

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**

**Audrea Dallazem Nogueira**

**COR E TRANSLUCIDEZ DE MATERIAIS  
RESTAURADORES ESTÉTICOS**

**Passo Fundo**

**2012**

40. Zang Y, Griggs JA, Benham AW. Influence of powder liquid mixing ratio on porosity and translucency of dental porcelains. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2004; **91**: 128-35.

27. Ahn J-S, Lee Y-K. Difference in the translucency of all-ceramic by the illuminant. *Dental Materials* 2008; **24**:1539-44.
28. Yu B, Ahn J-S, Lee Y-K. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontologica Scandinavica* 2009; **67**:57-64.
29. Pinto, MM. Optical properties and microstructure of ceramic materials for dental restoration. USP. São Paulo : s.n., 2009.
30. Queiroz RS, Alvim HH, Gonçalves AM, Silva DN, Porto-Neto SD. Métodos para avaliação da translucidez de materiais restauradores estéticos. *Revista Odontológica da UNESP* 2007; **36**:109-12.
31. Hu X, Johnston WM. Translucency estimation for thick pigment maxillofacial elastomer. *Journal of Dentistry* 2011; **39s**: e2-e8.
32. Johnston WM, Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of aesthetic restorative materials. *Dental Materials* 1997; **13**:89-97.
33. Brainard DH. Color Appearance and Color Difference Specification. In: Shevell SK. *The Science of Color*. Oxford: Elsevier, 2003.
34. Paravina RD, Westland S, Imai FH, Kimura M, Powers JM. Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dental Materials* 2006; **22**:299-307.
35. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtmann I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry* 2010; **38**: 65-70.
36. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1986; **56**: 35-40.
37. Karaagaclioglu L, Terzioglu H, Yilmaz B, Yurdukoru B. In vivo and in vitro assessment of an intraoral dental colorimeter. *Journal of Prosthodontics* 2010; **19**: 279-95.
38. Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Lim YJ. Changes in color and translucency of porcelain-repairing resin composites after thermocycling. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B. Applied Biomaterials* 2006; **78B**: 1-6.
39. Chen Y-M, Smales RJ, Yip KH-K, Sung W-J. Translucency and biaxial flexural strength of four ceramic core materials. *Dental Materials* 2008; **24**:1506-11.

**Audrea Dallazem Nogueira**

## **COR E TRANSLUCIDEZ DE MATERIAIS RESTAURADORES ESTÉTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação do prof. Dr. Álvaro Della Bona.

**Passo Fundo**

**2012**

15. Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology* 2005; **93**:46-51.
16. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2007; **97**:200-8.
17. Chu FC, Chow TW, Chai J. Contrast ratios and masking ability of three types of ceramic veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2007; **97**:359-64.
18. Ragain JR, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Research & Application* 2000; **25**:278-85.
19. Ruyter IE, Niler K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials* 1987; **3**:246-51.
20. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color-difference equation for dental shades. *Journal of Dental Research* 1990; **11**:1762-64.
21. Barath VS, Faber FJ, Westland S, Niedermeier EW. Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Advances in Dental Research* 2003; **17**:55-60.
22. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2000; **83**:412-7.
23. Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *Journal of Dentistry* 2012; **40s**:e10-e17.
24. Johnston WM, Kao EC. Assessments of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of Dental Research* 1989; **68**:819-22.
25. Lee H-S, Lee Y-K, Lim B-S. Influence of thermocycling on the optical properties of laboratory resin composites and all-ceramic material. *Journal of Materials Science. Materials in Medicine* 2004; **15**:1221-6.
26. Lee Y-K. Changes in the translucency of all-ceramic of porcelain and repairing resin composite by the illumination. *Dental Materials* 2007; **23**:4-9.

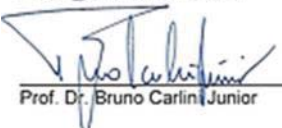
2. Son HJ, Kim WC, Jun SH, Kim YS, Ju SW, Ahn JS. Influence of dentin porcelain thickness on layered all-ceramic restoration color. *Journal of Dentistry* 2010; **38S**:e71-7.
3. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dental Clinics of North America* 2004; **48**:341-8.
4. Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of Dental Porcelains. *Journal of Dental Research* 1980; **59**:70-5.
5. ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *Journal of Dental Research* 1995; **74**:374-80.
6. Li Q, Yu H, Wang YN. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. *Dental Materials* 2009; **25**:158-65.
7. Della Bona A. Bonding to ceramics: scientific evidences for clinical dentistry. São Paulo: Artes Medicas, 2009.
8. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of Dental Research* 2002; **81**:578-82.
9. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dental Materials* 2009; **25**:276-81.
10. Choi J-H, Park J-M, Ahn S-G, Jung J-Y, Lee M-H, Song K-Y, Wang X. Comparative study of visual and instrumental analyses of shade selection. *Journal of Wuhan University of Technology - Materials Science Edition* 2010; **25**:62-7.
11. Azer SS, Ayash GM, Johnston WM, Khalil MF, Rosenstiel SF. Effect of aesthetic core shades on the final color of IPS Empress all-ceramic crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2006; **96**:397-401.
12. Liu M-C, Aquilino AS, Lund OS, Vargas MA, Diaz-Arnold AM, Gratton DG, Qian F. Human perception of dental porcelain translucency correlated to spectrophotometric measurements. *Journal of Prosthodontics* 2010; **19**:187-93.
13. Xu BT, Zhang B, Kang Y, Wang YN, Li Q. Applicability of CIELAB/CIEDE2000 formula in visual color assessments of metal ceramics restorations. *Journal of Dentistry* 2012; **40s**:e3-e9.
14. Shanda J. CIE Colorimetry. Colorimetry - Understanding the CIE System. New Jersey : John Wiley & Sons, INC, 2007, 3, p. 62.


**ATA 05/2012 DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DA CANDIDATA, AUDREA DALLAZEM NOGUEIRA, DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO.**

Aos vinte e oito dias do mês de março de dois mil e doze, às 18 horas, no Auditório da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, sob a Presidência do Dr. Álvaro Della Bona, em Sessão Pública, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação da candidata **Audrea Dallazem Nogueira**, do Programa de Pós-Graduação em Odontologia - área de Concentração em Clínica Odontológica, constituída pelos Doutores: **Álvaro Della Bona (UPF)**, **Humberto Naoyuki Yoshimura (UFABC)**, **Bruno Carlini Junior (UPF)**, homologada pelo Conselho do Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Iniciados os trabalhos, a presidência deu conhecimento aos membros da Comissão e a candidata das normas que regem a defesa de dissertação e definiu a ordem a ser seguida pelos examinadores para a arguição; a seguir, a candidata passou a apresentação e defesa de sua Dissertação intitulada "*Cor e translucidez de materiais restauradores estéticos.*" Encerrada a defesa, a avaliação foi a seguinte: Dr. Álvaro Della Bona **aprovada**; Dr. Humberto Naoyuki Yoshimura: **aprovada**; Dr. Bruno Carlini Junior: **aprovada**; tendo sido a candidata **APROVADA**, fazendo jus ao título de "Mestre em Odontologia - Área de Concentração em Clínica Odontológica". Para estar em dia com as obrigações perante o curso, a mestranda terá o prazo de quarenta e cinco dias, a partir desta data, para entregar a dissertação, com as alterações sugeridas pelos membros da Comissão Examinadora, juntamente com o comprovante de pelo menos um artigo científico encaminhado à publicação. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos Membros da Comissão Examinadora e pelo Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Passo Fundo, Prof. Dr. Álvaro Della Bona.

  
 Prof. Dr. Álvaro Della Bona

  
 Prof. Dr. Humberto Naoyuki Yoshimura

  
 Prof. Dr. Bruno Carlini Junior

  
 Dr. Álvaro Della Bona  
 Coordenador do PPGOdonto

---

N778c Nogueira, Audrea Dallazem  
Cor e translucidez de materiais restauradores  
estéticos / Audrea Dallazem Nogueira. – 2012.  
199 p. : il. color. ; 21 cm.

Dissertação (Mestrado em Odontologia) –  
Universidade de Passo Fundo, 2012.  
Orientador: Prof. Dr. Álvaro Della Bona

1. Odontologia – Aspectos estéticos. 2. Resinas  
dentárias. 3. Cerâmica odontológica. 4. Materiais  
dentários. I. Bona, Álvaro Della, orientador. II.  
Título.

CDU: 616.314-089.27

---

Catalogação: Bibliotecária Daniele Rosa Monteiro- CRB 10/2091

The translucency methods (TP and CR) used in the present study showed a strong correlation, justifying their popularity in the literature.<sup>6,25-27,38-40</sup> The transmittance (T%) and contrast ratio (CR) may each be totally wavelength-dependent or based on calculations using luminous transmittance or luminous reflectance for contrast ratio. The translucency parameter (TP) was developed to relate human visual perception to the translucency, since TP is defined as the color difference between the reflected colors of the material with a stated thickness backed by black and white backings.<sup>31</sup> Furthermore, the translucency values of human enamel (18.7) and dentin (16.4) evaluated by TP<sup>28</sup> under the same conditions as in the present study (without glycerin and 1-mm thick samples) are clinically relevant to prosthodontics using all-ceramic restorations. Nevertheless, materials with extreme light transmission characteristics, meaning, opaque (e.g. polycrystalline zirconia) or transparent (e.g. glass) materials cannot be measured by TP and CR.

The refractive index (n) is the ratio between the speed of light in vacuum and the speed of light in a given environment. The n of light in air ( $n_{\text{air}} = 1.00029$  at 15°C and 1 atm of pressure) is different from the n of light in humid conditions.<sup>7</sup> To simulate oral environment, color and translucency (except T%) evaluations were also performed using glycerin ( $n_G = 1.48$ )<sup>29</sup> as coupling medium. Glycerin significantly influenced the translucency (Table 2) and color perception (Figure 1 and the  $\Delta E_G$  column of Table 4) values for the examined ceramics, showing the importance of this factor for the evaluation of color and translucency, confirming the study hypothesis.

## 5. Conclusion

The mean translucency values were significantly different for each method (TP and CR), which were strongly correlated even when a liquid coupling medium (glycerin) was used. The glycerin significantly influenced the mean values of  $\Delta E$  and translucency. The A2 shade from the evaluated ceramics showed different CIE Lab values.

## REFERENCES

1. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. *Journal of Dentistry* 2010; **38S**:e2-e16.

to expand the clinically acceptable limit <sup>7, 34</sup> previously reported. The mean  $\Delta E$  values used in this study as "clinically imperceptible" ( $\Delta E < 3$ ), "clinically acceptable" ( $\Delta E$  between 3 and 5) and "clinically unacceptable" ( $\Delta E > 5$ ) seem to be consistent with the clinical practice considering a non-color expert, which usually is the patient's condition. In addition, similar rationale is used by the spectrophotometer used in this study (Easyshade) to consider a poor (\*), fair (\*\*), or good (\*\*\*) shade match in the "Restoration" mode. Yet, similar outcomes were found in previous clinical studies <sup>16,23,24</sup>.

The thickness (1 mm), shape (plaque) and the monochromatic structure of the ceramic specimens used in the present study differ from tooth and ceramic restoration, but it is the most popular type of sample for in vitro studies. It is probably unfair to use this type of specimen for intra-oral color matching exercises. Moreover, the methods used in the present study, except for T%, considered the values obtained by a single spectrophotometer (Vita Easyshade) for the **Lab** coordinates and the Classical shades (Vita) <sup>35</sup>, supposedly used by other manufactures to name the ceramic shade evaluated. Therefore, the results of the present study should consider the aspects and limitations mentioned above.

As expected, the ceramics showed different **Lab** values, although all are classified by the manufacturers as A2 shade. From the 15 possible ceramic combinations only four were considered clinically acceptable, while the remaining 11 combinations were clinically unacceptable (Table 4). Therefore, the ceramic specimens were unable to express the indicated shade (A2) and also contrast among themselves, agreeing with a classic study <sup>36</sup>. In addition, the same shade A2 can be of high or low translucency (HT and LT) and, therefore, play a significant role in the  $\Delta E$  value (Table 5).

Although the  $\Delta E$  value is considered the standard on color measurement, it also has limitations. It only considers the color space (CIELab coordinates), neglecting other components and factors on color perception, such as: translucency, opalescence, fluorescence, brightness, and surface texture, <sup>6,26,32,37</sup> which are naturally considered by professionals in clinical evaluations, but collectively impossible of being evaluated by instruments. <sup>7,9</sup> The present study should be consider an additional report to show the influence of translucency on color perception.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Audrea Dallazem Nogueira nasceu ao dia 19 de maio de 1978 em Ilópolis, Rio Grande do Sul. Graduou-se Cirurgiã-dentista pela Universidade de Passo Fundo em julho de 2003. Pós graduou-se especialista em Dentística na Universidade de Passo Fundo em 2006, onde apresentou a Monografia intitulada "Tenacidade de Fratura de uma nova cerâmica odontológica testada pelo método SEVNB (Single Edge V-Notched Beam)" com aproveitamento 9 sob orientação do Prof. Dr. Álvaro Della Bona. Tem trabalhado em clínicas, consultórios odontológicos e postos de saúde pública desde a graduação, contudo, nos últimos 5 anos têm se dedicado quase exclusivamente à Clínica de Dentística Restauradora.



*Dedico esse trabalho à minha família que amo demais.*

*... Arthur meu lindo filho, sentido da minha existência.*

*... Meu marido, Cristiano, que me deu a melhor experiência da minha vida, a maternidade.*

*... Meu pai, Odarci, sempre ao meu lado, me incentivando e “quebrando todos meus galhos”.*

*... Minha mãe, Maria Emilia, que sempre me ajudou quando solicitei.*

*... Minha sogra “Dona Bete”, minha cunhada, Prie, que cuidavam do meu coração (Arthur) enquanto eu me dedicava a esse trabalho.*

*Cada dia percebo mais o quanto os filhos ficam espelhos dos pais.*

*Amo vocês...*

When the **Lab** coordinates values of the ceramic specimens were measured with the Easyshade, using verify “Restoration” mode, which, in this case, considered and compared to the **Lab** coordinates of the standard shade A2, all mean  $\Delta E$  values were clinically unacceptable ( $\Delta E > 5$ ) (Table 5).

**Table 5.** Mean  $\Delta E$  values between the standard **Lab** coordinates values of shade A2 (pre-defined on Easyshade) and **Lab** coordinates values of the ceramic specimens measured by the spectrophotometer Easyshade in “Restoration” mode.

	$\Delta E$
<b>EML</b>	8.3
<b>EMH</b>	11.9
<b>ECL</b>	6.3
<b>ECH</b>	9.6
<b>PC</b>	11.0
<b>MII</b>	10.2



**Figure 1.** A specimen (top) from the same ceramic group is on the black background without glycerin. The remaining ceramic specimens (below) are sitting on a black background using glycerin as coupling medium.

#### 4. Discussion

The literature differences on tooth color acceptability and perceptibility using  $\Delta E$  values is probably due to the diversity of observers, objectives and methodologies among the studies<sup>11, 14-22</sup>. Clinically, the tooth or restoration context and surroundings (e.g. skin, lips, gingiva, adjacent teeth, position in the arch, shape, color, translucency, texture, salivary moisture) and the blending effect, tend



Different lowercase letters show statistical differences of mean values within same method (column) ( $p < 0.01$ ). Different capital letters show statistical differences in the line between same methods with and without glycerin (TP and TPG columns; CR and CRG columns) ( $p < 0.01$ ).

The translucency methods (CR and TP) showed strong correlation ( $r = -0.99$ ) even when glycerin (CRG and TPG) was used as a coupling medium ( $r = -0.98$ ) (Table 3).

**Table 3.** Pearson correlation matrix (r values) for the translucency and transmittance methods.

	TP	CR	T%	TPG	CRG
TP	1.00	-0.99	0.93	0.93	-0.91
CR	-0.99	1.00	-0.92	-0.95	0.94
T%	0.93	-0.92	1.00	0.79	-0.80
TPG	0.93	-0.95	0.79	1.00	-0.98
CRG	-0.91	0.94	-0.80	-0.98	1.00

**Lab** coordinate values obtained by the spectrophotometer in "Tooth single" mode on a neutral gray background were used to calculate the mean  $\Delta E$  value between the A2 shades from different ceramics. As expected, the ceramics were not identical but the differences were clinically acceptable ( $\Delta E = 3 - 5$ ) for: EML-ECL, EML-MII, EMH-PC, and ECH-PC. The remaining ceramic combinations were considered clinically unacceptable ( $\Delta E > 5$ ).

As observed for translucency values, the coupling medium (G) significantly influenced the color perception of the ceramics ( $\Delta E_G = 5.6 - 9.4$ ) (Table 4 and Figure 1).

**Table 4.** Mean  $\Delta E$  values between ceramics of shade A2. The  $\Delta E_G$  column shows the mean  $\Delta E$  value of a ceramic evaluated with and without the use of glycerin.

	EML	EMH	ECL	ECH	PC	MII	$\Delta E_G$
EML	-	8.3	3.1	7.0	8.6	4.1	7.7
EMH	8.3	-	10.6	5.8	3.8	6.1	9.4
ECL	3.1	10.6	-	7.5	9.9	7.0	8.4
ECH	7.0	5.8	7.5	-	3.2	7.8	7.3
PC	8.6	3.8	9.9	3.2	-	8.2	5.6
MII	4.1	6.1	7.0	7.8	8.2	-	7.3

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente à Deus e a todos que de alguma maneira contribuíram para tornar esse trabalho uma realidade.*

Ao querido prof. Dr. Álvaro Della Bona, que eu possa um dia cumprir com o prometido. Você é modelo de retidão e persistência.

Aos professores Bruno Carlini Jr. e Mateus Ericson Flores sempre preocupados em dar o exemplo (isso os torna verdadeiros PROFESSORES).

Aos professores Eduardo Dall Magro, João Vicente Barbisan, Michelini Trentin, Maria Saete Linden, Vinícius Rosa, Márcia Borba e Luciana Ruchel pelos ensinamentos e companheirismo.

À coordenadora da graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, Prof. Miriam Lago Magro pela oportunidade de ensinar e poder realizar o que me dispus a fazer pelo resto da minha vida.

À minha colega, grande amiga, companheira em tudo, Luciana Oliveira Leal. Que Deus nos dê saúde para continuarmos essa história por muitos anos.

Aos meus irmãos pelo apoio e por acreditarem sempre na maninha.

Aos colegas de mestrado, foi uma grande jornada essa que trilhamos juntos, jamais esquecerei.

À querida Fabi Pimentinha, indispensável secretária do programa de mestrado. Sem ela, nada funciona.

Aos colegas Yuri, Michele, Carol Riffel pelas ótimas horas de papo furado e não tão furado assim.

À colega Ju Colpani pela ajuda na parte prática dessa pesquisa.

Aos funcionários da Faculdade de Odontologia e da Faculdade de Farmácia da Universidade de Passo Fundo.

Aos professores Humberto Yoshimura, Duncan Wood, Richard van Noort e Rade Paravina pelo auxílio e à querida Allyson Barrett cujas opiniões mudaram minha visão das coisas e o caminho dessa pesquisa.

A 3M ESPE e a Dentsply pela doação de parte do material utilizado nesta pesquisa.

A todos os amigos que tiveram a paciência de esperar até que isto estivesse concluído.

the letter G was added at the end of the acronym that represents the method.

Color and translucency values measured by different methods were analyzed statistically using analysis of variance and the differences were evaluated by Tukey test ( $\alpha= 0.01$ ). The influence of glycerin was statistically analyzed by Student's t test ( $\alpha= 0.05$ ). The values from the translucency methods were also evaluated by Pearson correlation test.

### 3. Results

ECH showed significantly higher direct light transmittance than other ceramics ( $p \leq 0.01$ ). The mean translucency values, measured by TP and CR, of ECH and PC were statistically similar ( $p \geq 0.01$ ), but greater than the other ceramic groups ( $p \leq 0.01$ ) (Table 2). The use of glycerin as a coupling medium significantly modified the mean translucency values for both methods (TP and CR) and the color perception ( $p < 0.001$ , Student's t test) (Figure 1 and the last column of Table 4).

**Table 2.** Mean and standard deviation values and statistical grouping of ceramics examined for translucency (TP and CR; TPG and CRG, with glycerin) and transmittance (T%).

	TP	TPG	CR	CRG	T%
EML	17.3 ± 0.81 aA	38.0 ± 1.23 a B	0.63 ± 0.02 a C	0.32 ± 0.02 aD	0.26 ± 0.02 a
EM H	19.0 ± 0.16 bcA	42.4 ± 1.01 b B	0.58 ± 0.00 b C	0.23 ± 0.01 bc D	0.33 ± 0.01 b
ECL	19.9 ± 0.73 bd A	41.9 ± 1.46 b B	0.58 ± 0.01 b C	0.26 ± 0.01 bD	0.36 ± 0.02 b
ECH	21.7 ± 0.33 eA	45.7 ± 1.36 cB	0.52 ± 0.00 cC	0.21 ± 0.02 cD	0.47 ± 0.04 c
PC	20.7 ± 0.81 de A	46.5 ± 2.53 cB	0.54 ± 0.02 cC	0.21 ± 0.02 cD	0.35 ± 0.01 b
MII	18.0 ± 0.65 acA	37.6 ± 1.80 a B	0.61 ± 0.02 a C	0.31 ± 0.02 aD	0.28 ± 0.01 a

## SUMÁRIO

For simulated object colors, the specified white stimulus normally chosen is one that has the appearance of a perfect reflecting diffuser, normalized by a common factor so that  $Y_n$  is equal to 100<sup>14</sup>.  $Y$  values of the specimens recorded on white ( $Y_w$ ) and black ( $Y_b$ ) backgrounds were used to calculate the Contrast Ratio (CR) as follows<sup>17</sup>:

$$CR = Y_b / Y_w \quad (3)$$

CR values range from 0.0 (transparent material) to 1.0 (totally opaque material).

### 2.2. Color evaluation

The specimens were positioned over a neutral gray background (Munsell N7 –  $L^* = 71.6$ ;  $a^* = -0.04$ ; and  $b^* = 0.05$ ) and a spectrophotometer (Vita Easyshade), in "Tooth Single" mode, determined the values of the CIELab coordinates and the shade according to the Vitapan Classical. The same parameters were determined using the "Restoration" mode by pre-selecting A2 shade on the Vita Easyshade menu. In this mode, the device shows the difference between entered shade (default) and the measured shade, as well as the difference between measured coordinate values and standard **Lab** values for the default (selected) shade.

Difference in color perception ( $\Delta E_{76}$ ) based on CIELab coordinates values was calculated using the equation<sup>20</sup>:

$$\Delta E_{76} = [(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]^{1/2} \quad (4)$$

Mean  $\Delta E$  values below 3.0 were considered "clinically imperceptible",  $\Delta E$  values between 3.0 and 5.0 were considered "clinically acceptable" and  $\Delta E$  values above 5.0 were considered "clinically unacceptable".

All color and translucency measurements mentioned above (except T%) were repeated using a coupling medium, i.e. glycerin (G), between the ceramic specimen and the background board. To identify the values resulted from the use of glycerin as the coupling medium,

BIOGRAFIA DO AUTOR .....	vii
AGRADECIMENTOS.....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xiv
LISTA DE FIGURAS .....	xviii
LISTA DE GRÁFICOS .....	xxi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xxiv
RESUMO .....	26
ABSTRACT.....	27
1 INTRODUÇÃO .....	28
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	31
2.1 Luz, cor e espaços de cores .....	31
2.2 Sistema de cores de Munsell .....	36
2.3 Modelo CIE 1931 .....	37
2.4 Sistema CIELab ou CIELAB .....	40
2.5 Delta E ( $\Delta E$ ) .....	42
2.6 Cor e a Odontologia.....	44
2.7 Translucidez e Transmitância .....	46
3 PROPOSIÇÃO .....	51
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	52
4.1 Materiais testados .....	52
4.1.1 Fabricação dos CPs de resinas compostas.....	55
4.1.2 Corpos de prova de cerâmica .....	64

4.2	Métodos para verificação da translucidez.....	65
4.2.1	Método Visual Proposto .....	65
4.2.2	Transmitância Direta (T%) .....	69
4.2.3	Parâmetro de Translucidez (TP) .....	71
4.2.4	Razão de contraste ou taxa de contraste (CR).....	75
4.3	Métodos para verificação de cor .....	76
4.3.1	Comparação visual .....	76
4.3.2	Espectrofotômetro.....	78
4.4	Comparação dos valores de cor .....	80
4.5	Análise Estatística .....	82
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
5.1	Cerâmicas .....	85
5.1.1	Translucidez e transmitância .....	85
5.1.1.1	Transmitância Direta (T%).....	85
5.1.1.2	Parâmetro de Translucidez (TP).....	109
5.1.1.3	Razão de Contraste (CR) .....	115
5.1.1.4	Método Visual (MV%).....	122
5.1.2	Correlação dos Métodos de Avaliação da Translucidez 125	
5.1.3	Cor.....	127
5.1.3.1	Escalas Visuais .....	127
5.1.3.2	Espectrofotômetro .....	127
5.1.4	Correlação dos Métodos de Avaliação de Cor.....	130
5.2	Resinas.....	133
5.2.1	Translucidez e transmitância .....	133
5.2.1.1	Transmitância Direta (T%).....	133
5.2.1.2	Parâmetro de Translucidez (TP).....	150
5.2.1.3	Razão de Contraste (CR) .....	154

ECH		Schaan, Liechtenstein	glass-ceramic
PC	Paradigm™ C Ceramic Block for CEREC	3M-ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA	Leucite-reinforced glass-ceramic
MII	VITABLOCS Mark II for CEREC inLab	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany	feldspathic ceramic

\* H- high translucency e L- low translucency. \*\*From Della Bona <sup>(7)</sup>.

### 2.1. Translucency and transmittance evaluation

Translucency can be quantitatively described using a translucency specification such as transmittance, contrast ratio (CR) and translucency parameter (TP), each of which involve optical measurement made at a specified thickness <sup>31</sup>.

An UV/VIS Spectrophotometer (Lamba 20 – Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA) was used to measure the direct transmittance of light (in percentage) (T%). The calibration parameters of the spectrophotometer in scan mode included: slit of 0.5 nm, scan speed of 240 nm/min, 10 nm smooth, light range of 300 to 800 nm (visible and ultra-violet) with data interval of 1 nm. The mean T% values at 525 nm wavelength were used for comparison between materials <sup>4</sup>.

Another spectrophotometer (Vita Easysshade Advance, Vita Zahnfabrik, Germany) in Tooth Single mode was used to record the CIE Lab coordinates from specimens placed on white (W) and black (B) backgrounds. The values were used to calculate the Translucency Parameter (TP) as follows <sup>32</sup>:

$$TP = [(L_B^* - L_W^*)^2 + (a_B^* - a_W^*)^2 + (b_B^* - b_W^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Where **L\*** is the lightness, **a\*** corresponds to the red-green axis value and **b\*** to the yellow-blue axis value from the CIE Lab color space. The greater the TP value, the higher the translucency of the material.

The **L\*** values were also used to calculate the spectral reflectance, Y (luminance from Tristimulus Color Space / XYZ) as follows <sup>33</sup>:

$$Y = (L + 16 / 116)^3 \times Y_n \quad (2)$$

restorations. Along with color, translucency is dependent on the material used. There are several methods to evaluate translucency and opacity of esthetic restorative materials, such as: direct transmittance of light <sup>4</sup>, the translucency parameter (TP) and the contrast ratio (CR) <sup>6, 25-28</sup>. Notwithstanding, there is a concern regarding the use of a coupling medium on measuring the optical properties, avoiding the effect of the air refractive index <sup>7,29</sup>. Despite of these studies, there is no standard or consensus on the method of choice to quantify translucency of esthetic restorative materials. This is probably due to scientific and technical difficulties related to the methodological development and understanding of different physical phenomena that govern the optical performance and esthetic of restorative materials <sup>30</sup>. Therefore, the present study was designed to evaluate color and translucency of ceramics and the influence of a coupling medium (glycerin) on these optical properties, testing the hypothesis that glycerin influences the translucency values regardless the evaluation method.

## 2. Materials and methods

Plate-shaped ceramic specimens (10 mm x 20 mm x 1 mm), shade A2, were fabricated using CAD-CAM technology (Cerec inLab MC XL, Sirona Dental Services GmbH, Bensheim, Germany). All specimens were polished to 1 µm diamond paste and the thickness was measured with a digital caliper (Digimatic caliper, Mitutoyo Corp., Tokyo, Japan). Accepted thickness values were 1 ± 0.01 mm. IPS e.max CAD and IPS Empress CAD present two levels of translucency: HT (high translucency) and LT (low translucency). Therefore both A2 shades (A2LT and A2HT) were evaluated. The ceramics of the six experimental groups are described in [Table 1](#).

**Table 1.** Description of the ceramic materials used in the experimental groups.

Groups*	Ceramic brand name	Manufacturer	Ceramic type**
EML EMH	IPS e.max CAD	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Lithium disilicate-based glass-ceramic
ECL	IPS Empress CAD	Ivoclar Vivadent,	Leucite-reinforced

5.2.1.4 Método Visual (MV%) .....	156
5.2.2 Correlação dos Métodos de Translucidez .....	158
5.2.3 Cor .....	160
5.2.3.1 Escalas Visuais .....	160
5.2.3.2 Espectrofotômetro .....	160
5.2.4 Correlação dos Métodos de Avaliação da Cor .....	162
6 CONCLUSÕES .....	166
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	168
REFERÊNCIAS .....	170
APÊNDICES .....	177
ARTIGO SUBMETIDO .....	1822

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - O nome comercial, a classificação, o fabricante e a composição básica das resinas compostas utilizadas nesse estudo estão apresentadas abaixo.....	53
<b>Tabela 2</b> - O nome comercial, a classificação, o fabricante, a necessidade e temperatura de queima e a composição básica das cerâmicas utilizadas nesse estudo estão apresentadas abaixo.....	54
<b>Tabela 3</b> – Valores das coordenadas <b>Lab</b> para amostras das Escalas de Cores.....	81
<b>Tabela 4</b> – Nomenclatura dos grupos das cerâmicas deste experimento.....	83
<b>Tabela 5</b> – Nomenclatura e classificação dos grupos de resina composta.....	84
<b>Tabela 6</b> – Valores médios (em %) de Transmitância Direta (T%) no comprimento de onda de 525 nm e no comprimento de onda de pico ou flutuação (enunciado na última coluna em nm) da cerâmica VITA Mark II para as diferentes cores avaliadas.....	103
<b>Tabela 7</b> - Análise estatística (two-way ANOVA e Tukey) e desvio padrão dos valores de Transmitância Direta (em %) nas cerâmicas avaliadas tendo como referência o comprimento de onda de 525 nm. O “X” indica valores de grupos sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ).....	108
<b>Tabela 8</b> - Médias dos valores L, a, b sobre fundos branco ( <sub>w</sub> ) e preto ( <sub>B</sub> ) e também dos valores de TP e desvio padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas.....	110
<b>Tabela 9</b> - Tendências dos valores de L, a, b e Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e CR das cerâmicas em CPs de 1 mm de espessura.....	111

shade guides for industrial and scientific applications. Many dentists and laboratory technicians have used the Vita Classical shade guide as a reference to achieve the desired shade of a restoration, regardless the manufacturer of the restorative material. This fact promoted systems that use more specific and universal parameters for determining color, such as the CIE Lab<sup>13</sup>. Yet, this system is not capable to evaluate opacity and light transmission. These optical phenomena affect color perception and should not be neglected<sup>3,12</sup>.

Differences in the perceived color ( $\Delta E$ ) can be calculated using the CIE Lab coordinates. There are different equations to calculate the  $\Delta E$ , such as the CIE  $\Delta E_{76}$  and CIE  $\Delta E_{2000}$ <sup>14</sup>. Data from both equations have showed strong correlation and the limitations of 1976 equation seem to be not significant<sup>15,13</sup>. The CIE Lab system has provided quantitative representation of color and it has been extensively applied in dentistry to study esthetic materials, shade guides, and color reproductions<sup>13</sup>. There is no consensus in literature about the  $\Delta E$  threshold value from which the human eye starts to detect a color difference between two materials<sup>11</sup>, meaning, which color difference is noticeable by a viewer and which  $\Delta E$  is clinically acceptable<sup>16</sup>. However, most studies accept a limit of  $\Delta E = 3.0$  to be imperceptible to the human eye<sup>17</sup>. A classic study estimated that the color difference, which indicates acceptance of a restoration and the tooth is  $\Delta E = 2.7$ <sup>18</sup>, which is an intermediate value from two other studies:  $\Delta E = 3.3$ <sup>19</sup> and  $\Delta E = 2.0$ <sup>20</sup>. Additional work using more stringent criteria to  $\Delta E$  limit, indicate that only values smaller than 1 are completely imperceptible to the human eye, while  $\Delta E$  values between 1 and 2 are noted by trained observers but they are still clinically acceptable.  $\Delta E$  values greater than 2 would be perceptible to the untrained eye and, therefore, clinically unacceptable<sup>21,22</sup>. Other clinically relevant studies showed larger range of perceptibility thresholds and color mismatch with  $\Delta E$  values smaller than 1.9<sup>23</sup>, 3.7<sup>24</sup>, and 2.7<sup>16</sup> for what is clinically imperceptible and  $\Delta E$  values highest than 4.2<sup>23</sup>, 6.8<sup>24</sup>, and 5.5<sup>16</sup> for what is clinically unacceptable. The values between those two thresholds are considered clinically acceptable. These reports considered clinical factors such as the influence of lip shadows, tooth shape, tooth position in the dental arch, adjacent teeth, and translucency.

The translucency is the amount of light passing through a material and it is essential to the esthetic feature of dental



## 1. Introduction

In recent years, the growing claim for metal-free restorations that match the tooth color increased the demand for esthetic materials<sup>1</sup>. As the development of CAD/CAM technology continues, the manufacture of all-ceramic restoration is becoming increasingly easy. All-ceramic restorations should match natural tooth structure, color, surface texture, and translucency<sup>2</sup>. Thus, manufacturers are developing ceramic-based materials that are almost indistinguishable from natural teeth<sup>3</sup>, but even so, creating natural-looking esthetic restorations that blend seamlessly with the surrounding teeth can be difficult<sup>2</sup>.

The teeth optical properties far transcend color. When light strikes the teeth, part of it is reflected by the tooth surface and the remaining light penetrates the surface and can be reflected, refracted, absorbed by the tooth inner layers or transmitted through the teeth in the oral cavity<sup>4</sup>. Color and lighting effects created in the process are the hallmark of teeth natural appearance. Needless to mention, restorations that only mimic shape and color of natural teeth are easily detected<sup>5</sup>. So, natural look restorations can only be made if an appropriate range of materials are available. Accordingly, ceramic blocks for CAD-CAM technology are no longer monochromatic, offering gradual shades of color and translucency<sup>6,7</sup>.

Color match of esthetic restorative materials and tooth still remains a challenge in clinical dentistry<sup>3</sup>. Advancements in technology, computers, internet, and communication systems have greatly affected and shaped modern society. Commensurate with these advances are the progress in contemporary dentistry. In recent years, the dental profession has experienced the growth of a new generation of technologies devoted to the analysis, communication and verification of shade<sup>1</sup>. Despite this technology, the gold standard method for color match still is the comparison of tooth and restoration to color shade guide tabs. Yet, there are electronic methods, such as spectrophotometers, which minimize the subjectivity in shade selection<sup>3,8,9</sup>. Some studies suggested that there is a difference in color perception between the electronic and the visual methods, but this difference is clinically accepted<sup>1,10-12</sup> and both methods should be used to maximize the chromatic effects naturally present in the tooth<sup>1,9</sup>.

Difficulties in maintaining color between material batches and the evaluation of chromatic variations have hindered the use of color

<b>Tabela 10</b> - Médias dos valores L, a, b sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e Desvio Padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas com uso de glicerina como substância acoplante. ....	112
<b>Tabela 11</b> - Análise estatística e desvio padrão dos valores do Parâmetro de Translucidez das cerâmicas. O "X" marca resultados sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ). ....	114
<b>Tabela 12</b> - Análise estatística (two-way Anova e Tukey) ( $p < 0,01$ ), e desvio padrão dos valores de TP com uso de substância acoplante (glicerina) nas cerâmicas. O "X" marca resultados estatisticamente iguais. ....	115
<b>Tabela 13</b> - Médias dos valores de Y sobre fundos branco ( <sub>w</sub> ) e preto ( <sub>B</sub> ) e também dos valores CR e desvio padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas. ....	116
<b>Tabela 14</b> - Médias dos valores de Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de CR e desvio padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas com uso de glicerina como substância acoplante. ....	117
<b>Tabela 15</b> - Análise estatística (two-way Anova e Tukey) e desvio padrão dos resultados de CR das cerâmicas. O "X" marca resultados estatisticamente iguais ( $p < 0,01$ ). ....	118
<b>Tabela 16</b> - Análise estatística (two-way Anova e Tukey) e desvio padrão dos resultados de CR das cerâmicas com uso de substância acoplante (glicerina). O "X" marca resultados estatisticamente iguais ( $p < 0,01$ ). ....	119
<b>Tabela 17</b> - Valores médios de TP, CR, T% e T%PICO e as tendências desses valores em CPs de 1mm de espessura nas cerâmicas ....	121
<b>Tabela 18</b> - Médias dos valores de TP, CR, T% em 525 nm e no comprimento de onda de pico, do Método Visual (em %) e também TP, CR e Método Visual com o uso de glicerina como substância acoplante (TPG, CRG, MV%G). ....	123
<b>Tabela 19</b> - Análise estatística (two-way Anova e Tukey) e desvio padrão do Método Visual nas cerâmicas. O "X" marca resultados sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ). ....	124



<b>Tabela 20</b> - Análise estatística e desvio padrão dos valores médios (two-way Anova e Tukey) do Método Visual com uso de glicerina como meio acoplante nas cerâmicas. O “X” significa grupos sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ). .....	125
<b>Tabela 21</b> – Matriz de correlação de Pearson para os métodos de avaliação da translucidez das cerâmicas. ....	126
<b>Tabela 22</b> - Médias dos valores CIELab encontrados nas Cerâmicas sem glicerina <sub>(1)</sub> e com glicerina <sub>(2)</sub> como substância acoplante e a diferença de percepção ( $\Delta E$ ) entre elas.....	128
<b>Tabela 23</b> – Diferenças de percepção ( $\Delta E$ ) entre as mesmas cores de diferentes marcas comerciais de cerâmicas. ....	129
<b>Tabela 24</b> – Médias de $\Delta E$ encontrados entre os métodos nas cerâmicas. ....	132
<b>Tabela 25</b> – Médias, desvio padrão e agrupamento estatístico, mesma letra na mesma coluna significa sem diferença estatística de resultados para Transmitância Direta a 525 nm de $\lambda$ e de pico das resinas.....	150
<b>Tabela 26</b> - Médias dos valores L, a, b e Y sobre fundos branco ( <sub>w</sub> ) e preto ( <sub>B</sub> ) e também dos valores de TP e CR das resinas. ....	151
<b>Tabela 27</b> - Tendências dos valores de L, a, b e Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e CR das resinas em CPs de 1 mm de espessura. ....	152
<b>Tabela 28</b> – Média, desvio padrão e a mesma letra na terceira coluna de cada método (Parâmetro de Translucidez sem e com glicerina) significa que não existe diferença significativa dos resultados dos grupos ( $p > 0,01$ ). ....	153
<b>Tabela 29</b> - Médias dos valores L, a, b e Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e CR das cerâmicas com uso de glicerina como substância acoplante. ....	154
<b>Tabela 30</b> – Média, desvio padrão e a mesma letra na terceira coluna de cada método (Razão de Contraste sem e com glicerina) significa que não existe diferença significativa dos resultados dos grupos ( $p > 0,01$ ). ....	155
<b>Tabela 31</b> – Média, desvio padrão e a mesma letra na terceira coluna de cada método (Método Visual sem e com	

## ABSTRACT

**Objectives:** to evaluate color and translucency of ceramics from different manufacturers in relation to Vita Classical shade guide and CIELab coordinates and the influence of a coupling medium (G- glycerin) on these optical properties, testing the hypothesis that G influences the translucency values regardless the measuring method used.

**Methods:** Five specimens from A2-shaded ceramics (IPS e.max CAD HT and LT, IPS Empress CAD HT and LT, Paradigm C, and Vita Mark II) were fabricated from ceramic blocks and polished to  $1.0 \pm 0.01$  mm in thickness. A spectrophotometer (Vita Easyshade) was used to measure the CIELab coordinates and the reflectance value (Y) of specimens placed on white and black backgrounds. The translucency parameter (TP) and the contrast ratio (CR) were calculated. Another spectrophotometer (Lambda 20) was used to measure the direct light transmittance (T%) of the specimens. The color and the CIELab coordinates were evaluated using the Vita EasyShade on neutral gray background and values were used to calculate difference in color ( $\Delta E$ ). All evaluations were repeated using G and values were recorded. Data were statistically analyzed using Anova and Tukey tests ( $\alpha = 0.01$ ), Student's t test ( $\alpha = 0.05$ ) and Pearson's correlation.

**Results:** Although the mean translucency values were significantly different for each method (TP and CR), they were strongly correlated ( $r = -0.99$ ), even when G was used ( $r = -0.98$ ).

**Conclusion:** G significantly influenced the mean values of  $\Delta E$  and translucency.

**Keywords:** color, translucency, glycerin, ceramics, CAD-CAM technology.

Artigo submetido ao *J Dent- J Color and Appearance in Dentistry*

**The effect of a coupling medium on color and translucency of CAD-CAM ceramics**

Audrea Dallazem Nogueira<sup>1</sup>

Alvaro Della Bona<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Post-graduate Program in Dentistry, Dental School, University of Passo Fundo, Brasil

**Short Title:** Color and Translucency of Dental Ceramics

**Corresponding author**

Alvaro Della Bona, Senior Professor and Chair of the Post-graduate Program in Dentistry, Dental School, University of Passo Fundo, Campus I, BR285, km 171, Passo Fundo, RS, Brasil.  
[dbona@upf.br](mailto:dbona@upf.br)

glicerina) significa que não existe diferença significativa dos resultados dos grupos ( $p > 0,01$ ). ..... 157

**Tabela 32** – Resumo dos valores esperados para os métodos testados em CPs de resina composta de 1mm de espessura. .... 158

**Tabela 33** – Matriz de correlação de Pearson para os testes de translucidez das Resinas. .... 159

**Tabela 34** – Médias dos valores das coordenadas CIELab encontrados nos CPs de resina composta sem glicerina <sup>(1)</sup>, com glicerina <sup>(2)</sup> e a diferença de percepção ( $\Delta E$ ) entre elas. .... 161

**Tabela 35** – Diferença de percepção entre os grupos de mesmas cores de diferentes marcas comerciais ..... 162

**Tabela 36** - Médias de  $\Delta E$  encontrados entre os métodos nas resinas. . 164

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Espectro eletromagnético, evidenciando a luz visível entre os comprimentos de onda de 380 a 780 nm (adaptado de: LOPES, 2008).....	32
<b>Figura 2</b> - Opticks, obra de Isaac Newton (1704) sobre propriedades ópticas e luz. ....	34
<b>Figura 3</b> - Gravura esquemática do sistema Munsell de cores. ....	35
<b>Figura 4</b> - As vinte cores de valor nível 5 em saturação máxima do sistema Munsell.....	36
<b>Figura 5</b> - Sistema de Cores CIE 1931. FONTE: Schulungen, 2006.....	37
<b>Figura 6</b> - Forma tridimensional do espaço de cores CIE xyY ou XYZ de 1931.....	38
<b>Figura 7</b> - Representação gráfica do modelo de cores CIELab (fonte: autora do presente estudo). ....	41
<b>Figura 8</b> - Escala de cores VITAPAN, Lumin – VACUUM ou Classical. ....	45
<b>Figura 9</b> - Escala de cores VITA 3D-MASTER. ....	45
<b>Figura 10</b> – Ilustração da área de fotopolimerização dos corpos de prova em resina composta. ....	56
<b>Figura 11</b> – Diferentes marcas de resinas compostas avaliadas. ....	56
<b>Figura 12</b> – Fabricação dos CPs de resina: tira de matriz de poliéster sobre placa de vidro.....	57
<b>Figura 13</b> – Fabricação dos CPs de resina: molde acrílico sobre tira de poliéster e placa de vidro.....	57
<b>Figura 14</b> – Fabricação dos CPs de resinas: disposição da resina composta nos moldes. ....	58
<b>Figura 15</b> – Fabricação dos CPs de resina: colocação da segunda tira de poliéster sobre a resina composta. ....	58

## CÓPIA DA CARTA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO:

----- Forwarded message -----

From: **Journal of Dentistry** <[JoD@elsevier.com](mailto:JoD@elsevier.com)>

Date: 2012/7/2

Subject: Submission Confirmation for Journal of Dentistry

To: [dbona@upf.br](mailto:dbona@upf.br)

Dear Dr Della Bona,

Your submission entitled "The effect of a coupling medium on color and translucency of CAD-CAM ceramics" has been received by the Journal of Dentistry.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/jjod/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Julie Millard  
Journal Manager  
Journal of Dentistry

## ARTIGO SUBMETIDO

ao *J Dent- J Color and Appearance in Dentistry*

The effect of a coupling medium on color and translucency of CAD-  
CAM ceramics

**Audrea Dallazem Nogueira, Álvaro Della Bona<sup>2</sup>**

<b>Figura 16</b> – Fabricação dos CPs de resina: colocação da segunda placa de vidro sobre a tira de poliéster e resina composta.....	59
<b>Figura 17</b> - Fabricação dos CPs de resina: prensagem com segunda placa de vidro.....	59
<b>Figura 18</b> – Fabricação dos CPs de resina: polimerização.....	60
<b>Figura 19</b> – Fabricação dos CPs de resina: remoção da tira de poliéster após polimerização.....	60
<b>Figura 20</b> – Fabricação dos Cps de resina: retirada do molde. ....	61
<b>Figura 21</b> – Fabricação dos CPs de resina: CPs antes do acabamento de bordas laterais. Não será realizado nenhum tipo de polimento. ....	61
<b>Figura 22</b> - Fabricação dos CPs de resina: acabamento das bordas laterais dos CPs com disco diamantado em baixa rotação. ....	62
<b>Figura 23</b> - Fabricação dos CPs de resina: CPs prontos. ....	62
<b>Figura 24</b> – Paquímetro digital medindo espessura dos CPs. ....	63
<b>Figura 25</b> - Os CPs de resina composta foram agrupados em caixa organizadora. ....	63
<b>Figura 26</b> – CPs cerâmicas agrupadas e organizadas.....	64
<b>Figura 27</b> - Escala visual (gabarito) de translucidez. ....	66
<b>Figura 28</b> – Luz D65 utilizada no experimento. ....	67
<b>Figura 29</b> –Escala visual de translucidez posicionada sob luz D65.....	67
<b>Figura 30</b> – CP sobre escala visual de translucidez sem o uso de glicerina como substância acoplante.....	68
<b>Figura 31</b> – CP posicionada na escala visual de translucidez sobre substância acoplante (glicerina).....	68
<b>Figura 32</b> – Espectrofotômetro Lambda 20 em uso. CPs limpos aguardando varredura. ....	69
<b>Figura 33</b> – Mensuração da T% em progresso no espectrofotômetro Lambda20. Painel mostra comprimento de onda e respectivo percentual de transmitância direta no CP.....	70

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo.

**Figura 34** - Na tela do computador ligado ao equipamento, é exibido gráfico resultante da varredura no CP. Cada valor de T% em cada  $\lambda$  é registrado..... 70

**Figura 35** – Espectrofotômetro VITA Easyshade Compact..... 73

**Figura 36** – Medição das coordenadas **Lab** sobre fundos branco e preto com o Easyshade. Os CPs estão colocadas em substância acoplante (glicerina) em fundo padrão preto ou branco..... 73

**Figura 37** – Uso do Easyshade em CPs sobre fundo branco sem substância acoplante..... 74

**Figura 38** - Cálculo da taxa de contraste (CR). Opaco: a mesma intensidade de luz é refletida, independentemente do fundo.  $Y_b = Y_w$ , CR = 1. Transparente: toda a luz transmitida é absorvida pelo fundo preto.  $Y_b = 0$ , CR = 0 (HEFFERNAN et al., 2002)..... 76

**Figura 39** – Escala de cores posicionada sob iluminante D65..... 77

**Figura 40** – Comparação de cor visual com escalas de cor Vita Classical (a) e Vita 3D Master (b)..... 77

**Figura 41** - Telas do Easyshade: seleção do modo “Dente Individual” (a); resultados de cores nas escalas Vita Classical e Vita 3D Master (b); selecionando-se a escala Vita 3D Master obtém-se os valores das coordenadas LCh e Lab (c); e selecionando-se a escala Vita Classical obtém-se as variações da cor da amostra para a da escala (d)..... 79

**Figura 42** – Telas do Easyshade: Seleção do modo “Retauração” (a); Seleção da cor 2M2 na escala Vita 3D Master (b); após o exame, a avaliação da compatibilidade da cor da amostra com a escala (c); e selecionando os asteriscos, a diferença da amostra para a cor específica (d). ..... 80

**Figura 43** – Relação da Transmitância Total por espessura da resina Esthet-X em diferentes  $\lambda$ . Fonte: Pinto, 2009..... 149

**Figura 44** – Comparação de achados pelo espectrofotômetro e pelo observador no grupo EX WO..... 163

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Transmitância direta do Grupo e.m A1LT .....	87
<b>Gráfico 2</b> – Transmitância direta do Grupo e.m A2LT .....	88
<b>Gráfico 3</b> – Transmitância direta do Grupo e.m A3LT .....	88
<b>Gráfico 4</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo e.m A1HT .....	89
<b>Gráfico 5</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo e.m A2HT .....	90
<b>Gráfico 6</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo e.m A3HT .....	90
<b>Gráfico 7</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo Emp A1LT .....	91
<b>Gráfico 8</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo Emp A2LT .....	92
<b>Gráfico 9</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo Emp A3LT .....	92
<b>Gráfico 10</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo Emp A1HT .....	93
<b>Gráfico 11</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo Emp A2HT .....	93
<b>Gráfico 12</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo Emp A3HT .....	94
<b>Gráfico 13</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo PaC A1 .....	95
<b>Gráfico 14</b> – Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo PaC A2 .....	95
<b>Gráfico 15</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo PaC A3 .....	96
<b>Gráfico 16</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII A1 .....	97
<b>Gráfico 17</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII A2 .....	97
<b>Gráfico 18</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII A3 .....	98
<b>Gráfico 19</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 0M1 .....	98
<b>Gráfico 20</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 1M1 .....	99
<b>Gráfico 21</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 1M2 .....	99
<b>Gráfico 22</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 2M1 .....	100
<b>Gráfico 23</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 2M2 .....	100
<b>Gráfico 24</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 2M3 .....	101
<b>Gráfico 25</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 3M1 .....	101
<b>Gráfico 26</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 3M2 .....	102
<b>Gráfico 27</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 3M3 .....	102
<b>Gráfico 28</b> - Transmitância direta por $\lambda$ do Grupo MII 4M2 .....	103
<b>Gráfico 29</b> - Médias dos resultados de Transmitância Direta (em %) por $\lambda$ das cerâmicas testadas neste experimento. ....	104

## APÊNDICE 2 – Resultados de cor das cerâmicas.

<b>Gráfico 30</b> – Tendência de resultados de porcentagem de Transmitância Direta por $\lambda$ em CPs de exatos 1 mm de espessura* .....	105
<b>Gráfico 31</b> - Tendência de curvas espectrais em CPs de exatos 1 mm de espessura das cerâmicas da Ivoclar Vivadent. ....	106
<b>Gráfico 32</b> - Tendência de curvas espectrais em CPs de exatos 1 mm de espessura das cerâmicas da 3M ESPE. ....	107
<b>Gráfico 33</b> - Tendência de curvas espectrais em CPs de exatos 1 mm de espessura das cerâmicas VITA. ....	107
<b>Gráfico 34</b> – Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EX A2-O. ....	134
<b>Gráfico 35</b> – Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EX B2-O. ....	135
<b>Gráfico 36</b> – Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EX WO ...	135
<b>Gráfico 37</b> – Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EX A1 .....	136
<b>Gráfico 38</b> – Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EX A3 .....	136
<b>Gráfico 39</b> – Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EX B1 .....	137
<b>Gráfico 40</b> – Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 3M A2D..	137
<b>Gráfico 41</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 3M B3D...	138
<b>Gráfico 42</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 3M WD....	138
<b>Gráfico 43</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 3M A1E ...	139
<b>Gráfico 44</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 3M A3E ...	139
<b>Gráfico 45</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 3M B1E ...	140
<b>Gráfico 46</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EmD A2D	140
<b>Gráfico 47</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo EmD B2D	141
<b>Gráfico 48</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 4S BLD....	141
<b>Gráfico 49</b> - Transmitância Direta em % por $\lambda$ do Grupo 4S A3E ...	142
<b>Gráfico 50</b> – Médias das transmitâncias diretas em % por $\lambda$ das resinas.....	143
<b>Gráfico 51</b> – Médias de T% por $\lambda$ nas resinas (visão de -0,1 a 1,5% somente para melhor ver a interposição das linhas) .....	144
<b>Gráfico 52</b> – Médias das tendências de transmitâncias diretas em % por $\lambda$ das resinas com CPs de 1 mm de espessura.....	145
<b>Gráfico 53</b> – Médias das tendências de T% por $\lambda$ nas resinas da Dentsply com 1 mm de espessura. ....	146



**APÊNDICE 1 – Tabela demonstrando os diferentes percentuais de translucidez da resina IPS Empress Direct. FONTE: Site do fabricante.**

	<b>Shade</b>	<b>Translucency</b>
Dentin materials	A1, A2, A3, A3.5, A4, A5, A6 B1, B2 C3 D2, Bleach L, Bleach XL	7 – 8 %
Enamel materials	A1, A2, A3, A3.5, A4 B1, B2, B3, B4 C1, C2, C3 D2, D3 Bleach L, Bleach XL	13 – 15 %    10 – 15 %
Translucent materials	Trans 20 Trans 30 Trans Opal	20 % 33 % 45 %

Table 1: The IPS Empress Direct system of materials

**Gráfico 54** – Médias das tendências de T% por  $\lambda$  nas resinas da 3M com 1 mm de espessura. .... 146

**Gráfico 55** – Médias das tendências de T% por  $\lambda$  nas resinas da IVOCCLAR com 1 mm de espessura. .... 147

**Gráfico 56** – Médias, desvio padrão e agrupamento estatístico da razão de contraste nas resinas estudadas. .... 156

**Gráfico 57** – Correlação dos resultados de TP e CR nas resinas testadas. .... 159

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**$\Delta E$**  : diferença de percepção da cor

**ABNT**: Associação Brasileira de Normas Técnicas

Anova: análise de variância

**CAD-CAM**: *computer-aided design, computer-aided manufacturing*  
(projeto e fabricação assistida por computador)

**CIE**: Commission Internationale de l'Eclairage (Comissão Internacional de Iluminação)

**CMYK**: sistema de cor (C = ciano; M = magenta; Y = amarelo; K = preto)

**CP**: corpo de prova

**CR**: *contrast ratio* (razão ou taxa de contraste)

**D65**: iluminante padrão correspondente à luz do dia (6.500 K)

**ES**: Espectrofotômetro VITA Easyshade Compact

**G**: acrescentada ao final de outra sigla para definir o uso de glicerina como substância acoplante entre fundo e CP.

**$I_0$** : intensidade de luz total

**$I_A$** : luz absorvida

**$I_R$** : luz refletida

**$I_T$** : luz transmitida

**K**: Kelvin (unidade de temperatura)

## APÊNDICES

VICHI, A.; FERRARI, M.; DAVIDSON, C. L. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 83, n. 4, p. 412-417, 2000.

VILLARROEL, M.; HIRATA, R.; DE SOUSA, A. M. Avaliação comparativa da translucidez do esmalte dentário e de resinas compostas para esmalte. *R Dental Press Estét*, Maringá, v. 2, n. 3, p. 22-34, 2005.

VITA Easyshade. *Manual de Instruções*. VITA Zahnfabrik H.Rauter GmbH & Co. KG Postfach, Bad Säckingen: Alemanha, 2006. 48p.

WEI, G.C. Transparent ceramic lamp envelope materials. *J. Phys. D: Appl. Phys*, Bristol, v. 38, n. 17, p. 3057-3065, 2005.

YOSHIMURA, H. N.; GOLDEINSTEIN, H. Light scattering in polycrystalline alumina with bi-dimensionally large surface grains. *J Eur Ceram Soc*, Amsterdã, v. 29, n. 2, p. 293-303, 2009.

YU, B.; AHN, J. S.; LEE, Y. K. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontol Scand*, Londres, v. 67, n. 1, p. 57-64, 2009.

ZHANG, Y.; GRIGGS, J. A.; BENHAM, A. W. Influence os power/liquid mixing ratio on porosity and translucency of dental porcelains. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 91, n. 2, p. 128-135, 2004.

**Lab**: sistema de cor CIE 1976 (L = eixo de luminância; a = eixo verde - vermelho; b= eixo azul - amarelo)

**LCh**: sistema de cor (L = luminância; C = croma; h = matiz)

**MV%**: Método visual para verificação da translucidez

**RGB**: sistema de cor (R = vermelho; G = verde; B = azul)

**TP**: *translucency parameter* (parâmetro de translucidez)

**T%**: percentual de transmitância direta da luz incidente sobre um CP

**UV/VIS**: luz ultra-violeta e luz visível

**xyY**: sistema de cor CIE 1931 (“x” e “y” = coordenadas de cor; Y = eixo de luminância)

**Y**: reflectância luminosa

## Cor e translucidez de materiais restauradores estéticos

Audrea Dallazem Nogueira<sup>1</sup>

### RESUMO

**Objetivos:** Avaliar a cor e a translucidez de diferentes cerâmicas e resinas compostas restauradoras testando as hipóteses de que (1) a nomenclatura de cor utilizada pelo fabricante não corresponde a escala Vita *Classical*, (2) os métodos que utilizam espectrofotometria para avaliar a translucidez minimizam a subjetividade resultante da análise pelo método visual e (3) o uso de um meio acoplante influencia nos resultados de cor e translucidez.

**Materiais e Métodos:** Foram confeccionados CP de resinas compostas (Filtek Z350 XT, 4Seasons, Empress Direct e Esthet-X HD) e de cerâmicas (IPS e.max CAD, IPS Empress CAD, Paradigm C e Cerec Mark II) em diferentes cores. A translucidez foi observada visualmente utilizando uma escala padrão (MV%). O EasyShade foi usado para obter as coordenadas CIELab e o valor da reflectância (Y) dos CP posicionados sobre superfícies de cor branca e preta. O parâmetro de translucidez (TP) e a taxa ou razão de contraste (CR) foram calculados. Outro espectrofotômetro (Lambda 20) verificou o percentual de transmitância direta (T%) da luz incidente sobre os CP. A cor foi avaliada visualmente, os parâmetros Lab foram mensurados com espectrofotômetro (EasyShade) sobre fundo cinza neutro e os resultados foram transformados em valores de  $\Delta E$ . Todos os testes foram repetidos usando um meio acoplante (glicerina) para os CP. Os resultados foram analisados estatisticamente por Anova e Tukey ( $\alpha=0,01$ ), Student's t test ( $\alpha = 0.05$ ) e teste de correlação de Pearson.

**Resultados e Conclusões:** Os métodos para avaliação de translucidez mostraram diferenças significativas, mas com forte correlação entre eles, sendo maior para as cerâmicas. A designação da cor mostrou ter maior correspondência com a escala Classical nas resinas compostas do que nas cerâmicas. A glicerina alterou significativamente os resultados de cor e translucidez ( $p<0,01$ ) e elevou os valores de correlação entre os métodos de avaliação de translucidez em aproximadamente 8%.

**Palavras-chave:** cor, translucidez, resina composta, cerâmica.

SARKAR, D. Physical and Chemical Methods in Soil Analysis ; Fundamental Concepts of Analytical Chemistry and Instrumental Techniques. Nova Delhi: New Age International Publishers, 2005. ISBN 81-224-1573-3.

SCHULUNGEN (8 de Setembro de 2006). *CIE 1931: Objektive sinnesphysiologische Farbbestimmung - ohne Muster*. Disponível em: <<http://www.win-seminar.de/adobe/CIE-1931-farbmodell.php>>. Acesso em: 16 jun 2010.

SCHANDA, J. CIE Technical Report, *CIE Colorimetry and Colour Displays*. University Veszprém, Hungary and CIE Central Bureau, Vienna, Austria, 2001.

SEGHI, R.R.; JOHNSTON, W.M.; O'BRIEN, W.J. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 56, n.1, p. 35-40, 1986.

SISTEMA de cores de Munsell. Wikipédia.org. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_cores\\_de\\_Munsell](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_cores_de_Munsell)>. Acesso em: 22 jun 2010.

SOARES, C. G.; CARRACHO, H. G.; BRAUN, A. P.; COSTA, N. P.; VEECK, E. B. Densidade óptica e composição química de resinas compostas. *Cienc Odontol Bras*, São José dos Campos, v. 10, n. 4, p. 61-69, 2007.

TEN BOSCH, J. J.; COOPS, J. C. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res*, Thousand Oaks, v. 74, n. 1, p. 374-80, 1995.

TINSCHERT, J.; ZWES, D.; MARX, R.; ANUSAVICE, K. J. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica- and zirconia-based ceramics. *J Dent*, Amsterdã, v. 28, n. 7, p. 529-535, 2000.

VAN DE HULST, H. C. *Light scattering by small particules*. New York: Dover, 1981. 470 p.

<sup>1</sup> Aluna do Programa de Pós-Graduação em Odontologia *Stricto-Sensu* da UPF em 2012 com Área de concentração em Clínica Odontológica.

PINTO, M. M. *Propriedades ópticas e microestrutura de materiais cerâmicos de restauração dentária*. 2009. 170 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PORTERO, P. P. *Avaliação instrumental da correspondência de cor de resinas compostas em função de escala de referência, tonalidade, composição e espessura*. 137 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista. Araraquara, São Paulo, 2009.

QUEIROZ, R. S.; ALVIM, H. H.; GONÇALVES, A. M.; SILVA, D. N.; PORTO-NETO, S. D. Métodos para avaliação da translucidez de materiais restauradores estéticos – revisão da literatura. *Rev Odontol UNESP*, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 109-112, 2007.

QUEIROZ, R. S.; DE LIMA, J. P. M.; MALTA, D. A. M. P.; RASTELLI, A. N. S.; CUIN, A.; PORTO-NETO, S. T. Changes on Transmittance Mode of Different Composite Resins. *Materials Research*, Amsterdã, v. 12, n. 2, p. 127-132, 2009.

RAGAIN JR., J. C.; JOHNSTON, W. M. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Res Appl*, São Francisco, v. 25, n. 4, p. 278-285, 2000.

RAZZOOG, M.E.; LANG, B.R.; RUSSELL, M.M.; MAY, K.B. A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 72, n. 5, p. 453-456, 1994.

RUYTER, I. E.; NILER, K.; MOLLER, B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 3, n. 5, p. 246-251, 1987.

RYAN, E-A.; TAM, L. E.; MCCOMB, D. Comparative Translucency of Esthetic Composite Resin Restorative Materials. *J Can Dent Assoc*, Oxford, v. 76, a. 84, p. 1 – 6, 2010.

## Color and translucency of esthetic dental materials

### ABSTRACT

**Objectives:** Examining the color and translucency of different ceramics and resin-based composites, testing the hypotheses that (1) manufacturer color designation does not match Vita Classical shade guide, (2) methods using spectrophotometers to evaluate translucency reduce the subjectivity from the visual method, and (3) the use of a coupling medium influences the color and translucency values

**Methods:** Specimens of different color were fabricated from composites (Filtek Z350 XT, 4Seasons, Empress Direct, and Esthet-X HD) and ceramics (IPS e.max CAD, IPS Empress CAD, Paradigm C e Cerec Mark II). The translucency was observed visually (MV%) using a standard scale. A spectrophotometer (Vita Easyshade) was used to obtain the CIELab color coordinates and the reflectance value (Y) of all specimens on white and black backgrounds. The translucency parameter (TP) and the contrast ratio (CR) were calculated. Another spectrophotometer (Lambda 20) measured the direct light transmittance (T%) of the specimens. CIELab coordinates were also assessed using the Vita EasyShade spectrophotometer on neutral gray background and used to calculate the  $\Delta E$  values. All analyses were repeated using a coupling medium (glycerin). The results were statistically analyzed using Anova and Tukey tests ( $\alpha = 0.01$ ), Student's t test ( $\alpha = 0.05$ ) and Pearson correlations.

**Results:** There were significant differences in translucency of evaluated materials by all methods, which showed strong correlation, mainly for the ceramic materials. A greater manufacturer color designation to Vita Classical shade guide match was showed for composites than for ceramics. Glycerin significantly changed the mean translucency values and color perception ( $p < 0,01$ ) and increased (about 8%) the correlation between translucency methods.

**Keywords:** color, translucency, resin-based composites, ceramics.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por restaurações com cor semelhante ao dente e por substitutos aos metais levou a um aumento da demanda por materiais estéticos nos últimos anos. Fabricantes têm desenvolvido compósitos dentários modernos, com variações de cores e translucidezes e materiais à base de cerâmica, que são quase indistinguíveis da dentição natural. Essas possibilidades não só aumentaram as expectativas dos pacientes, mas também têm estimulado as ambições estéticas dos dentistas. Consequentemente, dentistas especializados em odontologia estética precisam de materiais que ofereçam uma ampla gama de possibilidades de *design* do que os atualmente disponíveis (BREWER et al., 2004; CHU et al., 2010).

As propriedades óticas dos dentes em muito transcendem apenas à cor. Dentes naturais são compostos de dentina e esmalte e são ligados a tecidos moles periodontais. Considerando a luz incidente nos dentes, parte dela é refletida pela superfície dentária e o restante penetra na estrutura e é refletida, refratada ou absorvida pelas camadas internas do dente ou é transmitida por todo o dente na cavidade oral escura. A cor típica e efeitos de luz que são criados no processo resultam na da aparência natural dos dentes. Desnecessário dizer que as restaurações que imitam apenas a forma e cor dos dentes naturais são facilmente reconhecidas como ilegítimas, mesmo a olho destreinado.

reference system. *Journal of Dentistry*, Amsterdã, v. 38, s. 2, p. e65–70, 2010.

LI, Q.; YU, H.; WANG, Y. N. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 25, n. 2, p. 158-165, 2009.

LIU, M-C.; AQUILINO, S. A.; LUND, P. S.; VARGAS, M. A.; DIAZ-ARNOLD, A. M.; GRATTON, D. G.; QIAN, F. Human Perception of Dental Porcelain Translucency Correlated to Spectrophotometric Measurements. *J Prosthodont*, Amsterdã, v. 19, n. 3, p. 187–193, 2010.

LOPES, J. M. B. *Cor e Luz*. Instituto Superior Técnico: Lisboa, 2008.

MASOTTI, A. S.; ONÓFRIO, A. B.; CONCEIÇÃO, E. N.; SPOHN, A. M. Uv-vis spectrophotometric direct transmittance analysis of composite resins. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 23, n. 6, p. 724-730, 2007.

NAKAMURA, T.; SAITO, O.; MIZUNO, M.; TANAKA, H. Changes in translucency and color of particulate filler composite resins. *Int J Prosthodont*, Amsterdã, v. 15, n. 5, p. 494 - 499, 2002.

O'BRIEN, W. J.; GROH, C. L.; BOENKE, K. M. A new, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res*, Thousand Oaks, v. 11, n. 69, p. 1762–1764, 1990.

O'KEEFE, K. L.; PEASE, P. L.; HERRIN, H. K. Variables affecting the spectral transmittance of light through porcelain veneer samples. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 66, n. 4, p. 434-8, 1991.

PARAVINA, R. D.; KIMURA, M.; POWERS, J. M. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology*, Nova York, v. 93, n. 1, p. 46–51, 2005.

PARAVINA, R. D.; WESTLAND, S.; IMAI, F. H.; KIMURA, M.; POWERS, J. M. Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 22, n. 4, p. 299–307, 2006.

JOHNSTON, W.M.; REISBICK, M.H. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 13, n. 2, p. 89-97, 1997.

KARAAGACLIOGLU, L.; TERZIOGLU, H.; YILMAZ, B.; YURDUKORU, B. In Vivo and In Vitro Assessment of an Intraoral Dental Colorimeter. *J Prosthodont*, Amsterdã, v. 19, n. 4, p. 1-7, 2010.

KAISER, P. K.; BOYNTON, R. M. Human color vision. *Optical Society of America*. Washington DC, USA, 1996. 652 p.

KIM, S. J.; SON, H. H.; CHO, B. H.; LEE, I. B.; UM, C. M. Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. *Journal of Dentistry*, Amsterdã, v. 37, n. 2, p. 102-107, 2009.

LEE, S-H.; LEE, Y-K.; LIM, B-S. Influence of thermocycling on the optical properties of laboratory resin composites and an all-ceramic material. *J Mater Sci Mater Med*, Nova York, v. 15, n. 11, p. 1221-1226, 2004.

LEE, Y-K.; POWERS, J.M. Color and optical properties of resin-based composites for bleached teeth after polymerization and accelerated aging. *Am J Dent*, Nova York, v. 14, n. 6, p. 349-354, 2001.

LEE, Y-K.; LIM, B-S.; RHEE, S-H.; YANG, H-C.; POWERS, J.M. Changes of optical properties of dental nano-filled resin composites after curing and thermocycling. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, São Francisco, v. 71, n. 1, p. 16-21, 2004.

LEE, Y-K. Changes in the translucency of porcelain and repairing resin composite by the illumination. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 23, n. 4, p. 4-9, 2007.

LEE, Y-K.; YU, B.; LEE, S-H.; CHO, M-S.; LEE, C-Y.; LIM, H-N. Shade compatibility of esthetic restorative materials - A review. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 26, n. 12, p. 1119-1126, 2010.

LEHMANN, K. M.; IGIEL, C.; SCHMIDTMANN, I.; SCHELLER, H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric

Portanto, restaurações naturais que são verdadeiramente indiscerníveis só podem ser confeccionadas se uma gama adequada de materiais estiver disponível. Estes materiais permitem não só a reconstrução da forma externa e cor, mas também a reprodução da estrutura interna do dente e os efeitos ópticos resultantes (BRODBELT et al., 1980; TEN BOSCH & COOPS, 1995; LI et al., 2009).

A escolha da cor dos materiais restauradores estéticos continua sendo um desafio na clínica odontológica. O método mais utilizado ainda é a comparação com escalas de cores, mas existem métodos eletrônicos, como o uso de espectrofotômetros, que minimizam a subjetividade na seleção de cor (CHU et al., 2010).

Escalas de cores se tornaram o padrão para a seleção de cor, devido às suas qualidades visuais e podem ser analisadas pelo olho humano. No entanto, escalas de cores não são realmente adequadas para fins industriais ou científicos, pela dificuldade de assegurar uniformidade na cor entre os diferentes lotes de materiais ou na avaliação/mensuração criteriosa da cor dentária. Atualmente, sistemas de cores com parâmetros mais precisos, como o CIELab, são usados nessas situações. Algumas empresas oferecem guias de cores duráveis em cerâmica com base nas coordenadas de cor CIELab. No entanto, este sistema não é capaz de identificar parâmetros tais como opacidade ou translucidez. Esses parâmetros afetam a medição da cor e não devem ser negligenciados (CHU et al., 2010; LIU et al., 2010).

A translucidez é uma propriedade óptica imprescindível para predizer um resultado natural das restaurações nos elementos dentários. Juntamente com a cor, ela é dependente exclusivamente do material aplicado. Apesar da variedade de métodos utilizados para verificação da



translucidez e da opacidade dos materiais restauradores estéticos, ainda não há consenso sobre a metodologia adequada para avaliar essas propriedades ópticas. Esse fato é devido à complexidade do tema, bem como à dificuldade técnico-científica relacionada ao desenvolvimento metodológico e compreensão dos diferentes fenômenos físicos que regem o desempenho óptico e estético dos materiais restauradores (QUEIROZ et al., 2007). Como não existe uma norma para quantificar a translucidez dos materiais restauradores estéticos, esse estudo pretende propor uma metodologia para avaliar essa propriedade óptica. Desse modo, justifica-se esse estudo a fim de estabelecer uma metodologia para essa finalidade. Ainda, verificar se o uso de uma substância acoplante influencia nos resultados de translucidez.

Analyses of Shade Selection. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci.*, Singapura, v. 25, n. 1, p. 62-67, 2010.

CHU, F. C.; CHOW, T. W.; CHAI, J. Contrast ratios and masking ability of three types of ceramic veneers. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 98, n. 5, p. 359-64, 2007.

CIENFUEGOS, F. *Introdução a fotocolorimetria e espectrofotometria*. São Paulo: Antec, Manual, 1995.

DELLA BONA, A.; BARRETT, A. A.; ROSA V.; PINZETTA C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater*, Amsterdã, v. 25, n. 2, p. 276-281, 2009.

DELLA BONA, A. *Adesão às Cerâmicas – evidências científicas para o uso clínico*. São Paulo: Artes Médicas, 2009. 276 p.

DOUGLAS, R. D.; STEINHAEUER, T. J.; WEE, A. G. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 97, n. 4, p. 200-208, 2007.

FEITOSA-SANTANA, C.; OIWA, N. N.; COSTA, M. F.; TIEDEMANN, K. B.; SILVEIRA, L. C.; VENTURA, D. F. Espaço de Cores. *Psicologia USP*, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 35-62, 2006.

HEFFERNAN, M. J.; AQUILINO, S. A.; DIAZ-ARNOLD, A. M.; HASELTON, D. R.; STANFORD, C. M.; VARGAS, M. A. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core material. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 88, n. 1, p. 4-9, 2002.

HIRATA, R. *Avaliação da refletância, transmitância direta e fluorescência de resinas compostas*. 2008. f 116. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística) - Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

HUNTER LABS. CIE L\*a\*b\* Color Scale. *Insight on color*, v. 8, n. 7, Reston, VA, USA: Hunter Associates Laboratories, 2008. 4 p.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5461. *Iluminação*, Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 1991. 68 p.

AZER, S.S.; AYASH, G.M.; JOHNSTON, W.M.; KHALIL, M.F.; ROSENSTIEL, S.F. Effect of esthetic core shades on the final color of IPS Empress all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*, Amsterdã, v. 96, n. 6, p.397-401, 2006.

BARATH, V.S.; FABER, F.J.; WESTLAND, S.; NIEDERMEIER, W. Spectrophotometric analysis of all- ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Adv Dent Res*, Thousand Oaks, v. 17, p. 55-60, 2003.

BREWER, J. D.; WEE, A.; SEGHI, R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am*, Amsterdã, v. 48, n. 2, p. 341-358, 2004.

BRODBELT, R. H.; O'BRIEN, W. J.; FAN, P. L. Translucency of Dental Porcelains. *J Dent Res*, Thousand Oaks, v. 59, n. 1, p. 70-75, 1980.

BRODBELT, R. H.; O'BRIEN, W. J.; FAN, P. L.; FAZER-DIB, J. G.; YU, R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res*, Thousand Oaks, v. 60, n. 10, p. 1749-53, 1981.

CALLISTER, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução*. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC Editora S.A., 2002. 408 p.

CHOI, M-S.; LEE, Y-K.; LIM, B-S.; RHEE, S-H.; YANG, H-C.; LIM, Y-J. Changes in Color and Translucency of Porcelain-Repairing Resin Composites After Thermocycling. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, São Francisco, v. 78B, n. 1, p. 1-6, 2006.

CHOI, J-H.; PARK, J-M.; AHN, S-G.; JUNG, J-Y.; LEE, M-H.; SONG, K-Y.; WANG, X. Comparative Study of Visual and Instrumental

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Com a crescente exigência para que os materiais estéticos restauradores mimetizem o elemento dental, pesquisadores têm se dedicado ao melhor entendimento das propriedades ópticas, como cor e translucidez.

### 2.1 Luz, cor e espaços de cores

Não se pode descrever cor sem antes falar sobre luz, porque ambas estão intimamente ligadas. Só se pode observar a cor de um objeto se este estiver sendo iluminado, refletindo assim um comprimento de onda captado pelos nossos olhos e interpretado pelo cérebro como cor, forma, textura e profundidade do objeto. Para humanos, o espectro visível da luz tem comprimento de onda que varia de 380 nm a 780 nm (Figura 1) e entre estes comprimentos de onda estão os que fornecem as cores visíveis: azul, ciano, verde, amarelo, laranja, vermelho e a infinidade de gradações entre elas (BREWER et al., 2004).

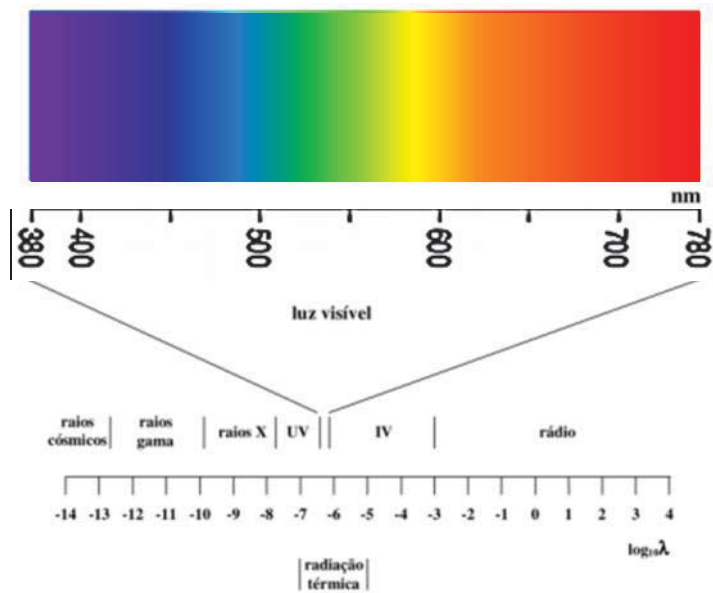


Figura 1 - Espectro eletromagnético, evidenciando a luz visível entre os comprimentos de onda de 380 a 780 nm (adaptado de: LOPES, 2008).

Porque existem muitas maneiras de expressar uma cor, descrever uma determinada cor a alguém é extremamente difícil e vago. Para tanto, foram criados vários métodos que sistematizaram o espaço de cores. Pitágoras e Aristóteles desenvolveram diferentes sistemas ainda antes de Cristo, mas esses sistemas eram puramente observacionais. Em 1230, o inglês Robert Grosseteste, primeiro reitor da Universidade de Oxford, apresentou seu espaço de cores no livro “*De Colore*”, sendo esse sistema semelhante aos usados nos dias de hoje.

Em 1435, Leon Battista Alberti, em seu livro “*Della Pintura*”, apresentou um espaço de cores baseado em duas oponentes cromáticas:

TPP), significando que manteve as diferenças entre os grupos e normalizou os resultados dentro desses. Mas um estudo mais aprofundado sobre este assunto deve ser realizado usando CPs com variadas espessuras para confirmar essa observação.

O Espectrofotômetro Easyshade pode fornecer leituras na escala Vita 3D Master que não podem ser observadas na própria escala (como, por exemplo, 1,5M2). Esse fato pode ter interferido na leitura de cor comparando o método visual ao espectrofotômetro nas cerâmicas que usam a nomenclatura da cor seguindo essa escala.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora se tenha sugerido normatizar a avaliação da translucidez pelo método TP, há de se considerar que em materiais muito translúcidos (como resinas de efeito translúcido) o espectrofotômetro Vita Easyshade não é o instrumento apropriado para a leitura dos parâmetros necessários para o cálculo da translucidez uma vez que ele é programado para trabalhar apenas com cores das escalas Vita e dos dentes naturais. Materiais translúcidos sobre fundo preto ficam com tom muito acinzentado e fogem da amplitude de leitura do aparelho. Nesse caso, outro espectrofotômetro deve ser utilizado.

Materiais muito opacos (como as cerâmicas a base de zircônia) não podem ser testados pela metodologia de TP, CR ou T%, pois nenhuma luz consegue atravessar esses materiais para favorecer a leitura dos parâmetros necessários para medição da translucidez.

Outra metodologia como o TP poderia ser criada apenas acrescentando a espessura das amostras no cálculo, sendo que esse é um fator crítico nos resultados. Foi feito um teste piloto com os resultados aqui obtidos, testando assim essa nova metodologia, aqui chamada de TPP (translucency parameter product) apenas multiplicando o valor da translucidez pela espessura de cada CP. Isso diminuiu consideravelmente o desvio padrão dentro de cada grupo (de média de 0,53 no TP para 0,43 no TPP) enquanto manteve o desvio padrão geral (2,29 no TP e 2,24 no

verde-vermelho e azul-amarelo. Essas duas oponências cromáticas constituíram, séculos mais tarde, o cerne da teoria de oponência de cores de Ewald Hering (1839) e tiveram suas bases funcionais comprovadas por métodos eletrofisiológicos. Alberti inseriu, também, a forma tridimensional da representação dos espaços de cores, embora ainda não fosse baseada em arranjos circulares. Isaac Newton publicou, em 1704, o livro *Opticks*, descrevendo um diferente espaço de cores (Figura 2). A partir desse sistema de Newton, todos os outros espaços de cores não mais incluíam o branco e o preto dentre as cores do espectro visível. Com isso, as cores localizadas na borda da circunferência (*locus spectral*), correspondentes às cores do espectro luminoso, estão representadas em sua maior saturação ou pureza do matiz. Conforme se aproximam do centro da circunferência conservam o matiz, mas vão incorporando quantidades crescentes de branco, reduzindo a saturação. Apesar da grande maturidade na elaboração deste espaço, Newton incorporou uma analogia com a escala musical e não se preocupou com uma maior elaboração sistemática das cores.

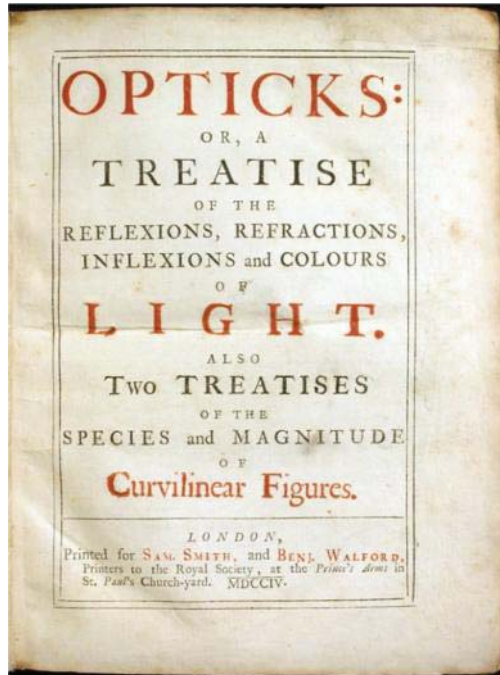


Figura 2 - *Opticks*, obra de Isaac Newton (1704) sobre propriedades ópticas e luz.

No século XVIII, cientistas agregaram aos sistemas as características fisiológicas das cores, estudando o mecanismo humano da visão. Sendo assim, todos os conceitos fundamentais da teoria tricromática já estavam disponíveis no final daquele século, mas sua elaboração só foi alcançada por Thomas Young, na *Royal Society* de Londres, por volta de 1801. Depois, em 1817, ele escreveu um artigo intitulado “*Chromatics*” para a *Encyclopaedia Britannica*, concluindo que diferentes comprimentos de onda correspondiam a diferentes matizes; os mais curtos se apresentavam em violeta e os mais longos em vermelho. Demonstrou, ainda, com bastante precisão, um mapa de

outra próxima, tornando mais difícil a escolha pelo observador quando se observam superfícies translúcidas.

Ao que se refere ao  $\Delta E$ , índice chamado de diferença de percepção da cor, para ser realmente considerado como tal, este índice deveria levar em conta um número muito maior de fatores ópticos dos materiais e estrutura dentária que produzem essa alteração de percepção, como translucidez, fluorescência, lisura superficial, forma geométrica, entre outros. Atualmente, esses fatores estão limitados aos espaços de cores.

Conquanto o uso do espectrofotômetro na medição dos parâmetros aqui analisados se apresentou mais eficiente por excluir variáveis humanas e de iluminação, o método visual proposto pelo presente estudo, onde se utiliza um gabarito escalonado, tem boa relação aos demais métodos testados. Portanto, pode ser um bom auxílio para avaliar um novo material antes do seu uso clínico.

Uma norma para a verificação da translucidez deveria ser criada e dessa maneira uniformizar a forma de comunicação dessa propriedade óptica, de tal modo que pesquisadores, clínicos e fabricantes utilizassem essa linguagem na nomenclatura de comercialização dos materiais e fossem imediatamente compreendidos, da mesma forma como ocorreu com a cor e as escalas de cores. Dentre as metodologias existentes, o TP parece ser o método com maior amplitude de parâmetros avaliados e deve ser considerado na elaboração de uma norma para quantificação da translucidez, uma vez que é o mais utilizado.

## 6 CONCLUSÕES

Os fabricantes, assim como os clínicos e seus pacientes estão se preocupando em realizar tratamentos estéticos com materiais o mais próximo ao da estrutura dental natural. Destaca-se aqui a importância da cor e da translucidez desses materiais.

Têm-se encontrado no mercado materiais restauradores estéticos com uma grande gama de cores e mais atualmente de graus de translucidez diferentes (exemplo, Apêndice 1).

Concluiu-se com o presente estudo que a cor das resinas, de modo geral, segue a nomenclatura determinada pelo fabricante, já que a diferença de percepção de cor verificada visualmente e pelo espectrofotômetro é clinicamente aceitável. Ao contrário, as cerâmicas não mostraram essa correlação em nenhum método aqui analisado. Há de se considerar as diferenças nas escalas *Classical* e 3D Master que, no que tange a primeira, as cores ali apresentadas não correspondem ao encontrado nos elementos dentários naturais. Portanto, como as resinas utilizam basicamente essa primeira escala com poucas variedades de tons na nomenclatura dos materiais, a probabilidade de correspondência da cor pode ter sido maior. Como a escala 3D Master tem maior variação de tons, sendo assim mais precisa, existe pouca diferença entre uma cor e

distribuição dos matizes do espectro visível que quando convertidas as frações de polegadas para nanômetros, pode-se ver que suas estimativas eram próximas das reais dimensões que se conhece hoje.

Todas essas descobertas científicas contribuíram para a consolidação dos conceitos básicos da visão de cores e da representação dos mesmos nos espaços de cores concebidos ao longo do século XX. Esses espaços tiveram como referência, em sua grande maioria, o Sistema de Cores de Munsell para os sistemas de aparência de cores (Figuras 3 e 4) e o CIE 1931 (Figuras 5 e 6) para os sistemas de diferenças de cores (FEITOSA-SANTANA et al., 2006).

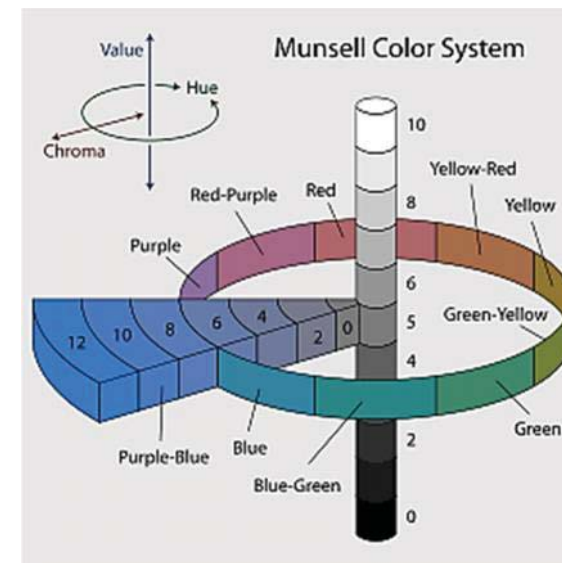


Figura 3 - Gravura esquemática do sistema Munsell de cores.

## 2.2 Sistema de cores de Munsell

O sistema de cores de Munsell, criado pelo professor Albert H. Munsell na primeira década do século XX e usado até hoje, é um ordenamento de cores percebivelmente uniforme, que mostra um arranjo cilíndrico de três eixos e que permite especificar uma determinada cor através de três dimensões. O matiz (*hue*) é disposto no eixo circular, a pureza ou saturação da cor (*chroma*) no eixo radial e a luminosidade, valor ou tons de cinza (*value*) no eixo vertical (Figura 3). Os conceitos matiz, saturação, e luminosidade empregados por Munsell na definição de uma cor são usados universalmente. O sistema CIELab, mais comumente utilizado em odontologia, deriva diretamente do sistema de Munsell.

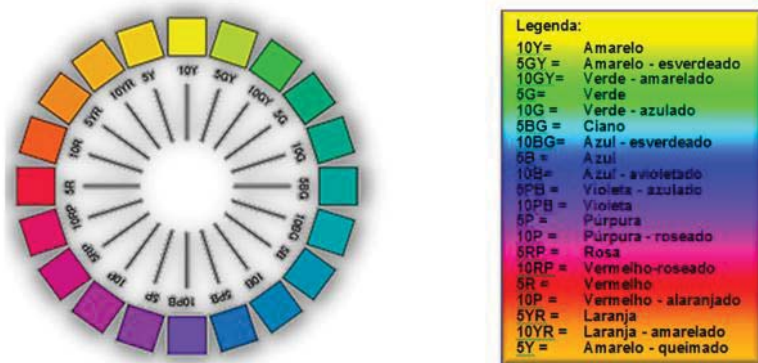


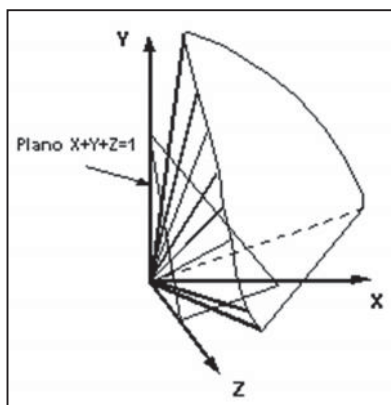
Figura 4 - As vinte cores de valor nível 5 em saturação máxima do sistema Munsell.

Outro estudo mediu a cor dos incisivos superiores extraídos. As coordenadas de cor foram medidas no terço médio dos dentes:  $L^*$ ,  $70 \pm 4$ ;  $a^*$ ,  $-0,22 \pm 1,4$ ;  $b^*$ ,  $18 \pm 3$  (TEN BOSCH & COOPS, 1995). Depois que o esmalte havia sido removido, a cor da dentina remanescente foi medida novamente. Um nível elevado de correlação foi observado entre as medidas de cor do dente todo e o núcleo da dentina. A partir dessas medidas, os autores concluíram que a cor dos dentes é principalmente determinada pela cor da dentina. Então, a partir dessa conclusão, pode-se afirmar que embora a translucidez dê a aparência natural à restauração emprestando-lhe profundidade, ela não deve alterar significativamente a cor do dente, uma vez que o esmalte (mais translúcido) não altera. Assim, os materiais opacos devem realmente se aproximar da cor encontrada em dentes naturais. Diferentemente do encontrado no mercado que oferece várias opções de cor para materiais que simulam o esmalte dentário e poucas cores de materiais que simulam a dentina. Talvez se possa sugerir a diminuição da gama de cores para materiais translúcidos e aumentar a gradação de translucidezes dos mesmos.





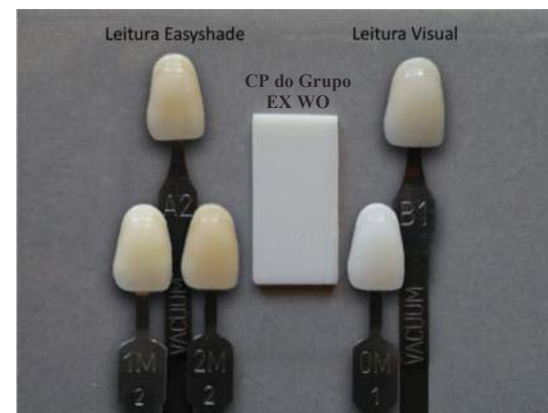
O sistema de cores CIE-1931 (xyY) é conhecido pelo seu diagrama de cromaticidade (Figura 5). A forma tridimensional do sistema pode ser obtida calculando-se as coordenadas do terceiro eixo (Y), o eixo de luminância, somadas às coordenadas dos dois eixos de cromaticidade (x e y), sendo que  $x + y + Y = 1$  ou  $Y = 1 - x - y$  (FEITOSA-SANTANA et al., 2006). Estas três coordenadas correspondem às proporções de cada uma das três cores primárias necessárias para constituir cada cor espectral. Desta forma, as cores têm informações nas três dimensões, enquanto o branco e o preto estão apenas no eixo Y que representa o nível de luminância (Figura 6) (KAISER & BOYNTON, 1996).



**Figura 6** - Forma tridimensional do espaço de cores CIE xyY ou XYZ de 1931.

No diagrama não estão representadas apenas as cores puras ou monocromáticas, mas também as misturas delas para cada coordenada cromática. As coordenadas para as cores puras são representadas no

espectrofotômetro aqui utilizado foi testada em estudo anterior comparando com um espectrofotômetro padrão ouro para tomada de cor em odontologia e outros 2 diferentes espectrofotômetros e embora tenha tido bom resultados, eles foram inferiores aos outros mas sem diferença estatística (LEHMANN et al. 2010).



**Figura 44** - Comparação de achados pelo espectrofotômetro e pelo observador no grupo EX WO.

Ao contrário das cerâmicas, as resinas apresentaram conformidade na equivalência da cor dita pelo fabricante. Um estudo anterior demonstrou que existe maior porcentagem de acertos na equivalência de cor por meio visual utilizando a escala Vita Classical em comparação com a Vita 3D-Master num grupo sem experiência em escolha de cor, enquanto cirurgiões dentistas mais experientes encontraram a mesma equivalência em ambas escalas (DELLA BONA et al., 2009). Isso pode dizer que a escala Vita Classical é mais simples,

Tabela 35 – Diferença de percepção entre os grupos de mesmas cores de diferentes marcas comerciais

1	1 $\leftarrow \Delta E \rightarrow$ 2	2	2 $\leftarrow \Delta E \rightarrow$ 3	3	1 $\leftarrow \Delta E \rightarrow$ 3
EX A2-O	12,99	3M A2D	9,08	EmD A2D	21,65
EX B2-O	8,59	3M B3D	16,95	EmD B2D	24,45
EX WO	3,76	3M WD	12,27	4S BXLD	15,78
EX A3	20,31	3M A3E	2,34	4S A3E	20,07
EX B1	18,80	3M B1E			
EX A1	17,79	3M A1E			

#### 5.2.4 Correlação dos Métodos de Avaliação da Cor

As diferenças de percepção ( $\Delta E$ ) do fabricante, avaliador e aparelho foram calculadas e estão demonstradas na Tabela 36. Ali nota-se que a diferença da cor dita pelo fabricante e a encontrada pelo método visual é clinicamente aceitável ( $\Delta E$  médio de 3,7), enquanto o encontrado pelo aparelho foi em média de 5,8 e clinicamente inaceitável. Uma observação feita nas amostras do Grupo EX WO leva ao questionamento dos resultados encontrados pelo espectrofotômetro Easyshade nas resinas compostas. Na Figura 44 vê-se claramente que a leitura do espectrofotômetro nas cores A2 para escala *Vita Classical* e 1,5M2 na escala *Vita 3D Master* para os CPs do Grupo EX WO diferem do CP e da cor encontrada pelo observador (que foi B1 na escala *Vita Classical* e 0M1 na escala *Vita 3D Master*), talvez a matriz orgânica das resinas altere os resultados obtidos pelo instrumento, e ainda o espectrofotômetro Easyshade está programado para trabalhar com cores que compreendem as escalas de cores e a denteição natural, sendo que a cor desse grupo de CPs foge desse espectro, podendo haver a possibilidade de produzir leituras errôneas. A precisão do

*locus spectral*, o qual ocupa mais de dois terços da borda do diagrama, correspondendo aos comprimentos de onda entre 380 nm e 780 nm. O branco, por sua vez, está localizado em sua porção mais central ( $x = 0,33$ ;  $y = 0,33$ ) e a sua determinação resulta da combinação dos três comprimentos de onda adotados como primárias, 700 nm, 546,1 nm e 435,8 nm.

Esse sistema determinou um iluminante padrão, chamado então de D65, que corresponde à luz do dia. O iluminante D65 (temperatura de 6.500 K) é uma construção matemática que não pode realizar-se fisicamente na forma de uma fonte de luz, mas que se assemelha à média de luz diurna no hemisfério norte. A “temperatura de cor” de uma fonte de luz é a temperatura absoluta (expressa em unidades Kelvin, nome derivado do físico Lord Kelvin) equivalente à temperatura a que se deve aquecer um objeto negro para produzir um espectro de luz similar. Quando um objeto é aquecido, emite luz. À medida que a temperatura aumenta, o objeto parece emitir uma luz vermelha, a seguir uma luz de cor vermelha mais clara e finalmente uma luz de cor branca (manual Easyshade, VITA, 2006).

Há muitas limitações no sistema CIE-1931 que hoje são mais conhecidas. Uma delas é a situação hipotética de iluminação que não representa as situações cotidianas de percepção das cores. Outra limitação é o fato de não representar fielmente o sistema da visão de cores humana (FEITOSA-SANTANA et al., 2006).

## 2.4 Sistema CIELab ou CIELAB

O sistema de cores **Lab** (também conhecido por CIELab) foi desenvolvido em 1971 e reeditado em 1976 (Figura 7) para solucionar as lacunas do modelo xyY. Nesse sistema uma cor é localizada por três valores:

- **L**, a luminância, expressa em percentagem (de 0 para o preto a 100 para o branco)
- **a**, gama de cromaticidade que vai do verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos)
- **b**, gama de cromaticidade que vai do azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos)

O modo CIELab cobre, assim, a integralidade do espectro visível pelo olho humano e o representa de maneira uniforme (PINTO, 2009). Permite, por conseguinte, descrever o conjunto das cores visíveis, independentemente de qualquer tecnologia gráfica. Assim, compreende a totalidade das cores do sistemas RGB e CMYK, e é a razão pela qual softwares como o PhotoShop utilizam este modo para passar de um modelo de representação a outro.

Ainda nas cores dos grupos EX A2-O e EX B2-O pode-se perceber que, em relação às demais, encontram-se extremamente saturadas (**a** e **b**), talvez pela tentativa do fabricante em torná-las menos translúcidas.

Na Tabela 35, observa-se que também os fabricantes de resinas não seguem o mesmo padrão de pigmentação dos materiais, pois os resultados de  $\Delta E$  entre as cores de mesmo nome para os diferentes fabricantes foram, em geral, muito altos com média de 14,6 ( $\pm 6,7$ ), sendo assim, clinicamente inaceitável. Apenas a diferença entre os grupos 3M A3E e 4S A3E não é perceptível e entre os grupos EX WO e 3M WD é clinicamente aceitável.

Tabela 34 – Médias dos valores das coordenadas CIELab encontrados nos CPs de resina composta sem glicerina <sup>(1)</sup>, com glicerina <sup>(2)</sup> e a diferença de percepção ( $\Delta E$ ) entre elas.

	L <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	$\Delta E$
EX A2-O	77,91	3,92	52,88	72,4	1,8	45,9	<b>9,1</b>
EX B2-O	77,61	3,32	55,7	71,8	1,4	49,1	<b>8,96</b>
EX WO	85,48	1,88	19,12	78,9	0,7	16	<b>7,34</b>
EX A1	83,07	-0,63	24,75	77	-1,4	20,3	<b>7,57</b>
EX A3	80,07	-2,52	35,22	74,3	-2,8	29,2	<b>8,36</b>
EX B1	83,84	-3,41	25,41	78,1	-3,3	21,1	<b>7,2</b>
3M A2D	80,11	2,7	40,14	75,4	1,5	35,4	<b>6,83</b>
3M B3D	76,64	3,3	47,16	69,9	1,3	41,6	<b>8,98</b>
3M WD	85,56	1,79	15,36	77,9	0,8	13,6	<b>7,92</b>
3M A1E	82,68	-2,17	7,03	73,6	-2,3	5,6	<b>9,2</b>
3M A3E	77,23	-1,48	15,14	70,7	-0,9	12,8	<b>6,98</b>
3M B1E	81,37	-1,48	6,87	74,3	-1,1	5,7	<b>7,14</b>
EmD A2D	84,38	-0,01	32,6	78,8	-0,6	27,6	<b>7,53</b>
EmD B2D	84,03	-0,88	32,49	78,4	-1,5	27,2	<b>7,81</b>
4S BXLD	82,62	-2,38	4,2	76	-2,3	2,9	<b>6,72</b>
4S A3E	75,12	-2,26	15,77	69,8	-2,3	13,7	<b>5,7</b>

## 5.2.3 Cor

### 5.2.3.1 Escalas Visuais

Os valores encontrados pelo observador foram substituídos por coordenadas do Sistema CIELab correspondentes à cor selecionada. Dessa forma pode-se estabelecer uma relação com as cores obtidas pelo espectrofotômetro. As leituras estão no Apêndice 3.

### 5.2.3.2 Espectrofotômetro

Sobre fundo Cinza N7 (Munsell) a cor dos CPs foi medida sem e com o uso de glicerina entre o fundo e os CPs para que não houvesse alteração pela diferença do índice de refração do ar interposto entre o fundo e os CPs. As medidas dos vetores CIELab foram obtidas e registradas. Através da Equação 1 foi calculado o  $\Delta E$  entre a cor com e sem glicerina como substância acoplante (Tabela 34). Assim pode-se concluir que o uso da glicerina também altera a percepção da cor dos CPs, pois todos os resultados de  $\Delta E$  encontrados foram clinicamente inaceitáveis e maiores que 5, com média de 7,7 ( $\pm 1,0$ ). Outras observações feitas na Tabela 34 são que os grupos EX A2-O e EX B2-O não demonstram diferença perceptível de cor entre eles ( $\Delta E = 2,90$ ), e o mesmo ocorre com os grupos EX A1 e EX B1; 3M A1E e 3M B1E; e EmD A2D e EmD (com  $\Delta E$ s entre eles de 2,96; 1,49; e 0,95, respectivamente). Interessante o fato de serem materiais do mesmo fabricante para o mesmo tipo (esmalte, dentina) e com diferença de cor clinicamente imperceptível, mesmo tendo nomenclaturas diferentes.

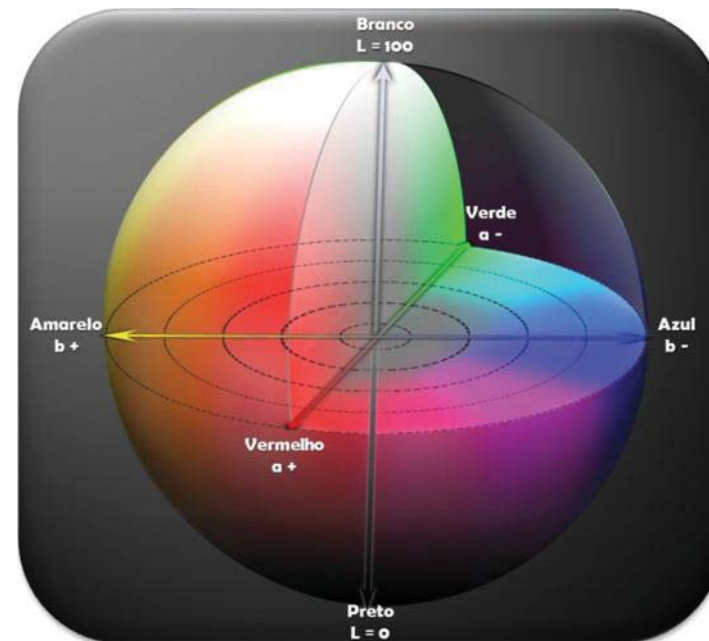


Figura 7 - Representação gráfica do modelo de cores CIELab (fonte: autora do presente estudo).

O espaço cromático **Lab** proporciona uma representação tridimensional da percepção da cor. Quando dois pontos que representam duas medições se encontram sobrepostos no espaço, o valor da diferença de cor é zero. Se a distância entre dois pontos ( $L_1, a_1, b_1$  e  $L_2, a_2, b_2$ ) no espaço cromático aumenta, parece lógico deduzir que aumenta, conseqüentemente, a diferença de cor percebida entre os estímulos que desencadeiam estes dois pontos. Portanto, uma medida habitual da diferença de cor é a distância euclidiana entre os dois pontos no espaço tridimensional, que se indica como " $\Delta E$ ". Esse modelo de diferença de percepção tem representação cúbica e mede 3 dimensões retas.

## 2.5 Delta E ( $\Delta E$ )

A designação  $E$  deriva da palavra alemã *Empfindung* (percepção). Portanto,  $\Delta E$  significa literalmente a diferença na percepção. Por vezes utiliza-se um asterisco para indicar uma diferença CIELab -  $\Delta E^*$  (1976) e ele pode ser calculado pela fórmula:

$$\Delta E_{76} = [(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Não há consenso na literatura com relação ao valor limite de  $\Delta E$  a partir do qual o olho humano começa a detectar uma diferença de cor entre dois materiais (AZER et al., 2006), ou seja, qual a diferença de cor que é perceptível pelo observador e qual  $\Delta E$  é aceitável clinicamente (DOUGLAS et al., 2007). Entretanto, a maioria dos trabalhos aceita um limite de  $\Delta E = 3,0$  como sendo imperceptível ao olho humano (CHU et al., 2007). Ragain e Johnston (2000) estimaram que a diferença de cor que indicaria uma aceitabilidade entre uma restauração e o dente é de  $\Delta E = 2,7$ . Esse é um valor intermediário reportado por outros dois estudos clássicos: Ruyter et al., 1987 ( $\Delta E = 3.3$ ) e O'Brien et al., 1990 ( $\Delta E = 2.0$ ). Outros trabalhos (BARATH et al., 2003; VICHI et al., 2000) utilizam critérios mais rigorosos com relação ao limite de  $\Delta E$ , indicando que apenas os valores menores do que 1 são totalmente imperceptíveis ao olho humano, enquanto que valores de  $\Delta E$  entre 1 e 2 são notados por observadores experientes mas ainda são considerados clinicamente aceitáveis. Já os valores de  $\Delta E$  maiores do que 2 são perceptíveis aos olhos do observador não treinado e portanto são clinicamente inaceitáveis. Essas diferenças de aceitabilidade e perceptibilidade de cor

Tabela 33 – Matriz de correlação de Pearson para os testes de translucidez das Resinas.

Matriz de Correlação: Pearson								
Métodos	TP	CR	MV%	TPG	CRG	MV%G	T%/525nm	T%/PICO
TP	1	-0,768	0,773	0,941	-0,809	0,763	0,69	0,491
CR	-0,768	1	-0,895	-0,821	0,968	-0,916	-0,608	-0,219
MV%	0,773	-0,895	1	0,78	-0,936	0,988	0,656	0,194
TPG	0,941	-0,821	0,78	1	-0,858	0,804	0,592	0,506
CRG	-0,809	0,968	-0,936	-0,858	1	-0,959	-0,564	-0,187
MV%G	0,763	-0,916	0,988	0,804	-0,959	1	0,596	0,19
T%/525nm	0,69	-0,608	0,656	0,592	-0,564	0,596	1	0,574
T%/PICO	0,491	-0,219	0,194	0,506	-0,187	0,19	0,574	1

Gráfico 57 – Correlação dos resultados de TP e CR nas resinas testadas.

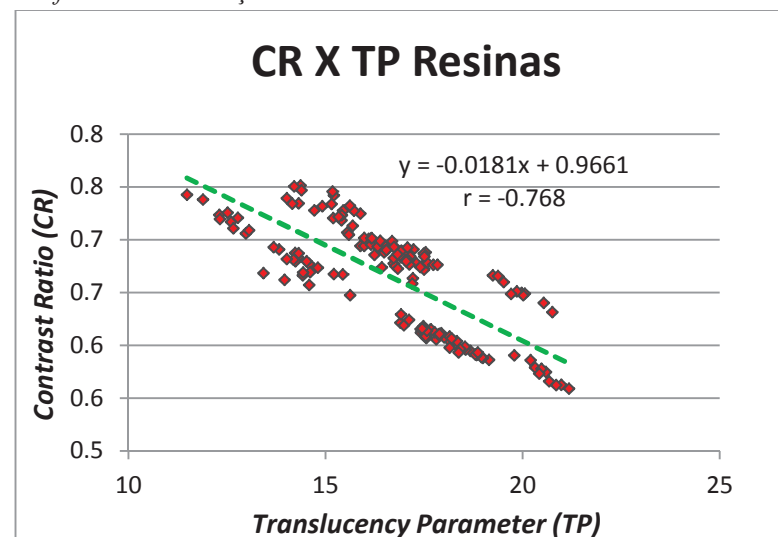




Tabela 32 – Resumo dos valores esperados para os métodos testados em CPs de resina composta de 1mm de espessura.

	TP	CR	TPG	CRG	T%/s25nm	T%/PICO
EX A2-O	17,55	0,66	37,46	0,45	0,200	8,166
EX B2-O	15,99	0,66	35,85	0,44	0,179	7,810
EX WO	15,14	0,68	23,23	0,53	0,175	1,605
EX A1	18,56	0,63	37,92	0,37	0,404	12,123
EX A3	21,19	0,62	43,28	0,34	0,808	17,654
EX B1	17,47	0,64	37,00	0,37	0,393	10,545
3M A2D	16,40	0,70	29,67	0,53	0,157	0,467
3M B3D	17,01	0,70	31,69	0,47	0,148	0,716
3M WD	14,27	0,68	24,14	0,50	0,186	0,296
3M A1E	20,66	0,56	39,71	0,25	0,417	2,036
3M A3E	19,85	0,57	43,00	0,24	0,122	0,874
3M B1E	20,91	0,54	39,77	0,26	0,395	1,809
EmD A2D	18,55	0,67	35,32	0,42	0,278	1,707
EmD B2D	18,66	0,65	34,90	0,42	0,203	1,375
4S BXLD	19,01	0,59	36,93	0,30	0,493	6,324
4S A3E	21,93	0,54	42,77	0,24	1,586	10,664

### 5.2.2 Correlação dos Métodos de Translucidez

A correlação dos métodos foi feita através do teste de Correlação de Pearson. Na Tabela 33 estão demonstrados os valores da correlação dos métodos de verificação da translucidez nas resinas, quanto mais vermelha a célula do resultado, melhor é a correlação, quanto mais verde, pior.

Assim como discutido no item 5.1.2, a relação entre os métodos TP e CR é boa para as resinas compostas (Gráfico 57).

dentária ( $\Delta E$ ) pode ser explicada pela diversidade de objetivo e metodologia dos estudos mencionados nesse parágrafo. Clinicamente, o contexto onde o elemento dentário ou a restauração se encontra (pele, lábio, gengiva, dentes vizinhos, forma, translucidez, humidade salivar, posição no arco dentário...) e o mimetismo (*blending effect*) que ocorre nesse contexto tendem a ampliar esse limite descrito anteriormente como clinicamente aceitável (PARAVINA et al., 2006; DELLA BONA, 2009).

O olho humano é mais sensível a percepção da matiz e croma do que a luminosidade, diferenciando assim a tolerância para essa percepção. Esse aspecto foi importante para o CIE considerar, em 1995, as coordenadas LCh, onde o h é mensurado em graus e, assim, a diferença de  $\Delta E$  passa a ter uma forma de cunha (e não cúbico como o  $\Delta E_{76}$ ) (CHOI et al., 2006). Além disso, o  $\Delta E$  sugerido pelo CIE de 2000 (CIE  $\Delta E_{2000}$ ) leva em consideração os fatores de ponderação da claridade das coordenadas LCh ( $K_L$ ,  $K_C$  e  $K_h$ , respectivamente), mas esses fatores devem ser informados pelos softwares e raramente o são, portanto o CIE  $\Delta E_{2000}$  não tem sido usado. Paravina et al. (2005) concluíram que os resultados de ambas as fórmulas,  $\Delta E_{2000}$  e  $\Delta E_{76}$ , tem forte correlação ( $r > 0,97$ ) e que as limitações do  $\Delta E_{76}$  não parecem ser relevantes e que para cálculos objetivos e rápidos o  $\Delta E_{76}$  ainda é o mais indicado (SCHANDA, 2001).



## 2.6 Cor e a Odontologia

Devido às altas demandas para melhorar a aparência através de restaurações estéticas, é solicitado aos profissionais da clínica odontológica e dos laboratórios de prótese a realização de restaurações próximas da perfeição em termos de equivalência de cor. Mesmo o olho humano sendo capaz de detectar a menor variação de cor entre dois objetos, a determinação visual da cor é considerada altamente subjetiva, e a habilidade de comunicar alterações de cor em termos de magnitude e natureza é limitada. Os colorímetros e os espectrofotômetros proporcionam avaliações mais específicas e quantitativas da cor dental e tornam a comunicação mais precisa, ou seja, é possível mensurar e quantificar a cor e a translucidez dos materiais usando as coordenadas CIELab (KARAAGACLIOGLU et al., 2010).

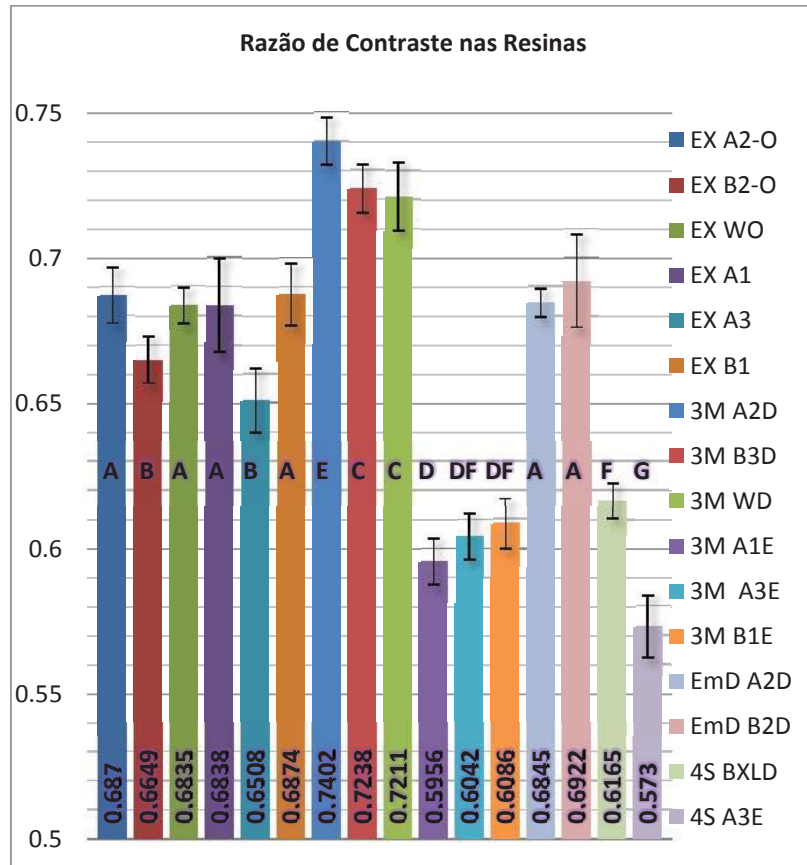
A maioria das empresas fabricantes de materiais odontológicos usa a nomenclatura da escala de cores Vita *Classical* (Figura 8) para designação de cor do material. Estudos têm sugerido uma fraca correlação entre a cor que é designada pelo fabricante do material e a cor de origem na escala Vita *Classical* (CHOI et al., 2010). Além disso, tem sido relatado que essa escala (Vita *Classical*) não está organizada de forma adequada e que não corresponde as cores realmente encontradas em dentes humanos naturais (BREWER et al., 2004). Esses fatores tornam o método visual de seleção de cor ainda mais difícil na equivalência de cor entre a restauração e o dente. A escala de cores Vita 3D-Master é disposta de uma maneira mais lógica e fundamentada (Figura 9). Contudo, exceto a empresa que desenvolveu a escala (Vita), os fabricantes ainda não utilizam essa escala (3D-Master) para designar a nomenclatura de cor aos materiais. Para a utilização do método visual na escolha de cor, uma escala com distribuição mais harmônica entre as

Tabela 31 – Média, desvio padrão e a mesma letra na terceira coluna de cada método (Método Visual sem e com glicerina) significa que não existe diferença significativa dos resultados dos grupos ( $\rho > 0,01$ ).

		Grupos	MV%			MV%G		
Dentsply - Esthet X HD	EX A2-O	5,5	± 1,58	A	15,5	± 1,58	A	
	EX B2-O	5,5	± 1,58	A	15,5	± 1,58	A	
	EX WO	5,0	± 0,00	A	10,0	± 2,36	B	
	EX A1	13,5	± 2,42	BC	24,0	± 3,16	C	
	EX A3	11,5	± 3,37	BD	23,0	± 3,50	CD	
	EX B1	15,5	± 1,58	C	30,0	± 2,36	G	
3M - Filtek Z350 XT	3M A2D	5,0	± 0,00	A	10,5	± 1,58	B	
	3M B3D	5,5	± 1,58	A	12,0	± 2,58	AB	
	3M WD	4,5	± 1,58	A	9,5	± 1,58	B	
	3M A1E	23,5	± 2,42	E	44,5	± 2,84	E	
	3M A3E	23,0	± 2,58	EF	44,0	± 3,16	E	
	3M B1E	20,5	± 1,58	FG	41,0	± 2,11	EF	
IVOCLAR Vivadend	EmD A2D	5,5	± 1,58	A	11,0	± 2,11	B	
	EmD B2D	10,0	± 0,00	D	20,0	± 0,00	D	
	4S BXL D	18,5	± 2,42	G	39,5	± 1,58	F	
	4S A3E	30,0	± 2,36	H	51,0	± 3,16	H	

Os CPs de resina têm espessura mais uniforme e não houve alteração considerável nos resultados ao estimar os valores em CPs de exatos 1 mm de espessura (Tabela 32).

Gráfico 56 – Médias, desvio padrão e agrupamento estatístico da razão de contraste nas resinas estudadas.



#### 5.2.1.4 Método Visual (MV%)

Os resultados das resinas para o método visual de verificação da Translucidez com e sem o uso da glicerina como substância acoplante juntamente com a análise estatística (desvio padrão e diferenças) estão descritos na Tabela 31.

tonalidades deve ser criada e a nomenclatura seguida pelos fabricantes de materiais restauradores odontológicos (LEE et al., 2010).



Figura 8 - Escala de cores VITAPAN, Lumin - VACUUM ou Classical.

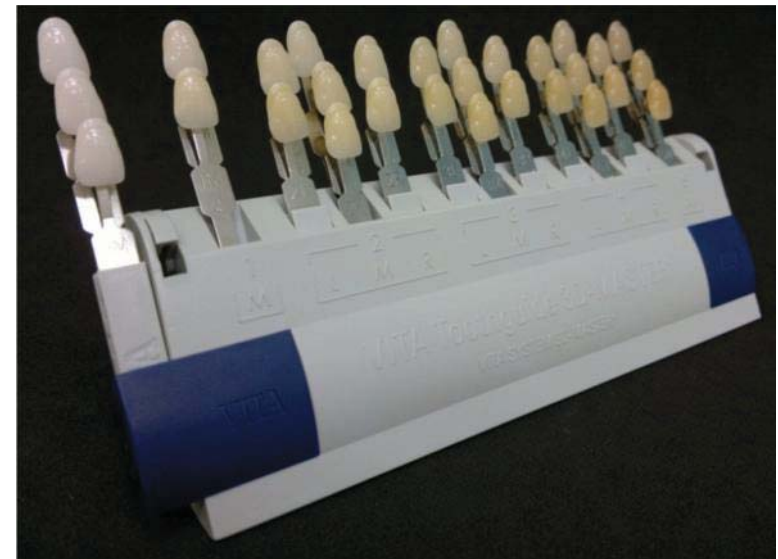


Figura 9 - Escala de cores VITA 3D-MASTER.

## 2.7 Translucidez e Transmitância

A translucidez é uma propriedade óptica que se refere à quantidade relativa de transmissão de luz ou reflectância difusa de uma superfície através de um meio turvo (BRODBELT et al., 1980), ou simplesmente, é a quantidade de luz transmitida através de um material ou corpo. É devido à translucidez que os materiais odontológicos simulam a naturalidade do elemento dentário, dando-lhe a profundidade visual na região superficial do elemento dentário (esmalte) e iludindo o observador quanto a sua autenticidade (QUEIROZ et al., 2007).

No que tange às propriedades inerentes aos materiais restauradores estéticos, a cor e a translucidez são as mais importantes, visto que a forma, o contorno e a textura superficial são características que as restaurações recebem durante sua execução e dependem exclusivamente das habilidades artísticas e manuais do profissional, adquiridas com treinamento. A aparência estética de muitos materiais restauradores é afetada pela translucidez, por esse motivo, desenvolveram-se sistemas de materiais por camadas, mais opacas no centro e mais translúcidas na parte externa. A translucidez dos materiais pode ser afetada por vários fatores, incluindo a espessura do material, a sua microestrutura e, no caso da cerâmica, também o número de queimas (ZHANG et al., 2004).

Nos materiais restauradores estéticos a transmissão da luz segue a lei de Beer-Lambert, onde diz que a intensidade da luz emitida decresce exponencialmente à medida que a espessura do meio absorvente aumenta aritmeticamente, ou, quando se aumenta

Tabela 30 – Média, desvio padrão e a mesma letra na terceira coluna de cada método (Razão de Contraste sem e com glicerina) significa que não existe diferença significativa dos resultados dos grupos ( $p > 0,01$ ).

	Grupos	CR			CRG		
Dentsply - Esthet X HD	EX A2-O	0,69	± 0,01	A	0,49	± 0,02	A
	EX B2-O	0,66	± 0,01	B	0,47	± 0,01	AB
	EX WO	0,68	± 0,01	A	0,52	± 0,01	C
	EX A1	0,68	± 0,02	A	0,45	± 0,03	BD
	EX A3	0,65	± 0,01	B	0,39	± 0,02	H
	EX B1	0,69	± 0,01	A	0,45	± 0,02	D
3M - Filtek Z350 XT	3M A2D	0,74	± 0,01	E	0,56	± 0,02	E
	3M B3D	0,72	± 0,01	C	0,51	± 0,01	C
	3M WD	0,72	± 0,01	C	0,55	± 0,01	E
	3M A1E	0,60	± 0,01	D	0,27	± 0,01	F
	3M A3E	0,60	± 0,01	DF	0,31	± 0,01	G
	3M B1E	0,61	± 0,01	DF	0,29	± 0,01	FG
IVOCCLAR Vivadend	EmD A2D	0,68	± 0,00	A	0,47	± 0,01	AB
	EmD B2D	0,69	± 0,02	A	0,47	± 0,02	A
	4S BXLD	0,62	± 0,01	F	0,33	± 0,01	I
	4S A3E	0,57	± 0,01	G	0,28	± 0,01	F

Tabela 29 - Médias dos valores L, a, b e Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e CR das cerâmicas com uso de glicerina como substância acoplante.

Grupos	L <sub>W</sub>	a <sub>W</sub>	b <sub>W</sub>	Y <sub>W</sub>	L <sub>B</sub>	a <sub>B</sub>	b <sub>B</sub>	Y <sub>B</sub>	TP	CR
EX A2-O	83,6	6,5	58,7	63,3	62,4	-3,1	33,6	30,9	34,24	0,489
EX B2-O	84,2	5,4	58,8	64,5	62,1	-3,3	37,1	30,5	32,24	0,473
EX WO	91,7	2,0	20,8	80,0	70,6	-0,7	11,2	41,5	23,34	0,52
EX A1	90,1	1,6	30,2	76,6	65,3	-3,9	9,8	34,4	32,65	0,45
EX A3	89,4	0,7	42,6	74,9	61,2	-6,3	15,7	29,5	39,54	0,394
EX B1	92,2	-1,4	31,3	81,0	66,8	-5,5	10,5	36,3	33,07	0,448
3M A2D	85,5	4,4	45,4	67,0	67,7	-0,7	27,8	37,6	25,56	0,561
3M B3D	80,2	4,6	52,4	57,1	61,1	-1,5	31,8	29,3	28,75	0,514
3M WD	89,8	1,8	18	75,9	70,5	-0,1	9,4	41,4	21,28	0,545
3M A1E	91,0	-1,4	10,7	78,6	53,5	-1,9	2,7	21,5	38,39	0,274
3M A3E	86,9	0,9	20,5	69,7	53,4	-2,4	2,8	21,4	38,03	0,307
3M B1E	91,0	-0,1	10,8	78,4	54,8	-1,6	2,9	22,8	37,03	0,291
EmD A2D	91,6	2,3	38,1	79,8	67,9	-2,7	18,0	37,8	31,53	0,474
EmD B2D	91,8	1,2	37,3	80,2	68,1	-3,5	17,7	38,1	31,17	0,475
4S BXLD	92,7	-0,8	7,7	82,4	59,2	-1,9	-0,6	27,3	34,54	0,331
4S A3E	86,9	-0,8	22,9	69,8	51,1	-4,3	2,7	19,4	41,23	0,278

### 5.2.1.3 Razão de Contraste (CR)

Os resultados deste teste também estão descritos nas Tabelas 26, 27 e 29 da mesma forma que o TP. A análise estatística nos permitiu congregiar os resultados dos grupos conforme Tabela 30. Esses resultados também podem ser visualizados no Gráfico 56.

aritmeticamente a espessura dos materiais, a transmitância reduz exponencialmente.

A Lei de Beer-Lambert pode ser expressa pelas equações:

$$T = I_1 / I_0 \quad \text{e} \quad T = 10^{-\alpha l},$$

Onde T é a transmissão da luz ou transmitância,  $I_0$  é a intensidade da luz incidente,  $I_1$  é a intensidade da luz uma vez tendo atravessado o meio, l é a distância que a luz atravessa pelo corpo (espessura) e  $\alpha$  é o coeficiente de absorção da substância (SARKAR, 2005).

### 2.7.1 Métodos para quantificação da translucidez e transmitância

Os primeiros métodos usados para se medir quantitativamente a translucidez foram de transmissão direta, transmissão total (incluindo dispersão) e refletância espectral (BRODBELT et al., 1980). A transmitância direta ou em linha é a fração da intensidade do feixe de luz transmitido sem alteração de direção e é medida por um espectrofotômetro em porcentagem de luz que atravessa o material; a transmitância difusa é a fração da intensidade do feixe de luz transmitido que é espalhado ao passar pelo material; e a transmissão total, que utiliza uma esfera integradora ao espectrofotômetro para a sua aferição, inclui toda a luz que passa pelo material de forma direta e difusa (BRODBELT et al., 1980; O'KEEFE et al., 1991). Considera-se um material translúcido aquele em que a transmitância direta é baixa em relação à transmitância total, o que indica ser um material que espalha a luz no seu interior. Um material é considerado transparente quando ele apresenta

transmitância direta próxima à transmitância total, ou seja, em relação ao feixe de luz principal ocorre pouco desvio (WEI, 2005).

Atualmente, os métodos mais utilizados para medir a translucidez são: o parâmetro de translucidez (*translucency parameter* ou TP) e a taxa ou razão de contraste (*contrast ratio* ou CR). No caso do TP, quanto maior o valor, menos opaco ou mais translúcido é o material (CHOI et al., 2006). A taxa de contraste se dá pela razão da reflectância (Y) de um objeto contra um fundo branco e da reflectância do mesmo objeto contra um fundo preto e os valores ficam entre 0 e 1, sendo que um alto CR corresponde a uma baixa translucidez (ZHANG et al., 2004).

Contraste, no sentido perceptivo, é a avaliação da diferença de aspecto de duas ou mais partes do campo observado, justapostos no espaço ou no tempo de onde se pode ter o “contraste de luminância”, o “contraste de claridade”, o “contraste de cor”, o “contraste simultâneo”, o “contraste sucessivo”, etc. No sentido psicofísico, é uma grandeza associada à diferença de luminosidade percebida, geralmente definida por uma fórmula em que se analisam as luminâncias dos estímulos considerados, por exemplo,  $\Delta L/L$  na vizinhança do limiar de luminância, ou  $L_1/L_2$  para as luminâncias muito mais elevadas (ABNT NBR 5461).

Quando uma luz incide sobre uma superfície ou um meio, podem ocorrer três fenômenos de maneira geral: reflexão, absorção e transmissão; sendo assim, toda luz incidente é transmitida, absorvida ou refletida. Na faixa de energia do visível, a transmitância, absorvância e refletância referem-se à fração de luz relacionada com a transmissão ( $I_T/I_0$ ), absorção ( $I_A/I_0$ ) e reflexão ( $I_R/I_0$ ), que ocorre em um material, e a soma desses índices é igual à intensidade luminosa do feixe inicial (CIENFUEGOS, 1995). A reação do material ou meio à exposição do

Tabela 28 – Média, desvio padrão e a mesma letra na terceira coluna de cada método (Parâmetro de Translucidez sem e com glicerina) significa que não existe diferença significativa dos resultados dos grupos ( $p > 0,01$ ).

	Grupos	TP		TPG		
Dentsply - Esthet X HD	EX A2-O	16,7	± 0,50	A	34,2 ± 1,13	A
	EX B2-O	14,6	± 0,66	B	32,2 ± 1,28	B
	EX WO	14,2	± 0,66	B	23,3 ± 0,67	E
	EX A1	16,6	± 0,63	A	32,6 ± 1,59	B
	EX A3	19,9	± 0,48	C	39,5 ± 1,27	C
	EX B1	16,8	± 0,61	AD	33,1 ± 0,83	AB
3M - Filtek Z350 XT	3M A2D	14,6	± 0,44	B	25,6 ± 0,95	F
	3M B3D	15,4	± 0,47	B	28,7 ± 0,70	G
	3M WD	12,5	± 0,48	E	21,3 ± 0,81	H
	3M A1E	18,6	± 0,41	F	38,4 ± 0,56	CD
	3M A3E	18,2	± 0,39	FG	38,0 ± 1,01	D
	3M B1E	17,6	± 0,45	DGH	37,0 ± 0,99	D
IVOCLAR Vivadend	EmD A2D	17,1	± 0,45	AH1	31,5 ± 0,85	B
	EmD B2D	16,6	± 0,68	A	31,2 ± 1,36	B
	4S BXL D	17,5	± 0,31	GI	34,5 ± 0,78	A
	4S A3E	20,5	± 0,40	C	41,2 ± 0,54	I

Tabela 27 - Tendências dos valores de L, a, b e Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e CR das resinas em CPs de 1 mm de espessura.

Grupos	L <sub>W</sub>	a <sub>W</sub>	b <sub>W</sub>	Y <sub>W</sub>	L <sub>B</sub>	a <sub>B</sub>	b <sub>B</sub>	Y <sub>B</sub>	TP	CR
EX A2-O	87,4	6,5	58,2	70,8	74,0	2,1	47,7	46,7	17,55	0,66
EX B2-O	87,1	6,3	60,7	70,2	73,9	2,0	51,5	46,5	15,99	0,66
EX WO	94,8	2,7	23,0	87,2	81,3	1,7	16,0	59,1	15,14	0,68
EX A1	93,5	1,7	29,4	83,9	78,1	-0,9	19,2	53,4	18,56	0,63
EX A3	90,9	-0,8	43,4	78,2	75,2	-4,1	29,5	48,5	21,19	0,62
EX B1	94,8	-3,5	30,6	87,1	79,8	-4,1	21,3	56,3	17,47	0,64
3M A2D	88,6	5,1	48,9	73,4	77,1	2,6	37,5	51,7	16,40	0,70
3M B3D	84,2	5,4	55,3	64,5	72,9	2,2	43,1	45,0	17,01	0,70
3M WD	94,9	2,8	17,9	87,3	81,7	2,0	12,5	59,7	14,27	0,68
3M A1E	95,3	-1,4	8,9	88,3	75,6	-2,2	2,7	49,1	20,66	0,56
3M A3E	90,3	-0,7	18,7	76,9	72,1	-2,1	10,7	43,9	19,85	0,57
3M B1E	95,5	-0,8	8,2	88,6	75,0	-2,0	3,7	48,2	20,91	0,54
EmD A2D	94,0	1,3	40,6	85,2	80,2	-1,0	28,3	57,1	18,55	0,67
EmD B2D	93,4	0,4	39,4	83,9	78,7	-1,4	28,0	54,3	18,66	0,65
4S BXLD	95,3	-1,1	6,9	88,3	77,2	-2,2	1,1	51,9	19,01	0,59
4S A3E	86,6	0,3	20,9	69,2	67,5	-2,2	10,4	37,3	21,93	0,54

As médias e a análise estatística dos resultados (desvio padrão e agrupamento estatístico) estão descritas na Tabela 28.

feixe de luz caracteriza-se como sua propriedade óptica inerente (CALLISTER, 2002).

A absorção se dá quando há diminuição da intensidade de um feixe luminoso ao atravessar um meio. Outro fator que pode contribuir para a diminuição dessa intensidade, é o espalhamento. A absorção é a medida de perda de luz do feixe de luz principal, na direção do feixe. Entretanto, uma parte da luz pode passar pelo meio e se afastar do eixo principal do feixe (pequeno desvio), essa energia é denominada espalhada ou difusa (VAN DE HULST, 1981). Tanto os tecidos dentais quanto os materiais cerâmicos empregados em restaurações dentárias apresentam essa característica de espalhamento (BRODBELT et al., 1980; BRODBELT et al., 1981).

A translucidez do esmalte é inerente e muito superior à da dentina. O valor médio de translucidez, mensurado por TP em amostras de 1 mm de espessura, é de 18,7 para o esmalte humano e de 16,4 para a dentina humana (YU et al., 2009).

Uma preocupação que pode surgir ao pesquisar a translucidez nos materiais é se o ar, cujo índice de refração é diferente do índice de refração dos materiais restauradores, da saliva, da dentina e do esmalte dentário, pode interferir na quantificação dessa propriedade. Pelo fato que, clinicamente, não deve existir ar entre os materiais e o substrato, essa preocupação é coerente e deve ser analisada em pesquisa, já que as metodologias mais utilizadas para quantificar a translucidez como o Parâmetro de Translucidez e a Razão de Contraste não mencionam se usam acoplante ou se o ar poderia influenciar nos resultados. Clinicamente, a união entre material e substrato e a remoção do ar entre eles é feita pelo cimento, em pesquisa, pode-se utilizar uma substância



acoplante com índice de refração semelhante aos materiais testados como a glicerina (DELLA BONA, 2009).

As cerâmicas odontológicas têm alta estabilidade de cor e translucidez, enquanto vários estudos com resinas compostas têm mostrado mudanças significantes dessas propriedades ópticas após o envelhecimento, alguns aumentando e outros diminuindo a translucidez. O processo de envelhecimento mais usado é o armazenamento das amostras em água destilada a 60°C durante 4 semanas, o que equivaleria a 1 ano de uso clínico (RAZZOG et al., 1994; JOHNSTON & REISBICK, 1997; LEE et al., 2001; NAKAMURA et al., 2002; LEE et al., 2004a; CHOI et al., 2006; LEE, 2007).

EX A2-O > EX A1 > EmD B2D > 3M B3D > 3M A2D > EX B2-O > EX WO > 3M WD.

Tabela 26 - Médias dos valores L, a, b e Y sobre fundos branco (<sub>W</sub>) e preto (<sub>B</sub>) e também dos valores de TP e CR das resinas.

Grupos	L <sub>W</sub>	a <sub>W</sub>	b <sub>W</sub>	Y <sub>W</sub>	L <sub>B</sub>	a <sub>B</sub>	b <sub>B</sub>	Y <sub>B</sub>	TP	CR
EX A2-O	86,4	7,0	58,8	68,8	74,4	2,3	48,3	47,3	16,7	0,687
EX B2-O	86,8	5,9	57	69,5	73,7	2,0	52,0	46,2	14,6	0,665
EX WO	94,7	2,5	22,5	86,8	81,5	1,5	17,3	59,3	14,2	0,684
EX A1	91,2	1,7	31,5	79,0	78,5	-1,1	21,3	54,0	16,6	0,684
EX A3	89,6	0,1	44,4	75,4	75,5	-3,6	30,8	49,0	19,9	0,651
EX B1	93,1	-2,8	33,2	83,3	80,3	-4,4	22,4	57,2	16,8	0,687
3M A2D	88,5	4,8	47,1	73,0	78,5	2,1	36,7	54,1	14,6	0,74
3M B3D	83,4	5,6	54,9	62,9	73,3	2,4	43,8	45,5	15,4	0,724
3M WD	93,6	2,7	18,8	84,3	82,3	1,8	13,7	60,8	12,5	0,721
3M A1E	94,5	-1,7	10,8	86,5	77,0	-2,3	4,7	51,5	18,6	0,596
3M A3E	88,2	-0,1	20,5	72,4	72,1	-1,7	12,1	43,7	18,2	0,604
3M B1E	92,5	-0,6	10,4	81,9	76	-1,4	4,6	49,8	17,6	0,608
EmD A2D	93,3	1,6	39,6	83,7	80,4	-0,8	28,8	57,3	17,1	0,684
EmD B2D	92,4	0,7	39,5	81,6	79,9	-1,5	28,8	56,5	16,6	0,692
4S BXLD	93,7	-1,0	8,0	84,5	77,3	-2,2	1,9	52,1	17,5	0,616
4S A3E	87,0	-0,3	22,7	69,9	69,5	-2,8	12,1	40,0	20,5	0,573

Quando se estabelece uma tendência de valores para CPs com exatos 1 mm de espessura obteve-se os resultados descritos na Tabela 27. Assim, os grupos ficam ranqueados na seguinte ordem para TP: 4S A3E > EX A3 > 3M B1E > 3M A1E > 3M A3E > 4S BLXD > EmD B2D > EX A1 > EmD A2D > EX A2-O > EX B1 > 3M B3D > 3M A2D > EX B2-O > EX WO > 3M WD.



Tabela 25 – Médias, desvio padrão e agrupamento estatístico, mesma letra na mesma coluna significa sem diferença estatística de resultados para Transmitância Direta a 525 nm de  $\lambda$  e de pico das resinas.

	Grupos	T%/525nm			T%/PICO		
Dentsply - EsthetX HD	EX A2-O	0,165	± 0,01	AB	6,826	± 0,48	A
	EX B2-O	0,165	± 0,01	AB	7,191	± 0,58	A
	EX WO	0,165	± 0,00	AB	1,273	± 0,09	BC
	EX A1	0,286	± 0,04	C	8,913	± 1,01	D
	EX A3	0,56	± 0,08	H	14,291	± 1,14	E
	EX B1	0,306	± 0,01	C	9,032	± 0,54	D
3M Filtek Z350 XT	3M A2D	0,136	± 0,00	ABD	0,36	± 0,02	FJ
	3M B3D	0,121	± 0,01	AE	0,557	± 0,03	FIG
	3M WD	0,169	± 0,00	AB	0,264	± 0,01	F
	3M A1E	0,321	± 0,03	C	1,418	± 0,11	B
	3M A3E	0,102	± 0,00	DE	0,61	± 0,05	CFIG
	3M B1E	0,306	± 0,01	C	1,08	± 0,10	BI
IVOCLAR	EmD A2D	0,172	± 0,03	AB	1,16	± 0,13	BI
	EmD B2D	0,182	± 0,01	B	0,98	± 0,14	BGJ
	4S BXLD	0,395	± 0,02	F	5,07	± 0,29	H
	4S A3E	1,137	± 0,12	G	9,184	± 0,48	D

### 5.2.1.2 Parâmetro de Translucidez (TP)

As médias de valores dos parâmetros **Lab** e os resultados de TP das resinas estão demonstrados na Tabela 26 sem o uso de substância acoplante e na Tabela 27 com o uso do meio acoplante entre os CPs e os fundos branco e preto. Arranjando os grupos do maior para o menor valor de TP (do mais para o menos translúcido) ficou 4S A3E > EX A3 > 3M A1E > 3M A3E > 3M B1E > 4S BLXD > EmD A2D > EX B1 >

## 3 PROPOSIÇÃO

- I. Avaliar a cor de diferentes marcas comerciais de resinas compostas restauradoras testando a hipótese de que a nomenclatura utilizada pelo fabricante para descrever a cor não corresponde ao definido pela escala de cor padrão (*Vita Classical*), originária dessa nomenclatura;
- II. Avaliar a cor de diferentes marcas comerciais de cerâmicas odontológicas testando a hipótese de que a nomenclatura utilizada pelo fabricante para descrever a cor corresponde ao definido pela escala de cor *Vita Classical* ou *3D Master*;
- III. Avaliar a translucidez de resinas compostas e cerâmicas por vários métodos quantitativos testando a hipótese de que a subjetividade resultante do método visual é superada pela análise quantitativa dos métodos que utilizam espectrofotometria para avaliar a translucidez, e assim indicar uma metodologia para avaliar, quantitativamente, a translucidez de cerâmicas e resinas compostas;
- IV. Avaliar o efeito de uma substância acoplante nos resultados de translucidez.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Materiais testados

Foram utilizados corpos de prova (CPs) na forma de placas (10 mm largura x 20 mm comprimento x 1 mm de espessura) de cerâmica e resina composta, fabricadas nas cores disponíveis comercialmente e que se aproximam às cores dos dentes naturais mais frequentemente encontradas na clínica odontológica. Os materiais estão descritos abaixo.

As resinas compostas de dentina e de esmalte usadas (Figura 11) conforme Tabela 1 (n = 10), foram:

- *Filtek™ Z350 XT* (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) nas cores A2D, B3D, WD, A1E, A3E, B1E;
- 4 Seasons® (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), nas cores BLXD, A3E e do mesmo fabricante, a marca IPS Empress Direct® nas cores A2D, B2D (Figura10);;
- Esthet-X® HD (Dentsply, Milford, DE, USA) nas cores A1, A3, B1, A2-O, B2-O e W-O.

As cerâmicas utilizadas (Tabela 2) (n = 5), foram:

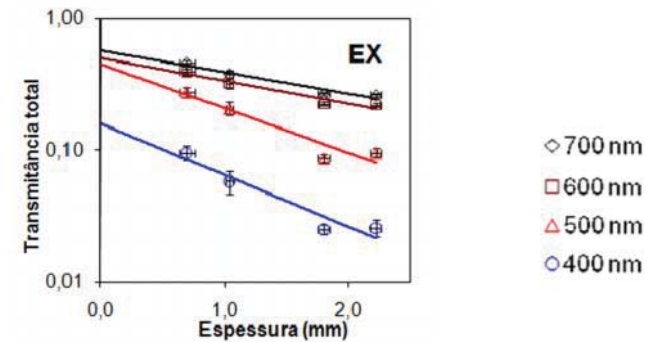


Figura 43 – Relação da Transmitância Total por espessura da resina Esthet-X em diferentes  $\lambda$ . Fonte: Pinto, 2009.

As médias dos valores achados para Transmitância Direta nos CPs de resinas em 525 nm e no pico do comprimento de onda e a análise estatística (desvio padrão e agrupamento de letras iguais na coluna para resultados sem diferença estatística) estão relacionados na Tabela 25.

material muito similar à Filtek Z350XT aqui analisada. Os valores encontrados por ele de T% foram de aproximadamente 0,8% (Dentina) e de 5% (Esmalte) enquanto os adquiridos do presente estudo foram de 0,1% e 0,3% (dentina e esmalte, respectivamente). A diferença nos resultados pode ser explicada pela espessura dos CPs, que aqui são de 1,14 mm ( $\pm 0,05$ ) e lá de 0,37 mm ( $\pm 0,01$ ). A T% cresce de forma inversa e exponencial em relação à espessura, portanto esses valores também seriam esperados. Pinto (2009) demonstrou isso (Figura 43) e observou que a correlação entre transmitância direta para a transmitância total é muito forte ( $r \cong 1$ ) e que na resina Esthet-X a razão de transmitância direta para transmitância total é de 1,8%; 2%; 2,4%; e 3,1% em amostras de 0,5; 1; 1,5 e 2 mm de espessura respectivamente. Esse resultado é coerente com o encontrado por Brodbelt et al. em 1981, que observou ser a transmitância total 200 vezes maior que a direta em CPs de 1 mm no comprimento de onda de 525 nm. Como o valor para transmitância total em CPs de Esthet-X de 1 mm por ele encontrado foi de  $\cong 24\%$  em 525 nm, isso daria uma transmitância direta de 0,48%. Aqui, para EX (esmalte) encontrou-se um valor médio de T%  $\cong 0,5\%$  entre as de tipo esmalte em 525 nm de  $\lambda$ , bem similar ao outro estudo.

- IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent), nas cores A1 LT, A2 LT, A3 LT, A1 HT, A2 HT, e A3 HT.
- IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent), nas cores A1 LT, A2 LT, A3 LT, A1 HT, A2 HT, e A3 HT.
- Paradigm C (3M-Espe), nas cores A1, A2, e A3.
- Cerec Mark II (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha), nas cores A1, A2, e A3 da escala Vita Classical, e nas cores 0M1, 1M1, 1M2, 2M1, 2M2, 2M3, 3M1, 3M2, 3M3, e 4M2 da escala Vita 3D-Master.

*Tabela 1 - O nome comercial, a classificação, o fabricante e a composição básica das resinas compostas utilizadas nesse estudo estão apresentadas abaixo.*

Material	Classificação	Fabricante	Composição
FILTEK™* Z350 XT	Nanoparticulada	3M-ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA	Agregado de zircônia/silica (55,5% do vol. para as translúcidas e 63,3% para as demais), BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA, TEGDMA
4SEASONS®**	Microhíbrida com nanopartículas	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	BIS-GMA, TEGMA, UDMA, 76%wt de carga vidro bário trifluorítérbio, vidro de Ba- Al-fluorsilicato e sílica dispersa*
IPS EMPRESS DIRECT® *	Microhíbrida com nanopartículas	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	TIPO DENTIN / Peso: 50,2% de carga vidro bário e vidro de Ba- Al-fluorsilicato e óxidos misturados; 20% de Dimetacrilato; 9,8% de trifluorítérbio; 19,6% de pré-polímero; 0,4% de catalizadores e estabilizantes e menos de 0,1% de pigmentos
ESTHETX® HD*	Microhíbrida com nanopartículas	Dentsply, Konstanz, Alemanha	BIS-GMA, BIS-EMA, trietilenoglicoldimetacrilato, canforoquinona, estabilizadores, pigmentos, partículas vítreas de silicato de flúor-bário-alumínio (1 $\mu$ m) e nanopartículas de silício (0,04 $\mu$ m) *

\* Site do fabricante; \*\* SOARES et al., 2007.

Tabela 2 - O nome comercial, a classificação, o fabricante, a necessidade e temperatura de queima e a composição básica das cerâmicas utilizadas nesse estudo estão apresentadas abaixo.

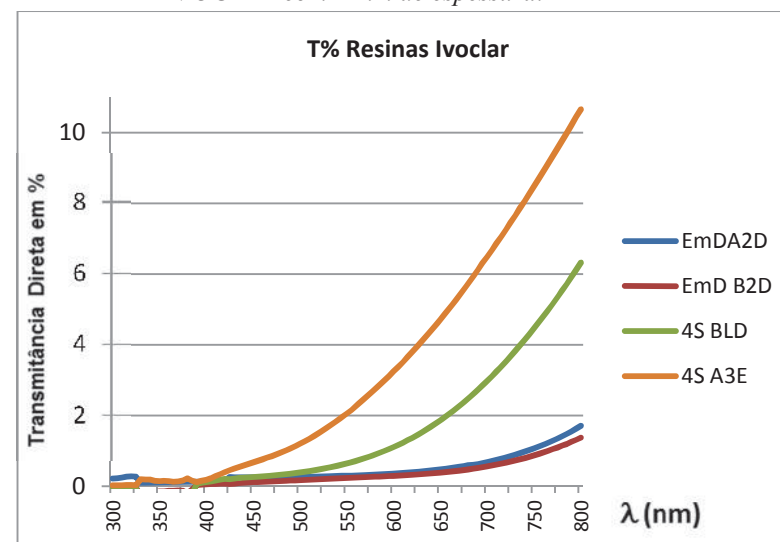
Material e Classificação **	Fabricante*	Queima*	Composição*
IPS E.MAX CAD Bloco de vitrocerâmica a base de dissilicato de lítio para tecnologia CAD/CAM	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Após corte, é sinterizado a aproximadamente 850°C (20-30 min)	> 57 % SiO <sub>2</sub> , Li <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , ZrO <sub>2</sub> , ZnO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO e pigmentos
IPS EMPRESS CAD Bloco de vitrocerâmica reforçada por leucita para tecnologia CAD/CAM	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Após corte, 790°C para pigmentação e glaze	> 98 % SiO <sub>2</sub> , BaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, CeO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , < 2 % TiO <sub>2</sub> e pigmentos
PARADIGM™ C CERAMIC BLOCK FOR CEREC SYSTEMS Bloco de vitrocerâmica reforçada com leucita para tecnologia CAD/CAM	3M-ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA	Não necessita	Vidro de Alumínio-Silicato fundido com óxidos de K, Na, CA, BA e Ce. 30% ± 5% Cristais de Leucita.
VITABLOCS MARK II FOR CEREC INLAB Bloco de porcelana feldspática para tecnologia CAD/CAM	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha	Não necessita	Mistura de partículas feldspáticas cristalinas incorporadas em uma matriz de vidro (30% do volume)

\* Dados tirados dos sites dos fabricantes. \*\*Fonte: Della Bona, 2009.

Essas cerâmicas são preparadas industrialmente na forma de blocos para usinagem em CAD-CAM e, assim, são estruturalmente mais confiáveis que as cerâmicas com queima convencional (TINSCHERT et al., 2000).

A espessura dos CPs foi conferida com auxílio de paquímetro digital Cosa (modelo 1011-101eb, China) com precisão de duas casas decimais depois da vírgula (Figura 24).

Gráfico 55 – Médias das tendências de T% por  $\lambda$  nas resinas da IVOCCLAR com 1 mm de espessura.



Pode-se observar nos gráficos por fabricante que o fato da resina ser opaca (*Dentin*) ou de esmalte alterou a T%, diferentemente das cerâmicas. Ainda, a Ivoclar pode ter alterado as propriedades ópticas do material na nova *Empress Direct* em relação à antiga *4Seasons*. Mas esse fato deve ser investigado em estudo posterior.

Em estudo anterior (HIRATA, 2008) analisou a transmitância direta das resinas 4Seasons (*dentina* e *esmalte* na cor A2) e obteve resultados de aproximadamente 2% para esse material do tipo *Dentin* e de  $\cong 7,5\%$  para *Enamel* no  $\lambda$  de 525 nm. Valores bem diferentes dos encontrados no presente estudo (0,4% e 1,14%, respectivamente). No mesmo estudo, Hirata (2008) testou a resina Filtek Supreme (na cor A2),

Gráfico 53 – Médias das tendências de T% por  $\lambda$  nas resinas da Dentsply com 1 mm de espessura.

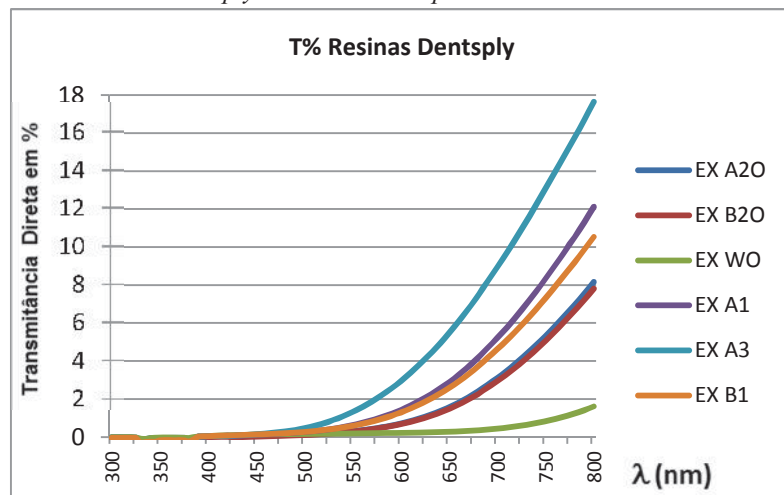
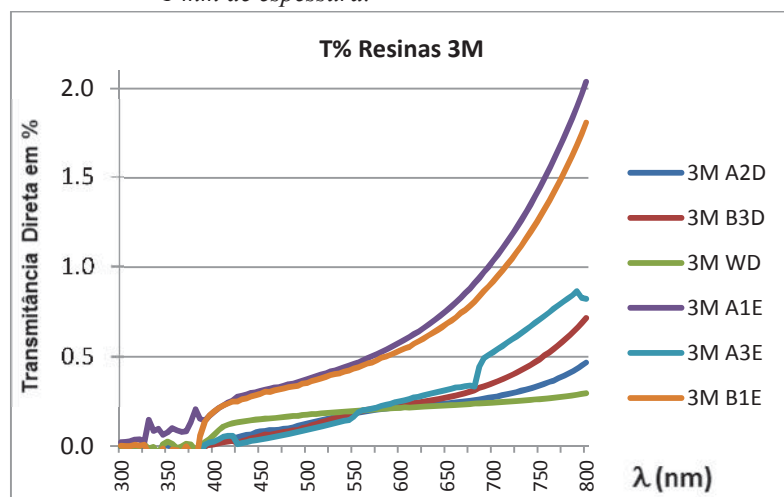


Gráfico 54 – Médias das tendências de T% por  $\lambda$  nas resinas da 3M com 1 mm de espessura.



#### 4.1.1 Fabricação dos CPs de resinas compostas

Os corpos de prova em resina composta foram fabricados usando moldes vazados de acrílico com abertura de 20 mm X 10 mm, e 1 mm de espessura. A resina foi acomodada dentro da abertura do molde, sobre uma tira de poliéster de uso odontológico (Figura 12 a 14) e coberta com outra tira de poliéster (Figura 15), sendo prensada entre duas placas de vidro de 8 mm de espessura (Figura 16 e17) para a fotopolimerização dos dois lados dos CPs por períodos de 20 s/área, totalizando 80s (4 ciclos) de polimerização por CP (Figura 10). O fotopolimerizador utilizado foi o KaVo Poly Wireless (Joinville, Brasil) com tempo de emissão de 20 segundos por ativação, iniciando a emissão de luz de forma menos intensa por 7 segundos, aumentando a potência gradativamente, até atingir o pico máximo de 1100 mW/cm<sup>2</sup>. Permanece assim durante 3 segundos, e então reduz gradativamente durante outros 3 segundos, até atingir a potência de 600 mW/cm<sup>2</sup> que permanece até o restante do tempo (Manual de instruções do aparelho). O aparelho foi acionado perpendicularmente aos CPs tocando o vidro onde está o molde (Figura 18). Após a retirada das tiras de poliéster (Figura 19) os CPs foram removidos do molde (Figura 20). Não foi realizado qualquer polimento nos CPs, mantendo-se a lisura superficial resultante do processo de fabricação, apenas foi dado acabamento nas laterais dos corpos de prova com disco diamantado em baixa rotação (Figura 22).

Imediatamente após a fabricação (Figura 23) os CPs foram arranjados e acondicionados em caixa organizadora, separando-os e nomeando-os por grupo (Figura 25).

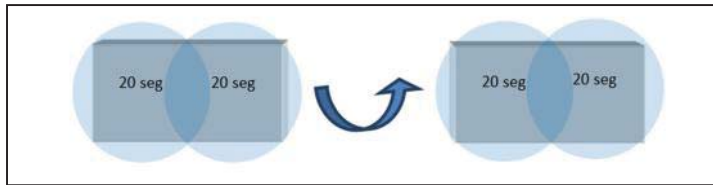


Figura 10 – Ilustração da área de fotopolimerização dos corpos de prova em resina composta.



Figura 11 – Diferentes marcas de resinas compostas avaliadas.

Gráfico 52 – Médias das tendências de transmitâncias diretas em % por  $\lambda$  das resinas com CPs de 1 mm de espessura.

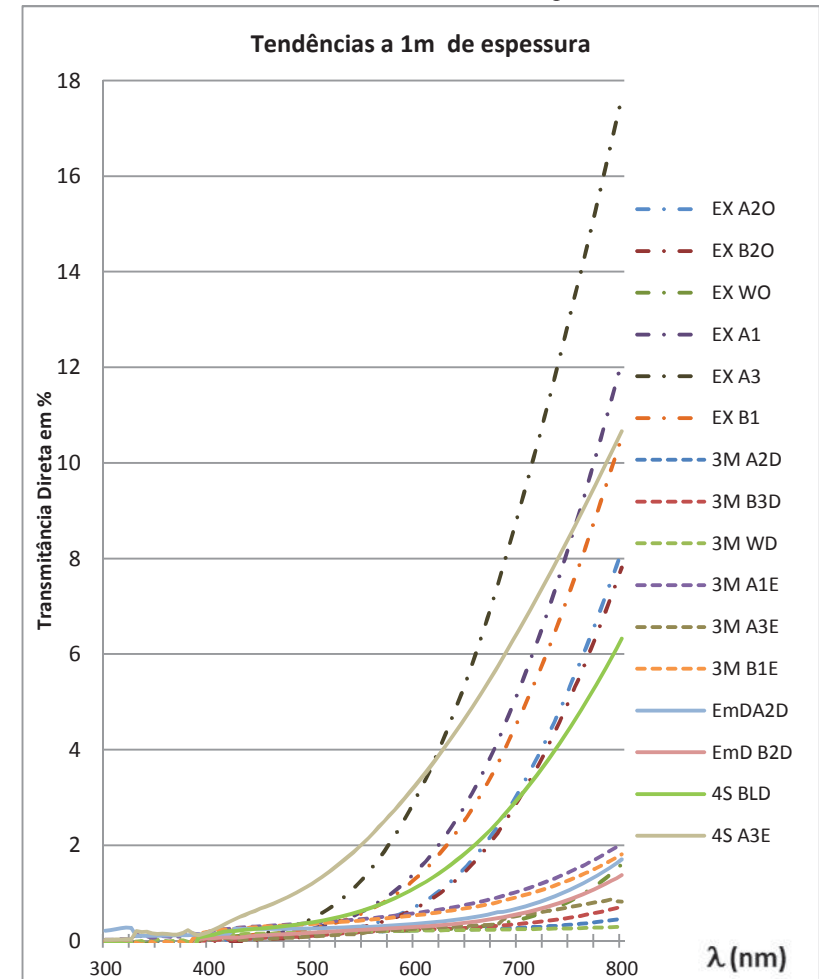




Gráfico 51 – Médias de T% por  $\lambda$  nas resinas (visão de -0,1 a 1,5% somente para melhor ver a interposição das linhas)

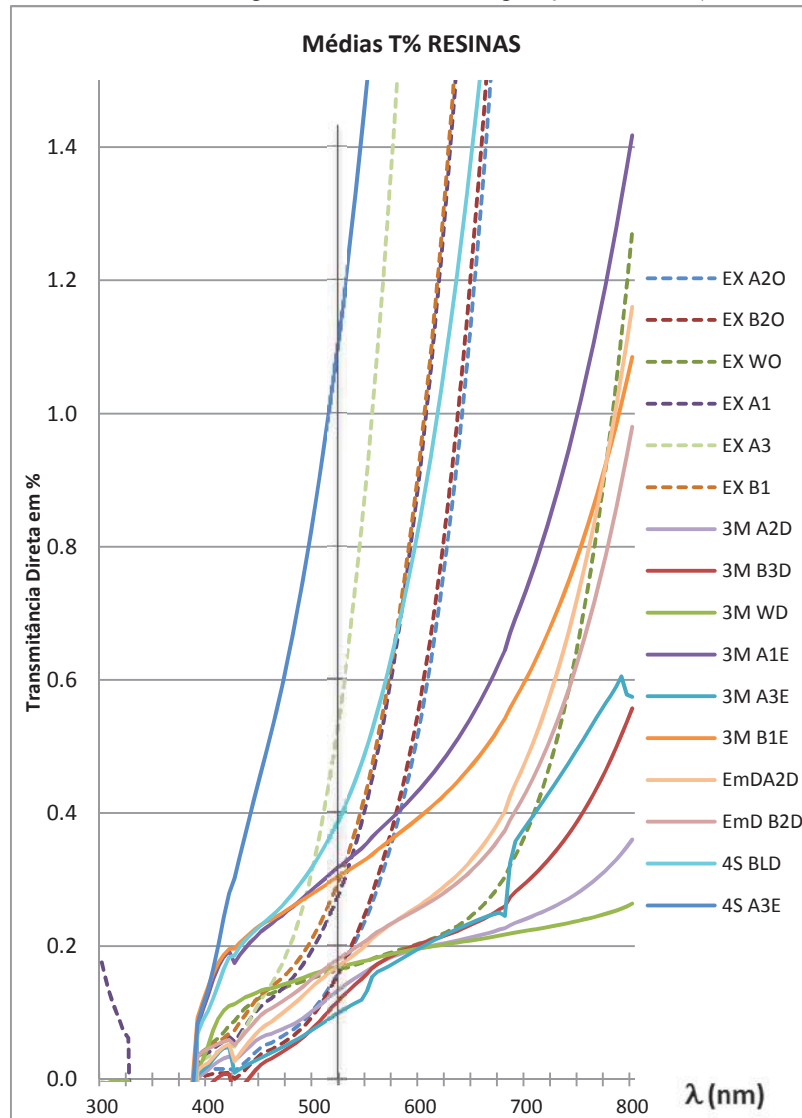


Figura 12 – Fabricação dos CPs de resina: tira de matriz de poliéster sobre placa de vidro.

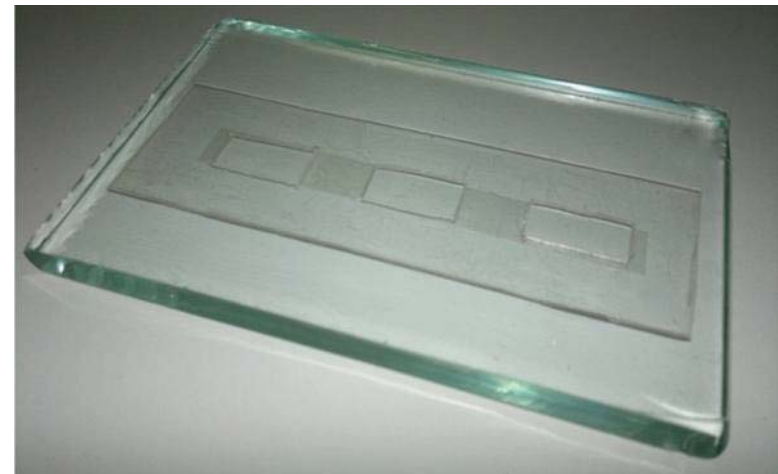


Figura 13 – Fabricação dos CPs de resina: molde acrílico sobre tira de poliéster e placa de vidro.





Figura 14 – Fabricação dos CPs de resinas: disposição da resina composta nos moldes.



Figura 15 – Fabricação dos CPs de resina: colocação da segunda tira de poliéster sobre a resina composta.

Gráfico 50 – Médias das transmitâncias diretas em % por  $\lambda$  das resinas

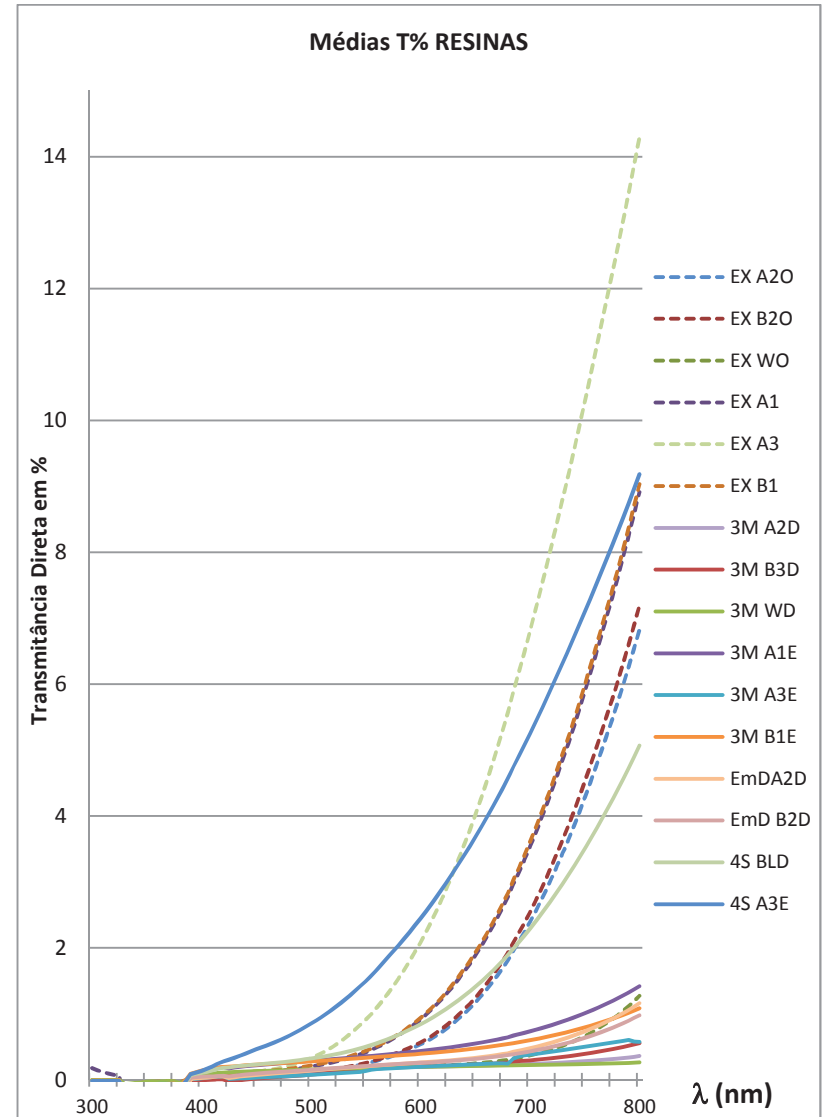
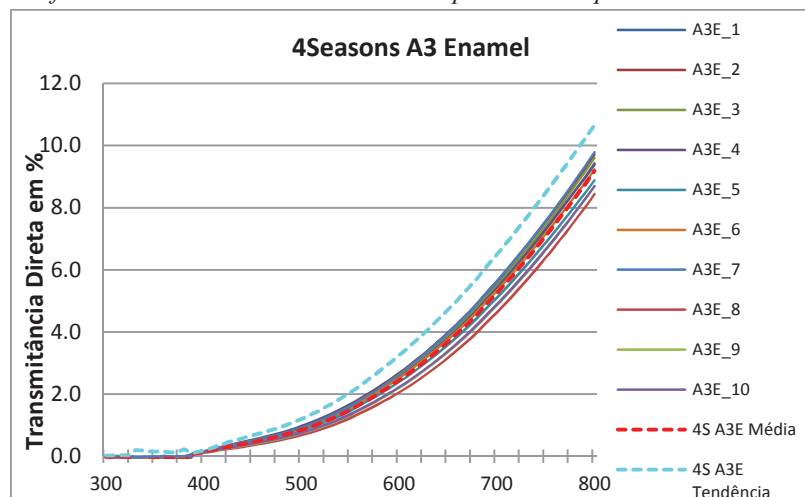


Gráfico 49 - Transmissão Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 4S A3E



As médias das curvas de T% por  $\lambda$  nas resinas estão apresentadas nos Gráficos 50 e 51 e as perspectivas de resultados médios de T% por  $\lambda$  em CPs de 1 mm de espessura estão dispostas no Gráfico 52.

Em média, as resinas da Dentsply apresentaram maior T% de pico que as demais marcas comerciais. Esse fato pode ser explicado pela composição e quantidades de partículas inorgânicas e matriz orgânica presente em cada material. Essa resina, visualmente, é a que menos se assemelha a estrutura dental, pois posicionada contra luz, ela não difunde a luz como os demais materiais (cerâmicas, inclusive), deixando passar a luz de uma forma mais direta.

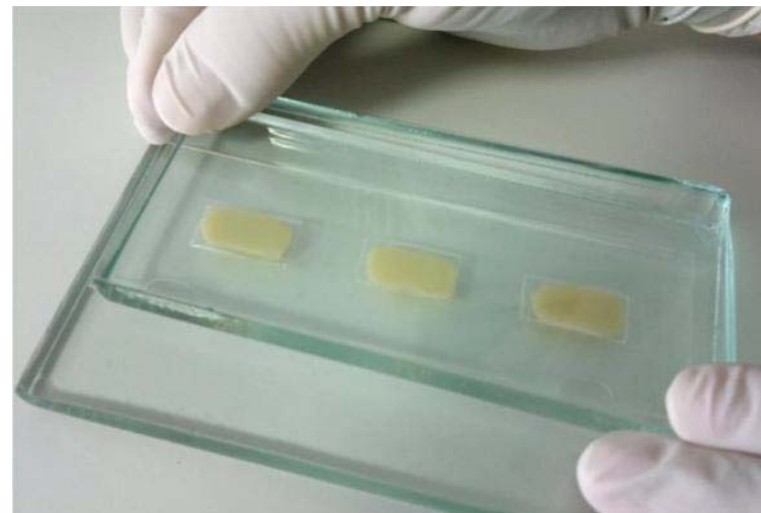


Figura 16 - Fabricação dos CPs de resina: colocação da segunda placa de vidro sobre a tira de poliéster e resina composta.



Figura 17 - Fabricação dos CPs de resina: prensagem com segunda placa de vidro.

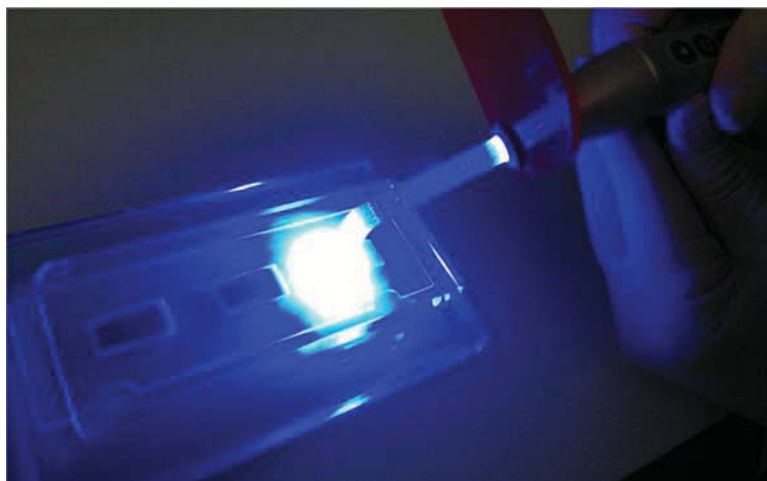


Figura 18 – Fabricação dos CPs de resina: polimerização.



Figura 19 – Fabricação dos CPs de resina: remoção da tira de poliéster após polimerização.

Gráfico 47 - Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EmD B2D

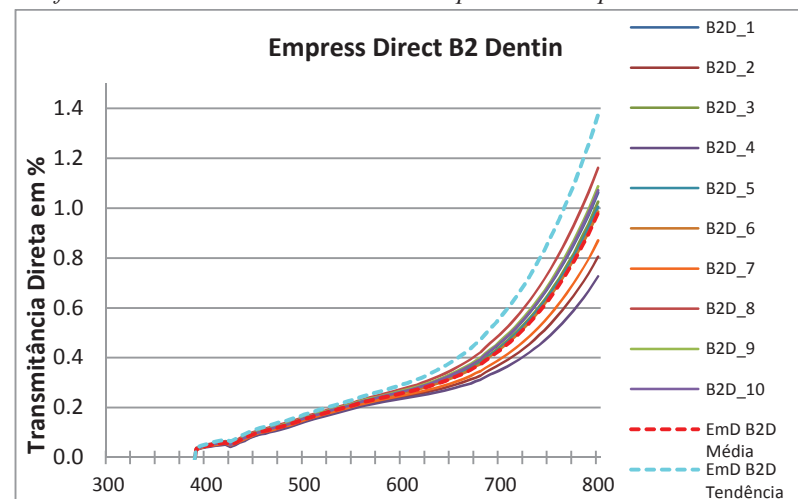


Gráfico 48 - Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 4S BLD

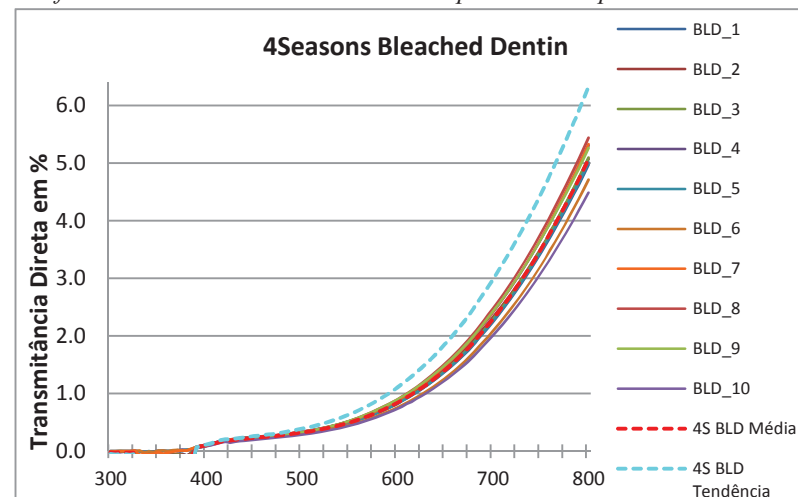


Gráfico 45 - Transmissão Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 3M B1E

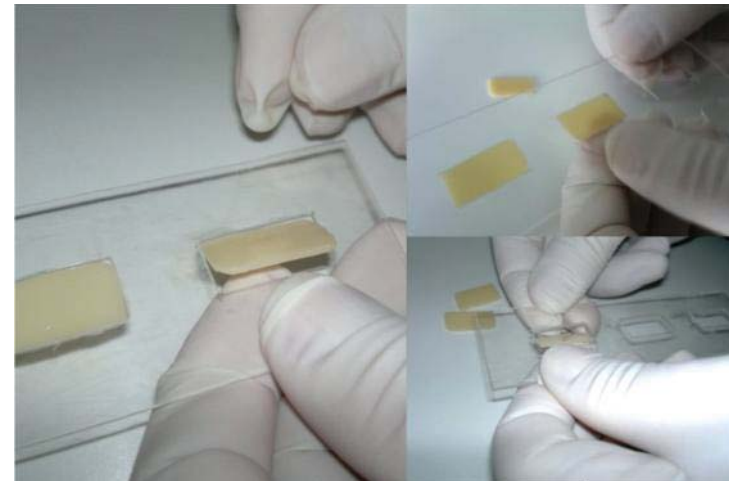
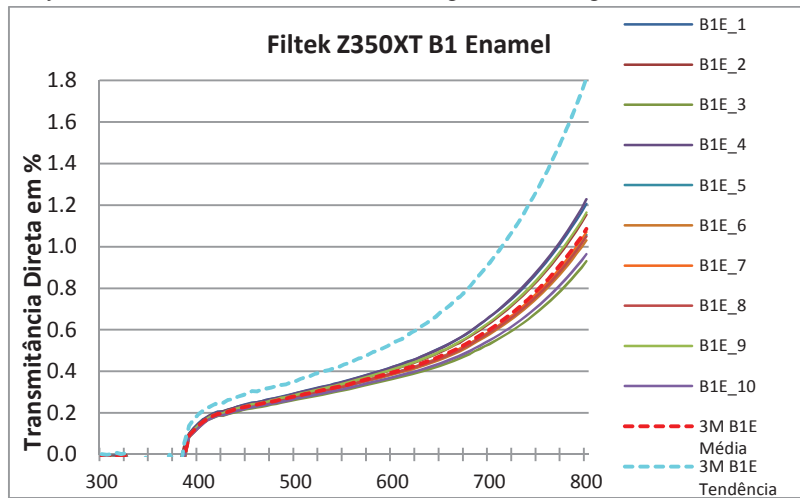


Figura 20 – Fabricação dos CPs de resina: retirada do molde.

Gráfico 46 - Transmissão Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EmD A2D

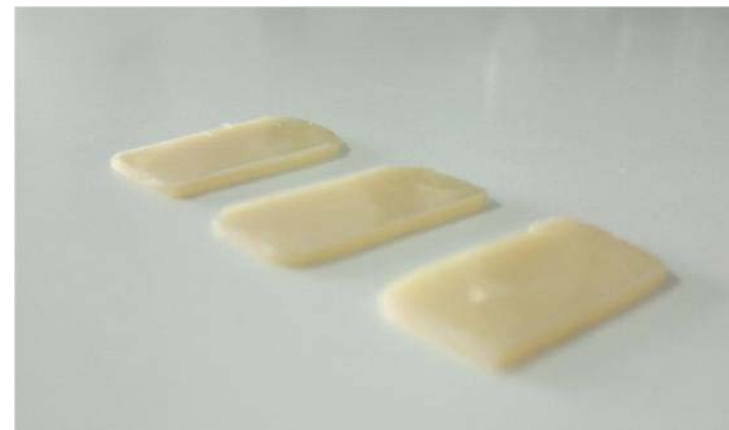
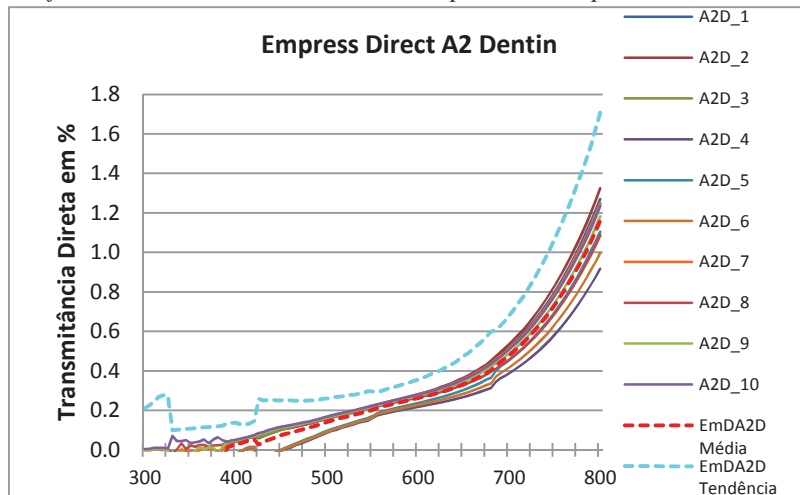


Figura 21 – Fabricação dos CPs de resina: CPs antes do acabamento de bordas laterais. Não será realizado nenhum tipo de polimento.



Figura 22 - Fabricação dos CPs de resina: acabamento das bordas laterais dos CPs com disco diamantado em baixa rotação.

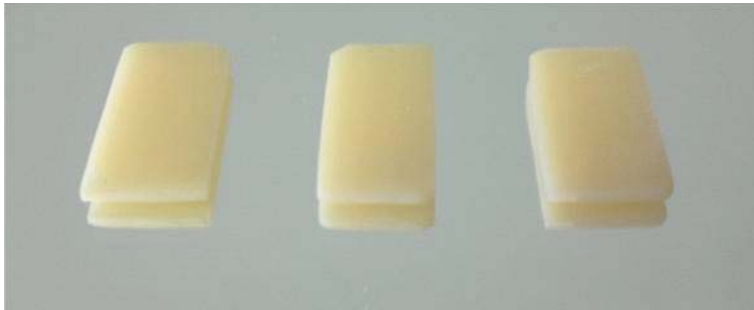


Figura 23 - Fabricação dos CPs de resina: CPs prontos.

Gráfico 43 - Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 3M A1E

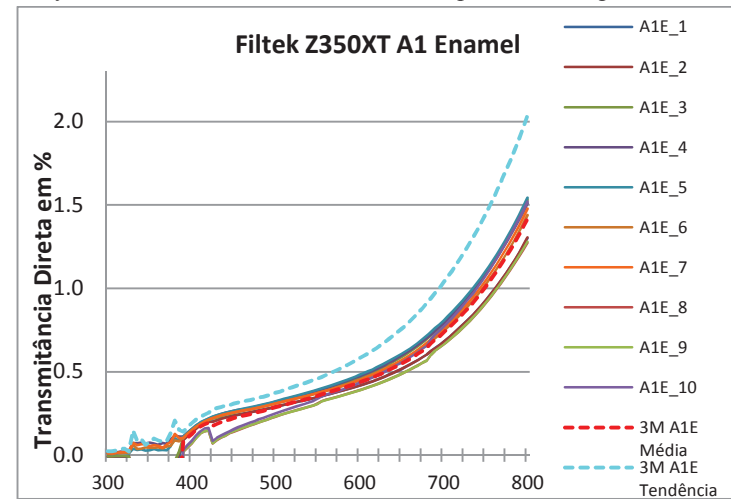


Gráfico 44 - Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 3M A3E

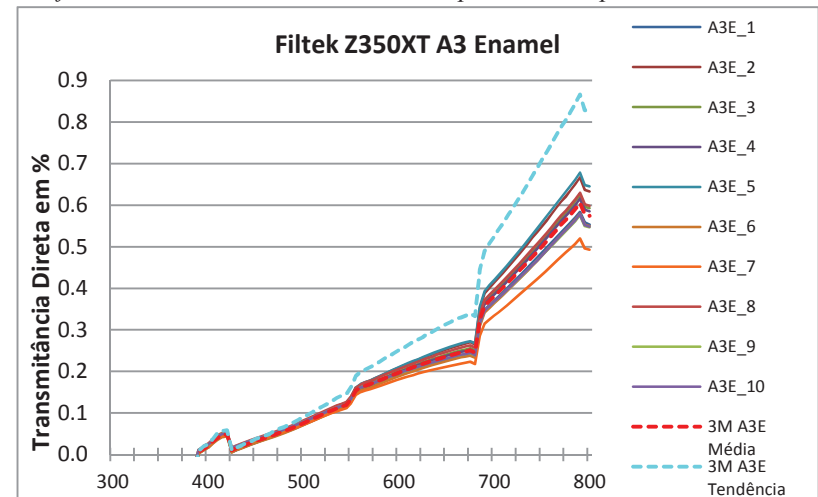




Gráfico 41 - Transmissão Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 3M B3D

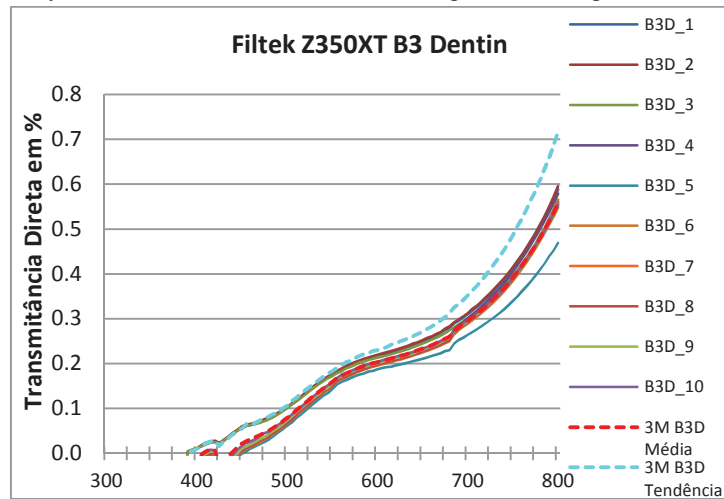


Gráfico 42 - Transmissão Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 3M WD

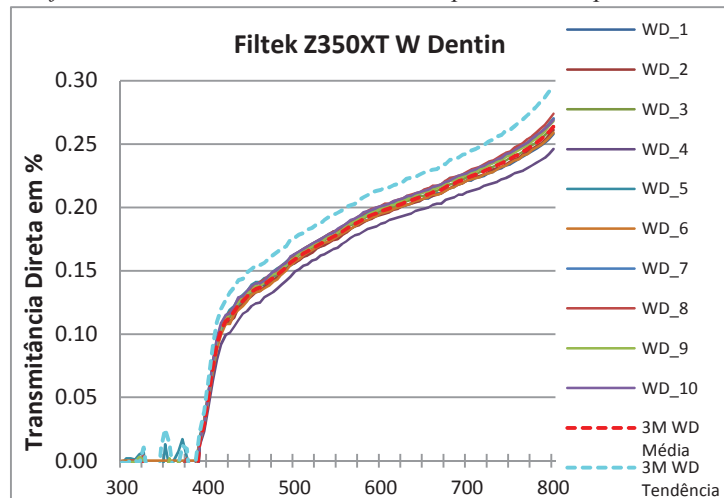


Figura 24 – Paquímetro digital medindo espessura dos CPs.



Figura 25 - Os CPs de resina composta foram agrupados em caixa organizadora.

#### 4.1.2 Corpos de prova de cerâmica

Os corpos de prova de cerâmica foram confeccionados pelos próprios fabricantes seguindo o protocolo de fabricação com os mais criteriosos métodos para obter suas propriedades ópticas e mecânicas ideais. Após, foram polidos com pasta de diamante de até 1  $\mu\text{m}$  para padronização do brilho superficial. Ao recebê-los, foram agrupados e organizados conforme mostra a Figura 26.



Figura 26 – CPs cerâmicas agrupadas e organizadas.

Gráfico 39 – Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EX B1

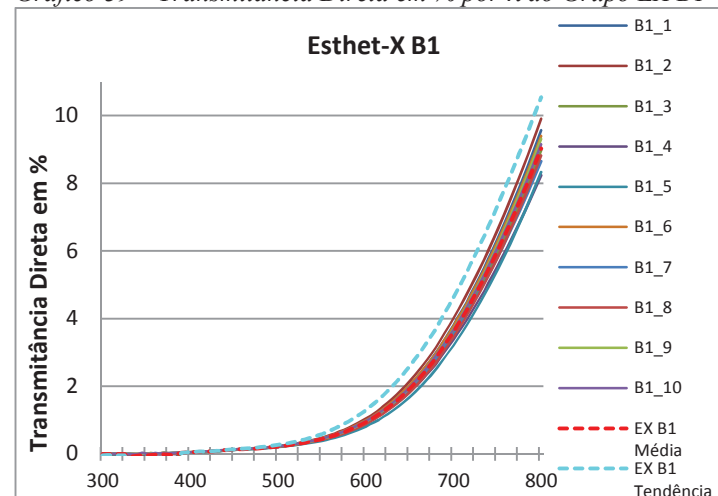


Gráfico 40 – Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo 3M A2D

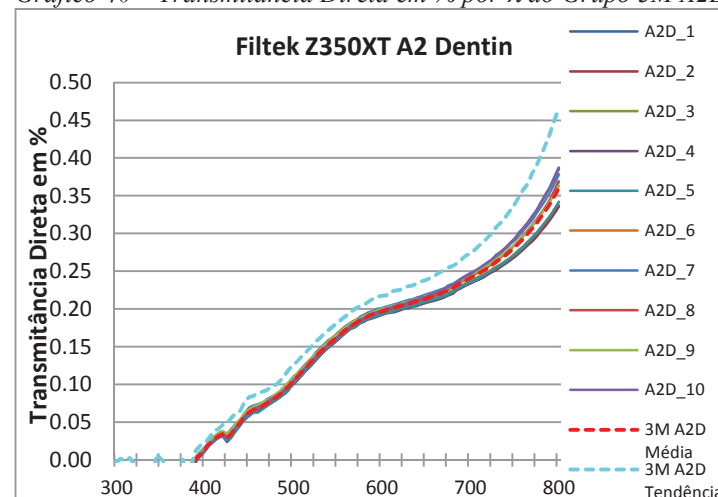




Gráfico 37 – Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EX A1

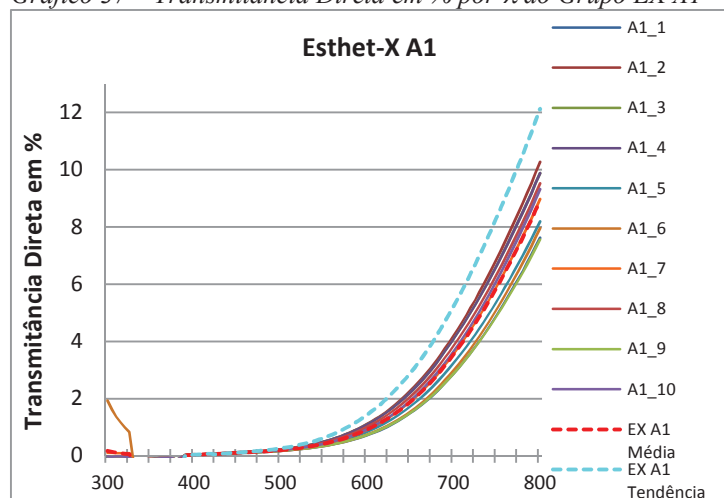
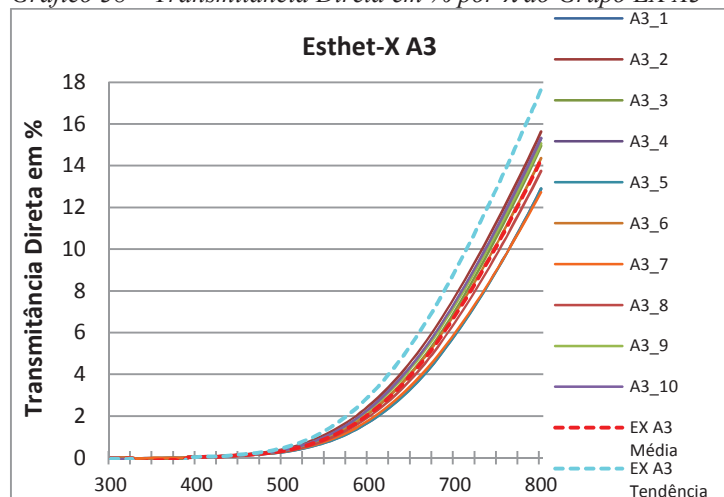


Gráfico 38 – Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EX A3



## 4.2 Métodos para verificação da translucidez

### 4.2.1 Método Visual Proposto

A translucidez foi observada pelo método tradicional de visualização de uma linha preta através do CP (método visual de contraste – MV%), comparando o grau de difusão ou desvio de orientação da luz através do material, ou seja, o grau de nitidez dessa linha observada através dos diferentes materiais. Para isso, foi confeccionado um gabarito (Figura 27) com valores entre 0% de translucidez (indicando um material totalmente opaco) e 100% de translucidez (indicando um material transparente). Os resultados observados por esse método seriam equivalentes aos de transmitância total. Esse gabarito foi impresso em papel fotográfico tamanho A4 e protegido por processo de plastificação. Os CPs também foram examinados quando assentadas em uma gota de glicerina ( $C_3H_8O_3$ ), líquido acoplante, sobre o gabarito (MV%G). A glicerina tem um índice de refração ( $n$ ) de 1,48, valor próximo ao dos materiais investigados. Esse procedimento teve o objetivo de evitar a dispersão da luz por diferença de índice de refração entre o ar (interposto entre o gabarito e o CP) e o material dos CPs (PINTO, 2009). Ambos os testes, com e sem glicerina foram realizados nas mesmas condições de luz, iluminante D65 (Figura 28) (Lâmpada DS/E-PLS/E 2x7W, N° Série 14303156) posicionada a uma distância de 7 cm do CP (Figura 29 e 39). O observador (autora do presente estudo), sem história de distúrbios visuais cromáticos, testou os espécimes aleatoriamente por sorteio de CPs, e um auxiliar registrou os resultados (em %). Assim os testes foram do tipo cego e randomizado (Figuras 30 e 31).

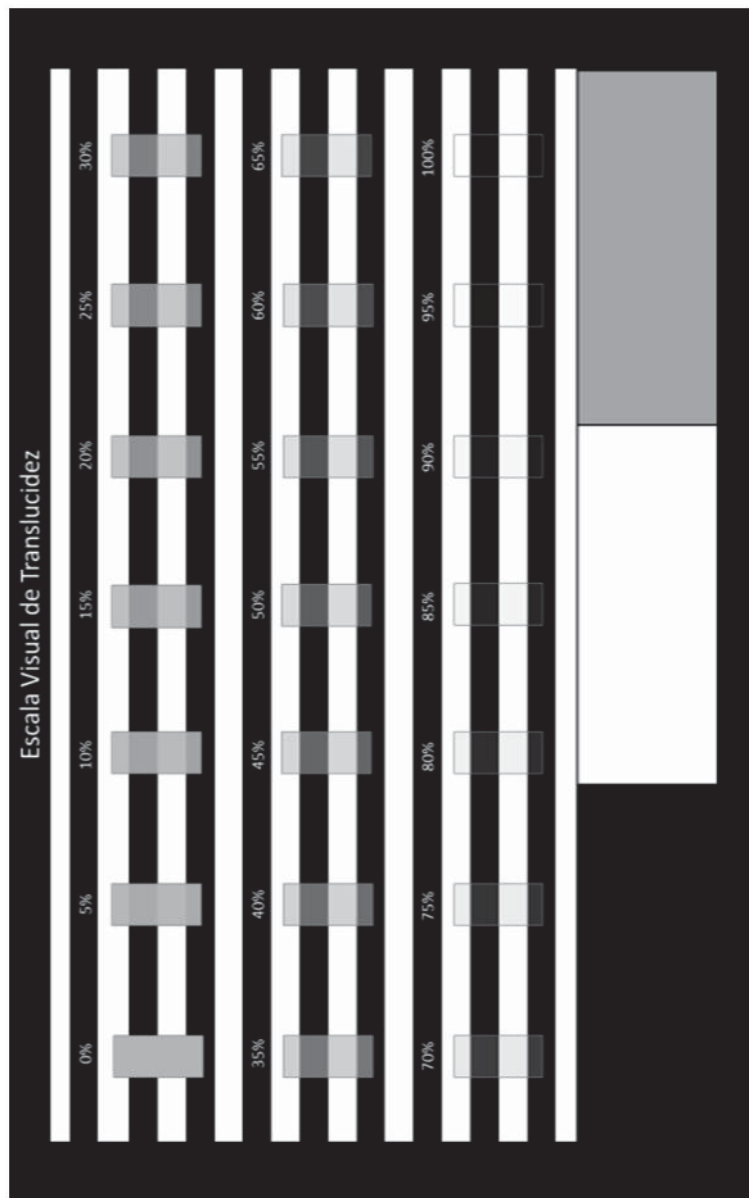


Figura 27 - Escala visual (gabarito) de translucidez.

Gráfico 35 – Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EX B2-O

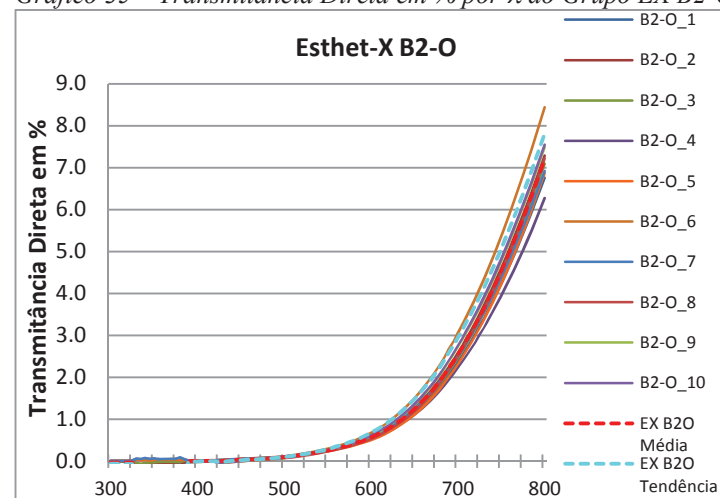
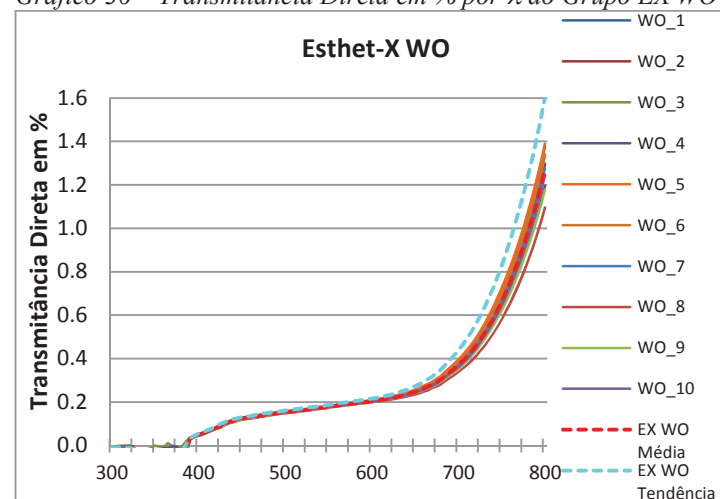


Gráfico 36 – Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EX WO



EX A2-O < 3M WD < EmD A2D < EmD B2D < EX A1 < EX B1 < 3M B1E < 3M A1E < 4S BXLD < EX A3 < 4S A3E, com os valores médios em % de 0.102, 0.121, 0.136, 0.165, 0.165, 0.165, 0.169, 0.172, 0.182, 0.286, 0.306, 0.306, 0.321, 0.395, 0.560 e 1.137, respectivamente (Tabela 25). Não houve correlação dos valores de T% com nenhum parâmetro de cor do Sistema CIELab.

Gráfico 34 – Transmitância Direta em % por  $\lambda$  do Grupo EX A2-O

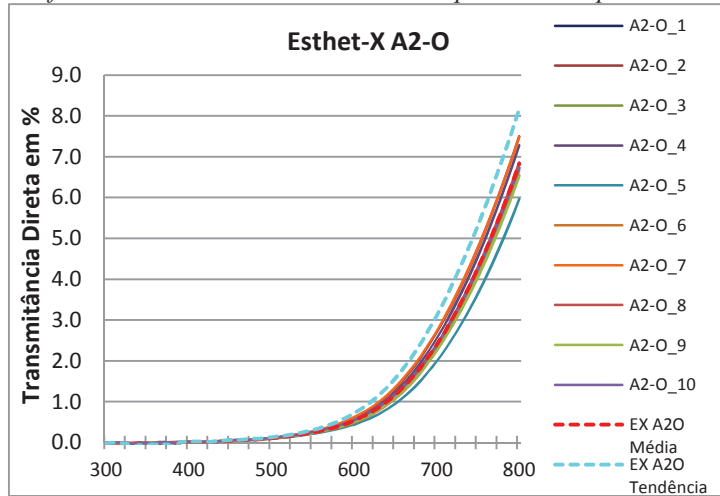


Figura 28 – Luz D65 utilizada no experimento.



Figura 29 – Escala visual de translucidez posicionada sob luz D65.

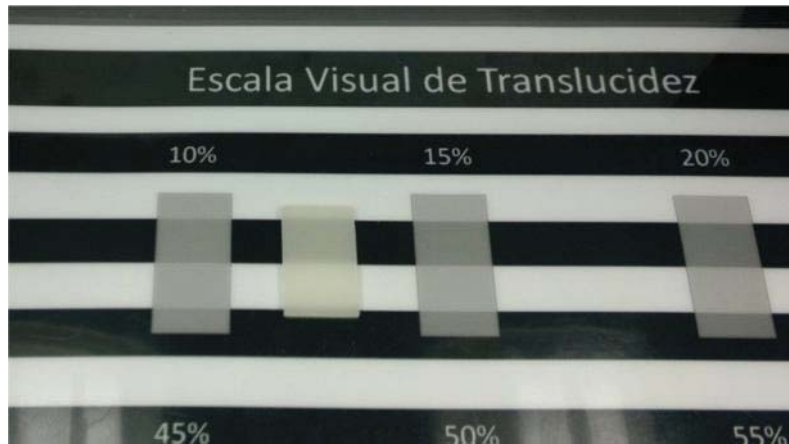


Figura 30 – CP sobre escala visual de translucidez sem o uso de glicerina como substância acoplante.

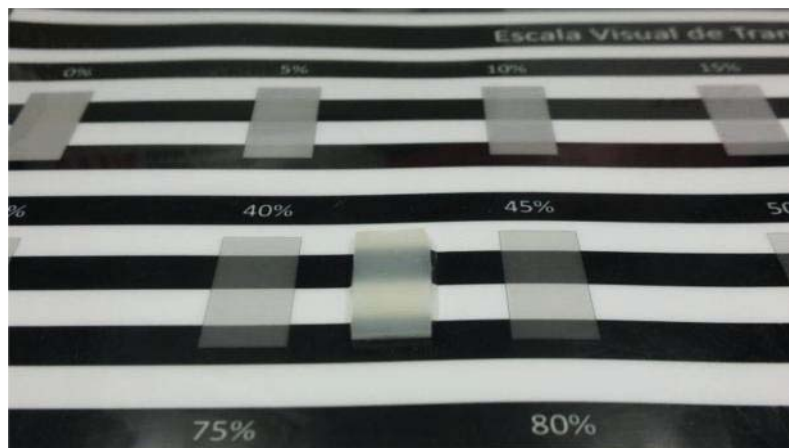


Figura 31 – CP posicionada na escala visual de translucidez sobre substância acoplante (glicerina).

## 5.2 Resinas

### 5.2.1 Translucidez e transmitância

#### 5.2.1.1 Transmitância Direta (T%)

As resinas da marca Esthet-X HD apresentaram curvas do tipo exponencial, com uma ascendência relativamente baixa até os 600 nm e após, a curva sobe rapidamente atingindo picos no  $\lambda$  de 800 nm (Gráficos do 34 ao 39).

Nos CPs da resina Filtek 350 XT, o comportamento das curvas espectrais variou com a cor oferecida pelo fabricante. Os grupos 3M A2D (Gráfico 40) e 3M B3E (Gráfico 41) tiveram curvas espectrais bem similares, já na curva do grupo 3M WD (Gráfico 42) houve uma rápida ascendência no início do espectro visível ( $\cong 400$  nm). Depois dos 410 nm, a curva manteve-se com ascendência quase linear. As curvas dos grupos 3M A1 (Gráfico 43) e 3M B1 (Gráfico 45) também foram bem parecidas mostrando uma ascendência padrão, se diferenciando do grupo 3M A3E que teve uma curva bem irregular com picos no  $\lambda$  de 791 nm (Gráfico 44).

Os CPs da marca Empress Direct (Grupo EmD A2D - Gráfico 46 e Grupo EmD B2D - Gráfico 47) mostraram curvas de T% similares entre si mas diferentes das dos grupos da marca 4Seasons (Grupo 4S BLD - Gráfico 48 e Grupo 4S A3E – Gráfico 49) que também tiveram resultados semelhantes entre si.

A média de valores de T% no  $\lambda$  de 525 nm ranqueia os grupos da seguinte forma: 3M A3E < 3M B3D < 3M A2D < EX WO < EX B2-O <

Tabela 24 – Médias de  $\Delta E$  encontrados entre os métodos nas cerâmicas.

Grupos	$\Delta E$ Grupo X Fab	$\Delta E$ Grupo X ES	$\Delta E$ Grupo X Visual	$\Delta E$ ES X Visual	$\Delta E$ Fab X Visual	$\Delta E$ Fab X ES
e.m A1LT	2,03	2,03	3,84	3,21	3,21	2,14
e.m A2LT	7,83	1,56	6,04	6,12	5,68	8,3
e.m A3LT	12,6	2,43	4,97	6,12	10,39	10,74
e.m A1HT	10,62	6,67	6,67	0	4,02	10,32
e.m A2HT	15,06	5,67	6,47	0,8	9,58	11,92
e.m A3HT	19,73	6,03	10,46	7,49	10,39	13,56
Emp A1LT	2,62	1,74	1,85	0,8	3,21	6,12
Emp A2LT	4,76	3,62	3,84	4,77	5,47	6,32
Emp A3LT	7,49	6,71	4,38	5,33	4,96	7,04
Emp A1HT	11,16	7,23	7,23	0	4,02	10,48
Emp A2HT	10,96	5,11	7,16	3,88	5,68	9,58
Emp A3HT	12,33	1,26	7,17	6,47	6,88	9,6
PaC A1	14,76	10,78	11,57	0,8	3,21	12,36
PaC A2	13,86	6,57	8,67	3,28	8,05	11
PaC A3	18,94	7,31	9,73	7,49	10,39	13,14
MII A1	9,94	6,67	6,67	0	4,02	10,22
MII A2	11,56	2,62	2,62	0	10,14	10,18
MII A3	11,08	3,14	5,21	7,59	8,92	8,46
MII 0M1	7,8	7,8	7,8	0	0	5,4
MII 1M1	10,12	8,49	8,6	2,78	3,55	7,44
MII 1M2	15,09	8,6	7,23	4,43	10,84	10,78
MII 2M1	9,31	9,85	10,81	2,52	4,08	6,78
MII 2M2	13,04	4,32	8,64	4,59	6,63	9,44
MII 2M3	8,98	3,79	6,53	5,63	2,71	7,32
MII 3M1	12,7	9,42	10,23	3,37	11,25	8,92
MII 3M2	11,05	4,28	7,85	5,94	6,27	8,08
MII 3M3	15,83	4,21	10,23	6,63	6,46	11,14
MII 4M2	11,06	3,61	5,41	3,48	8,67	7,84
Médias	11,1	5,4	7,0	3,7	6,4	9,1

#### 4.2.2 Transmittância Direta (T%)

A transmissão de luz foi medida usando um espectrofotômetro de luz visível e ultra-violeta (UV/VIS) (Lambda 20, número serial 101N9121524, Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA) com os dados sendo interpretados por um software (UVWinlab, versão 2.80.03) (Figura 32). Os parâmetros utilizados para o método de varredura (*scan*) foram: abertura (*slit*) de 0,5 nm, velocidade de varredura (*scan speed*) de 240 nm/min, por passo (*smooth*) de 10 nm e espectro de luz de 300 a 800 nm (ultravioleta e visível) com intervalo de dados de 1 nm. As lâmpadas (deutério e halógena) se alternam automaticamente a 326 nm. Os resultados foram registrados em percentual de transmitância direta (quanto de luz foi transmitida diretamente através do CP) para cada comprimento de onda ( $\lambda$ ) entre 300 e 800 nm.



Figura 32 – Espectrofotômetro Lambda 20 em uso. CPs limpos aguardando varredura.



Figura 33 – Mensuração da T% em progresso no espectrofotômetro Lambda20. Painel mostra comprimento de onda e respectivo percentual de transmitância direta no CP.

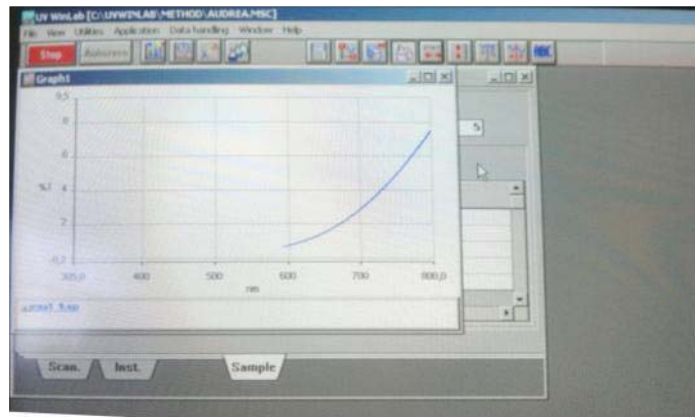


Figura 34 - Na tela do computador ligado ao equipamento, é exibido gráfico resultante da varredura no CP. Cada valor de T% em cada  $\lambda$  é registrado.

encontrada pelo observador (segundo escalas); da cor dita pelo fabricante e da cor encontrada pelo observador; e finalmente da cor nomeada pelo fabricante e o espectrofotômetro no modo “Restauração”.

Valores menores que 3 (em verde na tabela) são considerados bons quanto a percepção de cor (cl clinicamente imperceptíveis), valores entre 3 e 5 (em amarelo) são considerados clinicamente aceitáveis e valores acima de 5 (em vermelho) significam que existem diferenças perceptíveis e inaceitáveis nas cores.

Pode-se observar na Tabela 24 que existe diferença de percepção entre o método visual (usando escalas de cores) e a medição do espectrofotômetro nas cerâmicas, mas essa diferença é clinicamente aceitável (valor médio do  $\Delta E$  entre espectrofotômetro e visual = 3,7). Isso também foi observado por Choi et al. (2010).

Outra conclusão que se pode ter ao observar os dados da Tabela 24 é: se a diferença de percepção entre os métodos é clinicamente aceitável e, de maneira geral, a cor das cerâmicas não correspondem à nomenclatura em nenhum método (com  $\Delta E$ s médios de 11,1; 6,4; e 9,1), os fabricantes das cerâmicas aqui estudadas não estão seguindo à escala de cores que utilizam para nomear o material.

Houve forte influência da translucidez na verificação da cor, por ambos os testes. O parâmetro de referência para avaliar a alteração da percepção da cor ( $\Delta E$ ) parece ser inadequado para o uso em odontologia por não avaliar todos os fatores que alteram a percepção da cor do material e da estrutura dental como translucidez e opacidade, fato também relatado por Portero em 2009.



Na cor A2 os grupos com diferença perceptual de cor mas clinicamente aceitáveis são e.m A2LT com Emp A2LT e MII A2; e.m A2HT com PaC A2; Emp A2HT com PaC A2.

Na cor A3 os grupos sem diferença perceptual de cor são e.m A3LT com MII A3 e e.m A3HT com PaC A3.

Todas as demais comparações (em vermelho) são consideradas clinicamente inaceitáveis.

Com isso, torna-se evidente a forte influência da translucidez na diferença perceptual da cor, fator também observado por Seghi et al. (1986) e Karaagaciloglu et al. (2010). E ainda conclui-se que, genericamente, os fabricantes não seguem o mesmo padrão na pigmentação dos materiais.

#### 5.1.4 Correlação dos Métodos de Avaliação de Cor

Para relacionar os métodos de avaliação de cor, todos os valores não numéricos (exemplo: A2) foram substituídos por valores nas coordenadas do sistema de cores CIELab, e depois, a diferença de percepção ( $\Delta E$ ) foi calculada usando a Equação 1 em cada CP. A Tabela 24 mostra as médias destes valores em cada grupo. As colunas da Tabela 24 relacionam os fabricantes (Fab), os grupos, seguidos das médias de  $\Delta E$  entre valores de coordenadas **Lab**: dos CPs medidas pelo espectrofotômetro VITA Easyshade (ES) e das cores vendidas pelos fabricantes; dos CPs e da cor encontrada pelo espectrofotômetro que mais se aproximava ao do CP (no modo “Dente individual”); do CP e da cor encontrada pelo observador; da cor obtida pelo aparelho e da cor

Após a obtenção de todos os resultados de translucidez e transmitância, foi realizado o teste de Correlação de Pearson. As T% nos comprimentos de onda verificados pelo espectrofotômetro Lambda 20 (300 a 800 nm) e as médias dos resultados dos demais testes tiveram melhores correlações nos comprimentos de onda de 520 nm, seguido de 485nm e por fim 525 nm. Na literatura observam-se resultados relacionados ao comprimento de onda de 525 nm (BRODBELT et al., 1980; BRODBELT et al., 1981), por esse motivo, os resultados de T% encontrados nesse comprimento de onda estão enfatizados nos resultados. Outros estudos que trabalham com transmitância escolhem o comprimento de onda para comparação aleatoriamente (HIRATA, 2008; QUEIROZ et al., 2009; MASOTTI et al., 2007; VILLARROEL et al., 2005).

#### 4.2.3 Parâmetro de Translucidez (TP)

As coordenadas de cor (**L**, **a**, **b**) foram mensuradas pelo espectrofotômetro Vita Easyshade (VITA Zahnfabrik, Alemanha) (Figura 35). Ao ligar o aparelho é realizada a calibragem posicionando a ponteira do Easyshade na conexão de calibragem (perpendicular ao bloco de calibragem). Utiliza-se o modo "dente individual", que serve apenas para a medição de materiais com espessura no intervalo compreendido entre 0,8 e 1,5 mm, adequado a espessura designada nesse estudo. Aciona-se a medição da cor pelo aparelho, e após é selecionada a opção “trabalhar em modo ampliado”, obtendo assim as coordenadas do



espaço cromático no sistema LCh e as coordenadas no sistema **Lab**, utilizando um iluminante padrão D65 num ângulo de observação de 2°. As coordenadas desse sistema LCh são semelhantes às do sistema **Lab**, onde L é a luminância, C é a saturação ou croma e h é *hue* ou matiz. Esta coordenada é expressa em ângulos de 0° a 360°, sendo que 0° ou 360° representam vermelho, 90° representam amarelo, 180° representam verde e 270° representam azul (CHOI et al., 2010). Este aparelho também utiliza uma concepção de sonda com iluminação difusa que permite a medição excluindo a luz direcional, garantindo assim que a luz direcional procedente da superfície do material não possa influenciar negativamente na precisão da medição. Com o aparelho pode-se obter também os valores  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta h$  e, para fins comparativos gerais,  $\Delta E$  e  $\Delta E_{LC}$  (um cálculo de  $\Delta E$  excluindo h). Essas medidas foram obtidas colocando-se os corpos de prova sobre um fundo branco e um fundo preto (Figura 37). O teste (TPG) foi repetido usando a substância acoplante (glicerina) para assentar o CP (Figura 36).

Tabela 23 – Diferenças de percepção ( $\Delta E$ ) entre as mesmas cores de diferentes marcas comerciais de cerâmicas.

	e.m A1LT	e.m A1HT	Emp A1LT	Emp A1HT	PaC A1	MII A1
e.m A1LT		10,3	2,77	11,42	14,86	8,99
e.m A1HT	10,3		8,1	3,29	5,16	3,62
Emp A1LT	2,77	8,1		8,81	12,4	7,45
Emp A1HT	11,42	3,29	8,81		3,91	6,57
PaC A1	14,86	5,16	12,4	3,91		8,58
MII A1	8,99	3,62	7,45	6,57	8,58	
	e.m A2LT	e.m A2HT	Emp A2LT	Emp A2HT	PaC A2	MII A2
e.m A2LT		8,29	3,15	6,99	8,59	4,1
e.m A2HT	8,29		10,57	5,8	3,81	6,15
Emp A2LT	3,15	10,57		7,47	9,94	6,98
Emp A2HT	6,99	5,8	7,47		3,19	7,78
PaC A2	8,59	3,81	9,94	3,19		8,23
MII A2	4,1	6,15	6,98	7,78	8,23	
	e.m A3LT	e.m A3HT	Emp A3LT	Emp A3HT	PaC A3	MII A3
e.m A3LT		8,73	6,38	6,66	9,21	1,64
e.m A3HT	8,73		12,41	8,42	2,78	10,1
Emp A3LT	6,38	12,41		5,06	11,51	5,37
Emp A3HT	6,66	8,42	5,06		6,86	6,85
PaC A3	9,21	2,78	11,51	6,86		10,42
MII A3	1,64	10,1	5,37	6,85	10,42	

Observando a Tabela 23, na cor A1 os grupos com diferença perceptual de cor, mas clinicamente aceitáveis são (em verde) e.m A1LT com Emp A1LT; e.m A1HT com Emp A1HT e MII A1; Emp A1HT com PaC A1.

entre a cor encontrada e a cor fornecida pelo fabricante (no modo “Restauração”).

Tabela 22 - Médias dos valores CIELab encontrados nas Cerâmicas sem glicerina<sub>(1)</sub> e com glicerina<sub>(2)</sub> como substância acoplante e a diferença de percepção ( $\Delta E$ ) entre elas.

Grupos	L <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	$\Delta E$
e.m A1LT	86,58	-1,64	13,66	80,92	-1,74	10,18	6,64
e.m A2LT	83,74	-1,58	13,52	76,72	-0,32	10,64	7,69
e.m A3LT	82,64	-0,8	14,48	75,36	0,04	11,12	8,06
e.m A1HT	82,28	-1,44	4,3	73,06	-1,72	3,68	9,25
e.m A2HT	81,22	-1,46	5,62	71,86	-1,8	4,92	9,39
e.m A3HT	79,3	-1,02	6,42	70,26	-1,44	5,72	9,08
Emp A1LT	84,36	-1,02	12,12	76,42	-1,08	10,14	8,18
Emp A2LT	82,12	-0,9	16,14	74,02	-1,38	13,82	8,44
Emp A3LT	77,9	-0,5	18,74	71,48	-0,62	15,94	7,01
Emp A1HT	79,12	-0,9	5,04	71,88	-1,72	5,1	7,29
Emp A2HT	77,64	-1,04	10,16	70,44	-1,94	9,04	7,34
Emp A3HT	76,04	-1,6	14,16	68,64	-1,72	12,52	7,58
PaC A1	77,98	-2,26	1,56	70,56	-2,24	1,8	7,42
PaC A2	77,9	-2,34	7,26	72,38	-2,44	6,34	5,6
PaC A3	76,92	-2,1	7,38	69,02	-2,12	6,56	7,94
MII A1	85,66	-0,26	4,82	77,3	-1,04	3,94	8,44
MII A2	85,38	-0,28	10,00	78,76	0,38	7,00	7,3
MII A3	82,48	-0,1	15,96	77,16	0,34	12,62	6,3
MII 0M1	87,78	0,24	2,36	76,16	-0,76	2,1	11,67
MII 1M1	84,58	-0,48	5,38	75,36	-1,28	4,34	9,31
MII 1M2	85,06	-0,36	6,86	78,34	-1,32	5,48	6,93
MII 2M1	80,86	-0,38	6,04	71,86	-1,14	4,98	9,09
MII 2M2	82,54	-0,94	11,08	74,24	-1,04	9,46	8,46
MII 2M3	81,52	0,04	20,28	73,06	-0,72	17,28	9,01
MII 3M1	82,00	1,4	6,32	73,36	0,12	6,1	8,74
MII 3M2	82,3	1,68	16,84	73,00	-0,62	15,28	9,71
MII 3M3	82,24	1,26	17,84	73,52	-1,12	16,16	9,19
MII 4M2	78,74	2,7	20,18	70,6	0,16	18,2	8,75



Figura 35 – Espectrofotômetro VITA Easyshade Compact.



Figura 36 – Medição das coordenadas Lab sobre fundos branco e preto com o Easyshade. Os CPs estão colocadas em substância acoplante (glicerina) em fundo padrão preto ou branco.

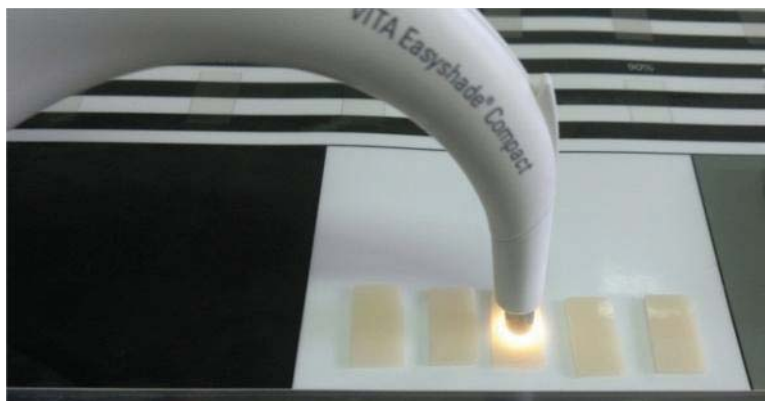


Figura 37 – Uso do Easyshade em CPs sobre fundo branco sem substância acoplante.

O objetivo do uso da glicerina como substância acoplante é reproduzir a situação clínica onde não existe a presença do ar entre material restaurador e substrato, espaço esse onde clinicamente é preenchido por cimento, ou, num teste, por uma pasta *try in*. Para fins de análise, pode-se utilizar a glicerina que tem índice de refração semelhante ao dos materiais testados e diferente do índice de refração do ar. Na presença do ar, a luz refrata de forma desigual ao material e ao dente, podendo assim alterar os resultados das aferições de translucidez.

O parâmetro de translucidez (TP) foi obtido pela diferença de cor entre os CPs sobre o fundo branco ( $w$ ) e o fundo preto ( $B$ ), usando a seguinte equação (LEE et al., 2004b):

$$TP = [(L^*_B - L^*_w)^2 + (a^*_B - a^*_w)^2 + (b^*_B - b^*_w)^2]^{1/2} \quad (2)$$

### 5.1.3 Cor

Para a conversão da nomenclatura da cor em valores **Lab**, cada amostra das escalas VITA Classical e 3D Master foi avaliada pelo espectrofotômetro Easyshade, obtendo-se assim as coordenadas padrão para cada cor das escalas (Tabela 3). Cada grupo recebeu valores **Lab** conforme a nomenclatura dada pelo fabricante. Esses valores foram usados para o cálculo do  $\Delta E$  entre as coordenadas **Lab** encontradas em cada CP pelo espectrofotômetro Easyshade, da cor dita pelo fabricante, da cor estipulada pelo Easyshade como a mais próxima da cor do CP, da cor avaliada visualmente pelo observador e o  $\Delta E$  encontrado pelo Espectrofotômetro no modo “Restauração”.

#### 5.1.3.1 Escalas Visuais

Os resultados encontrados por comparação dos CPs às escalas de cores estão demonstrados na Tabela em ANEXO (Apêndice 2). Esses resultados foram convertidos em coordenadas **Lab** padrão para sua cor (conforme medição das amostras das escalas).

#### 5.1.3.2 Espectrofotômetro

O aparelho nos forneceu três dados distintos para cada CP. Primeiro, a cor nas escalas VITA Classical e VITA 3D Master que mais se aproxima da cor real do CP. Segundo, as coordenadas **Lab** de cada CP (Tabela 22), ambos no modo “Dente Individual”. E terceiro, um  $\Delta E$

grupo. Ali, se observa que existe boa relação em todos os métodos para as cerâmicas com exceção da transmitância direta no  $\lambda$  de pico.

Tabela 21 – Matriz de correlação de Pearson para os métodos de avaliação da translucidez das cerâmicas.

Matriz de Correlação: Pearson								
	TP	CR	MV%	TPG	CRG	MV%G	T%/525nm	T%_PICO
TP	1	-0,98	0,782	0,867	-0,87	0,708	0,842	-0,24
CR	-0,98	1	-0,849	-0,885	0,916	-0,795	-0,849	0,154
MV%	0,782	-0,849	1	0,765	-0,836	0,877	0,723	0,074
TPG	0,867	-0,885	0,765	1	-0,971	0,752	0,69	-0,137
CRG	-0,87	0,916	-0,836	-0,971	1	-0,838	-0,724	0,057
MV%G	0,708	-0,795	0,877	0,752	-0,838	1	0,627	0,16
T%/525nm	0,842	-0,849	0,723	0,69	-0,724	0,627	1	-0,032
T%_PICO	-0,24	0,154	0,074	-0,137	0,057	0,16	-0,032	1

Com base nesses resultados pode-se dizer que o método visual proposto por este estudo também é uma alternativa para obterem-se valores confiáveis de translucidez. O estudo de Liu et al. (2010) também encontrou boa relação entre o método visual e o medido por aparelhos e ainda concluiu que observadores com experiência em escolha de cor por mais de 10 anos tem maior confiança da percepção da translucidez. O observador do presente estudo tem aproximadamente 10 anos de experiência em escolha de cor.

Clinicamente, pode-se dizer que um avaliador experiente, com uma escala visual como a utilizada nesse estudo, pode avaliar a translucidez do material antes de aplicá-lo clinicamente, e assim antecipar o resultado estético.

#### 4.2.4 Razão de contraste ou taxa de contraste (CR)

A taxa de contraste (CR) é calculada a partir da razão entre a refletância luminosa (Y) dos CPs sobre um fundo preto (Y<sub>b</sub>) e branco (Y<sub>w</sub>), com iluminante D65 em função de observador a 2° dentro de um alcance de comprimento de onda entre 400 e 700 nm (CR = 0 – transparente; CR = 1 – opaco) (Figura 38) (LEE et al., 2007). A refletância luminosa foi calculada a partir da luminância (L) sobre o fundo branco e preto obtida pelo espectrofotômetro VITA Easyshade, e usando a fórmula desenvolvida pela CIE para reversão dos parâmetros Lab em XYZ (HUNTER LABS, 2008):

$$Y = \left( \frac{L + 16}{116} \right)^3 \times Y_n \quad (3)$$

Onde L é o valor de luminância obtido pelo espectrofotômetro, Y é o fator procurado e Y<sub>n</sub> são os valores possíveis de luminância, ou seja, 100. Os valores de CR também foram calculados com a coordenada L obtida usando glicerina como substância acoplante, assim o teste foi designado de CRG.

$$CR = Y_B/Y_W \quad (4)$$

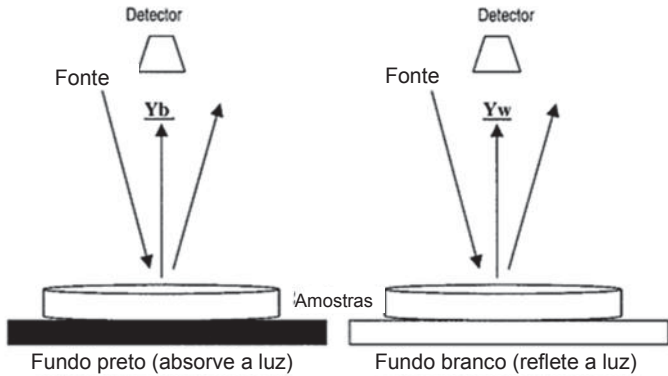


Figura 38 - Cálculo da taxa de contraste (CR). **Opaco:** a mesma intensidade de luz é refletida, independentemente do fundo.  $Y_b = Y_w$ ,  $CR = 1$ . **Transparente:** toda a luz transmitida é absorvida pelo fundo preto.  $Y_b = 0$ ,  $CR = 0$  (HEFFERNAN et al., 2002).

### 4.3 Métodos para verificação de cor

#### 4.3.1 Comparação visual

Sob luz do iluminante padrão D65 (Figura 39), os CPs foram comparadas com as escalas de cores Vita *Classical* e Vita 3D Master (Figura 40) por um observador sem história de distúrbio visual e com resultado no Teste de Tonalidades de Farnsworth Munsell 100 de 0 (significando uma acuidade visual para cores de 100%, ou seja, perfeita habilidade na discriminação de cores). Os resultados para cada CP em cada escala de cores foram registrados.

Tabela 20 - Análise estatística e desvio padrão dos valores médios (two-way Anova e Tukey) do Método Visual com uso de glicerina como meio acoplante nas cerâmicas. O “X” significa grupos sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ).

	Desvio Padrão	e-m A1LT	e-m A2LT	e-m A3LT	e-m A1HT	e-m A2HT	e-m A3HT	Emp A1LT	Emp A2LT	Emp A3LT	Emp A1HT	Emp A2HT	Emp A3HT	PaC A1	PaC A2	PaC A3	MII A1	MII A2	MII A3	MII 0M1	MII 1M1	MII 1M2	MII 2M1	MII 2M2	MII 2M3	MII 3M1	MII 3M2	MII 3M3	MII 4M2	
e-m A1LT	4.18	X	X					X									X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	
e-m A2LT	3.54	X	X	X				X	X	X							X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
e-m A3LT	11.51	X	X	X	X			X	X	X	X						X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
e-m A1HT	6.71	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
e-m A2HT	2.74		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
e-m A3HT	4.18		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Emp A1LT	2.24	X	X	X	X			X	X	X							X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
Emp A2LT	7.07	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Emp A3LT	8.94	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Emp A1HT	11.73	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Emp A2HT	2.74		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Emp A3HT	2.74		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
PaC A1	2.74		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
PaC A2	5.00		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
PaC A3	4.18		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII A1	7.58	X	X	X	X			X	X	X							X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII A2	3.54	X	X	X	X			X	X	X							X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII A3	4.47	X	X	X	X			X	X	X							X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 0M1	2.24	X	X	X	X			X	X	X							X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 1M1	5.70	X	X	X	X			X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 1M2	9.35	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 2M1	4.18		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 2M2	7.58		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 2M3	9.75		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 3M1	11.94	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 3M2	7.58	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 3M3	10.84	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
MII 4M2	7.58	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X

#### 5.1.2 Correlação dos Métodos de Avaliação da Translucidez

Os métodos de avaliação foram relacionados usando o teste de Correlação de Pearson. Quanto mais o valor de r se aproxima dos extremos (1 e -1) melhor é a correlação, quanto mais o valor se aproxima de 0, pior é a correlação. Na Tabela 21 estão demonstrados os valores da correlação dos métodos de verificação da translucidez nas cerâmicas, para executar esse teste foram usadas as médias de cada

Todos os métodos de avaliação usados nesse estudo apresentaram valores de desvio padrão baixos, com exceção do método visual que chegou a obter um desvio padrão de 8,22 nos grupos MII 2M1 e MII 2M3 sem acoplante e de 11,94 no grupo MII 3M1 com o uso da glicerina (Tabelas 19 e 20). Mas os grupos com menores e maiores valores encontrados pelo método visual foram o e.m A1LT com resultado médio de 5% e Emp A3HT e Pac A3 com 23% sem o uso da glicerina entre CP e escala visual; 14% no grupo e.m A1LT e 44% no grupo MII 2M1 usando acoplante.

Tabela 19 - Análise estatística (two-way Anova e Tukey) e desvio padrão do Método Visual nas cerâmicas. O “X” marca resultados sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ).

	Desvio Padrão	e-m A1LT	e-m A2LT	e-m A3LT	e-m A1HT	e-m A2HT	e-m A3HT	Emp A1LT	Emp A2LT	Emp A3LT	Emp A1HT	Emp A2HT	Emp A3HT	PaC A1	PaC A2	PaC A3	MII A1	MII A2	MII A3	MII 0M1	MII 1M1	MII 1M2	MII 2M1	MII 2M2	MII 2M3	MII 3M1	MII 3M2	MII 3M3	MII 4M2
e-m A1LT	0.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A2LT	2.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A3LT	4.47	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A1HT	4.47	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A2HT	2.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A3HT	2.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1LT	2.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A2LT	4.18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A3LT	4.47	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1HT	2.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A2HT	4.18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A3HT	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaC A1	4.18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaC A2	7.58	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaC A3	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A1	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A2	2.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A3	2.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 0M1	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M1	4.47	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M2	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M1	8.22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M2	0.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M3	8.22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M1	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M2	6.71	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M3	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 4M2	2.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Figura 39 – Escala de cores posicionada sob iluminante D65.

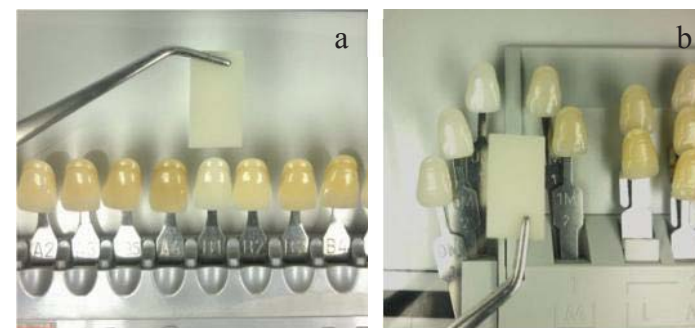


Figura 40 – Comparação de cor visual com escalas de cor Vita Classical (a) e Vita 3D Master (b).



#### 4.3.2 Espectrofotômetro

A cor dos materiais foi avaliada de acordo com o nome dado pelo fabricante e comparada com o que foi mensurado pelo espectrofotômetro Vita EasyShade da mesma forma que descrito anteriormente para este aparelho mas sobre fundo neutro (cinza N7 de Munsell) com e sem o uso da glicerina como líquido acoplante. Registrou-se as coordenadas LCh e **Lab** de cada CP, as cores nas escalas de cores Vita *Classical* e Vita 3D Master e ainda os ajustes sugeridos ( $\Delta E$ ) pelo aparelho para adequar a cor no “Modo dente individual” (Figura 41) e “Modo Restauração” (Figura 42).

associação com o que é publicado na literatura sugere apenas a informação da transmitância direta no  $\lambda$  de 525 nm.

Tabela 18 - Médias dos valores de TP, CR, T% em 525 nm e no comprimento de onda de pico, do Método Visual (em %) e também TP, CR e Método Visual com o uso de glicerina como substância acoplante (TPG, CRG, MV%G).

Grupos	TP	CR	T%/525nm	T% Pico	MV%	TPG	CRG	MV%G
e.m A1LT	16,79	0,64	0,235	1,432	5,0	34,28	0,37	14,0
e.m A2LT	17,35	0,62	0,256	3,696	6,0	38,01	0,32	20,0
e.m A3LT	18,62	0,60	0,334	6,260	22,0	41,57	0,28	32,0
e.m A1HT	18,51	0,59	0,329	4,210	12,0	40,00	0,26	33,0
e.m A2HT	18,97	0,58	0,329	4,029	16,0	42,39	0,24	42,0
e.m A3HT	18,98	0,57	0,329	3,558	19,0	42,18	0,23	39,0
Emp A1LT	19,32	0,59	0,283	0,451	6,0	41,17	0,27	21,0
Emp A2LT	19,91	0,58	0,355	0,571	9,0	41,90	0,26	30,0
Emp A3LT	20,22	0,56	0,408	0,744	13,0	44,64	0,23	31,0
Emp A1HT	21,59	0,53	0,48	0,957	19,0	44,47	0,21	30,0
Emp A2HT	21,69	0,52	0,463	0,877	21,0	45,66	0,21	43,0
Emp A3HT	21,63	0,53	0,536	1,075	23,0	47,41	0,19	42,0
PaC A1	21,16	0,53	0,348	0,550	21,0	44,56	0,21	43,0
PaC A2	20,73	0,54	0,345	0,545	18,0	46,54	0,21	40,0
PaC A3	20,98	0,54	0,354	0,582	23,0	51,86	0,15	41,0
MII A1	18,43	0,59	0,298	0,352	8,0	40,71	0,27	23,0
MII A2	17,95	0,61	0,285	0,348	6,0	37,59	0,31	20,0
MII A3	18,31	0,60	0,302	0,365	9,0	38,60	0,30	28,0
MII 0M1	19,09	0,58	0,312	0,361	8,0	44,45	0,24	21,0
MII 1M1	21,17	0,55	0,329	0,391	8,0	46,53	0,22	28,0
MII 1M2	19,04	0,58	0,308	0,374	8,0	42,46	0,26	30,0
MII 2M1	21,07	0,54	0,36	0,443	19,0	47,96	0,19	44,0
MII 2M2	20,06	0,57	0,313	0,384	10,0	45,48	0,22	32,0
MII 2M3	19,47	0,59	0,278	0,353	7,0	38,52	0,30	23,0
MII 3M1	18,98	0,58	0,34	0,412	12,0	42,19	0,24	31,0
MII 3M2	18,35	0,60	0,269	0,344	12,0	40,30	0,28	23,0
MII 3M3	18,59	0,60	0,289	0,361	12,0	40,47	0,27	29,0
MII 4M2	17,85	0,61	0,268	0,350	13,0	37,17	0,29	33,0



Outros estudos onde foram realizados ambos os testes TP e CR demonstraram grande relação entre eles: com índice de correlação de Pearson ( $r = -0,93$  (LEE et al., 2004a);  $r = -0,95$  (LEE, 2007)); o presente estudo encontrou  $r = -0,98$  para cerâmicas o que representa que ambos os testes podem ser utilizados sem prejuízos à pesquisa em cerâmicas. Essa boa relação pode ser explicada ao observar nas Tabelas 8 e 10 que os valores dos vetores **a** e **b** para os grupos de cerâmica não se alteram tão consideravelmente quanto o vetor de luminosidade **L** (usado para calcular o Y) sob fundos branco e preto.

#### 5.1.1.4 Método Visual (MV%)

Embora seja citado como alternativa para avaliação de translucidez em alguns artigos (QUEIROZ et al., 2007; LIU et al., 2009; RYAN et al., 2010) o método visual não é descrito na sua totalidade, tornando essa uma alternativa difícil de se implementar em pesquisa. Clinicamente ele poderia ser viável, pois é barata e não requer aparelhos para sua medição. No presente estudo, uma escava visual para avaliação da translucidez foi criada e descrita. Os resultados das médias de valores por grupo deste teste (MV% e MV%G) encontram-se na Tabela 18.

A Tabela 18 apresenta um resumo dos resultados dos testes de translucidez das cerâmicas avaliadas nesse estudo. As três cores (vermelho, amarelo e verde e gradações entre elas) significam valores menores e maiores de translucidez. Pela gradação das cores, pode-se observar uma boa relação entre os métodos, com exceção da transmitância direta no  $\lambda$  de pico. A análise dos resultados, em

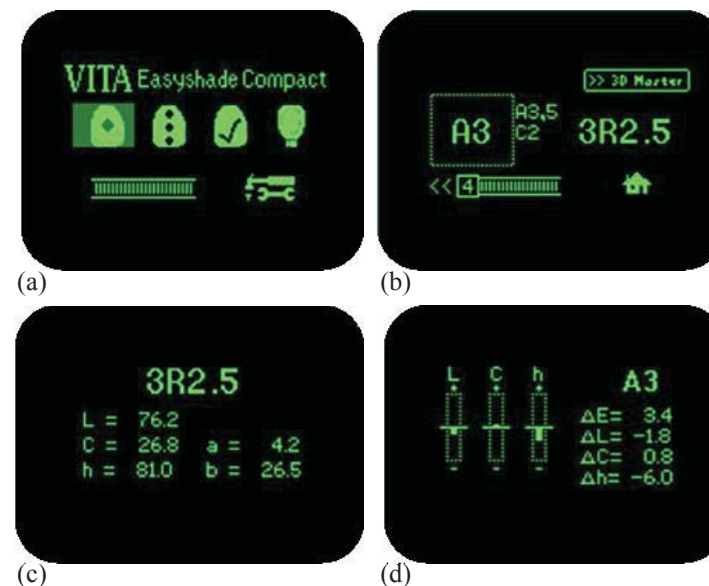


Figura 41 - Telas do Easyshade: seleção do modo “Dente Individual” (a); resultados de cores nas escalas Vita Classical e Vita 3D Master (b); selecionando-se a escala Vita 3D Master obtêm-se os valores das coordenadas LCh e Lab (c); e selecionando-se a escala Vita Classical obtêm-se as variações da cor da amostra para a da escala (d).

No modo “restauração” ao dar como resultado o símbolo \*\*\* significa que a cor da amostra está boa em relação à cor da escala escolhida ( $\Delta E \leq 3$ ), ao resultar o símbolo \*\* significa que está clinicamente aceitável ( $5 \leq \Delta E < 3$ ), e se o resultado for o símbolo \* significa que a cor da restauração precisa de ajustes para ser compatível com a cor da escala selecionada ( $\Delta E > 5$ ). Essa designação será aqui utilizada.

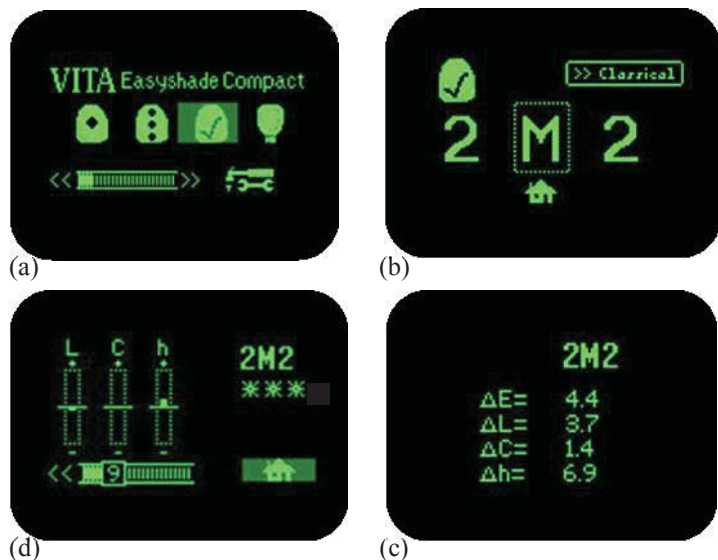


Figura 42 – Telas do Easyshade: Seleção do modo “Retouch” (a); Seleção da cor 2M2 na escala Vita 3D Master (b); após o exame, a avaliação da compatibilidade da cor da amostra com a escala (c); e selecionando os asteriscos, a diferença da amostra para a cor específica (d).

Os valores das variações resultantes da avaliação dos CPs nas cores oferecidas pelos fabricantes e as encontradas nos CPs foram registrados.

#### 4.4 Comparação dos valores de cor

Para executar essa comparação paramétrica com outra não paramétrica, primeiramente mediu-se os valores das coordenadas **Lab** das amostras das escalas de cores (Vita *Classical* e 3D Master) com o espectrofotômetro Vita Easyshade Compact. Portanto, cada amostra de

Tabela 17 – Valores médios de TP, CR, T% e T%PICO e as tendências desses valores em CPs de 1mm de espessura nas cerâmicas

Grupos Cerâmica	Médias				Tendências a 1 mm de espessura			
	TP	CR	T%/525nm	T% Pico	TP	CR	T%/525nm	T% Pico
e.m A1LT	16,79	0,64	0,235	1,432	17,33	0,63	0,242	1,465
e.m A2LT	17,35	0,62	0,256	3,696	17,25	0,62	0,267	3,639
e.m A3LT	18,62	0,60	0,334	6,260	16,64	0,64	0,231	3,811
e.m A1HT	18,51	0,59	0,329	4,210	18,53	0,59	0,330	4,206
e.m A2HT	18,97	0,58	0,329	4,029	19,04	0,58	0,322	4,009
e.m A3HT	18,98	0,57	0,329	3,558	18,91	0,58	0,326	3,452
Emp A1LT	19,32	0,59	0,283	0,451	18,92	0,59	0,280	0,444
Emp A2LT	19,91	0,58	0,355	0,571	19,50	0,58	0,339	0,532
Emp A3LT	20,22	0,56	0,408	0,744	19,15	0,58	0,338	0,567
Emp A1HT	21,59	0,53	0,480	0,957	21,29	0,53	0,471	0,939
Emp A2HT	21,69	0,52	0,463	0,877	21,66	0,52	0,442	0,826
Emp A3HT	21,63	0,53	0,536	1,075	21,44	0,53	0,516	1,022
PaC A1	21,16	0,53	0,348	0,55	20,41	0,55	0,338	0,520
PaC A2	20,73	0,54	0,345	0,545	20,29	0,55	0,340	0,530
PaC A3	20,98	0,54	0,354	0,582	20,84	0,54	0,336	0,548
MII A1	18,43	0,59	0,298	0,352	18,15	0,60	0,291	0,343
MII A2	17,95	0,61	0,285	0,348	17,78	0,61	0,283	0,343
MII A3	18,31	0,60	0,302	0,365	18,26	0,60	0,304	0,368
MII 0M1	19,09	0,58	0,312	0,361	16,07	0,64	0,236	0,307
MII 1M1	21,17	0,55	0,329	0,391	18,46	0,60	0,305	0,351
MII 1M2	19,04	0,58	0,308	0,374	18,90	0,59	0,295	0,313
MII 2M1	21,07	0,54	0,360	0,443	19,27	0,57	0,299	0,353
MII 2M2	20,06	0,57	0,313	0,384	19,06	0,58	0,300	0,367
MII 2M3	19,47	0,59	0,278	0,353	18,06	0,62	0,257	0,326
MII 3M1	18,98	0,58	0,340	0,412	18,91	0,56	0,352	0,437
MII 3M2	18,35	0,60	0,269	0,344	17,5	0,62	0,271	0,341
MII 3M3	18,59	0,60	0,289	0,361	18,46	0,60	0,282	0,354
MII 4M2	17,85	0,61	0,268	0,350	16,96	0,62	0,247	0,324

Na Tabela 17, assim como em outras, usou-se uma formatação condicional nas colunas com as cores vermelho, amarelo e verde (e as gradações entre elas), onde os resultados de maior translucidez e transmitância assumem um tom esverdeado, enquanto os de menor tornam-se avermelhados, assim, quando há similaridade entre os tons, existe uma relação de resultados. Observando a Tabela 17, nota-se que os resultados de maior (em tons de verde) e menor translucidez (em tons de vermelho) são praticamente os mesmos para os métodos TP, CR e T%, variando somente os valores de Transmitância Direta no  $\lambda$  de pico. Por essa razão pode-se dizer que esses testes tem uma boa relação, comprovada pela correlação de Pearson (Tabela 21). Ainda na Tabela 17 pode-se observar que alguns grupos tiveram uma grande variação de valores ao retornar a tendência desse mesmo em CPs de 1 mm de espessura. Esses grupos são: e.m A3LT, MII 0M1, MII 1M1 e MII 2M1. |Isso quer dizer que os resultados encontrados nestes quatro grupos sofreram influência da espessura. Os demais grupos não tiram variação estatisticamente relevante quando considerada a espessura real dos CPs. Isso foi comprovado com teste de Regressão Linear *StepWise* realizada pelo programa estatístico BioEstat 5.1.

cor foi medida e os valores obtidos dessa medição foram ajustados conforme correção sugerida pelo aparelho, obtendo-se assim, um padrão de coordenadas **Lab** para cada amostra de cor existente nas escalas (Tabela 3). Esses valores foram usados para o cálculo do  $\Delta E$  em comparação com o valor das coordenadas **Lab** encontrado em cada CP (sem Glicerina como meio acoplante), e também comparou-se com as cores encontradas pelo aparelho, pelo observador e a cor fornecida pelo fabricante em cada CP. Os grupos das resinas EX WO, 3M WD e 4S BLXD fogem à nomenclatura das escalas, portanto, para fim de comparação, elas receberam valores das coordenadas **Lab** da escala 3D Master na cor 0M1.

Tabela 3 – Valores das coordenadas **Lab** para amostras das Escalas de Cores.

	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
A1	84,8	-1,5	14,6
A2	80,8	0,0	20,6
A3	78,0	1,4	26,0
0M1	93,7	-0,4	7,4
1M1	87,1	-1,5	15,1
1M2	85,9	0,4	21,9
2M1	82,4	0,5	15,1
2M2	81,3	1,9	23,7
2M3	80,7	2,3	28,9
3M1	76,6	2,2	17,7
3M2	77,5	3,9	26,5
3M3	76,1	4,7	32,0
4M2	71,1	5,4	27,7

#### 4.5 Análise Estatística

O delineamento experimental desse estudo foi completamente randomizado, em esquema fatorial de 16 grupos de resinas compostas X 6 métodos para avaliação da translucidez X 10 CPs cada grupo e 26 grupos de cerâmicas X 6 métodos para avaliação da translucidez X 5 CPs cada grupo. Para avaliar a propriedade de cor o delineamento é inteiramente randomizado com 16 grupos de resinas compostas X 2 métodos para avaliar essa propriedade X 10 CPs por grupo e 26 grupos de cerâmicas X 2 métodos para avaliação X 5 CPs para cada grupo.

Os valores foram analisados estatisticamente usando Análise de Variância de dois critérios (two-way Anova) e teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), ainda o teste t Student ( $\alpha = 0,01$ ) entre o resultados dos métodos com e sem glicerina utilizando o programa estatístico BioEstat 5.0 e a correlação de Pearson foi executada pelo programa Microsoft Excel 2010 (com um suplemento estatístico chamado *Action 1.1*) para relacionar os métodos de mensuração de translucidez.

A nomenclatura dos grupos foi dada conforme a marca comercial do produto e a cor fornecida pelo fabricante, facilitando a compreensão dos resultados (Tabelas 4 e 5).

Tabela 16 - Análise estatística (two-way Anova e Tukey) e desvio padrão dos resultados de CR das cerâmicas com uso de substância acoplante (glicerina). O “X” marca resultados estatisticamente iguais ( $\rho < 0,01$ ).

	Desvio Padrão	e-m A1LT	e-m A2LT	e-m A3LT	e-m A1HT	e-m A2HT	e-m A3HT	Emp A1LT	Emp A2LT	Emp A3LT	Emp A1HT	Emp A2HT	Emp A3HT	PaCA1	PaCA2	PaCA3	MII A1	MII A2	MII A3	MII 1M1	MII 1M2	MII 2M1	MII 2M2	MII 2M3	MII 3M1	MII 3M2	MII 3M3	MII 4M2	
e-m A1LT	0.04	X																											
e-m A2LT	0.01	X	X					X									X	X	X					X		X	X	X	
e-m A3LT	0.04	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
e-m A1HT	0.02		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
e-m A2HT	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
e-m A3HT	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A1LT	0.01	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Emp A2LT	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X				X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A3LT	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A1HT	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A2HT	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A3HT	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PaC A1	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PaC A2	0.02		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PaC A3	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII A1	0.03	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
MII A2	0.02	X	X					X									X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	
MII A3	0.04	X	X	X				X	X								X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	
MII 1M1	0.03	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 1M2	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 2M1	0.02		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 2M2	0.03		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 2M3	0.06	X	X	X				X	X								X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	
MII 3M1	0.01		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 3M2	0.02	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 3M3	0.02	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 4M2	0.01	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Tabela 15 – Análise estatística (two-way Anova e Tukey) e desvio padrão dos resultados de CR das cerâmicas. O “X” marca resultados estatisticamente iguais ( $\rho < 0,01$ ).

	Desvio Padrão	e-m A1LT	e-m A2LT	e-m A3LT	e-m A1HT	e-m A2HT	e-m A3HT	Emp A1LT	Emp A2LT	Emp A3LT	Emp A1HT	Emp A2HT	Emp A3HT	PaCA1	PaCA2	PaCA3	MII A1	MII A2	MII A3	MII 0M1	MII 1M1	MII 1M2	MII 2M1	MII 2M2	MII 2M3	MII 3M1	MII 3M2	MII 3M3	MII 4M2	
e-m A1LT	0.01	X	X																											
e-m A2LT	0.02	X	X															X	X									X	X	X
e-m A3LT	0.02	X	X	X													X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
e-m A1HT	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A2HT	0.00		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A3HT	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1LT	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A2LT	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A3LT	0.02		X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1HT	0.01									X	X	X	X	X	X						X	X	X							
Emp A2HT	0.01									X	X	X	X	X	X						X	X								
Emp A3HT	0.01									X	X	X	X	X	X						X	X								
PaC A1	0.01									X	X	X	X	X	X						X	X								
PaC A2	0.01									X	X	X	X	X	X						X	X								
PaC A3	0.00									X	X	X	X	X	X						X	X								
MII A1	0.02		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A2	0.01		X	X	X		X										X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
MII A3	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
MII 0M1	0.01		X	X	X	X	X	X	X										X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M1	0.01					X		X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M2	0.00		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M1	0.01									X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M2	0.02				X	X	X	X	X							X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M3	0.03		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M1	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M2	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M3	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 4M2	0.01		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 4 – Nomenclatura dos grupos das cerâmicas deste experimento.

Grupos	Marca	Cor	Fabricante
e.m A1LT	IPS e.max CAD	A1 Low Translucency	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
e.m A2LT	IPS e.max CAD	A2 Low Translucency	
e.m A3LT	IPS e.max CAD	A3 Low Translucency	
e.m A1HT	IPS e.max CAD	A1 High Translucency	
e.m A2HT	IPS e.max CAD	A2 High Translucency	
e.m A3HT	IPS e.max CAD	A3 High Translucency	
Emp A1LT	IPS Empress CAD	A1 Low Translucency	
Emp A2LT	IPS Empress CAD	A2 Low Translucency	
Emp A3LT	IPS Empress CAD	A3 Low Translucency	
Emp A1HT	IPS Empress CAD	A1 High Translucency	
Emp A2HT	IPS Empress CAD	A2 High Translucency	
Emp A3HT	IPS Empress CAD	A3 High Translucency	
PaC A1	Paradigm™ C	A1	3M-ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, EUA
PaC A2	Paradigm™ C	A2	
PaC A3	Paradigm™ C	A3	
MII A1	Cerec Mark II	A1	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha
MII A2	Cerec Mark II	A2	
MII A3	Cerec Mark II	A3	
MII 0M1	Cerec Mark II	0M1	
MII 1M1	Cerec Mark II	1M1	
MII 1M2	Cerec Mark II	1M2	
MII 2M1	Cerec Mark II	2M1	
MII 2M2	Cerec Mark II	2M2	
MII 2M3	Cerec Mark II	2M3	
MII 3M1	Cerec Mark II	3M1	
MII 3M2	Cerec Mark II	3M2	
MII 3M3	Cerec Mark II	3M3	
MII 4M2	Cerec Mark II	4M2	

Tabela 5 – Nomenclatura e classificação dos grupos de resina composta

Grupos	Marca	Cor	Fabricant	Lote
EX A2-O	Esthet-X HD®	A2 Opaque	Dentsply, Milford, DE, EUA	401481C
EX B2-O		B2 Opaque		401483C
EX WO		White Opaque		401480C
EX A1		A1		401470C
EX A3		A3		365449C
EX B1		B1		444441D
3M A2D	Filtek™ Z350 XT	A2 Dentin	3M-ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, EUA	1028100102
3M B3D		B3 Dentin		1102900309
3M WD		White Dentin		1028700466
3M A1E		A1 Enamel		1105000233
3M A3E		A3 Enamel		1036300094
3M B1E		B1 Enamel		1104900147
EmD A2D	IPS Empress Direct®	A2 Dentin	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	N69218
EmD B2D		B2 Dentin		M18605
4S BXLD	4Seasons®	Bleach XL Dentin		N60331
4S A3E		A3 Enamel		K38400

Tabela 14 - Médias dos valores de Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de CR e desvio padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas com uso de glicerina como substância acoplante.

Grupos	Y <sub>W</sub>	Y <sub>B</sub>	CR	DP ( $\pm$ )
e.m A1LT	92,01	34,18	0,37	0,04
e.m A2LT	87,69	27,92	0,32	0,01
e.m A3LT	89,2	24,63	0,28	0,04
e.m A1HT	82,44	21,39	0,26	0,02
e.m A2HT	82,2	19,33	0,24	0,01
e.m A3HT	77,83	18,27	0,23	0,01
Emp A1LT	89,53	24,25	0,27	0,01
Emp A2LT	83,67	21,86	0,26	0,01
Emp A3LT	78,2	17,63	0,23	0,01
Emp A1HT	82,89	17,73	0,21	0,01
Emp A2HT	81,52	17,04	0,21	0,01
Emp A3HT	76,69	14,49	0,19	0,01
PaC A1	84,12	17,91	0,21	0,01
PaC A2	87,58	18,28	0,21	0,02
PaC A3	81,65	12,23	0,15	0,01
MII A1	95,95	25,85	0,27	0,03
MII A2	95,42	29,56	0,31	0,02
MII A3	88,34	26,74	0,3	0,04
MII 0M1	99,18	23,29	0,24	0,03
MII 1M1	98,2	21,13	0,22	0,01
MII 1M2	96,93	24,97	0,26	0,01
MII 2M1	89,82	17,19	0,19	0,02
MII 2M2	88,44	19,55	0,22	0,03
MII 2M3	78,84	23,12	0,3	0,06
MII 3M1	85,13	20,63	0,24	0,01
MII 3M2	81,43	22,41	0,28	0,02
MII 3M3	80,89	21,98	0,27	0,04
MII 4M2	70,62	20,63	0,29	0,01

Tabela 13 - Médias dos valores de Y sobre fundos branco ( $Y_w$ ) e preto ( $Y_B$ ) e também dos valores CR e desvio padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas.

Grupos	$Y_w$	$Y_B$	CR	DP ( $\pm$ )
e.m A1LT	91,86	59,05	0,64	0,01
e.m A2LT	86,35	53,94	0,62	0,02
e.m A3LT	86,36	51,88	0,6	0,02
e.m A1HT	86,53	50,8	0,59	0,01
e.m A2HT	84,81	49,01	0,58	0,00
e.m A3HT	80,66	46,3	0,57	0,01
Emp A1LT	92,29	54,14	0,59	0,01
Emp A2LT	86,73	49,89	0,58	0,01
Emp A3LT	78,05	43,79	0,56	0,02
Emp A1HT	83,93	44,08	0,53	0,01
Emp A2HT	79,01	41,35	0,52	0,01
Emp A3HT	77,04	40,52	0,53	0,01
PaC A1	81,3	43,02	0,53	0,01
PaC A2	79,9	43,37	0,54	0,01
PaC A3	77,43	41,49	0,54	0,00
MII A1	94,72	56,24	0,59	0,02
MII A2	92,74	56,2	0,61	0,01
MII A3	85,1	51,01	0,6	0,01
MII 0M1	100	58,44	0,58	0,01
MII 1M1	96,47	52,74	0,55	0,01
MII 1M2	94,77	55,35	0,58	0,00
MII 2M1	88,01	47,45	0,54	0,01
MII 2M2	89,63	50,64	0,57	0,02
MII 2M3	85,51	50,13	0,59	0,03
MII 3M1	87,86	50,73	0,58	0,01
MII 3M2	85,13	51,31	0,6	0,01
MII 3M3	85,37	51,19	0,6	0,01
MII 4M2	76,7	46,43	0,61	0,01

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão serão apresentados em duas partes, de acordo com o tipo de material: cerâmicas (segundo denominação de grupos da Tabela 4) e resinas compostas (segundo denominação de grupos da Tabela 5).

### 5.1 Cerâmicas

#### 5.1.1 Translucidez e transmitância

##### 5.1.1.1 Transmitância Direta (T%)

A luz que passa diretamente pelas amostras está relacionada com o livre caminho óptico do material. Materiais heterogêneos como os estudados aqui têm diferenças nos coeficientes de refração e espalhamento das fases que os compõem. Quanto mais centros espalhadores de luz (superfícies e fases secundárias com diferença no índice de refração de luz) houver na microestrutura dos materiais, mais a luz vai alterar de direção no interior do material e assim espalhar mais, diminuindo a transmitância direta (YOSHIMURA & GOLDENSTEIN, 2009).

Brodbelt et al. (1980) concluíram que as porcelanas odontológicas transmitem 200 vezes mais luz por transmissão total do



que por transmissão direta e que a transmissão aumenta conforme aumenta o comprimento de onda, isso devido a diminuição do espalhamento da luz nos comprimentos de onda mais altos, efeito resultante da composição e tamanho das fases do material. Esse efeito também foi encontrado no presente estudo com exceção dos grupos MII A3 e MII 3M1 onde a transmitância direta diminui por volta de 550 nm e voltou a diminuir por volta de 680 nm. Ainda, todas as cores da cerâmica Vita Mark II não tiveram o maior pico em 800 nm (maior comprimento de onda investigado), mas próximo a ele.

As cerâmicas utilizadas na odontologia são compostas de diferentes fases, mas basicamente são partículas cristalinas (como leucita, alumina e fluorapatita) dispersas no interior de uma matriz vítrea. A porcelana feldspática é um material predominantemente vítreo com conteúdo cristalino variável sendo sua estrutura uma rede de sílica com óxido de potássio, óxido de sódio e óxido de alumínio ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ ) e é a base da fabricação das porcelanas odontológicas. Ao sofrer queima (sinterização) juntamente com outros óxidos, essa matéria forma cristais de leucita ( $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$ ) envolvidos em uma matriz vítrea de silicato de alumínio. A leucita é a principal partícula de segunda fase da maior parte das novas porcelanas para restaurações totalmente cerâmicas, pois ela aumenta a resistência mecânica e tenacidade de fratura desse material (PINTO, 2009). As cerâmicas utilizadas nesse estudo têm esses componentes em sua estrutura.

O cristal de leucita tem índice de refração similar ao da matriz vítrea, portanto não afeta a passagem da luz e não altera a translucidez da

Tabela 12 – Análise estatística (two-way Anova e Tukey) ( $p < 0,01$ ). e desvio padrão dos valores de TP com uso de substância acoplante (glicerina) nas cerâmicas. O “X” marca resultados estatisticamente iguais.

	Desvio Padrão	e-m A1LT	e-m A2LT	e-m A3LT	e-m A1HT	e-m A2HT	e-m A3HT	Emp A1LT	Emp A2LT	Emp A3LT	Emp A1HT	Emp A2HT	Emp A3HT	PaC A1	PaC A2	PaC A3	MII A1	MII A2	MII A3	MII 0M1	MII 1M1	MII 1M2	MII 2M1	MII 2M2	MII 2M3	MII 3M1	MII 3M2	MII 3M3	MII 4M2	
e-m A1LT	2.20	X	X																X	X					X					X
e-m A2LT	1.23	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X		X			X	X	X	X	X	X
e-m A3LT	3.74	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A1HT	1.72	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X			X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
e-m A2HT	1.01	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A3HT	0.73	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1LT	1.05	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
Emp A2LT	1.46	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A3LT	1.32		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1HT	1.02	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A2HT	1.36		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A3HT	0.90							X	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaC A1	0.74		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaC A2	2.53				X	X		X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaC A3	1.39													X		X								X						
MII A1	3.48		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A2	1.80	X	X	X	X			X	X								X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
MII A3	2.91	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
MII 0M1	2.84		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M1	0.85				X	X		X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M2	1.25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M1	2.18							X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M2	3.25		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M3	6.12	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
MII 3M1	0.71	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M2	1.34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M3	3.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 4M2	0.95	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X		X				X	X	X	X	X	X

### 5.1.1.3 Razão de Contraste (CR)

Os resultados de CR estão relatados nas Tabelas 13 e 14 e as análises estatísticas estão descritas nas Tabelas 15 e 16. Os resultados estimados para CPs de 1 mm de espessura para a cerâmica mais translúcida foi de  $CR = 0,52$  (grupo Emp A2HT) e menos translúcida  $CR = 0,64$  (grupos e.m A3LT e MII 0M1). Esses valores estão de acordo com encontrados na literatura para cerâmicas de recobrimento (ZHANG et al., 2004).

Tabela 11 - Análise estatística e desvio padrão dos valores do Parâmetro de Translucidez das cerâmicas. O "X" marca resultados sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ).

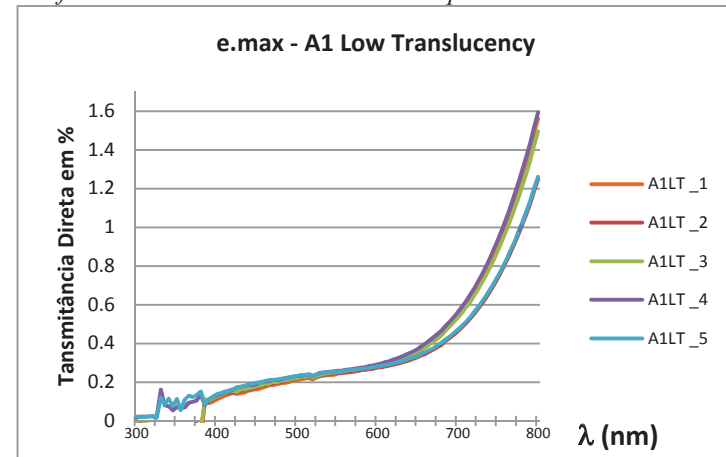
	Desvio	Padrão	e-m A1LT	e-m A2LT	e-m A3LT	e-m A1HT	e-m A2HT	e-m A3HT	Emp A1LT	Emp A2LT	Emp A3LT	Emp A1HT	Emp A2HT	Emp A3HT	PaCA1	PaCA2	PaCA3	MIIA1	MIIA2	MIIA3	MII 0M1	MII 1M1	MII 1M2	MII 2M1	MII 2M2	MII 2M3	MII 3M1	MII 3M2	MII 3M3	MII 4M2
e-m A1LT	0.35	X	X																X											X
e-m A2LT	0.81	X	X	X	X													X	X	X								X	X	X
e-m A3LT	1.06	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A1HT	0.27	X	X	X	X	X	X											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A2HT	0.16	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
e-m A3HT	0.28	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1LT	0.60	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A2LT	0.73	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A3LT	0.69	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A1HT	0.31	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A2HT	0.33	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emp A3HT	0.46	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaCA 1	0.74	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaCA 2	0.81	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PaCA 3	0.09	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A1	0.86	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A2	0.65	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII A3	0.51	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 0M1	0.33	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M1	0.41	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 1M2	0.15	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M1	0.73	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M2	1.07	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 2M3	1.34	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M1	0.36	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M2	0.60	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 3M3	0.61	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MII 4M2	0.48	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

porcelana, tornando esse material excelente para reconstruções estéticas (LEE et al., 2007).

Todos os materiais testados tiveram comportamentos ópticos e valores médios para T% diferentes entre si. Alguns sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ).

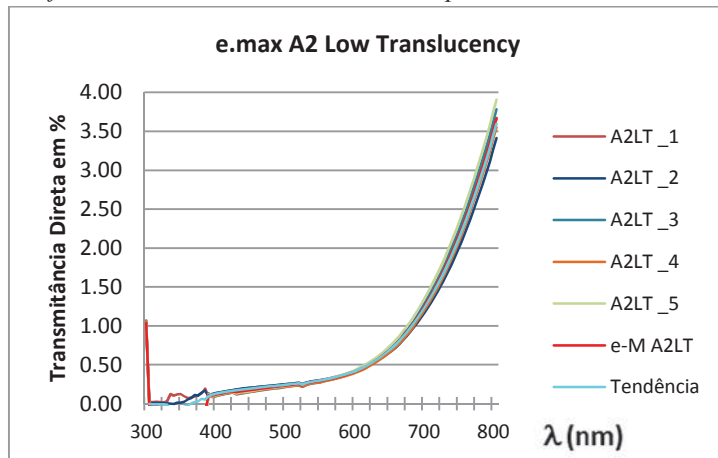
A cerâmica e.m A1LT teve média de transmitância direta no comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 525 nm de 0,2346% e picos com média de 1,4324%. O Gráfico 1 mostra uma alteração significativa de todas as curvas acima do  $\lambda$  de 650 nm.

Gráfico 1- Transmitância direta do Grupo e.m A1LT



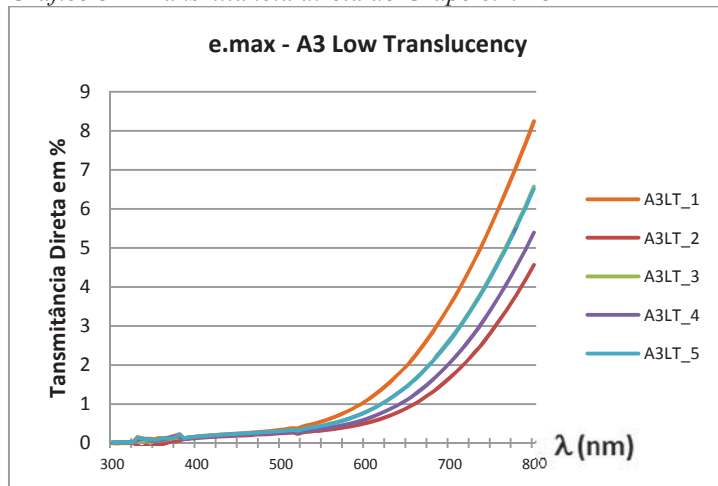
A cerâmica e.m A2LT apresentou valores médios maiores de transmitância direta, com 0,2542% no  $\lambda$  de 525 nm e picos de 3,6658%. A alteração na ascendência das curvas após 650 nm foi mais acentuada (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Transmitância direta do Grupo e.m A2LT



Na cerâmica e.m A3LT, as médias se elevaram ainda mais, com 0,3338% no  $\lambda$  de 525 nm e pico de 6,2602% (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Transmissão direta do Grupo e.m A3LT



A análise estatística por Anova e Tukey dos resultados para TP nos CPs de cerâmica está na Tabela 11 (sem líquido acoplante) e Tabela 12 (com o uso da glicerina). No cruzamento dos grupos, onde houver marcado um “X” significa que aqueles grupos não apresentam diferença estatística para TP nas condições especificadas ( $\rho < 0,01$ ). Um estudo anterior (KIM et al., 2009) não encontrou diferenças estatísticas de TP em amostras de 0,5mm e 1mm de espessura, assim como também em amostras de 1 mm e 1,5 mm, isso significa que a espessura não é tão crítica neste teste como é no T% e que diferenças de espessura de até 0,5 mm nos CPs é tolerada.

A mesma cerâmica foi testada em outro estudo (LI et al., 2009) dos grupos MII A1 e MII A3 e os valores de TP médios lá encontrados foram de 19,59 ( $\pm 2,27$ ) e 18,76 ( $\pm 0,31$ ) para cada cor respectivamente, enquanto este estudo encontrou os valores médios de TP para esses mesmos materiais de 18,43 ( $\pm 0,86$ ) e 18,31 ( $\pm 0,51$ ) demonstrando igualdade de resultados.

Tabela 10 - Médias dos valores L, a, b sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e Desvio Padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas com uso de glicerina como substância acoplante.

Grupos	L <sub>w</sub>	a <sub>w</sub>	b <sub>w</sub>	L <sub>B</sub>	a <sub>B</sub>	b <sub>B</sub>	TP	DP ( $\pm$ )
e.m A1LT	96,76	-1,26	16,02	64,94	-2,48	3,44	34,28	2,2
e.m A2LT	95,02	0,76	16,44	59,8	-1,26	2,3	38,01	1,23
e.m A3LT	95,64	1,32	16,66	56,64	-0,98	2,5	41,57	3,74
e.m A1HT	92,76	-0,88	7,2	53,36	-2,5	0,51	40	1,72
e.m A2HT	92,66	-1,2	9,34	51,06	-2,35	1,3	42,39	1,01
e.m A3HT	90,7	-0,74	10,58	49,82	-2,09	0,28	42,18	0,73
Emp A1LT	95,8	-0,7	15,38	56,32	-1,12	3,72	41,17	1,05
Emp A2LT	93,3	-0,72	19,74	53,86	-1,24	5,62	41,9	1,46
Emp A3LT	90,86	0,44	22,34	49,04	-0,84	6,78	44,64	1,32
Emp A1HT	92,96	-1,62	8,1	49,16	-1,68	0,4	44,47	1,02
Emp A2HT	92,36	-1,78	14,16	48,28	-1,82	2,26	45,66	1,36
Emp A3HT	90,18	-1,24	18,4	44,92	-1,7	4,3	47,41	0,9
PaC A1	93,5	-2,28	5,22	49,38	-2,2	-1,06	44,56	0,74
PaC A2	94,98	-2,3	11,42	49,78	-2,57	0,33	46,54	2,53
PaC A3	92,42	-1	11,04	41,55	-3,49	1,32	51,86	1,39
MII A1	98,4	-0,24	5,6	57,82	-1,38	2,53	40,71	3,48
MII A2	98,2	0,8	11,04	61,26	0,26	2,24	37,98	1,8
MII A3	95,3	1,08	18,24	58,64	0,06	6,26	38,6	2,91
MII 0M1	99,68	-0,96	3,18	55,3	-0,58	0,78	44,45	2,84
MII 1M1	99,3	-1,4	6,92	53,08	-1,2	1,55	46,53	0,85
MII 1M2	98,8	-1,34	8,48	57,02	-1,14	0,9	42,46	1,25
MII 2M1	95,92	-0,3	7,68	48,42	-1,1	1,15	47,96	2,18
MII 2M2	95,34	-0,56	14,06	51,22	-0,5	3,04	45,48	3,25
MII 2M3	91,12	0,08	23,76	55,04	-0,78	10,32	38,52	6,12
MII 3M1	93,92	0,7	9,34	52,5	-0,64	1,42	42,19	0,71
MII 3M2	92,32	0,26	21,6	54,44	-1	7,9	40,3	1,34
MII 3M3	92,08	-0,32	22,26	53,92	-1,2	8,84	40,47	3,09
MII 4M2	87,3	1,4	23,76	52,54	-0,38	10,72	37,17	0,95

Os CPs dos grupos *High Translucency* (HT) da cerâmica IPS e.max CAD tiveram resultados de transmitância direta mais homogêneos independentemente da cor, com médias de 0,32%, 0,33% e 0,33% em 525 nm de  $\lambda$  e picos de 4,2%, 4,03% e 3,56% nas cores A1HT, A2HT e A3HT respectivamente. (Gráficos 4 a 6).

Gráfico 4 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo e.m A1HT

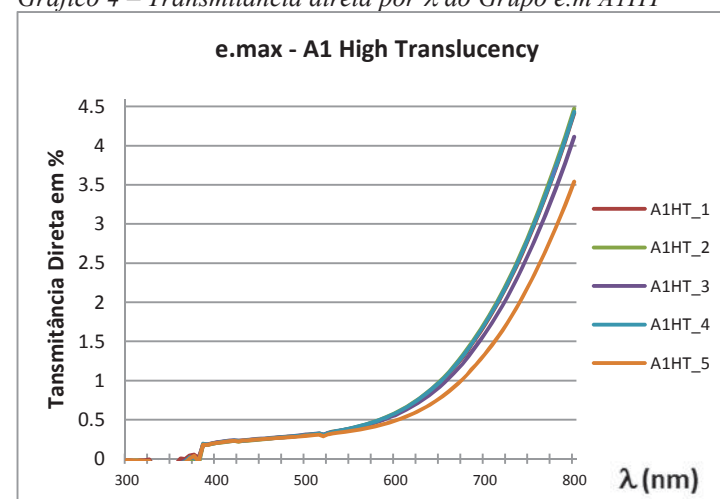


Gráfico 5 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo e.m A2HT

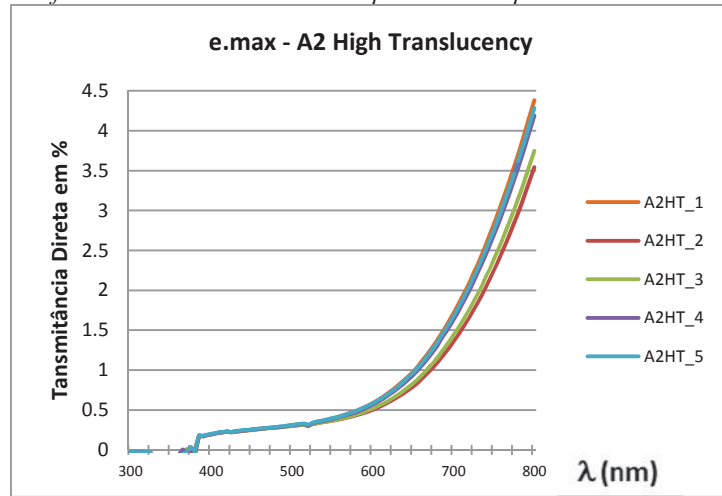


Gráfico 6 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo e.m A3HT

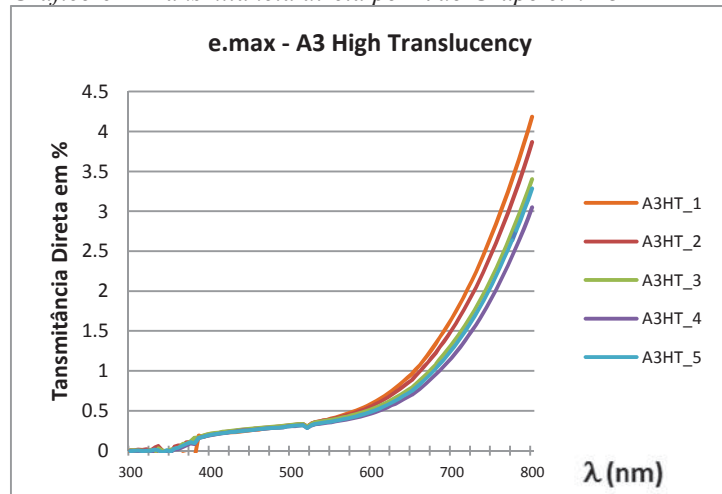


Tabela 9 - Tendências dos valores de L, a, b e Y sobre fundos branco e preto e também dos valores de TP e CR das cerâmicas em CPs de 1 mm de espessura.

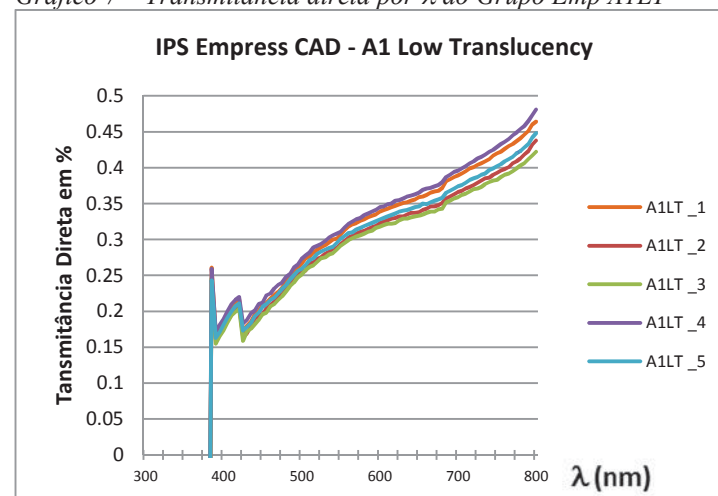
Grupos	L <sub>w</sub>	a <sub>w</sub>	b <sub>w</sub>	Y <sub>w</sub>	L <sub>B</sub>	a <sub>B</sub>	b <sub>B</sub>	Y <sub>B</sub>	TP	CR
e.m A1LT	97,86	-1,87	17,70	94,54	81,55	-2,08	11,76	59,46	17,33	0,63
e.m A2LT	94,82	-1,10	17,29	87,19	78,74	-1,72	11,10	54,48	17,25	0,62
e.m A3LT	93,75	0,76	20,76	84,69	78,76	-0,29	13,57	54,48	16,64	0,64
e.m A1HT	94,54	-1,04	7,14	86,52	76,54	-1,36	2,75	50,78	18,53	0,59
e.m A2HT	93,96	-0,77	8,84	85,18	75,53	-1,47	4,14	49,12	19,04	0,58
e.m A3HT	91,97	-0,36	9,92	80,63	73,80	-0,98	4,71	46,39	18,91	0,58
Emp A1LT	96,78	-0,68	15,84	91,91	78,81	-0,82	9,95	54,59	18,92	0,59
Emp A2LT	94,43	-0,45	20,85	86,27	76,28	-0,87	13,72	50,35	19,50	0,58
Emp A3LT	91,37	0,43	24,59	79,30	73,77	-0,41	17,09	46,31	19,15	0,58
Emp A1HT	93,50	-0,80	7,70	84,12	72,65	-0,80	3,40	44,64	21,29	0,53
Emp A2HT	91,05	-0,81	14,04	78,59	70,30	-1,11	7,84	41,19	21,66	0,52
Emp A3HT	90,31	-1,25	18,81	76,98	70,01	-1,52	11,93	40,76	21,44	0,53
PaC A1	92,73	-1,85	4,91	82,35	72,90	-2,15	0,03	44,97	20,41	0,55
PaC A2	91,47	-2,12	11,57	79,52	72,07	-2,24	5,60	43,77	20,29	0,55
PaC A3	91,15	-1,60	12,45	78,81	71,50	-1,95	5,50	42,91	20,84	0,54
MII A1	97,93	-0,32	6,81	94,75	80,04	-0,15	3,81	56,76	18,15	0,60
MII A2	97,10	-0,17	12,85	92,68	79,88	-0,17	8,39	56,48	17,78	0,61
MII A3	93,86	0,24	20,00	84,95	76,65	-0,11	13,89	50,96	18,26	0,60
MII 0M1	100,00	0,20	3,82	100,00	84,04	0,85	1,90	63,97	16,07	0,64
MII 1M1	98,76	-0,54	8,82	96,83	80,70	-0,32	4,91	57,75	18,46	0,60
MII 1M2	97,91	-0,31	9,52	94,69	79,29	-0,19	6,27	55,44	18,90	0,59
MII 2M1	95,95	-0,53	9,81	89,91	77,05	-0,46	6,07	51,58	19,27	0,57
MII 2M2	95,12	-0,64	14,93	87,89	76,78	-0,65	9,71	51,17	19,06	0,58
MII 2M3	93,55	0,64	26,40	84,23	77,19	0,04	18,73	51,83	18,06	0,62
MII 3M1	90,52	2,16	7,24	77,16	71,92	1,32	3,92	43,36	18,91	0,56
MII 3M2	93,96	2,53	21,56	85,19	77,86	1,62	14,77	52,96	17,50	0,62
MII 3M3	94,17	1,99	22,45	85,67	77,03	1,16	15,63	51,61	18,46	0,60
MII 4M2	89,67	3,85	25,52	75,58	74,12	2,44	18,89	46,88	16,96	0,62

uso da substância acoplante, embora o uso e não uso tenha demonstrado uma boa correlação, existiu uma grande diferença entre as médias, sendo que o uso praticamente dobrou os valores médios de TP (Tabela 10).

Tabela 8 - Médias dos valores  $L$ ,  $a$ ,  $b$  sobre fundos branco ( $w$ ) e preto ( $B$ ) e também dos valores de TP e desvio padrão ( $\pm$ ) das cerâmicas.

Grupos	$L_w$	$a_w$	$b_w$	$L_B$	$a_B$	$b_B$	TP	DP ( $\pm$ )
e.m A1LT	96,76	-1,12	17,62	81,32	-1,70	11,06	16,79	0,35
e.m A2LT	94,46	-1,02	17,76	78,42	-1,76	11,22	17,35	0,81
e.m A3LT	94,46	-0,08	18,96	77,20	-1,00	12,06	18,62	1,06
e.m A1HT	94,54	-1,04	7,16	76,56	-1,36	2,76	18,51	0,27
e.m A2HT	93,80	-0,98	8,74	75,46	-1,42	3,90	18,97	0,16
e.m A3HT	91,98	-0,38	9,86	73,74	-1,00	4,66	18,98	0,28
Emp A1LT	96,94	-0,80	15,76	78,54	-0,92	9,88	19,32	0,60
Emp A2LT	94,62	-0,52	20,68	76,00	-0,90	13,64	19,91	0,73
Emp A3LT	90,80	0,16	23,60	72,08	-0,62	16,00	20,22	0,69
Emp A1HT	93,42	-0,80	7,68	72,28	-0,80	3,30	21,59	0,31
Emp A2HT	91,24	-0,82	13,84	70,42	-1,08	7,78	21,69	0,33
Emp A3HT	90,34	-1,26	18,62	69,84	-1,54	11,74	21,63	0,46
PaC A1	92,26	-2,12	4,54	71,56	-2,32	0,16	21,16	0,74
PaC A2	91,64	-2,00	11,24	71,80	-2,14	5,22	20,73	0,81
PaC A3	90,52	-1,74	11,68	70,52	-2,02	5,36	20,98	0,09
MII A1	97,92	-0,34	6,66	79,74	-0,16	3,66	18,43	0,86
MII A2	97,12	-0,20	12,70	79,72	-0,18	8,28	17,95	0,65
MII A3	93,92	0,26	20,08	76,68	-0,10	13,94	18,31	0,51
MII 0M1	100,00	0,20	3,14	80,98	0,34	1,56	19,09	0,33
MII 1M1	98,62	-0,54	7,40	77,72	-0,32	4,06	21,17	0,41
MII 1M2	97,94	-0,40	9,08	79,24	-0,14	5,54	19,04	0,15
MII 2M1	95,16	-0,26	8,44	74,46	-0,28	4,52	21,07	0,73
MII 2M2	95,84	-0,64	14,36	76,46	-0,66	9,18	20,06	1,07
MII 2M3	94,10	0,68	25,06	76,14	0,12	17,60	19,47	1,34
MII 3M1	95,08	1,92	8,52	76,48	1,40	4,80	18,98	0,36
MII 3M2	93,94	2,48	21,04	76,86	1,54	14,40	18,35	0,60
MII 3M3	94,04	1,94	22,10	76,78	1,14	15,26	18,59	0,61
MII 4M2	90,18	3,74	24,70	73,82	2,32	17,70	17,85	0,48

Gráfico 7 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo Emp A1LT



Os CPs de cerâmicas da marca IPS Empress CAD mostraram curvas diferentes da cerâmica anterior. Os grupos dessa cerâmica mostraram nas curvas espectrais um salto de translucidez quando entra na faixa da luz visível e uma ascendência quase constante a partir de então até seu pico em 800 nm. Os resultados de transmitância direta do grupo Emp A1LT mostraram no Gráfico 7, oscilação de T% no  $\lambda$  de 385 a 425 nm; e até o pico de 800 nm o crescimento da T% foi quase linear. Os valores médios de T% foram de 0,283% a 525 nm de  $\lambda$  e pico de 0,4506%.

As médias dos grupos Emp A2LT e Emp A3LT para T% foram de 0,355% e 0,4084% para  $\lambda$  de 525 nm e pico de 0,5712% e 0,7438% respectivamente (Gráfico 8 e 9). Já o grupo Emp A1HT teve média no  $\lambda$  de 525 nm de 0,480% e pico de 0,957% (Gráfico 10).



Gráfico 8 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo Emp A2LT

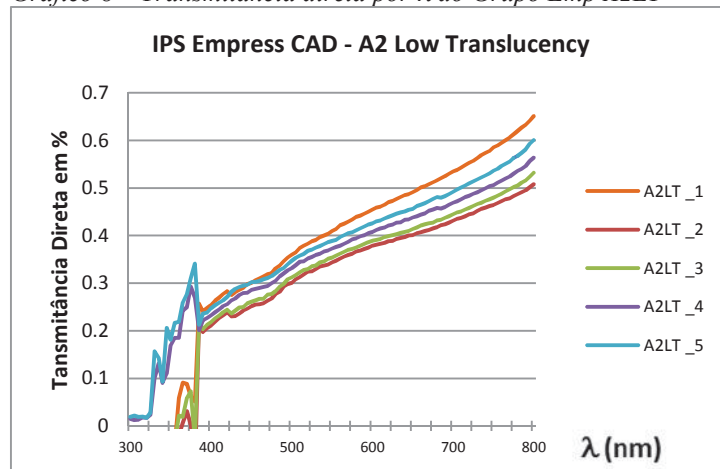
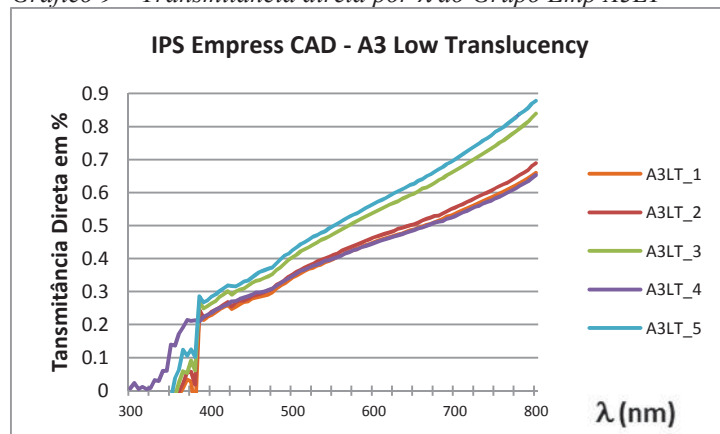


Gráfico 9 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo Emp A3LT



Os resultados de T% em 525 nm de  $\lambda$  encontrados nas cerâmicas variaram entre as médias de 0,235% (grupo e.m A1LT) e 0,536% (grupo Emp A3HT) e entre todos os grupos ficou 0,316% de T%. Em estudo anterior, Brodbelt et al. (1980) encontraram valores médios para os grupos de cerâmicas de 1mm de espessura entre 0,03% e 1,13% e total de 0,237% dessa mesma propriedade, sendo encontrado no mesmo estudo um valor médio para transmissão total da luz nesse comprimento de onda de 26,8%. Analisando os resultados obtidos por eles, chega-se a equação  $y = 4,8303\ln(x) + 36,201$  (onde  $y$  é a transmitância total e  $x$  é a transmitância direta). Então, segundo aquele estudo, pode-se dizer que a transmitância total das cerâmicas estudadas aqui seria em média de 30,6% em CPs de 1 mm de espessura, resultado em conformidade com outro estudo de aproximadamente 28% de transmitância total para cerâmicas com estrutura similar (PINTO, 2009).

#### 5.1.1.2 Parâmetro de Translucidez (TP)

As médias de valores das coordenadas **Lab** e os resultados de TP das cerâmicas estão na Tabela 8 sem o uso de substância acoplante (glicerina) e na Tabela 10 com o uso de glicerina entre os CPs e os fundos branco e preto. A Tabela 9 mostra esses valores estimados para CPs de 1 mm de espessura. Os valores encontrados não usando glicerina como substância acoplante para CPs de 1 mm de espessura ficaram entre 21,66 ( $\pm 0,33$ ) (grupo Emp A2HT) e 16,07 ( $\pm 0,33$ ) (grupo MII 0M1), e se aproximam dos valores relatados por Yu e Lee (2009) aos de dentes naturais humanos de 18,7 (para esmalte) e de 16,4 (para dentina). Com o

Os resultados estatísticos para Transmitância Direta das cerâmicas no  $\lambda$  de 525 nm estão relacionados na Tabela 7. O “X” marcado no cruzamento de linha e coluna na tabela significa quais grupos **não são** estatisticamente diferentes ( $p < 0,01$ ). Ainda mostra o desvio padrão encontrado em cada grupo.

Tabela 7 - Análise estatística (two-way ANOVA e Tukey) e desvio padrão dos valores de Transmitância Direta (em %) nas cerâmicas avaliadas tendo como referência o comprimento de onda de 525 nm. O “X” indica valores de grupos sem diferença estatística ( $p < 0,01$ ).

	Desvio Padrão	e-m A1LT	e-m A2LT	e-m A3LT	e-m A1HT	e-m A2HT	e-m A3HT	Emp A1LT	Emp A2LT	Emp A3LT	Emp A1HT	Emp A2HT	Emp A3HT	PaC A1	PaC A2	PaC A3	MII A1	MII A2	MII A3	MII 0M1	MII 1M1	MII 1M2	MII 2M1	MII 2M2	MII 2M3	MII 3M1	MII 3M2	MII 3M3	MII 4M2
e-m A1LT	0.01	X	X					X										X							X	X	X		
e-m A2LT	0.02	X	X					X									X	X	X						X	X	X	X	
e-m A3LT	0.06			X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
e-m A1HT	0.01			X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
e-m A2HT	0.01			X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
e-m A3HT	0.01			X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A1LT	0.01	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A2LT	0.03		X	X	X	X	X	X	X					X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A3LT	0.04							X	X	X				X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A1HT	0.02								X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A2HT	0.04								X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emp A3HT	0.05								X		X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PaC A1	0.01			X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PaC A2	0.01			X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PaC A3	0.00			X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII A1	0.02	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII A2	0.01	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII A3	0.02	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 0M1	0.01	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 1M1	0.00		X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 1M2	0.01		X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 2M1	0.02		X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 2M2	0.02		X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 2M3	0.02	X	X					X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 3M1	0.02		X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 3M2	0.00	X	X					X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 3M3	0.02	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MII 4M2	0.01	X	X					X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Gráfico 10 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo Emp A1HT

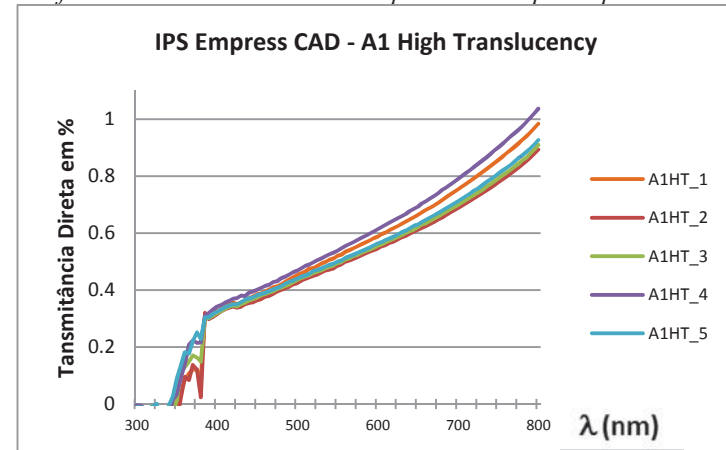


Gráfico 11 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo Emp A2HT

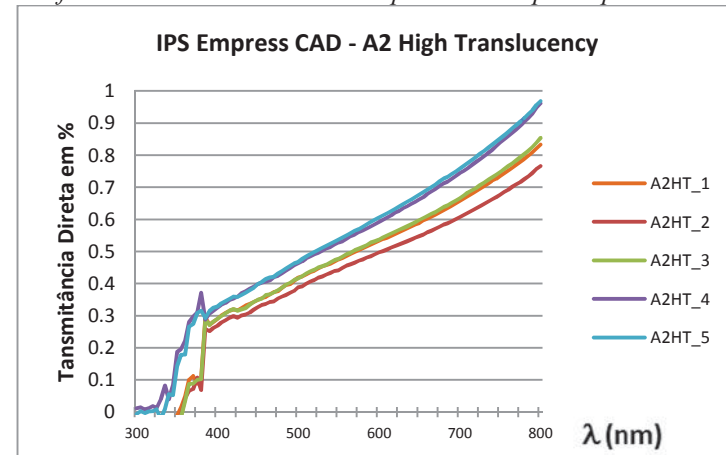
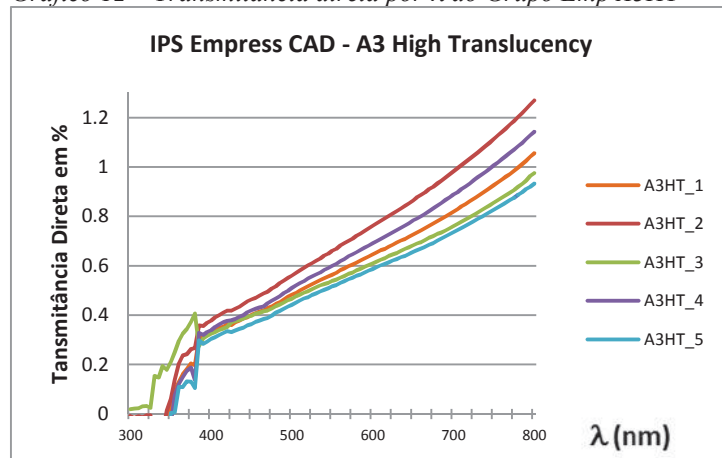


Gráfico 12 – Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo Emp A3HT



Nos grupos Emp A2HT e Emp A3HT, os valores médios para T% em 525 nm de  $\lambda$  foram de 0,463% e 0,536% e picos de 0,877% e 1,075% respectivamente (Gráficos 11 e 12). O crescimento da T% nesses CPs também foi quase linear após  $\lambda$  de 385 nm.

Nos CPs da cerâmica da marca Paradigm™ C o comportamento e resultados das curvas de Transmitância Direta foram parecidos, independentemente da cor enunciada pelo fabricante, com uma ascensão repentina ao entrar na faixa da luz visível e uma quase constância de crescimento da T% até o pico. No  $\lambda$  de 525 nm foram encontrados os valores médios de 0,348%, 0,345% e 0,354% e picos de 0,550%, 0,545% e 0,582% nas cores A1, A2 e A3, respectivamente (Gráficos 13 a 15).

Gráfico 32 - Tendência de curvas espectrais em CPs de exatos 1 mm de espessura das cerâmicas da 3M ESPE.

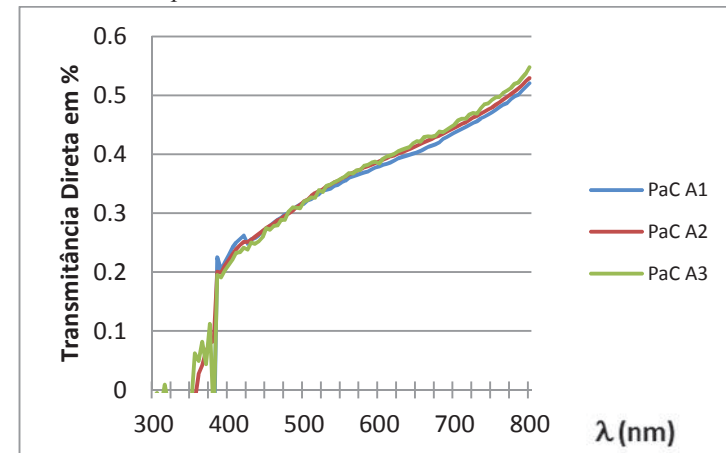


Gráfico 33 - Tendência de curvas espectrais em CPs de exatos 1 mm de espessura das cerâmicas VITA.

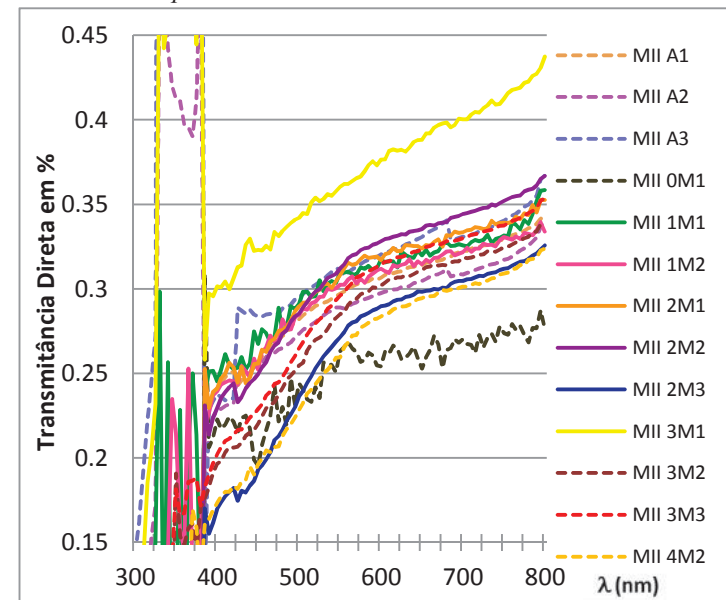
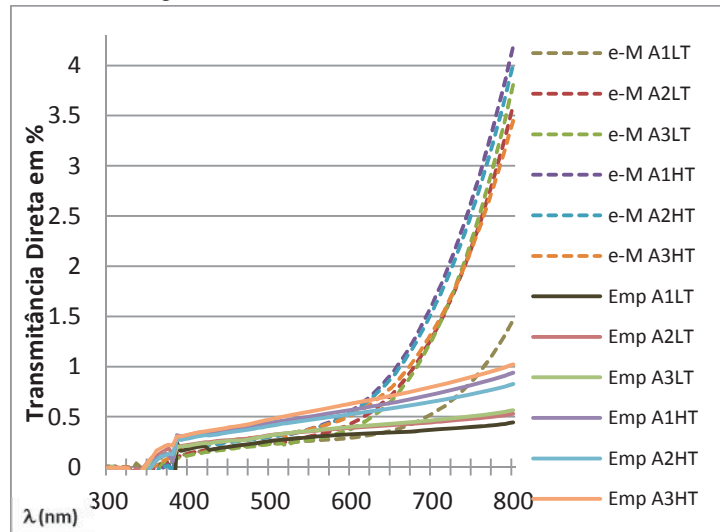


Gráfico 31 - Tendência de curvas espectrais em CPs de exatos 1 mm de espessura das cerâmicas da Ivoclar Vivadent.



Pode-se observar no Gráfico 31 que as cerâmicas e.max, independente de ser de alta ou baixa translucidez (LT ou HT) tem valores médios mais altos que a Empress CAD nos  $\lambda$  acima de 600 nm. Outra ressalva que se faz é que não existe diferença de valores médios entre as cores de alta e baixa translucidez tanto na e.max quanto na Empress CAD, demonstrando que o material tem maior influência da T% que a própria cor por causa dos centros espalhadores e/ou absorção de luz.

Gráfico 13 – Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo PaC A1

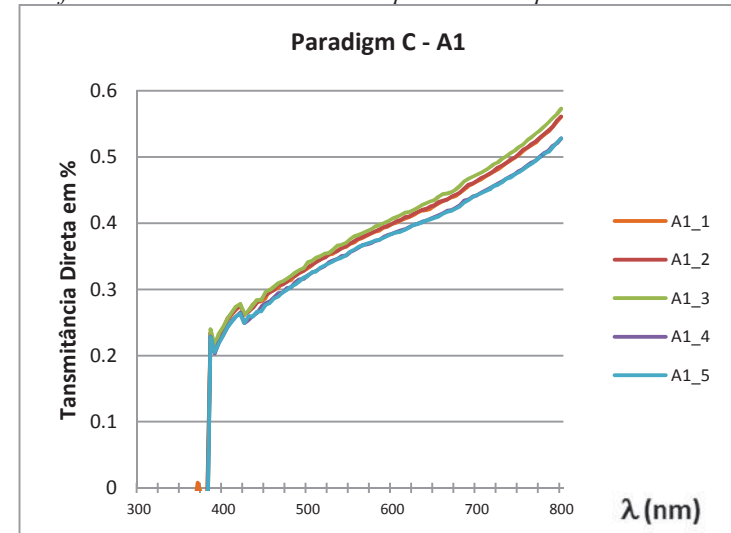


Gráfico 14 – Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo PaC A2

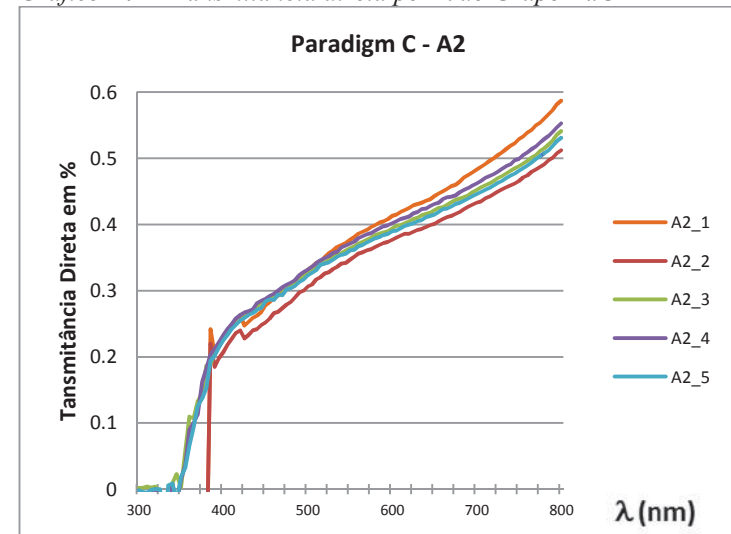
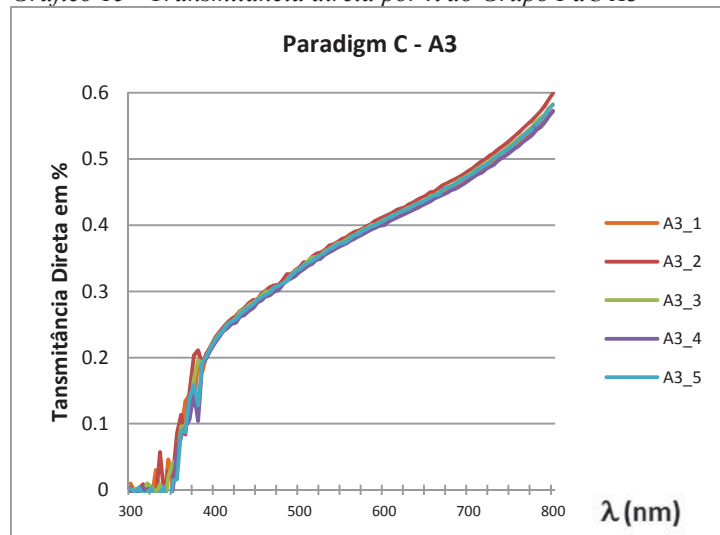
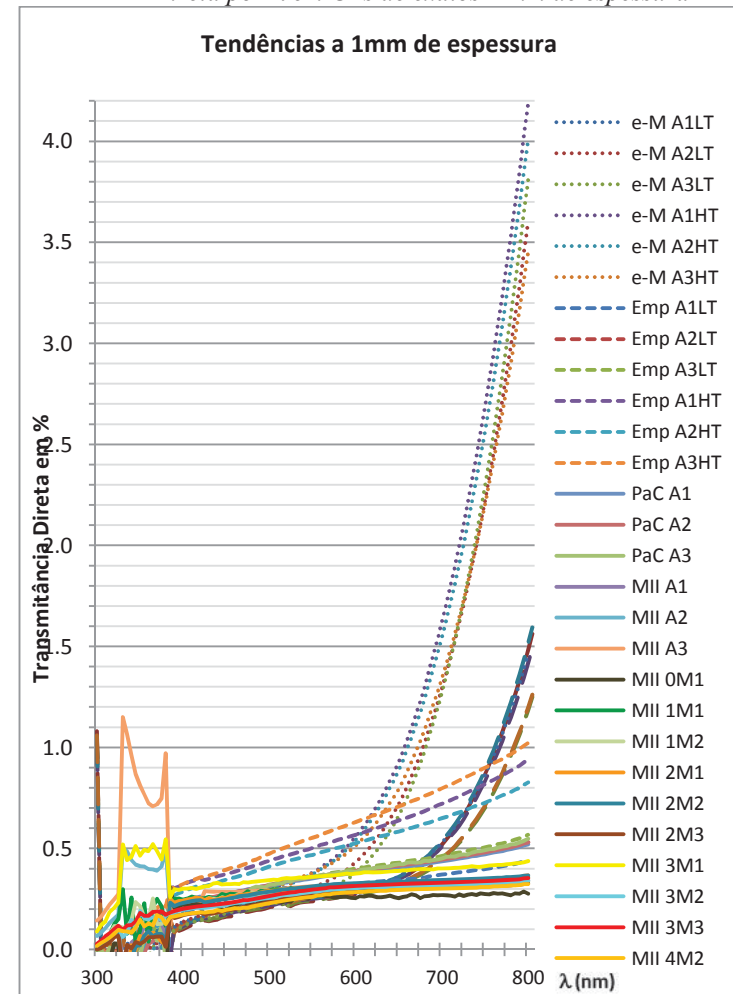


Gráfico 15 - Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo PaC A3



As cerâmicas VITA Mark II mostraram variação nas curvas espectrais de acordo com a nomenclatura da cor enunciada pelo fabricante, as curvas são mostradas nos Gráficos 16 a 28 e os resultados das médias dos grupos nos comprimentos de onda de 525 nm e pico estão relacionados na Tabela 6. Nos gráficos pode-se observar grande variação e ruído na faixa de luz UV nesse material. Nos grupos MII A1, MII 0M1, MII 1M1, MII 1M2, MII 2M2 e MII 2M3 há uma ligeira queda da T% em 425 nm, enquanto nos grupos MII A2, MII A3 e MII 3M1 a T% dá um pequeno salto nesse mesmo comprimento de onda.

Gráfico 30 – Tendência de resultados de porcentagem de Transmitância Direta por  $\lambda$  em CPs de exatos 1 mm de espessura\*



\* Essas médias foram calculadas pelo programa Microsoft Excel 2010 ajustando uma linha (usando o método de quadrados mínimos) às matrizes de valores conhecidos de x (espessura) e y (T%). Retorna os valores y nessa linha para a matriz de valor de x aqui especificado para 1 mm.

As médias de todos os resultados de transmitância direta (em %) estão exibidas no Gráfico 29. Pode-se observar a diferença de valores mostrada pelas cerâmicas avaliadas nesse estudo. Contudo, parece existir uma tendência de comportamento de T% para cada marca comercial de cerâmica (Gráficos 31 a 33).

Gráfico 29 - Médias dos resultados de Transmitância Direta (em %) por  $\lambda$  das cerâmicas testadas neste experimento.

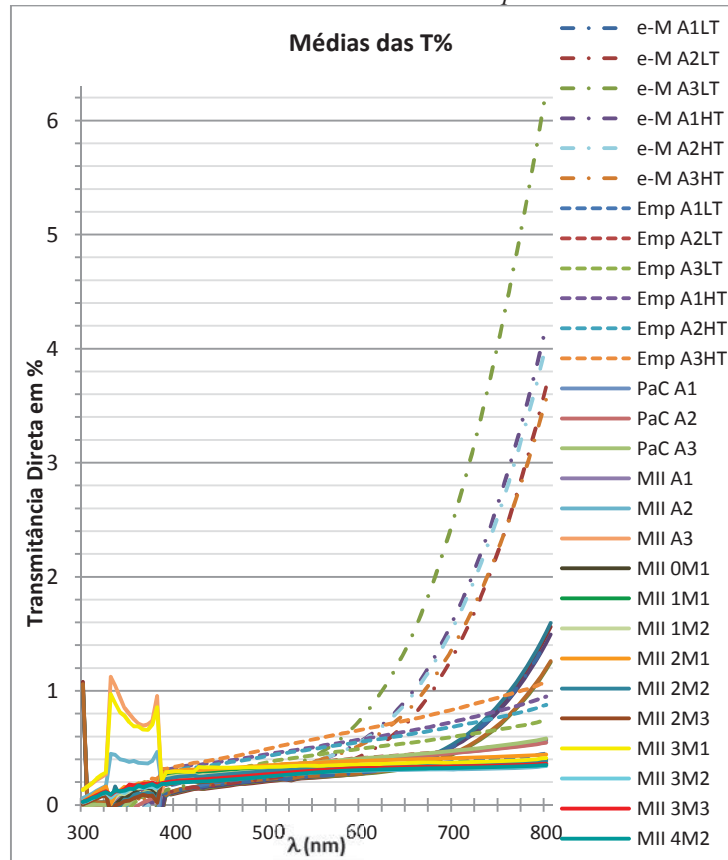


Gráfico 16 - Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo MII A1

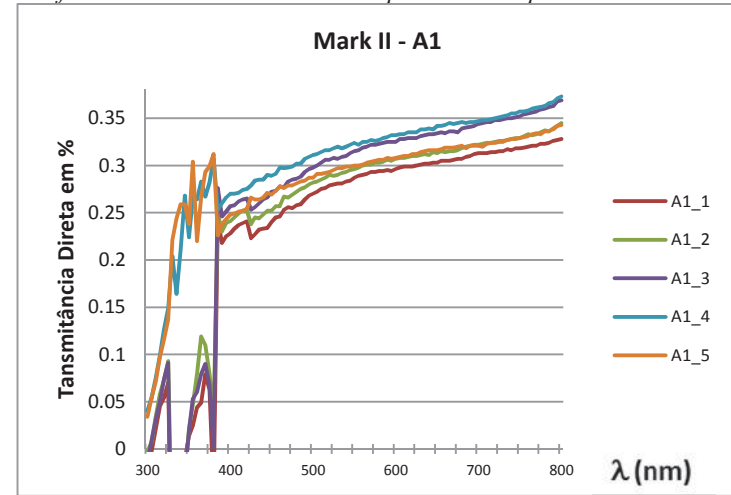


Gráfico 17 - Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo MII A2

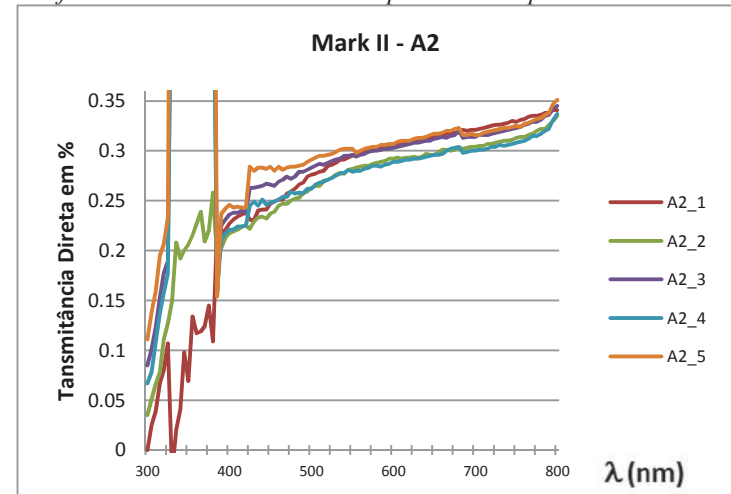




Gráfico 18 - Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo MII A3

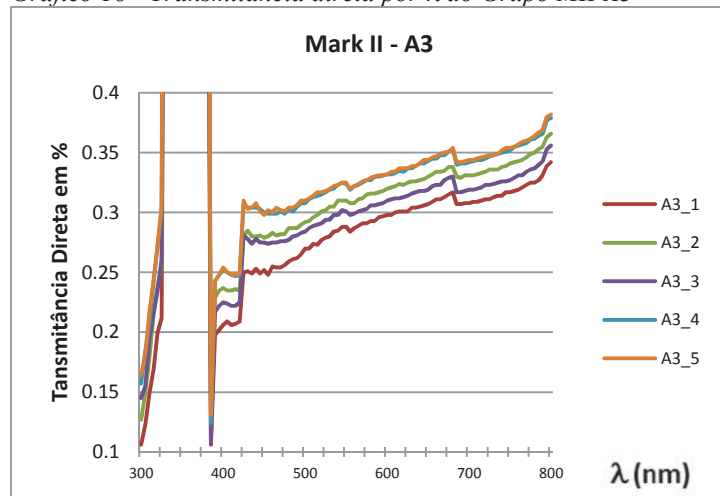


Gráfico 19 - Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo MII 0M1

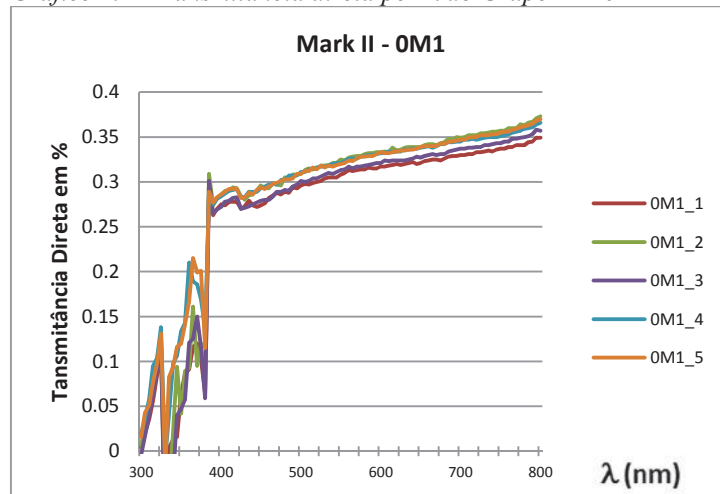


Gráfico 28 - Transmitância direta por  $\lambda$  do Grupo MII 4M2

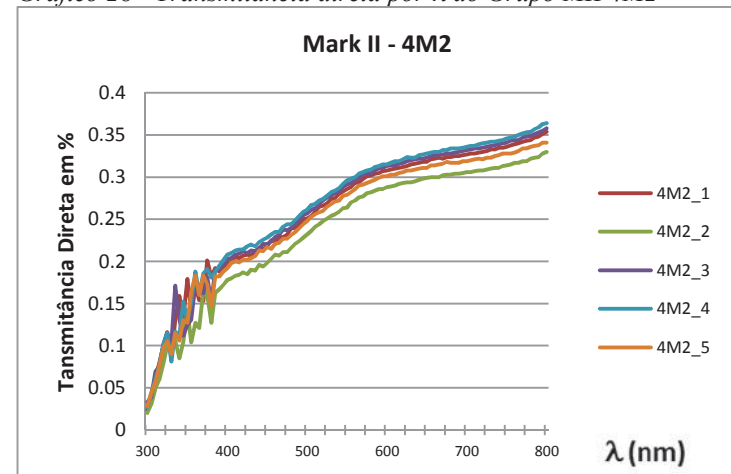


Tabela 6 – Valores médios (em %) de Transmitância Direta (T%) no comprimento de onda de 525 nm e no comprimento de onda de pico ou flutuação (enunciado na última coluna em nm) da cerâmica VITA Mark II para as diferentes cores avaliadas.

GRUPO	T%/525nm	T% Pico	$\lambda$ no Pico *
MII A1	0.298	0.352	798
MII A2	0.285	0.348	799
MII A3	0.302	0.365	798
MII 0M1	0.312	0.361	798
MII 1M1	0.329	0.391	799
MII 1M2	0.308	0.374	798
MII 2M1	0.360	0.443	797
MII 2M2	0.313	0.384	799
MII 2M3	0.278	0.353	798
MII 3M1	0.340	0.412	799
MII 3M2	0.269	0.344	798
MII 3M3	0.289	0.361	798
MII 4M2	0.268	0.350	798

\* O comprimento de onda de pico variou entre os CPs de 795 a 800 nm.

Gráfico 26 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 3M2

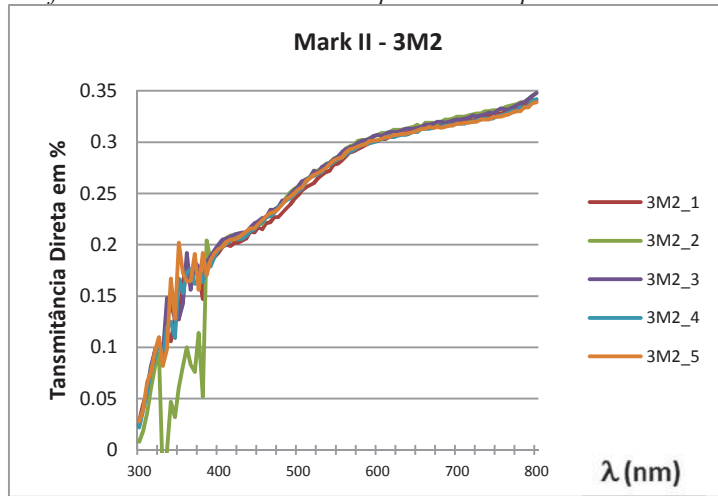


Gráfico 20 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 1M1

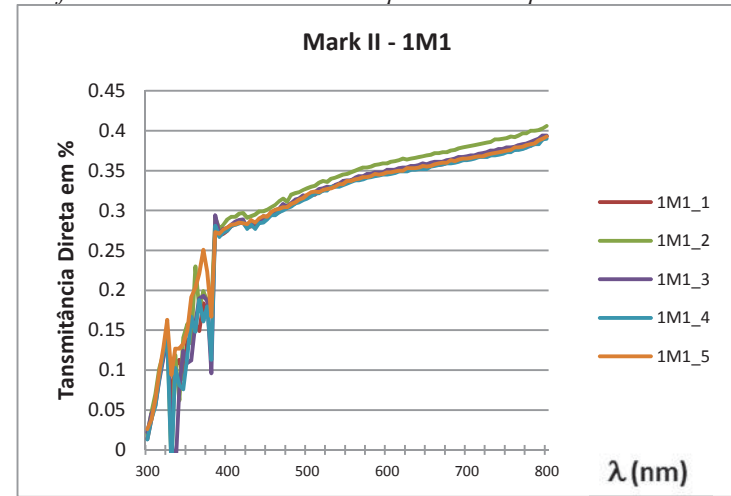


Gráfico 27 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 3M3

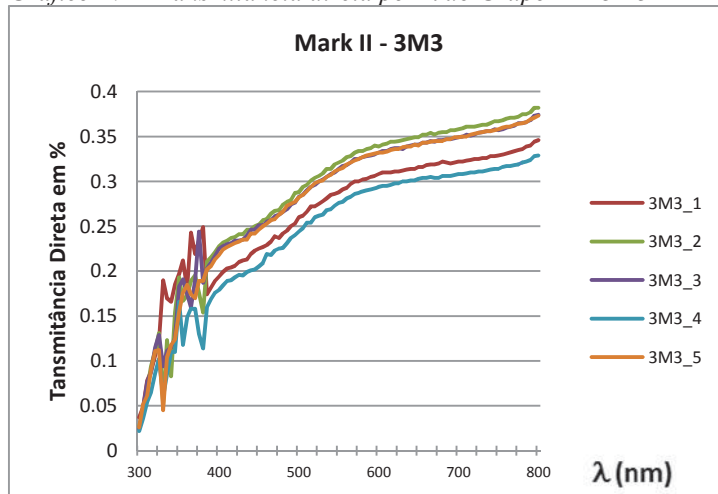


Gráfico 21 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 1M2

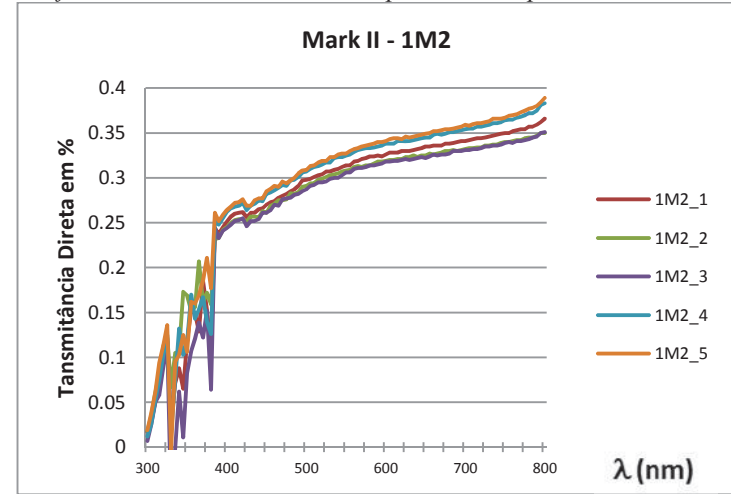


Gráfico 22 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 2M1

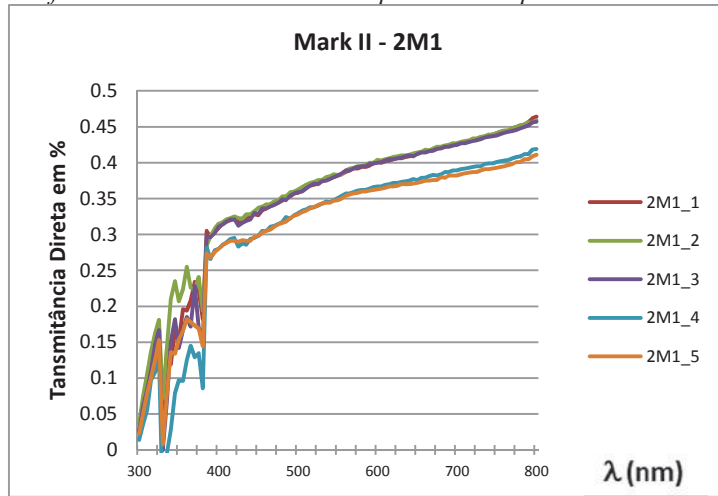


Gráfico 24 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 2M3

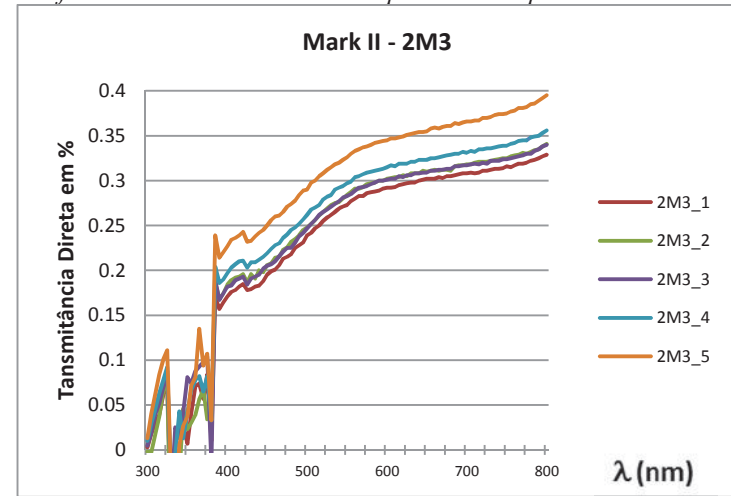


Gráfico 23 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 2M2

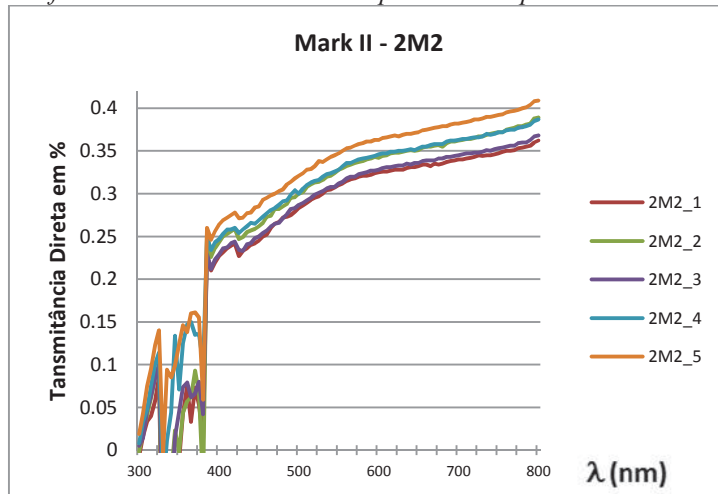


Gráfico 25 - Transmissão direta por  $\lambda$  do Grupo MII 3M1

