

Investigação original

Determinação da cor de diferentes escalas por dois métodos espectrofotométricos – estudo *in vitro*



Susana Dias, Duarte Marques*, João Silveira, Daniela Corado, Rita Alves, António Mata

Grupo de Investigação em Biologia e Bioquímica Oral, LIBPhys-FCT UID/FIS/04559/2013, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 6 de Agosto de 2017

Aceite a 2 de Outubro de 2017

On-line a 17 de Outubro de 2017

Palavras-chave:

Cor

Escala de cor

Espectrofotometria

Percepção da cor

Sensibilidade e especificidade

R E S U M O

Objetivos: Avaliar e comparar *in vitro* a validade e reprodutibilidade de dois instrumentos de determinação de cor dentária em duas escalas de cor.

Métodos: Foram testados dois espectrofotómetros, Spectroshade Micro (SS) e VITA Easyshade (ES). Foram realizadas 60 medições de cada guia de cor para as escalas VITA Classical (VC) e VITA 3D-Master (VM). A reprodutibilidade foi avaliada através da concordância interoperador, intra-aparelho e inter-aparelho, pelo coeficiente *kappa*. As diferenças de validade entre aparelhos foram determinadas a partir do índice de exatidão das curvas ROC, utilizando z-test (two-way), com significância de 0,05.

Resultados: Foram realizadas 1920 medições para VC e 3480 para VM. Os dois aparelhos são testes de diagnóstico de qualidade, obtendo valores de exatidão no ES para a VC de 98,7% e de 97,6% para a VM. Para o SS, os valores determinados foram de 98,6% para a VC e de 99,1% para a VM, com diferenças estatisticamente significativas entre aparelhos para VM. A concordância intra-aparelho para o ES foi superior (VC=93%, VM=95%), comparativamente ao SS (VC=76%, VM=83%). Verificou-se uma concordância inter-aparelho para a VC (75%) inferior à VM (82%).

Conclusões: De acordo como os resultados obtidos neste estudo, ambos os aparelhos apresentam indicação para serem utilizados como métodos de diagnóstico da determinação da cor dentária nas escalas utilizadas, embora com valores de reprodutibilidade superiores para a VM. Deverão ser realizados estudos *in vivo* comparando estes aparelhos com a determinação visual de modo a aferir o eventual benefício da sua utilização. (Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac. 2017;58(3):168-174)

© 2017 Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária.

Publicado por SPEMD. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor correspondente.

Correio eletrónico: duartemd@yahoo.co.uk (Duarte Nuno da Silva Marques).

<http://doi.org/10.24873/j.rpemd.2017.10.023>

1646-2890/© 2017 Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária. Published by SPEMD.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Determination of the color of different shade guides by two spectrophotometric methods – an in vitro study

A B S T R A C T

Keywords:

Color
Shade guide
Spectrophotometry
Color perception
Sensitivity and specificity

Objectives: To evaluate and compare the diagnostic performance of two shade-matching instruments in the determination of the color of two dental shade guides.

Methods: Two spectrophotometers were tested: Spectroshade Micro (SS) and VITA Easyshade (ES). 60 measurements were performed for each shade tab for VITA Classical (VC) and VITA 3D-Master (VM). Reproducibility was assessed based on the inter-operator, intra-device and inter-device agreement using the kappa coefficient. The differences in validity between devices were determined by the accuracy index of the ROC curve analysis using the z-test (two-tailed) at a significance of 0.05.

Results: 1920 measurements were performed for VC and 3480 for VM. The two devices proved to be high-quality diagnostic tests. The obtained accuracy values in ES were 98.7% for VC and 97.6% for VM. In SS, values were 98.6% for VC and 99.1% for VM, showing significant differences between devices for VM. The intra-device agreement for ES was superior (VC=93%, VM=95%), compared to SS (VC=76%, VM=83%). The inter-device agreement was lower for VC (75%) than VM (82%).

Conclusions: According to the results obtained, both devices are indicated to be used as diagnostic methods for shade selection with the guides used, although attaining higher values of reproducibility for VM. In vivo studies comparing these devices with the visual determination should be performed to assess the possible benefit of their use. (Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac. 2017;58(3):168-174)

© 2017 Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária.

Published by SPEMD. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

A cor é um fenómeno de percepção visual, que corresponde à luz refletida ou transmitida por um objeto.¹ A determinação e comunicação da cor dentária é de extrema relevância para a medicina dentária.²⁻⁵ Com a crescente exigência dos padrões estéticos e clínicos, surgiram vários métodos de avaliação de cor, como os espectrofotómetros, que segundo os seus fabricantes seriam mais objetivos e fiáveis do que as técnicas anteriores com base na seleção visual da cor com escalas padronizadas.^{4,6}

A seleção visual de cor, por comparação do dente com escalas, é o método mais utilizado em medicina dentária, sendo considerado hoje em dia o referencial.^{7,8} Este método baseia-se na utilização de escalas padronizadas, compostas por amostras representativas da média de cores presentes na dentição humana.^{7,9,10} Embora sejam universalmente aceites para a identificação e comunicação da cor dentária, as escalas apresentam várias limitações,^{11,12} uma vez que o material e estrutura são diferentes dos dentes naturais,¹³ para além da maioria das escalas possuírem uma variedade de guias que não é consistente com a gama de cores dos dentes naturais, apresentando uma distribuição arbitrária no espaço de cor.^{2,14-16} Associado a estes factos, existem vários fatores que podem influenciar e causar inconsistências na seleção da cor dentária, como a acuidade visual individual e as condições de iluminação.^{2,15-18}

Para obter uma classificação mais objetiva da cor, foi desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação, o

sistema de cores CIE L*a*b*, que representa tridimensionalmente a cor pelas coordenadas L*, a* e b*. Através destas coordenadas é possível quantificar a diferença de cor entre duas amostras, ΔE .¹⁹ Em condições clínicas, a diferença de cor mínima possível de ser detetada pelo olho humano situa-se entre 2,0 e 3,7.^{6,9,20}

Existe uma enorme variabilidade entre os vários tipos de escalas disponíveis, dificultando a comunicação entre pacientes, clínicos e técnicos de prótese.^{18,21,22} As escalas Vitapan Classical (VC, Vident, Brea, California) e Vitapan 3D-Master (VM, Vident, Brea, Califórnia) são, atualmente, as escalas mais utilizadas.^{23,24} Na escala de cores VC, o matiz é classificado com letras (A aD) e o croma e valor são classificados de 1 a 4.²³ Na década de 90, a Vident introduziu a escala de cores VM advogando que a mesma diminuía a subjetividade envolvida na avaliação da cor, através da determinação da cor pela seguinte ordem: 1.º valor, 2.º croma e 3.º matiz.^{23,24}

Em virtude da subjetividade associada aos métodos de seleção visual da cor, foram lançados para o mercado sistemas eletrónicos baseados em aparatologias espectrofotométricas ou colorimétricas, visando obter determinações reprodutíveis.^{1,25} Estes aparelhos baseiam-se na aquisição da cor através do sistema de cores CIE L*a*b*, convertendo a medição numa escala contínua de valores, sendo depois traduzidos nos códigos das escalas, tornando seleção da cor mais fácil e objetiva.^{17,20,22,26,27} Estes aparelhos de medição de cor podem ter diferentes sistemas de leitura: medição por ponto, como VITA

Easyshade (ES), ou medição completa do dente, como Spectroshade Micro (SS).²⁰ No entanto, não se sabe quais os valores de $L^*a^*b^*$ registados para a conversão nos diferentes espectrofotômetros,^{15,20} podendo os mesmos interferir na determinação da cor. Deste modo é necessário aferir se estes sistemas realizam uma correspondência correta com as escalas de cor padronizadas, através da avaliação da sua precisão, de forma a compreender a sua verdadeira utilidade clínica.^{1,4,6}

O presente estudo de diagnóstico *in vitro* pretende determinar e comparar a reprodutibilidade e a validade de dois espectrofotômetros (ES e SS) na medição da cor de cada guia das escalas, VC e VM. A hipótese nula (H_0) é: os dois espectrofotômetros (ES e SS) não apresentam diferenças significativas na sua validade e reprodutibilidade na medição das guias de cor das duas escalas (VC e VM).

Materiais e métodos

Foram avaliados dois instrumentos espectrofotométricos de determinação de cor dentária, Spectroshade Micro (SN:H-DL3973, MHT Spa, Verona, Itália) e Easyshade (SN:602649, Vita, Säcking, Alemanha) (Figura 1). Estes foram calibrados e utilizados de acordo com as instruções do fabricante.

Foram medidas as guias de cor de duas escalas comerciais: (1) Vitapan Classical (SN:B027C, Vident, Brea, California), com 16 guias de cor e (2) Vitapan 3D-Master (SN:B360ASP, Vident, Brea, California), com 29 guias (foram incluídas as 3 guias da VITA Bleached Shade Guide).

Simularam-se as condições clínicas para cada medição, a guia de cor para medição foi colocada no centro de uma matriz gengival (Shofu Gummy, Shofu Dental Corporation, USA) com guias de cor idênticas de cada lado. As medições foram efetuadas dentro de uma caixa preta mate (26,0x12,5x9,5cm), simulando as condições de luz da cavidade oral, segundo metodologia previamente descrita.²⁸ Foi utilizado um jig posicional para permitir a colocação da guia de cor a medir no mesmo local, dentro da caixa (Figura 1).

Dois operadores calibrados efetuaram 30 medições consecutivas para cada guia. Entre cada 2 medições, os operadores removeram, completamente, a ponta da sonda ou a peça ótica da guia.²⁸

A reprodutibilidade foi avaliada através das concordâncias interoperador, intra-aparelho e inter-aparelho, pelo coeficiente $kappa$ com erro padronizado assintótico (ASE). Este coeficiente foi classificado como mau (0-20%), mínimo (21-39%), fraco (40-59%), moderado (60-79%) e forte (>80) segundo metodologia previamente estabelecida.²⁹

A validade de cada aparelho foi determinada sob a forma de curvas ROC (receiver operating characteristic), que têm em consideração a relação entre a sensibilidade e a especificidade determinadas para cada guia de cor das diferentes escalas.³⁰ A validade foi expressa através do índice de exatidão calculado a partir da área sob a curva.³⁰ A diferença de desempenho (índice de exatidão) entre aparelhos foi determinada através da realização de um *z-test (two-way)*.³¹ A significância estatística foi estabelecida a $\alpha < 0,05$. A análise dos dados e os resultados foram calculados através do software estatístico SPSS (IBM SPSS Statistics v.23, Inc, Chicago, IL, EUA).

Resultados

Foram efetuadas um total de 2700 medições por aparelho, correspondendo a 60 medições de cada uma das 45 guias de cor, totalizando 5400 medições no estudo..

Foi calculado o coeficiente $kappa$ para a concordância interoperador (Tabela 1), resultando num valor médio de $0,95 \pm 0,01$, classificado como forte.²⁹ Deste modo, os dados dos dois operadores foram analisados conjuntamente, resultando num total de 60 medições para cada guia de cor.

As concordâncias intra e inter-aparelho são apresentadas na Tabela 1. A concordância intra-aparelho do ES é classificada como forte. O SS obteve valores inferiores, para ambas as escalas, com um $kappa$ moderado para VC e forte para VM. A concordância inter-aparelho para VC foi moderada e para VM foi classificada como forte.



Figura 1. Exemplo de funcionamento dos aparelhos Easyshade, Spectroshade e configuração experimental para as medições.

Tabela 1. Concordância interoperador, intra-aparelho e inter-aparelho expressa em valores do coeficiente kappa e respectivo erro padronizado assintótico (ASE), dos dois aparelhos Easyshade (ES) e Spectroshade (SS) para ambas as escalas Vitapan Classic (VC) e Vita 3D-Master (VM).

<i>kappa</i> ± ASE	Interoperador	Intra-aparelho	Inter-aparelho
VC	ES	0,96±0,01	0,93±0,01
	SS	0,91±0,01	0,76±0,01
VM	ES	0,97±0,01	0,95±0,01
	SS	0,98±0,01	0,83±0,01

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os valores de sensibilidade e especificidade para cada uma das guias da escala VC e VM, respectivamente. Os resultados obtidos não foram iguais em todas as guias de cor, sendo que o ES, ao medir as guias da VC, demonstrou valores de sensibilidade e especificidade baixos para a guia de cor C1, e o SS, apresentou mais falhas nas guias C1, D4, B3 e B4. Na VM, o ES obteve valores mais baixos de sensibilidade e especificidade para as guias 3M2 e 4M2, enquanto que o SS apresentou piores resultados para um maior número de guias, 2M2, 2M3, 3M2, 4M2 e 4R1,5.

Tabela 2. Sensibilidade (SE) e especificidade (SP) do Easyshade e Spectroshade para cada uma das guias da escala Vitapan Classic (VC) ordenada por valor, indicando apenas os valores abaixo de 100%.

VC	Easyshade		Spectroshade	
	%	SE	SP	SE
B1				
A1				
B2				
D2			95%	96%
A2				
C1	18%		38%	
C2				93%
D4			0%	
A3				93%
D3				
B3			0%	94%
A3,5			99%	
B4	80%		17%	
C3				97%
A4				
C4			52%	
Média (%)	93,65	99,58	75,42	98,36
SD	20,04	1,33	38,25	2,55

Tabela 3. Sensibilidade (SE) e especificidade (SP) do Easyshade e Spectroshade para cada uma das guias da escala VITA 3D-Master (VM), indicando apenas os valores abaixo de 100%.

VM	Easyshade		Spectroshade	
	%	SE	SP	SE
0M1				
0M2				
0M3				
1M1				
1M2				
2L1.5				96%
2L2.5				96%
2M1				
2M2				0%
2M3				0%
2R1.5				
2R2.5				
3L1.5				96%
3L2.5				
3M1				
3M2	48%			0%
3M3				
3R1.5				88%
3R2.5			98%	
4L1.5	57%			96%
4L2.5				83%
4M1				
4M2	43%			43%
4M3				99%
4R1.5			96%	47%
4R2.5				
5M1				
5M2				
5M3				
Média (%)	94,77	99,81	84,88	99,46
SD	15,77	0,74	32,65	1,32

Nas Figuras 2 e 3 estão representadas as curvas ROC dos dois aparelhos, para as escalas VC e VM, respectivamente. Nas tabelas 4 e 5 estão especificadas as áreas sob a curva para ambas as escalas. Verifica-se uma área sob a curva superior para a escala VC no ES comparativamente ao SS. Para a escala VM o ES apresentou um índice de exatidão ligeiramente inferior ao do SS.

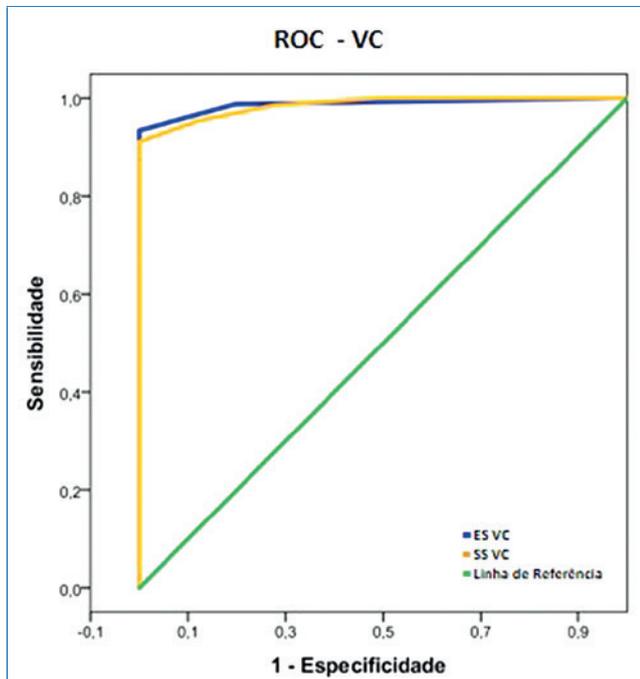


Figura 2. Curvas ROC da relação da sensibilidade e especificidade do Easyshade (ES) e Spectroshade (SS) para a escala VITA Classical (VC)

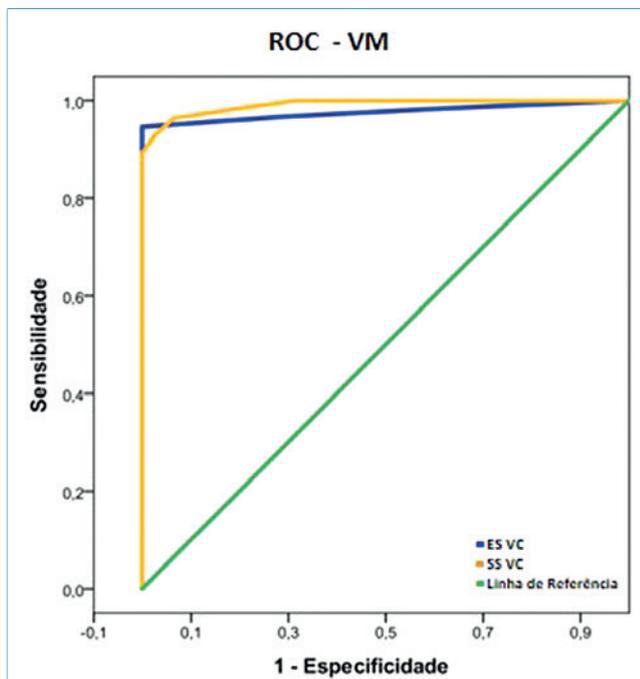


Figura 3. Curvas ROC da relação da sensibilidade e especificidade do Easyshade (ES) e Spectroshade (SS) para a escala VITA 3D Master (VM)

Ao comparar o ES com o SS, a diferença de área sob a curva para a escala VC é de 0,001, com um valor de z-test de 0,22 ($p=0,824$). Para a escala VM a diferença entre aparelhos é de -0,015, com um valor de z-test de -3,70, sendo esta diferença estatisticamente significativa, ($p=0,001$).

Tabela 4. Especificação da validade sob a forma de área sob a curva (AUC) das curvas ROC, com desvio padrão (SD) de cada aparelho, Easyshade (ES) e Spectroshade (SS) para a escala Vitapan Classical (VC).

VC	AUC	SD	Intervalo de confiança 95% assintótico	
			Limite superior	Limite inferior
ES	,987	,003	,981	,994
SS	,986	,003	,980	,991

Tabela 5. Especificação da validade sob a forma de área sob a curva (AUC) das curvas ROC, com desvio padrão (SD) de cada aparelho, Easyshade (ES) e Spectroshade (SS) para a escala VITA 3D-Master (VM).

VM	AUC	SD	Intervalo de confiança 95% assintótico	
			Limite superior	Limite inferior
ES	,976	,003	,970	,983
SS	,991	,002	,988	,994

Discussão

Neste estudo foram analisadas as cores detetadas de duas escalas distintas, VC e VM, por um aparelho de medição por ponto, ES, e por um aparelho de medição da superfície total, SS.

Ao analisar os valores de reprodutibilidade e validade dos dois espectrofotômetros foram detetadas diferenças significativas na validade dos aparelhos para a escala VM, pelo que a hipótese nula foi rejeitada.

Após análise da validade dos aparelhos, ambos apresentam valores de desempenho superiores a 90%, o que, de acordo com a literatura, permite a sua utilização como testes de diagnóstico.^{30,31}

A reprodutibilidade permite a avaliação da consistência do aparelho ao medir a mesma guia de cor. A reprodutibilidade intra-aparelho e inter-aparelho foi similar, com valores que variaram de moderado a forte.²⁹ Dentro desta amplitude de resultados, obtiveram-se valores inferiores de concordância intra-aparelho no SS, comparativamente ao ES. Estes resultados são úteis na comparação destes espectrofotômetros num ambiente controlado, permitindo aferir a previsibilidade dos aparelhos.¹ Os erros aleatórios influenciam a reprodutibilidade, o que pressupõe que a concordância entre aparelhos seja menor que a concordância intra-aparelho,^{32,33} como verificado neste estudo. Obteve-se uma maior reprodutibilidade inter-aparelho para a VM (82%), que para a VC (75%), classificadas, respetivamente, como concordâncias forte e moderada.²⁹

Comparativamente ao método visual, a literatura refere uma concordância que ronda os 41% para VC e 41,5% para VM, sendo que os resultados deste estudo com métodos espectrofotométricos apresentam valores superiores.^{12,18,26,34}

Embora se tenha registado um maior número de falhas nas guias da VM, verificaram-se valores médios de sensibilidade e especificidade mais elevados do que na VC. Quando analisadas

as falhas nas guias, verifica-se que os dois aparelhos apresentaram mais falhas nas guias de matiz C e D da escala VC e M da escala VM. Estes erros podem estar associados a diferenças entre valores $L^*a^*b^*$ intrínsecos do aparelho e as escalas. No entanto, será de referir que neste estudo estamos perante as condições ótimas de aquisição da cor, uma vez que o referencial da guia se encontra estandardizado, sendo espectável uma maior variabilidade perante dentes naturais policromáticos.⁸

A validade define a capacidade de os aparelhos determinarem a cor correta, considerando um padrão conhecido. Os valores obtidos revelam algumas diferenças entre os valores de índice de exatidão dos aparelhos.³⁵ Segundo estudos prévios,³⁶ os erros sistemáticos são difíceis de controlar nestes aparelhos e afetam a sua validade. Estas diferenças podem estar relacionadas com a variação do valor $L^*a^*b^*$ entre as guias de cores,³⁷ sendo que os aparelhos identificam cada guia de cor através de intervalos de ΔE determinados pelo fabricante. Uma vez que não se sabe quais os valores utilizados nos aparelhos, a consistência entre diferentes fabricantes não pode ser avaliada.^{9,20} Verificaram-se diferenças significativas de validade, entre os aparelhos, para a escala VM, o que pode estar relacionado com o número de guias de cor da VM (29) ser superior ao da VC (16), resultando numa amostra total maior.

Quando consultada a literatura existente, verifica-se que existem poucos estudos que comparam o desempenho destes aparelhos, seja *in vivo* ou *in vitro*. Estudos similares relataram níveis de concordância semelhantes aos obtidos neste estudo e uma maior reprodutibilidade do ES quando comparado com o SS.^{1,35}

No entanto, estes dados podem ter sido influenciados pelo facto do ES fazer uma medição de uma área de 5mm de diâmetro, na região central do dente, segundo um *jig* posicional. O SS, ao medir uma amostra, pode apresentar os resultados de 3 formas: pela cor média do dente, por terços, ou através de mapas cromáticos detalhados. Neste estudo, foi utilizada a cor média do dente, podendo este cálculo reduzir a consistência do aparelho.

Ainda não foi proposto um protocolo estandardizado para a avaliação destes instrumentos de determinação de cor, no entanto, foi proposto que as escalas de cor, servem como padrão na medição da cor dos dentes.⁶ As guias de cor permitem fazer uma representação do dente natural, em termos de tamanho, cor e contorno. No entanto, podem ocorrer diferenças entre as guias de diferentes fabricantes. Além disso, a superfície irregular da guia de cor pode afetar a reflexão da luz espectral no aparelho e originar uma leitura errada.²⁸ As escalas de cor são a forma de comunicação entre médico dentista e técnico de prótese. Esta comunicação é independente de registo da cor, seja pelo método visual ou por um aparelho eletrónico, podendo originar erros. Estes erros podem ocorrer tanto na seleção de cor pelo médico dentista, como na sua replicação pelo técnico de prótese.^{28,38}

Os resultados deste estudo permitem a comparação entre os dois aparelhos testados, num ambiente *in vitro* controlado. A análise do desenho do estudo, tamanho da amostra, calibração dos operadores e as condições padronizadas corroboram a validade interna do estudo. Quanto à validade externa, é de referir que poderão existir alguns viéses, associados ao facto de as medições terem sido realizadas em guias de cor e não em

dentes naturais, que possuem uma natureza policromática e das condições de luz poderem não ser representativas das existentes em contexto clínico. Acrescenta-se que não foi feita a comparação destes métodos com a determinação visual da cor, o atual *gold standard*, não permitindo realizar conclusões acerca do desempenho clínico real destes aparelhos. São necessários estudos *in vivo* comparando estes aparelhos com a determinação visual, de modo a aferir o eventual benefício da sua utilização e o impacto das diferenças de leitura verificadas.

Conclusões

Considerando as limitações deste estudo, é possível concluir que:

- Os espectrofotómetros ES e SS apresentaram um bom desempenho geral para todos os parâmetros nas duas escalas, VC e VM.
- A reprodutibilidade dos 2 espectrofotómetros apresentou valores de concordância com classificação de moderado para VC e forte para VM.
- A sensibilidade e especificidade não foram iguais em todas as guias de cor das escalas VC e VM, verificando-se valores médios mais elevados na VM.
- A validade apresentou diferenças significativas entre os aparelhos para a escala VM, com um índice de exatidão do ES ligeiramente inferior ao do SS.

Responsabilidades éticas

Proteção de pessoas e animais. Os autores declaram que para esta investigação não se realizaram experiências em seres humanos e/ou animais.

Confidencialidade dos dados. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Direito à privacidade e consentimento escrito. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent.* 2009;101:193-9.
2. Browning WD. Use of Shade Guides for Color Measurement in Tooth-Bleaching Studies. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15:S13-S20.
3. Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. *J Dent.* 2004;32(SUPPL.):3-12.
4. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38(SUPPL. 2):2-16.
5. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent.* 2002;88(6):585-90.

6. Dozic A, Kleverlaan C, El-Zohairy A, Feilzer AJ. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont.* 2007;16(2):93-100.
7. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PCF, Kortzmit WJPM. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent.* 1990;63(2):155-62.
8. Karamouzos A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil.* 2007;34(8):613-21.
9. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance Assessment of Colorimetric Devices on Dental Porcelains. *J Dent Res.* 1989;68(12):1755-9.
10. Paravina RD, Powers JM, Fay R-M. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont.* 2002;15(1):73-8.
11. Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Martínez Vázquez De Parga JA, Celemín-Viñuela A. Study of natural teeth color according to toothguide 3d master through cluster analysis. *Color Res Appl.* 2014;41(1):101-7.
12. 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. *Dent Mater.* 2009;25(2):276-81.
13. Preston JD. Current status of shade selection and color matching. *Quintessence Int.* 1985;16(1):47-58.
14. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent.* 1973;29(5):556-66.
15. Brien WJO, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color-difference Equation for Dental Shades. *J Dent Res.* 1990;11:1762-4.
16. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *J Prosthet Dent.* 2003;89(1):50-3.
17. Henriques I, Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influência da técnica de acabamento e do tempo de exposição na estabilidade do bis acrílico. *Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac.* 2014;55:220-6.
18. Paul S, Peter a, Pietrobon N, Hämmerle CHF. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002;81(8):578-82.
19. Yuan JCC, Brewer JD, Monaco EA, Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent.* 2007;98(2):110-9.
20. Khashayar G, Dozic a, Kleverlaan C, Feilzer A. Data Comparison Between Two Dental Spectrophotometers. *Oper Dent.* 2012;37(1):12-20.
21. Ahn JS, Lee YK. Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *J Prosthet Dent.* 2008;100(1):18-28.
22. Corciolani G, Vichi A, Goracci C, Ferrari M. Colour correspondence of a ceramic system in two different shade guides. *J Dent.* 2009;37(2):98-101.
23. Gürel. *The Science and Art of Porcelain Laminate Venners.* Chicago: Quintessence; 2003.
24. Pascual Moscardó A, Camps Alemany I. Chromatic appreciation in the clinic and the laboratory. *Med oral, Patol oral y cirugía bucal.* 2006;11:E363-368.
25. Odaira C, Itoh S, Ishibashi K. Clinical evaluation of a dental color analysis system: The Crystaleye Spectrophotometer *J Prosthodont Res.* 2011;55(4):199-205.
26. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent.* 1998;80(6):642-8.
27. Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Da Silva JD, Miller L. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 1: Analysis and interpretation of tooth color. *J Esthet Restor Dent.* 2010;22(1):42-52.
28. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Dunford RG, Wee AG. In vitro model to evaluate reliability and accuracy of a dental shade-matching instrument. *J Prosthet Dent.* 2007;98(5):353-8.
29. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem medica.* 2012;22(3):276-82.
30. Lalkhen AG, McCluskey A. Clinical tests: Sensitivity and specificity. *Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain.* 2008;8(6):221-3.
31. Hajian-Tilaki K. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Analysis for Medical Diagnostic Test Evaluation. *Casp J Intern Med.* 2013;4(2):627-35.
32. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *J Prosthet Dent.* 1997;77(5):464-70.
33. Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent.* 2008;36(SUPPL. 1):2-7.
34. Kalantari MH, Ghorraishian SA, Mohaghegh M. Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita Easyshade and Degudent Shadepilot. *Eur J Dent.* 2017;11(2):196-200.
35. Sarafianou DDS A, Kamposiora DDS P, Papavasiliou DDS G, Goula DDS H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent.* 2012;107:178-85.
36. Lagouvardos PE, Lagouvardos PE, Fougia AG, et al. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthet Dent.* 2009;101(1):40-5.
37. King KA, Derijk WG. Variations of L*a*b* values among vitapan® classical shade guides: Basic science research. *J Prosthodont.* 2007;16(5):352-6.
38. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res.* 1990;69(5):1180-3.