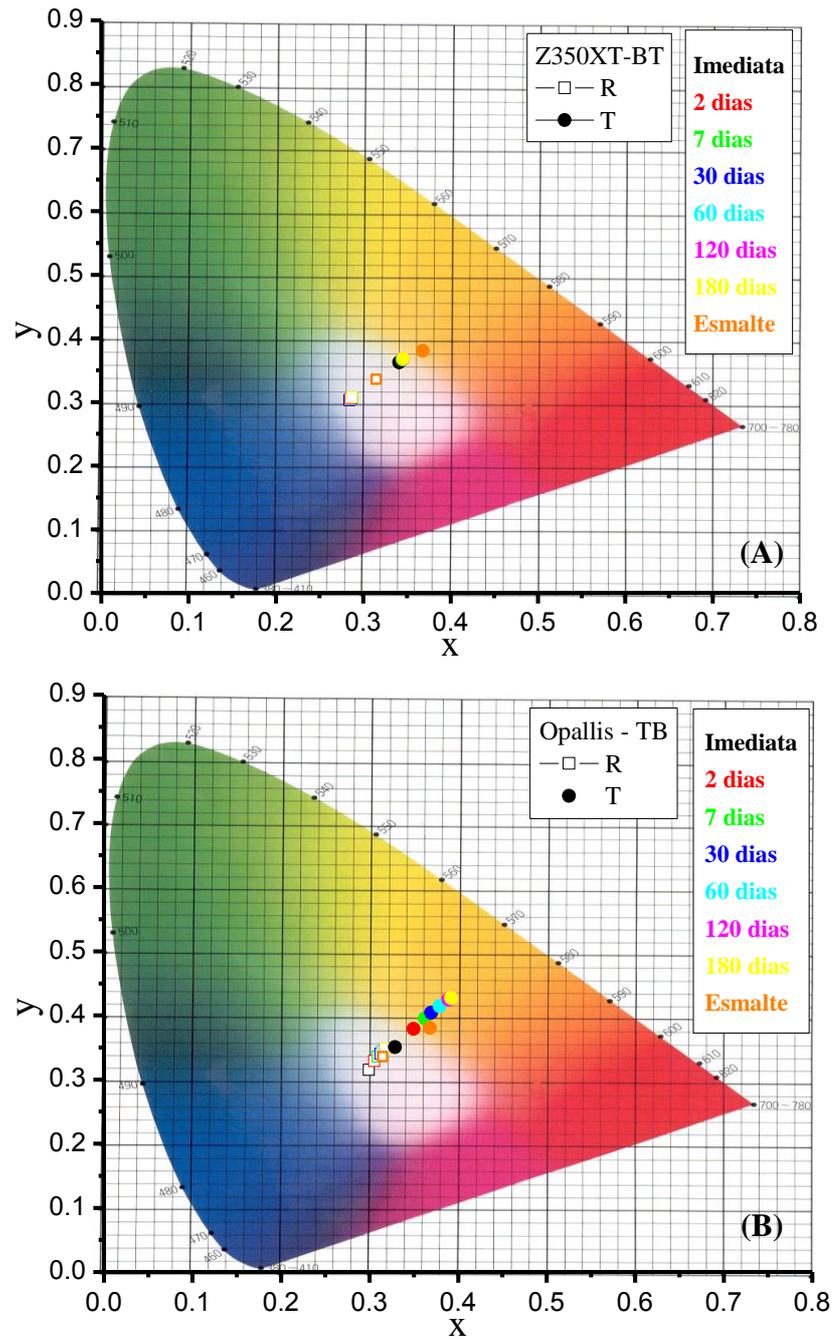


Figura 3: Diagramas de cromaticidade para as coordenadas x e y das resinas (A) Z350XT-BT e (B) OP-TB em função do tempo de estocagem comparados ao esmalte. Os quadrados abertos representam as coordenadas xy para refletância e os círculos fechados as coordenadas xy para a transmitância.

DISCUSSÃO

Ao compararmos o valor de OP do esmalte calculado, observamos em outros estudos resultados semelhantes. Utilizando diferentes técnicas, porém o mesmo cálculo do OP, outros autores [10] encontraram valores médios de $22,9 \pm 1,9$ para o esmalte humano. Segundo os autores, estes valores poderiam ser utilizados para o desenvolvimento de materiais odontológicos. Já para Kobashigawa et al., (2001) [12], materiais que apresentassem valor de OP acima de 9 já poderiam ser considerados opalescentes.

Lee, Lu, Powers, 2005 [6], ao avaliar resinas compostas, utilizando o mesmo cálculo do OP, com técnicas diferentes, encontraram valores entre 5,9 e 23,7. Arimoto et al., 2010 [7], também através do mesmo cálculo e outra metodologia, obtiveram valores entre 18,9 a 21,2 para amostras de resina na espessura de 1 mm.

Neste trabalho, considerando as resinas compostas avaliadas, observamos valores médios entre 10,97 até 37,9, sendo assim, todas poderiam ser consideradas opalescentes considerando o trabalho de Kobashigawa et al., (2001) [12]. Comparando os resultados com o valor encontrado para o esmalte, ao analisar os valores de opalescência no tempo inicial, observa-se que apenas duas das resinas avaliadas (OP-TN e EP-OA) apresentaram semelhança com os valores encontrados para o esmalte humano. Entretanto, acompanhando o período de envelhecimento a resina OP-TN mostra aumento do valor do OP até 180 dias, enquanto que EP-OA também aumenta para 2 dias, com a variação menor com relação à OP-TN, mas se matem constante até os 180 dias. O diagrama de cores da resina OP-TN (Fig. 3b) indica um deslocamento para regiões de cor amarelo/alaranjado tanto para $R(\lambda)$ como $T(\lambda)$ em função do tempo, ao contrário de EP-AO (Fig. 3a) que se mostra constante quando comparado a OP-TN. Ao analisarmos as coordenadas a^* e b^* , do sistema de cor $L^*a^*b^*$, nota-se, comparando as duas resinas com o esmalte, que a coordenada que apresenta maior variação desde o tempo inicial até 180 dias é a coordenada b_T^* , sendo aproximadamente Δb_T^* de OP-TN seis vezes maior que Δb_T^* de EP-OA ($b > 0$), e ainda b_T^* é o parâmetro que apresenta maior ordem de grandeza comparados a a_R^* , a_T^* e b_R^* .

Como o OP depende das coordenadas a_R^* , a_T^* , b_R^* e b_T^* , e sendo b_T^* o que possui maior magnitude entre eles para as resinas analisadas neste trabalho, é considerável que o parâmetro dominante sobre o OP é o b_T^* . De maneira geral, as resinas que apresentam maiores valores e crescentes de b_T^* até 180 dias são ED-T20 e T-30, LL-I, OP-TB, TN e TY, já as amostras EP-OA, Z350XT-AT, BT e CT também apresentam valores para b_T^* próximos aos valores do esmalte, e estes são constantes em função do tempo, comparativamente as demais resinas.

Apesar das resinas Z350XT-AT, Z350XT-BT e Z350XT-CT apresentarem estabilidade do OP durante todo o período avaliado, foram as que apresentaram maior valor de opalescência na medida imediata e distanciaram-se do valor do esmalte. Observando os valores de b_T^* para estas resinas nota-se que apresentam os maiores valores dentre as resinas analisadas, em torno de 17, o que indica novamente que o OP é condicionado aos valores de b_T^* .

A resina EP-OA foi a única resina com valores do OP sem diferença estatística em comparação ao esmalte durante todo o período avaliado. Outro trabalho [13] mostrou que esta resina possui comportamento óptico muito semelhante ao esmalte natural, graças ao índice de refração idêntico de 1,62 [13].

Em relação as características óticas das resinas analisadas as que apresentam maior variação do OP com o tempo também mostraram mudanças em $R(\lambda)$, $T(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$. De forma geral as resinas ficaram separadas em dois grupos: (1) Z350XT-AT, BT, CT e EP-OA e (2) ED-T20, ED-T30, LL-I, OP-TB, OP-TN e OP-TY com $R(\lambda)$, $T(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$ estáveis e instáveis com o tempo, respectivamente. Para o grupo (1) com características óticas estáveis, o OP também sofreu pouca variação com o tempo, comparado ao grupo (2). Na região do espectro entre 400 e 470 nm na qual o grupo (2) apresentou bandas em $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$, houve aumento $\sigma(\lambda)$ para a amostra ED-T20 e deslocamentos em direção a maiores comprimentos de onda para as demais resinas do mesmo grupo.

Este comportamento mostra que as resinas envelhecidas estão absorvendo e/ou espalhando mais com relação ao tempo inicial, podendo indicar que algum cromóforo ligado a um auxocromo, grupo saturado que altera

tanto o comprimento de onda como a intensidade da absorção, ou partícula espalhadora esteja atuando de forma mais predominante sobre os demais componentes das resinas durante o tempo de estocagem. O comportamento instável do OP é uma consequência desta instabilidade das características óticas com o tempo, já que é calculado com valores das coordenadas do sistema CIEL*a*b obtidos dos espectros $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$. É possível verificar ainda que para as resinas do grupo (2) o deslocamento observado no diagrama de cores para região do amarelo/alaranjado reflete a diminuição de $R(\lambda)$ e $T(\lambda)$ na região entre 400 – 470 nm, região do azul, indicando que as resinas estão absorvendo e/ou espalhando mais nesta região, assim o sinal transmitido e refletido das amostras detectado pelo espectrofotômetro decresce com relação ao tempo.

Para as amostras do grupo (2) os espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$ permaneceram estáveis durante os 180 dias estocados, resultando em OP também estáveis no mesmo período.

Ao avaliar resinas compostas, ionômero de vidro, ionômero de vidro modificado por resina e compômero [8], também foi observado aumento da opalescência após o envelhecimento acelerado dos materiais. Da mesma forma, eles observaram que os valores de a^* diminuíram e b^* aumentaram, especialmente os valores de b^* para os materiais a base de ionômero de vidro, que também foram os que apresentaram maior aumento do OP [8].

As resinas avaliadas têm como fotoiniciador a canforoquinona. De acordo com a literatura [14], o pico máximo de absorção encontra-se em 468 nm, mostrando que as alterações encontradas poderiam ser devido ao tempo de fotopolimerização das amostras e algumas moléculas da parte orgânica que poderiam, não estar polimerizadas na medida inicial. Além disto, observa-se que a maior variação encontrada se dá entre a medida inicial e a medida de 2 dias. Nas resinas OP-TB, OP-TN, OP-TY e LL-I isto se torna bem claro, já que os valores de OP tem seu aumento mais significativo neste período. Isto pode ser comprovado também já que a maioria das resinas que sofre alteração com o tempo, estabilizam em algum período, como por exemplo, as resinas ED-T20 e ED-T30 que se tornam estáveis a partir de 60 dias.

Em trabalho que se avalia o valor do OP antes e após a fotopolimerização de resinas compostas, observa-se que os valores do OP diminuíram de 25,6 para 19,9 após a fotopolimerização da resina direta avaliada [2], diferente do aumento encontrado neste estudo.

De acordo com Shnider et al., 2012 [15], altas concentrações de canforoquinona em resinas compostas pode afetar negativamente a estética, devido à intensa cor amarelada que a molécula apresenta. Nos diagramas de cromaticidade, é possível observar o gradual deslocamento da maioria das resinas para região do amarelo.

O AD apresentou valores de OP baixos, variando de $7,05 \pm 1,87$ a $10,75 \pm 2,31$. Da mesma forma, apresentou comportamento de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$ estáveis ao longo do tempo. O adesivo foi utilizado como controle negativo, pois de acordo com o fabricante, apresenta menor quantidade de partículas de carga, sendo assim, era esperado que apresentasse valores de OP mais baixos.

Apesar das resinas apresentarem alto valor de opalescência, o parâmetro de opalescência pode não ser um critério ideal para avaliar as vantagens de se utilizar uma resina que apresente esta característica.

O OP pode ser um parâmetro questionável, quando correlacionado a variação de cor na amostra, já que sua estabilidade com o tempo de estocagem pode não refletir uma alteração de cor. É importante salientar que o comportamento das propriedades medidas, e conseqüentemente calculadas, são para as condições de experimentais deste trabalho, outras condições podem acarretar em resultados diferenciados.

CONCLUSÕES

- Em relação ao esmalte, o OP das diferentes marcas comerciais de resinas compostas avaliadas neste estudo variou significativamente. Apenas a resina EP-OA apresentou OP semelhante ao esmalte em todo o período avaliado. Com o decorrer do tempo, o OP da maioria das marcas comerciais, aumentou significativamente.

- Os espectros de refletância, transmitância e o coeficiente de atenuação acompanharam a variação do OP.

- A aplicação clínica do parâmetro de opalescência é questionável.

REFERÊNCIAS

1. JOINER, A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*. 2004; 32: 3-12.
2. SONG, SH.; YU, B.; AHN, J.S.; LEE, Y.K. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2008; 66: 236-242.
3. FRIED, D.; GLENA, R.E.; FEATHERSTONE, J.D.B.; SEKA, W. Nature of light scattering in dental enamel and dentin at visible and near-infrared wavelengths. *Applied Optics*. 1995; 34(7): 1278-1285.
4. MCLAREN, E. A. Luminescent veneers. *J Esthet Dent*. 1997; 9(1): 3-12.
5. PRIMUS, C. M. et al. Opalescence of dental porcelain enamels. *Quintessence Int*. 2002; 33(6): 439-49.
6. LEE, Y. K.; LU, H.; POWERS, J. M. Measurement of opalescence of resin composites. *Dent Mater*. 2005; 21(11): 1068-74.
7. ARIMOTO, A. et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dent Mater*. 2010; 26(11): 1090-
8. LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. *Dent Mater*. 2006; 22(7): 653-660.
9. YU, B; LEE, Y.K. Comparison of the color stability of flowable and universal resin composites. *American journal of dentistry*. 2009; 22(3):160-4.
10. LEE, Y. K.; YU, B. Measurement of opalescence of tooth enamel. *J Dent*. 2007; 35(8): 690-4.

11. YU, B; LEE, Y.K. Difference in opalescence of restorative materials by the illuminant. *Dent Mater.* 2009; 25: 1014-1021.

12. KOBASHIGAWA, A.L.; ANGELETAKIS, C. Opalescence fillers for dental restorative composite. United States Patent 6,232,367. Alexandria, Virginia: United States Patent and Trademark Office, 2001.

13. VANINI, L. Entrevista – Restaurações com compósitos. *Revista Clínica: International Journal of Brazilian Dentistry.* 2012; 8(2): 32-33.

14. FRANCO, E.B.; LOPES, LG. Conceitos atuais na polimerização de sistemas restauradores resinosos. *Revista Biodonto.* 2003; 1(2): 61pp.

15. SCHNEIDER, L.F.J. et al. Curing efficiency of dental resin composites formulated with camphoroquinone or trimethylbenzoyl-diphenyl-phophine oxide. *Dent Mater.* 2012; 28: 392-397.

ANEXOS

Anexo 1: Normas para publicação da Revista Dental Materials

Guide for Authors

Authors are requested to submit their original manuscript and figures via the online submission and editorial system for Dental Materials. Using this online system, authors may submit manuscripts and track their progress through the system to publication. Reviewers can download manuscripts and submit their opinions to the editor. Editors can manage the whole submission/review/revise/publish process. Please register at: <http://ees.elsevier.com/dema>.

Dental Materials now only accepts online submissions.

The Artwork Quality Control Tool is now available to users of the online submission system. To help authors submit high-quality artwork early in the process, this tool checks the submitted artwork and other file types against the artwork requirements outlined in the Artwork Instructions to Authors on www.elsevier.com/artworkinstructions. The Artwork Quality Control Tool automatically checks all artwork files when they are first uploaded. Each figure/file is checked only once, so further along in the process only new uploaded files will be checked.

Manuscripts

The journal is principally for publication of **Original Research Reports**, which should preferably investigate a defined hypothesis. Maximum length 6 journal pages (approximately 20 double-spaced typescript pages) including illustrations and tables.

Systematic Reviews will however be considered. Intending authors should communicate with the Editor beforehand, *by email*, outlining the proposed scope of the review. Maximum length 10 journal pages (approximately 33 double-spaced typescript pages) including figures and tables.

Three copies of the manuscript should be submitted: each accompanied by a set of illustrations. The requirements for submission are in accordance with the "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals", *Annals of Internal Medicine*, 1997, 126, 36-47. All manuscripts must be written in American English. Authors are urged to write as concisely as possible.

The Editor and Publisher reserve the right to make minimal literary corrections for the sake of clarity. Authors for whom English is not the first language should have their manuscripts read by colleagues fluent in English. If extensive English corrections are needed, authors may be charged for the cost of editing. For additional reference, consult issues of *Dental Materials* published after January 1999 or the Council of Biology Editors Style Manual (1995 ed.).

All manuscripts should be accompanied by a **letter of transmittal**, signed by each author, and stating that the manuscript is not concurrently under consideration for publication in another journal, that all of the named authors were involved in the work leading to the publication of the paper, and that all the named authors have read the paper before it is submitted for publication.

Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety.

Manuscripts not conforming to the journal style will be returned. In addition, manuscripts which are not written in fluent English will be rejected automatically without refereeing.

Format

General

- number all pages consecutively.
- type double-spaced on A4 or 8.5 x 11-inch bond paper, with margins of 30 mm.
- double-space references.
- indent or space paragraphs.
- arrange article in the following order: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figures, Captions.
- start each section on a separate page.

Title page

- Title (capitalize the first letter of the first word) e.g. Comparison of the color stability of ten new composites.
- Authors (first name, middle initial, surname) e.g. Kenneth J. Anusavice 1, Victoria Marker 2
- Authors' addresses (abbreviated) e.g.
1 Department of Biomaterials, University of Florida, Gainesville, Florida, USA
2 Department of Biomaterials Science, Baylor College of Dentistry, Dallas, Texas, USA
- Short Title (45 characters) e.g Color stability of composites
- **Corresponding Author details (essential): Name, complete address, phone, fax, and E-mail numbers**

Abstract (structured format)

- 250 words or less.
- subheadings should appear in the text of the abstract as follows: Objectives, Methods, Results, Significance. (For Systematic Reviews: Objectives, Data, Sources, Study selection, Conclusions). The Results section may incorporate small tabulations of data, normally 3 rows maximum.

Keywords

Up to 10 keywords should be supplied e.g. dental material, composite resin, adhesion.

Introduction

This must be presented in a structured format, covering the following subjects, although actual subheadings should not be included:

- succinct statements of the issue in question;
- the essence of existing knowledge and understanding pertinent to the issue (reference);
- the aims and objectives of the research being reported relating the research to dentistry, where not obvious.

Materials and methods

- describe the procedures and analytical techniques.
- only cite references to published methods.
- include at least general composition details and batch numbers for all materials.
- identify names and sources of all commercial products e.g.
"The composite (Silar, 3M Co., St. Paul, MN, USA)..."
"... an Au-Pd alloy (Estheticor Opal, Cendres et Metaux, Switzerland)."
- specify statistical significance test methods.

Results

- refer to appropriate tables and figures.
- refrain from subjective comments.
- make no reference to previous literature.
- report statistical findings.

Discussion

- explain and interpret data.
- state implications of the results, relate to composition.
- indicate limitations of findings.
- relate to other relevant research.
- suggest directions for future research.

Conclusion (if included)

- must NOT repeat Results or Discussion
- must concisely state inference, significance, or consequences

Acknowledgements

As appropriate, e.g.:

"Based on a thesis submitted to the graduate faculty, University of Virginia, in partial fulfilment of the requirements for the M.S. degree."

"This investigation was supported in part by Research Grant DE 00000 from the National Institute of Dental Research, Bethesda, MD 20892."

References - must now be given **according to the following numeric system**:

Cite references in text in numerical order. Use square brackets: in-line, not superscript e.g. [23]. All references must be listed at the end of the paper, double-spaced, without indents. For example:

1. Moulin P, Picard B and Degrange M. Water resistance of resin-bonded joints with time related to alloy surface treatments. *J Dent*, 1999; 27:79-87.

2. Taylor DF, Bayne SC, Sturdevant JR and Wilder AD. Comparison of direct and indirect methods for analyzing wear of posterior composite restorations. *Dent Mater*, 1989; 5:157-160.

Avoid referencing abstracts if possible. If unavoidable, reference as follows:

3. Demarest VA and Greener EH . Storage moduli and interaction parameters of experimental dental composites. *J Dent Res*, 1996; 67:221, Abstr. No. 868.

Tables and figures

All tables and figures must be thoroughly discussed in the text of the manuscript.

Tables

- one table to a page, each with a title.
- number tables in order of mention using Arabic numerals.
- must be able to "stand alone" apart from text.
- when appropriate, standard deviations of values should be indicated in parentheses; (do NOT use \pm notation).
- results of statistical analysis must be included, use superscript letters to indicate significant differences.
- for explanatory footnotes, use symbols (*, #, **, ##).

Figures

- Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text. Images to be supplied separately in jpg, gif or other graphics file.
- only black and white photographs for print publication.
- omit titles and other information contained in the figure caption.
- maximum of 6 figures per manuscript.
- figures grouped together should have similar dimensions and be labelled "a, b, c", etc.
- place magnification markers directly on the micrographs.
- authors should consider that the majority of figures will be reduced to the width of a single column (approximately 85 mm). Preferably figures should exactly match, or be no more than 1.5 times that width.
- authors can indicate if they feel a figure should be full page width.

Dental Materials has been selected for inclusion in a new 'colourful e-products' workflow. Figures that appear in black and white in the printed version of the journal can be IN COLOUR, online, in ScienceDirect. Authors wishing to make use of this facility should ensure that 1. the artwork is in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and at the correct resolution 2. RGB colourspace is used and 3. for colour online and black and white in print, both colour and black and white artwork (file and/or hardcopy) is provided. **There will be no charges to the authors for colour figures online.**

Graphs

- unique, concise axis labels; do not repeat the Figure caption.
- uniform size for graphs of similar type.
- type size that will be easily read when the graph is reduced to one column width.
- lines that are thick and solid (100% black).

Captions to tables and figures

- list together on a separate page.
- should be complete and understandable apart from the text.
- include key for symbols or abbreviations used in Figures.
- individual teeth should be identified using the FDI two-digit system.

General Notes on Text

Abbreviations and acronyms: terms and names to be referred to in the form of abbreviations or acronyms must be given in full when first mentioned.

Correct Usage

- use S.I. units (International System of Units). If non-SI units must be quoted, the SI equivalent must immediately follow in parentheses.

- use correct symbols for μ , L (as in μ m, mL, etc.)
- put leading zeros in all numbers less than 1.0
- write out number of ten or fewer (ten rats) except when indicating inanimate quantities (10 mL)
- always use digits for dates, dimensions, degrees, doses, time, percentages, ratios, statistical results, measurements, culture cells, and teeth.
- the complete names of individual teeth must be given in the text.

General Policy

- receipt of manuscripts will be acknowledged.
- after initial review, authors will be notified of status.
- every effort is made to obtain timely reviews; please remember that the referees and the editor are volunteers.
- a list of revisions and responses to reviewers' critiques must accompany resubmitted revised manuscripts.

On Submission: Agreement, by the act of ticking a box, to the statement, "This paper has been compiled with the knowledge, input and approval of all the named authors."

On acceptance, authors will be required to sign a **transfer of copyright agreement**. If figures, tables, or other excerpts, are included from copyrighted works the author is responsible for obtaining written permission from the copyright holder prior to submitting the final version of the paper. Full credit must be given to such sources.

Offprints and page charges: no page charges are levied on articles published in *Dental Materials*. Each corresponding author receives 25 offprints of their article free of charge after it has been published; they will also have the opportunity to order additional copies.

Submission Package Checklist:

- *letter of transmittal* signed by all authors.
- One electronic copy of the manuscript.
- One electronic copy of each image and table, all labelled.

For further guidance on electronic submission, please contact Author Services, Log-In Department, Elsevier Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK. E-mail: authors@elsevier.co.uk, fax: +44 (0)1865 843905, tel: +44 (0)1865 843900.

Anexo 2: Documento de aprovação da pesquisa pelo COPEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da opalescência do esmalte dentário e de resinas compostas odontológicas

Pesquisador: Raquel Sano Suga Terada

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 18623713.5.0000.0104

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Maringá

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 448.245

Data da Relatoria: 07/10/2013

Apresentação do Projeto:

Este trabalho trata-se de um estudo in vitro. O objetivo da pesquisa é avaliar a absorbância e a opalescência de dentes humanos e resinas compostas em diferentes períodos de tempo. O projeto terá financiamento próprio, e o início dos trabalhos está previsto para 01/11/2013. Serão confeccionados 10 corpos de prova (CP) de esmalte humano (5,0 mm x 0,3 mm) e 10 CP (10,0 mm x 1,0 mm) de 12 diferentes tonalidades de marcas comerciais de resinas compostas disponíveis no mercado nacional: Charisma Opal (Heraeus Kulzer), Empress Direct (Ivoclar Vivadent), Enamel Plus (HFO), Filtek Z350 XT (3M Espe), Llis (FGM) e Opallis (FGM). Como grupo controle, serão confeccionados 10 CP do adesivo Ambar (FGM). A avaliação do grau de opalescência será realizada por espectrofotometria (PerkinElmer Lambda 1050), com a utilização de uma esfera integradora, nos modos de reflexão e transmitância. Os períodos avaliados serão imediatamente após a confecção dos CP, 48 horas, 7, 30, 60, 120 e 180 dias após estocagem em água destilada, à temperatura de 37°C. O parâmetro de opalescência será calculado como a diferença entre as coordenadas azul-amarelo (ζb^*) e as coordenadas verde-vermelho (ζa^*), entre a luz refletida e a transmitida, e a escala de cor utilizada será a CIE L*a*b* (1976). O espectro de absorção será calculado utilizando-se a Lei de Beer-Lambert.

Endereço: Av. Colombo, 5790, UEM-PPG
Bairro: Jardim Universitário CEP: 87.020-900
UF: PR Município: MARINGÁ
Telefone: (44)3011-4444 Fax: (44)3011-4518 E-mail: copep@uem.br

Anexo 3: Imagens da confecção dos espécimes de esmalte. (A) Máquina de cortes Isomet1000 – Buehler; (B) corpo de prova de esmalte medindo aproximadamente 5,0 mm de diâmetro por 0,30 mm de espessura – vista interna; (C) corpos de prova de esmalte após o desgaste interno da dentina.



A

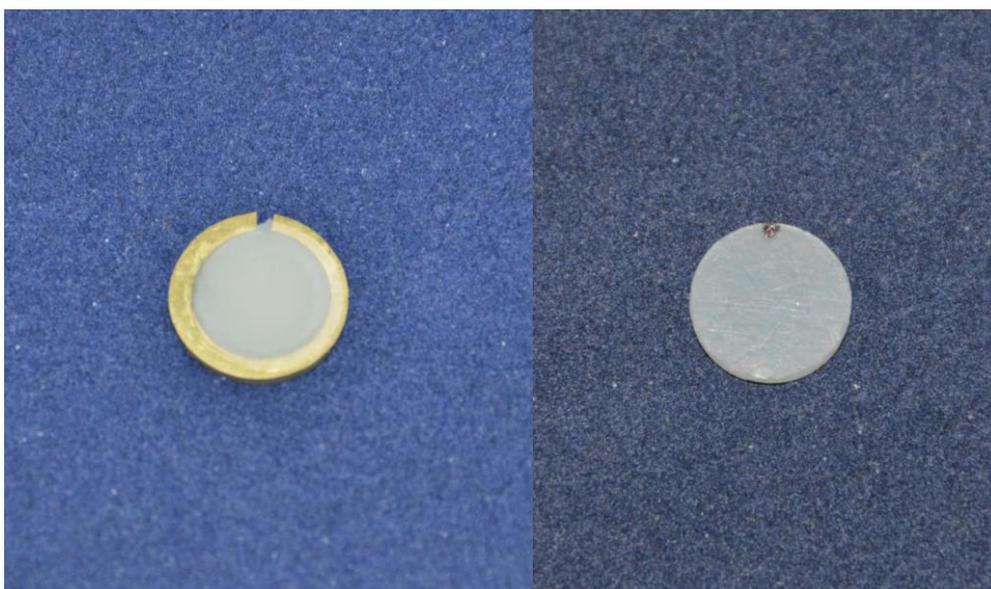
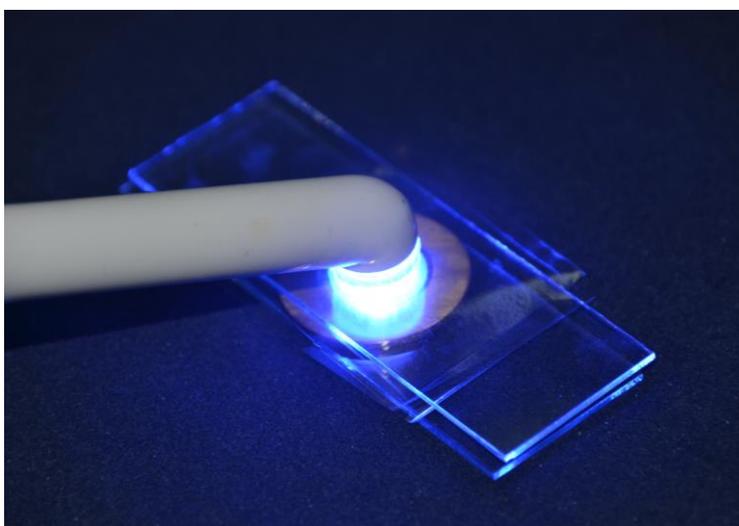
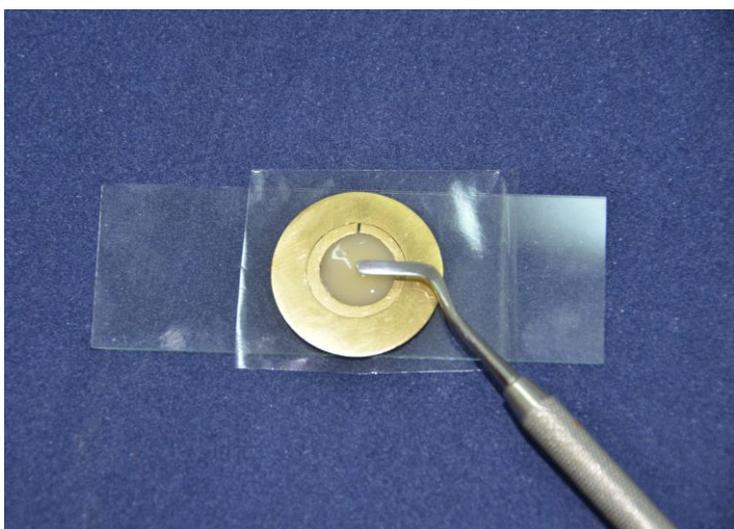


B



C

Anexo 4: Imagens da confecção dos espécimes de resina



Anexo 5:

Média dos valores de a* refletância dos materiais em função do tempo

MATERIAL	COR	0 Dias	2 Dias	7 Dias	30 Dias	60 Dias	120 Dias	180 Dias
Empress Direct	T20	-1,18778	-1,61111	-2,28778	-3,15556	-3,53667	-3,57778	-3,43444
	T30	-1,43	-2,06667	-2,54889	-3,24444	-3,57	-3,65222	-3,60222
Enamel Plus	OA	-0,85778	-1,17889	-1,23111	-1,29111	-1,33889	-1,40667	-1,47556
Filtek Z350XT	AT	-0,25222	-0,45333	-0,49	-0,54889	-0,56667	-0,69222	-0,72
	BT	-0,97444	-1,16556	-1,16111	-1,17667	-1,29	-1,33889	-1,46333
	CT	-0,57778	-0,87	-0,84222	-0,82111	-0,92667	-0,87	-0,89
LLis	I	-2,84778	-5,21556	-6,41111	-7,32556	-7,08333	-7,43	-8,41222
Opallis	TBlue	-1,02667	-2,12778	-3,00667	-3,22556	-3,70778	-3,98222	-3,81778
	TNeutral	-1,63	-3,53111	-4,13111	-4,85111	-5,03778	-4,94667	-4,87222
	TYellow	-0,66333	-1,28444	-2,00222	-2,81778	-2,81222	-2,90333	-2,57333
AMBAR	-	-0,36556	-0,43889	-0,43778	-0,63778	-1,07778	-0,44333	-0,53333
Esmalte	-	-1,38625	-	-	-	-	-	-

Anexo 6:

Média dos valores de b* refletância dos materiais em função do tempo

MATERIAL	COR	0 Dias	2 Dias	7 Dias	30 Dias	60 Dias	120 Dias	180 Dias
Empress Direct	T20	-3,41	-2,21556	-0,59667	1,53667	2,41111	2,68667	2,99
	T30	-2,91222	-1,48222	-0,02	1,32111	1,97111	2,26778	2,55333
Enamel Plus	OA	2,87444	2,66778	2,76778	2,77	2,71889	2,74889	2,70444
Filtek Z350XT	AT	-8,61889	-7,53222	-7,69222	-7,33333	-7,20444	-7,44222	-7,23667
	BT	-10,63778	-9,49222	-9,23333	-9,49778	-9,80333	-9,53111	-8,98889
	CT	-9,72667	-8,52556	-8,56333	-8,08444	-8,06778	-7,67222	-7,32222
LLis	I	-8,44333	-1,30556	2,21444	5,65333	6,29778	7,20889	11,54556
Opallis	TBlue	-3,99	-1,46778	0,60778	1,93111	3,13222	4,38333	4,45778
	TNeutral	-4,07	1,10444	3,77889	6,70556	8,03889	8,83333	8,89556
	TYellow	-2,65444	-1,26778	0,25333	2,10556	2,37778	2,95333	2,87778
AMBAR	-	-0,88333	-1,02111	-1,12667	-0,72	-1,67333	-0,84111	-1,05667
Esmalte	-	2,15125	-	-	-	-	-	-

Anexo 7:

Média dos valores de a* transmitância dos materiais em função do tempo

MATERIAL	COR	0 Dias	2 Dias	7 Dias	30 Dias	60 Dias	120 Dias	180 Dias
Empress Direct	T20	1,92444	1,44778	0,65778	0,01889	0,08889	0,21333	0,28778
	T30	0,73778	-0,25556	-0,88444	-1,33333	-1,48	-1,31444	-1,09222
Enamel Plus	OA	1,42444	1,72444	1,75	1,84444	1,82444	1,81889	1,92222
Filtek Z350XT	AT	2,57222	2,24333	2,25	2,08	1,99333	2,00111	1,93333
	BT	-0,96444	-1,21556	-1,21667	-1,21	-1,19444	-1,10333	-1,10444
	CT	1,46667	1,04444	1,12667	1,07	0,93667	0,88889	0,64111
LLis	I	-0,25778	-1,11778	-1,15889	-1,36222	-1,22889	-0,83556	-0,88
	TBlue	-1,32889	-3,41	-4,13	-4,44	-4,39	-4,04444	-3,88111
	TNeutral	0,39889	-1,13444	-1,24	-1,19111	-0,83	-0,67222	-0,47556
	TYellow	-0,19778	-1,81556	-2,80444	-3,38222	-3,48667	-3,62333	-3,87111
AMBAR	-	-0,92333	-1,22222	-1,19444	-1,23778	-1,43333	-1,03667	-0,90333
Esmalte	-	2,41688	-	-	-	-	-	-

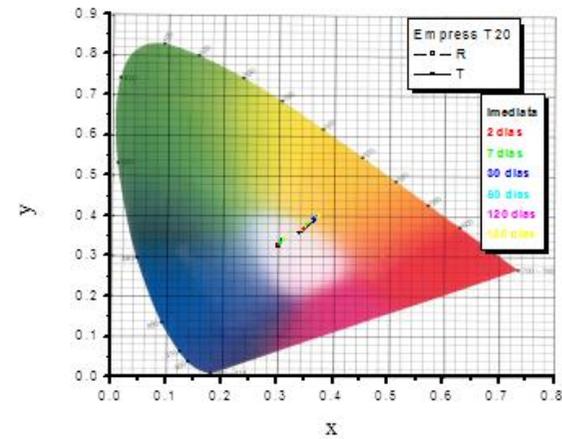
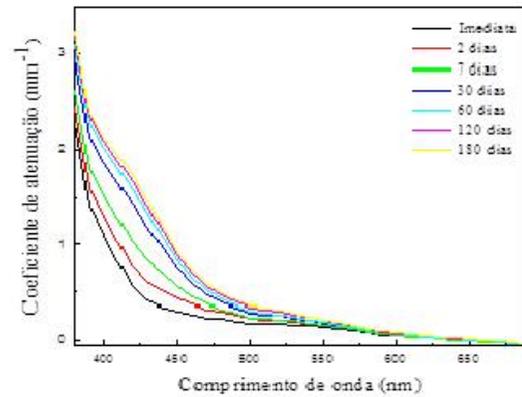
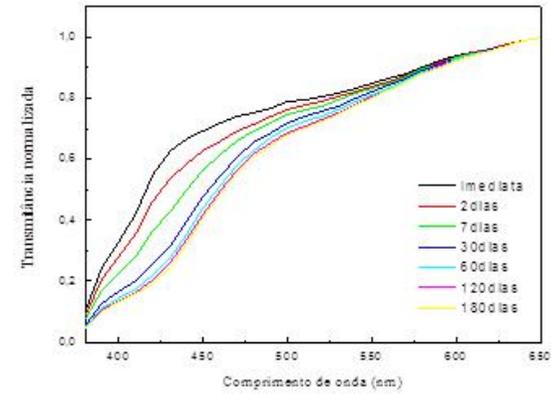
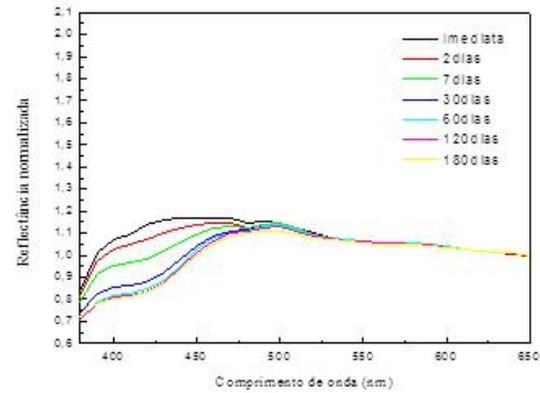
Anexo 8:

Média dos valores de b* transmitância dos materiais em função do tempo

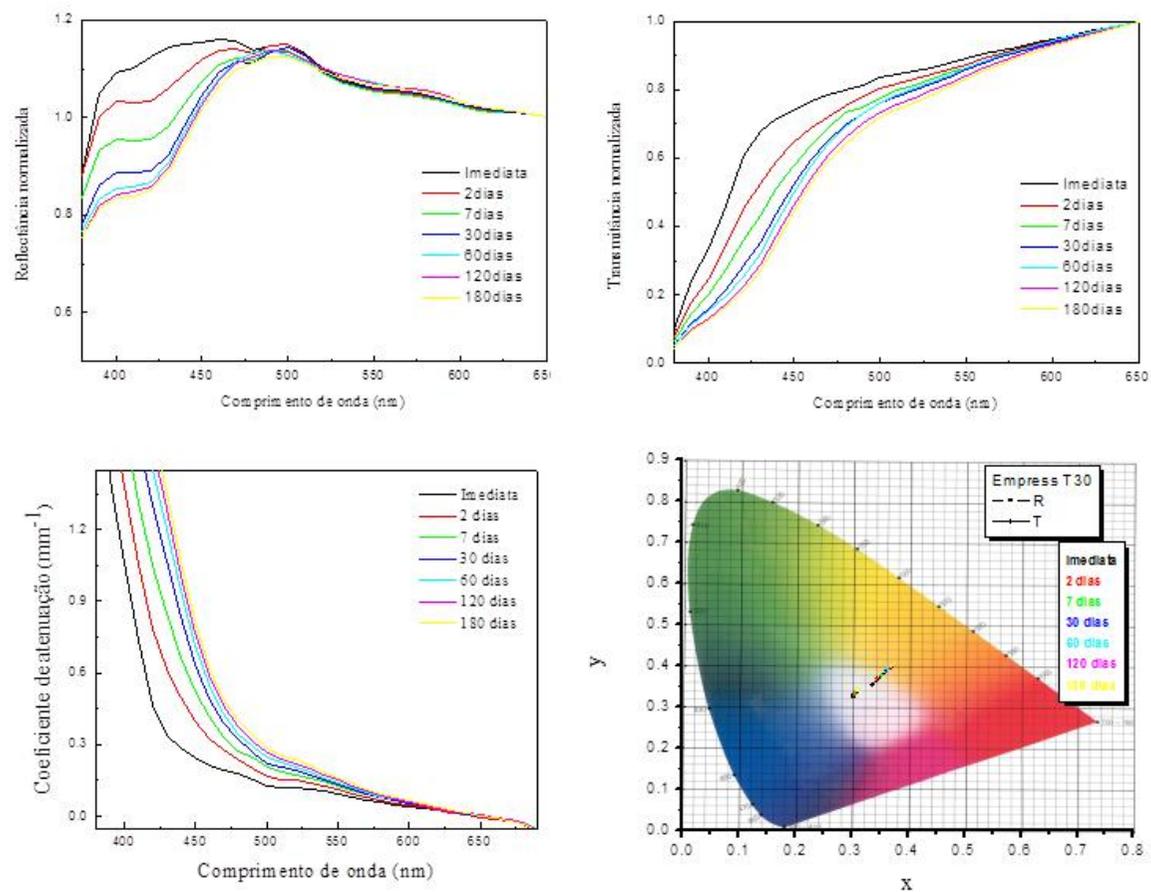
MATERIAL	COR	0 Dias	2 Dias	7 Dias	30 Dias	60 Dias	120 Dias	180 Dias
Empress Direct	T20	10,15222	13,57778	17,23444	22,22778	24,16111	25,09222	26,03
	T30	9,80222	15,38556	19,14	22,71556	24,82444	26,12444	26,95667
Enamel Plus	OA	18,81333	21,67667	22,19556	22,19889	22,70444	23,22	23,14556
Filtek Z350XT	AT	19,60778	20,97556	20,85889	20,67222	20,98444	20,85889	21,04444
	BT	13,86222	16,16556	15,79556	15,84333	15,89778	16,39889	16,27556
	CT	18,39333	19,98111	19,90667	19,90222	20,13111	20,44333	20,27222
LLis	I	18,54222	31,44556	36,14556	40,21	41,91889	43,70222	44,61667
	TBlue	7,99111	19,22778	25,40222	29,05889	33,4	37,47444	38,43444
	TNeutral	12,48778	24,38667	29,88667	34,37778	37,03889	39,10444	39,23444
	TYellow	8,30556	16,15333	22,40556	28,28778	29,92333	33,73667	33,63222
AMBAR	-	6,14	7,79889	8,60556	9,17667	9,05556	9,28444	9,38222
Esmalte	-	21,07688	-	-	-	-	-	-

Anexo 9:

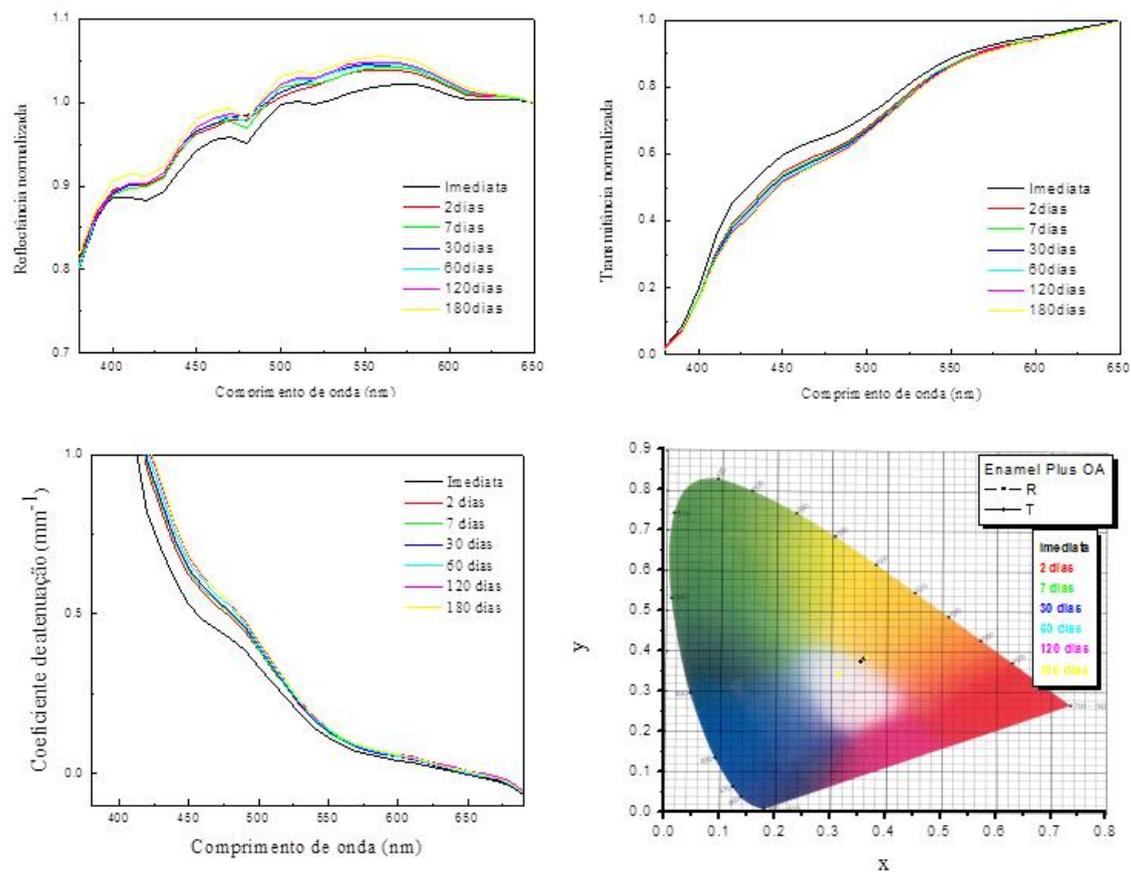
Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Empress Direct , cor T20, em função do tempo.



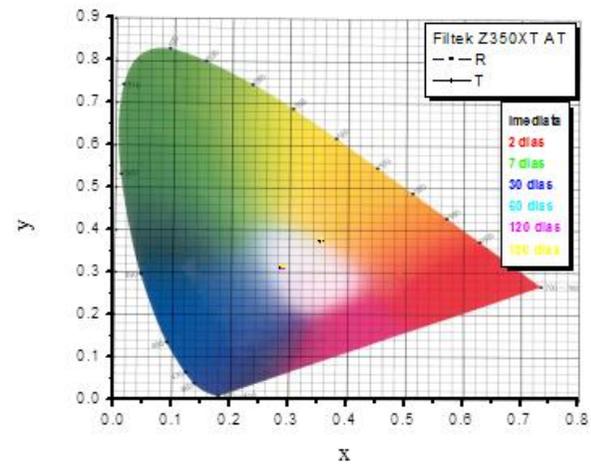
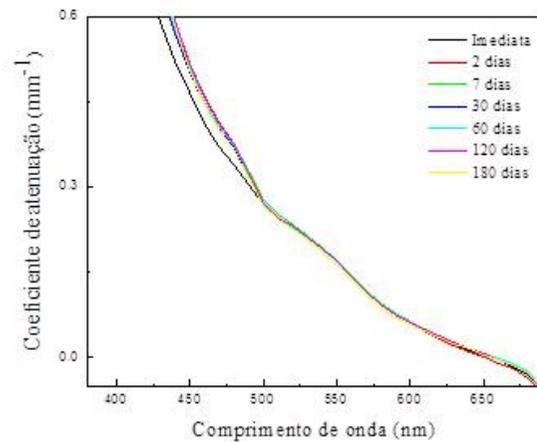
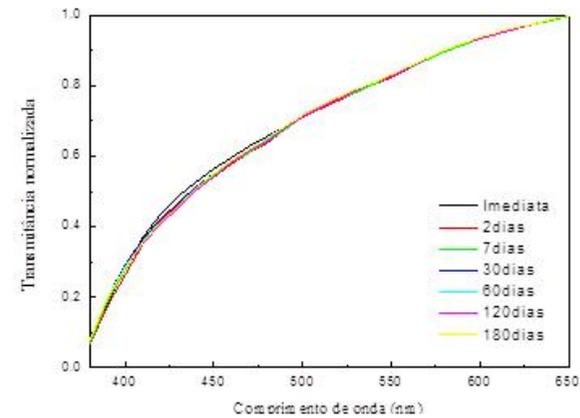
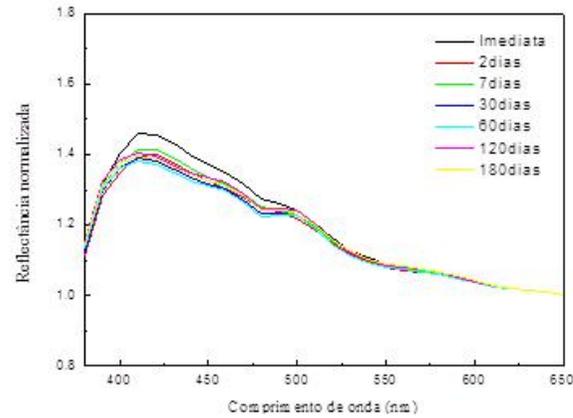
Anexo 10: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Empress Direct , cor T30, em função do tempo.



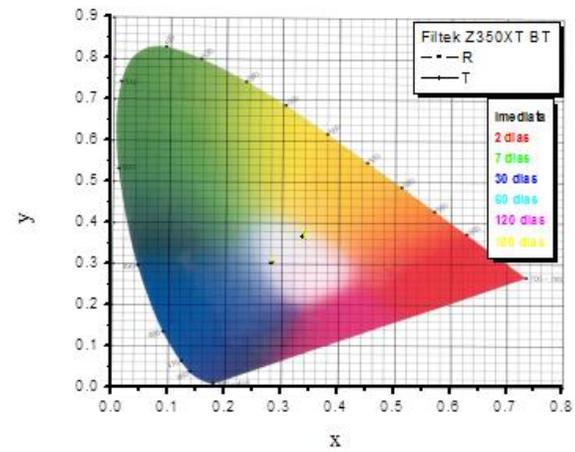
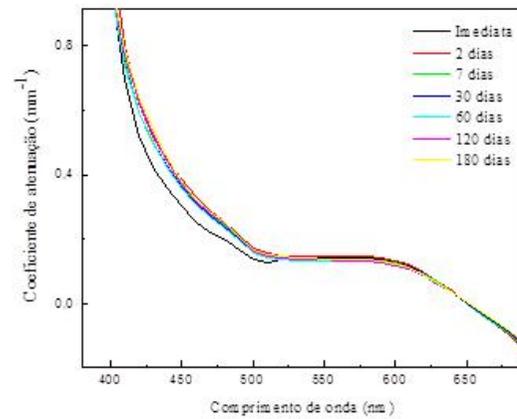
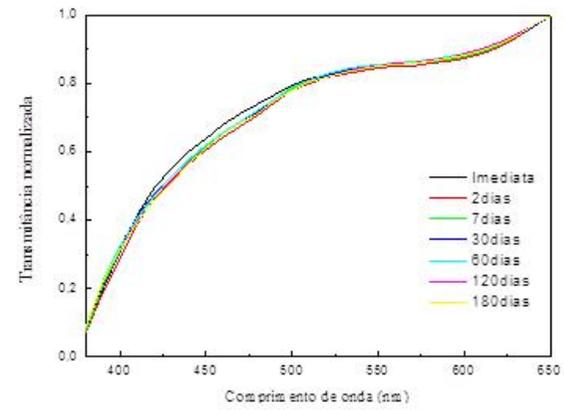
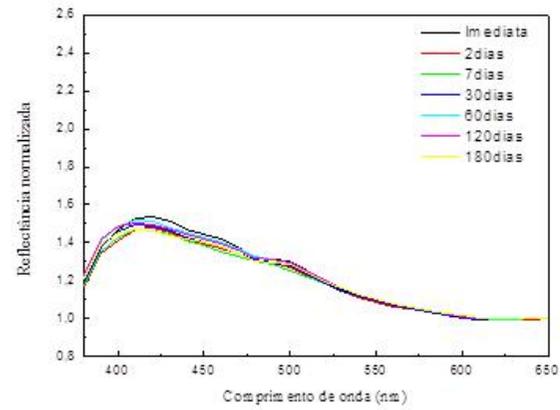
Anexo 11: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Enamel Plus, cor OA, em função do tempo.



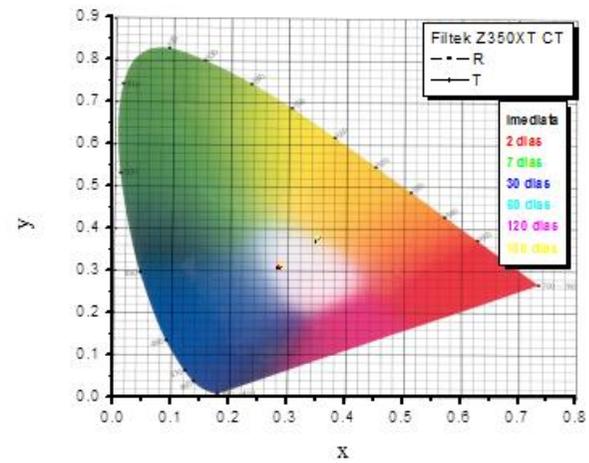
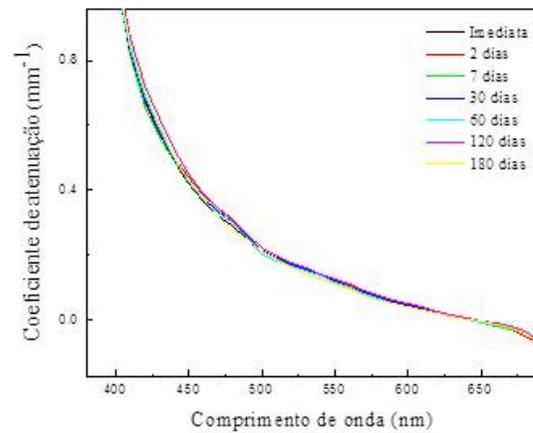
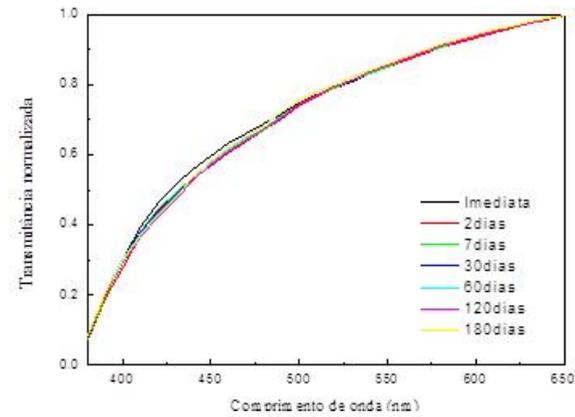
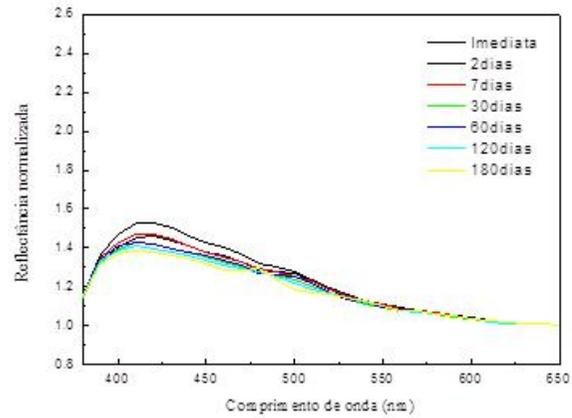
Anexo 12: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Filtek Z350XT, cor AT em função do tempo.



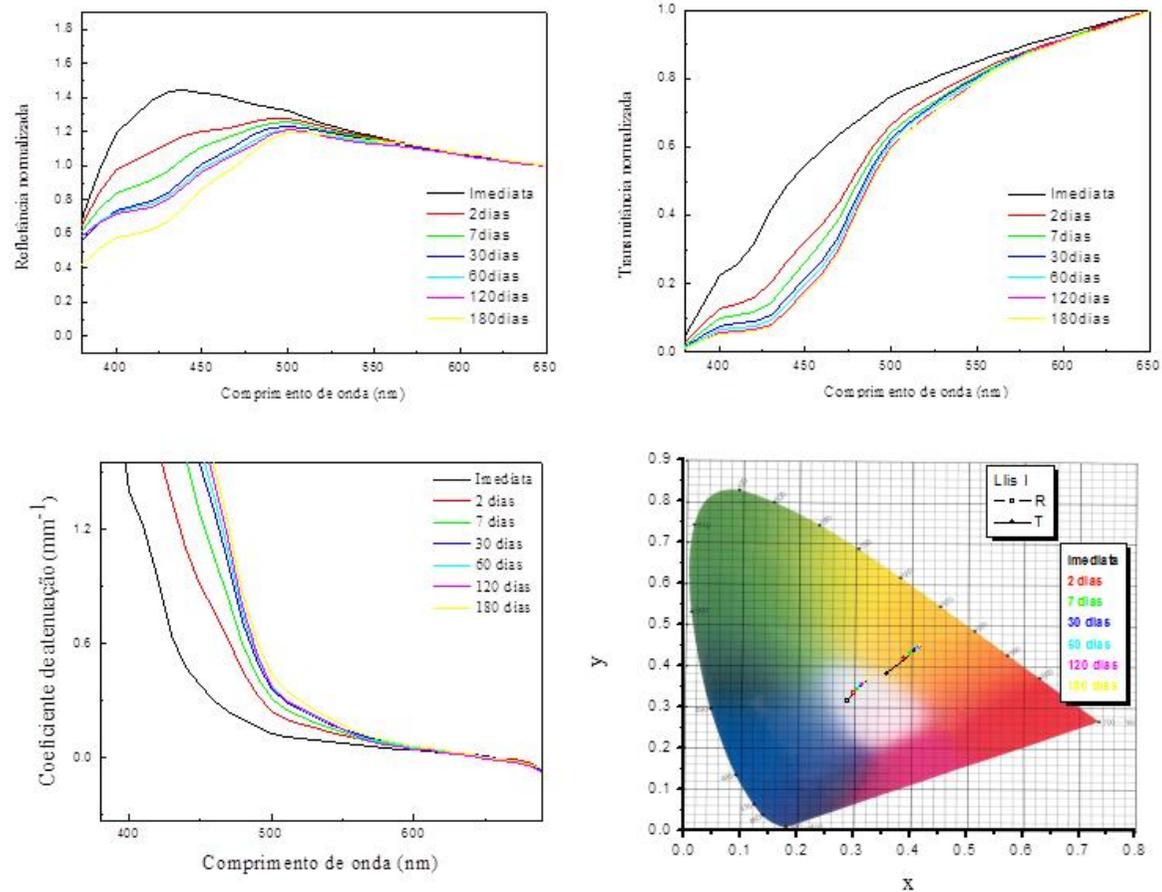
Anexo 13: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Filtek Z350XT, cor BT em função do tempo.



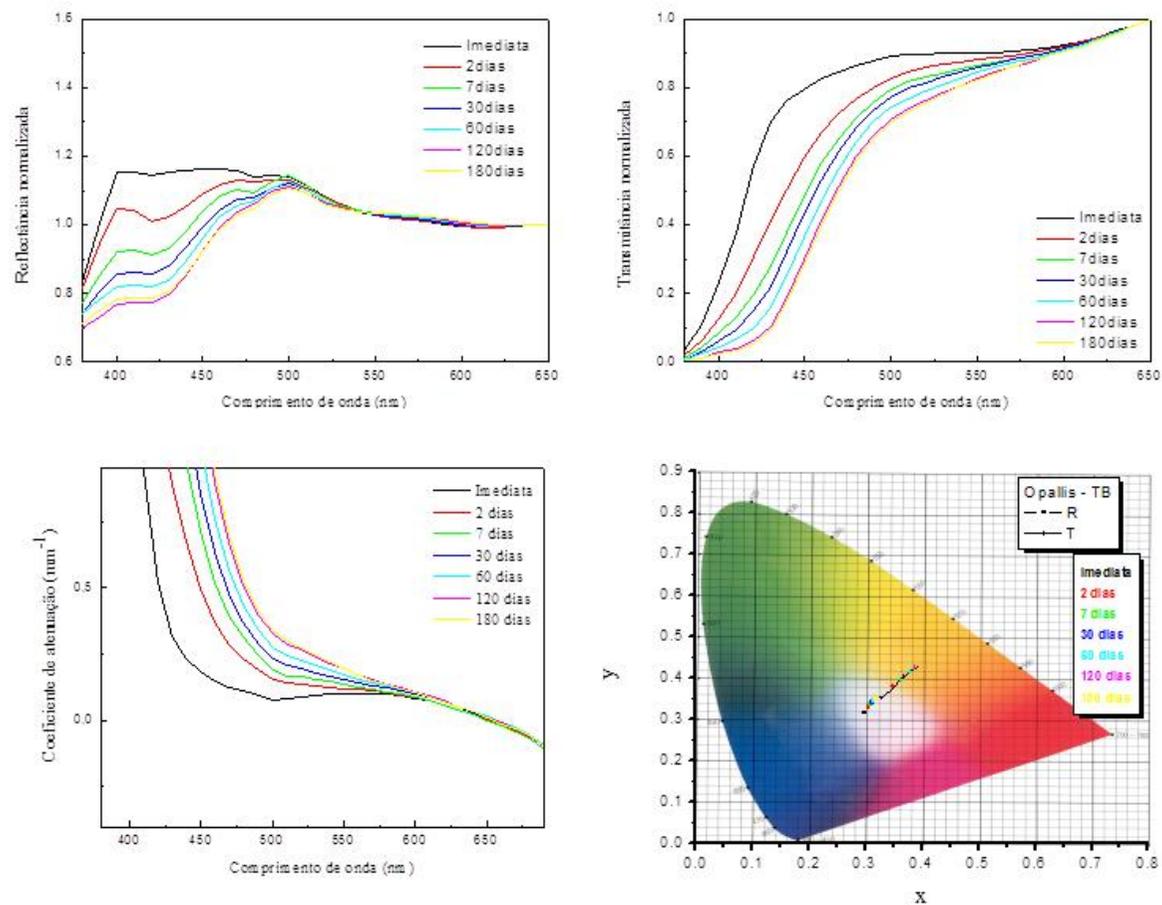
Anexo 14: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Filtek Z350XT, cor CT em função do tempo.



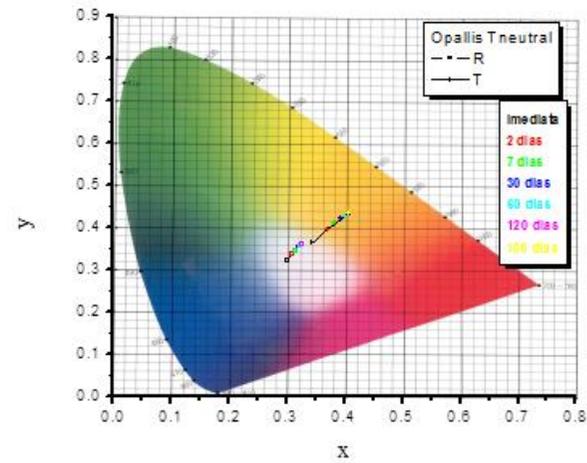
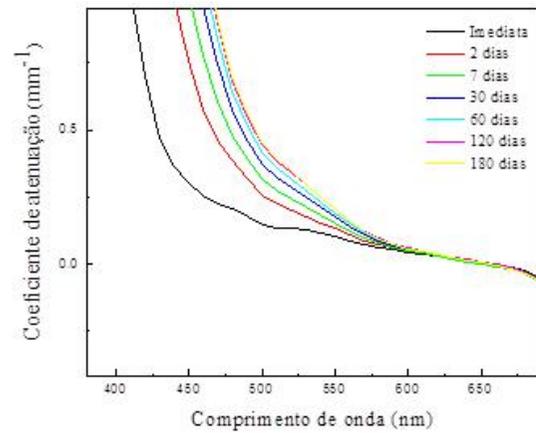
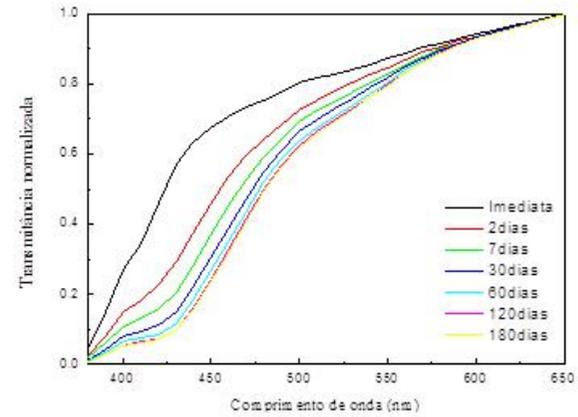
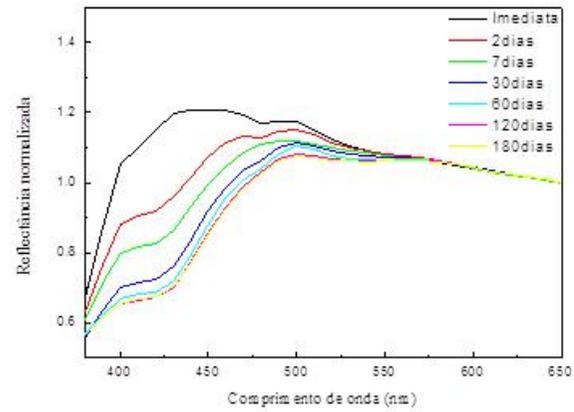
Anexo 15: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Llis, cor I em função do tempo.



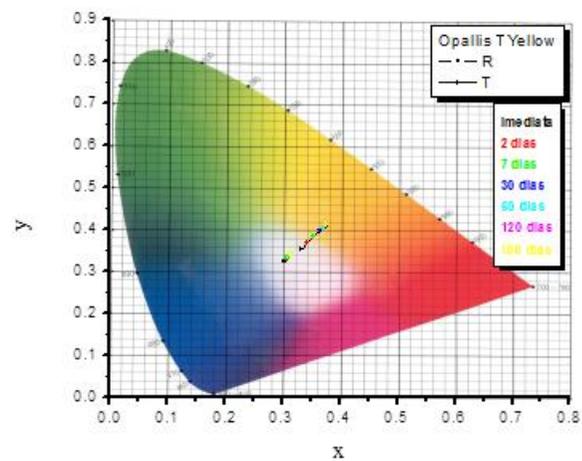
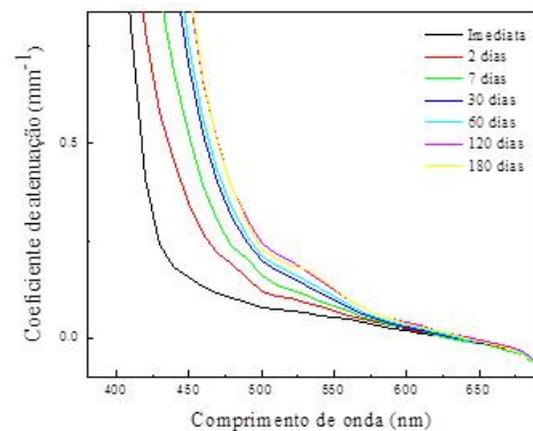
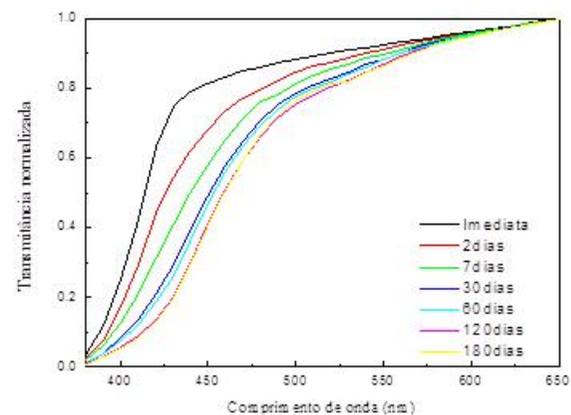
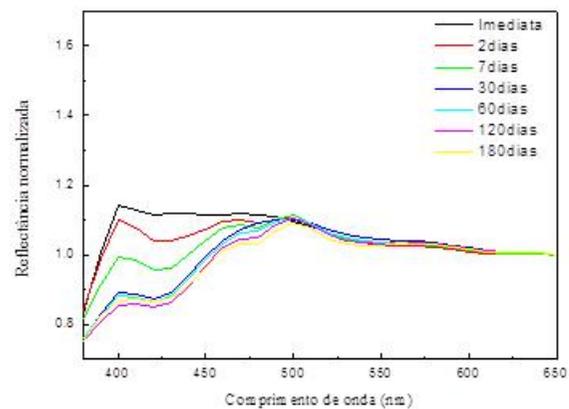
Anexo 16: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Opallis, cor TBlue em função do tempo.



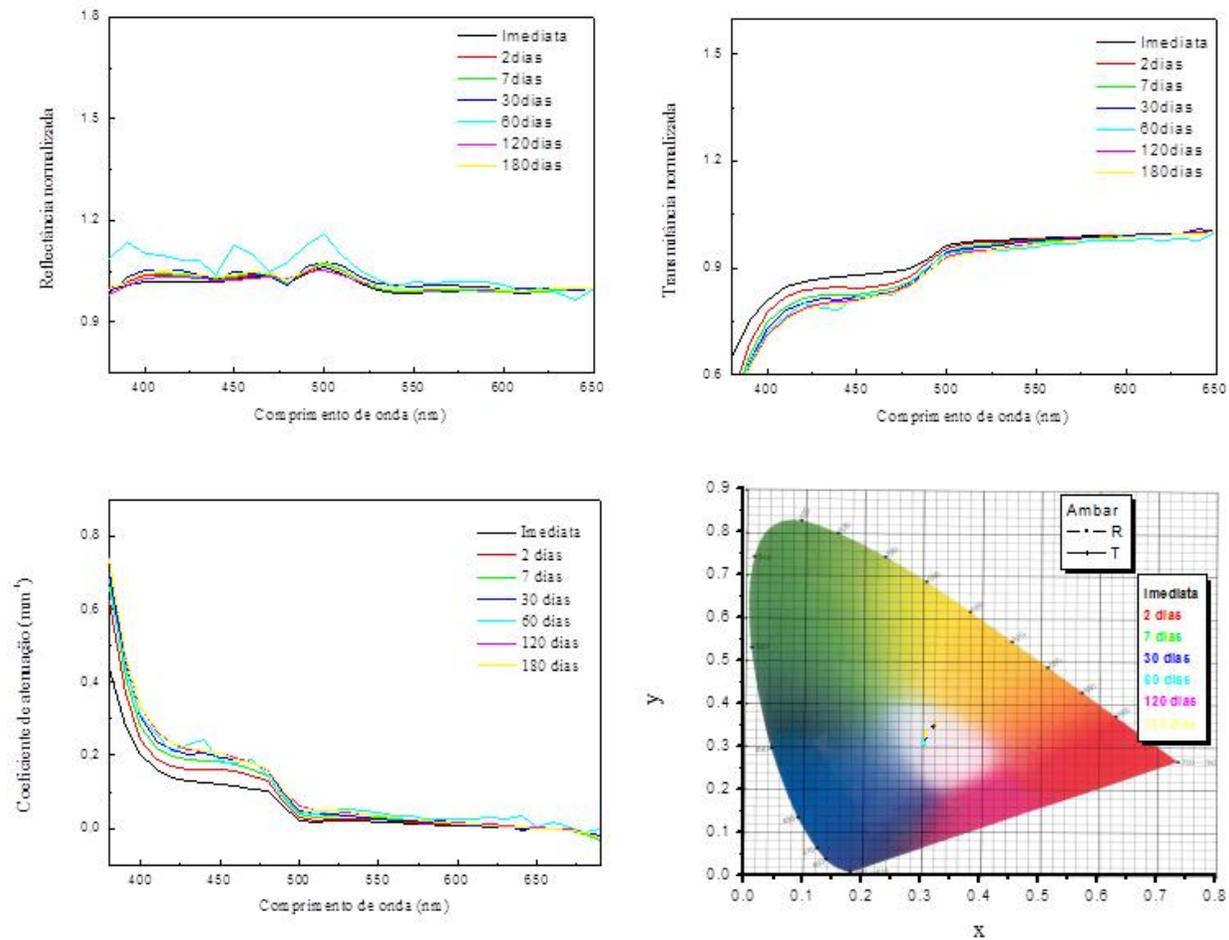
Anexo 17: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Opallis, cor TNeutral em função do tempo.



Anexo 18: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade da resina Opallis, cor TYellow em função do tempo.



Anexo 19: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade do adesivo dentinário AMBAR em função do tempo.



Anexo 20: Espectros de $R(\lambda)$, $T(\lambda)$, $\sigma(\lambda)$ e diagrama de cromaticidade do esmalte dentário humano

