



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**UTILIZAÇÃO DE UM ESPECTROFOTÓMETRO
EXPERIMENTAL PARA A MEDIÇÃO SIMULTÂNEA DE
COR E BRILHO EM MEDICINA DENTÁRIA: ESTUDO
PRELIMINAR COMPARATIVO**

Trabalho submetido por

Océane Alice El Bez Valente

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**UTILIZAÇÃO DE UM ESPECTROFOTÓMETRO
EXPERIMENTAL PARA A MEDIÇÃO SIMULTÂNEA DE
COR E BRILHO EM MEDICINA DENTÁRIA: ESTUDO
PRELIMINAR COMPARATIVO**

Trabalho submetido por

Océane Alice El Bez Valente

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

Prof^ª. Doutora Ana Cristina Mano Azul

E coorientado por

Prof. Doutor António Sales Delgado

Prof. Doutor Francisco Jorge Fernandes Caldeira

outubro 2022

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof. Doutora Ana Cristina Mano Azul, por todo o seu empenho, disponibilidade, exigência, confiança e apoio dado ao longo deste trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Doutor António Delgado, por todo o seu rigor, exigência, paciência, disponibilidade e apoio incondicional no decorrer deste projeto.

Ao meu coorientador, Prof. Doutor Francisco Jorge Fernandes Caldeira, pela sua simpatia, apoio, conhecimento e confiança por fazer parte do seu projeto do Centro de investigação interdisciplinar da Egas Moniz (CiiEM).

Ao Prof. Doutor Mário Polido pela disponibilidade e acesso ao Laboratório de Biomateriais.

À minha família, por me terem permitido alcançar este grande sonho e acreditarem sempre em mim, apesar de todos os obstáculos. Quero agradecer-vos por toda a dedicação, força e amor que me deram ao longo de toda a minha vida.

À minha mãe, que é o meu maior exemplo de sucesso e dedicação. Quero agradecer-lhe por todo o sacrifício, dedicação, paciência, amor e valores transmitidos. És uma mãe incansável, o meu maior orgulho.

Ao meu pai, não há palavra que defina a saudade. Por ter sido a minha estrela guia ao longo destes anos. Por me ter dado força para nunca desistir do que realmente sonhava. Espero que tenhas orgulho em mim.

À minha amiga Inês Coelho, por ter sido incansável e o meu maior apoio nesta fase final. A pessoa que aturou o meu mau humor, horas de choro e que nunca me deixou ir abaixo. A que sempre acreditou em mim, um enorme obrigado!

Ao meu amigo Diogo Brandão, que juntamente com a Inês criámos o trio imbatível das “Porteirinhas”. Improvável, mas das melhores pessoas que se cruzaram neste percurso académico.

Ao Doutor André Júdice por ter sido um mentor. Por acreditar nas minhas capacidades e me ter dado a oportunidade de participar num projeto como a Medicina Dentária Desportiva, pelo qual acredito e me apaixonei. Mais que um departamento, uma família!

RESUMO

Introdução: O sucesso estético de uma restauração está diretamente relacionado com as suas propriedades óticas e a sua avaliação, na prática clínica, é atualmente subjetiva.

Objetivos: Avaliar e comparar a cor e o brilho de 2 resinas compostas diretas, com auxílio de espectrofotômetro e brilhômetro. Avaliar a eficácia do novo instrumento experimental para medições óticas..

Materiais e métodos: Foram testadas 2 resinas compostas: 3MTM FiltekTM Supreme XTE (nanoparticulada) e 3MTM Filtek Z250 (microhíbrida). Foram confeccionados 12 discos de cada resina em estudo, tanto na cor A1 (n=6) como na cor A4 (n=6). Os 6 discos de cada cor foram alocados aleatoriamente em 2 subgrupos, em que em 3 discos foi realizado a fotopolimerização sobre uma matriz de *Mylar*, sem modificações adicionais, e nos outros 3 foi aplicado o protocolo de polimento com uma lixa de papel (320 grit SiC). No final, foi feita a avaliação da cor e do brilho de todas as amostras, com auxílio dos equipamentos padrão comerciais - SpectroShadeTM Micro e Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501 – e por um novo instrumento experimental de medição biaxial da cor e brilho (SARSPEC *Flex*), de modo a comparar os valores obtidos. Os dados laboratoriais foram analisados com recurso ao programa SPSS 28.0, com um nível de significância 5%.

Resultados: A variação da resina composta não teve impacto significativo na refletância e nos parâmetros L*, a* e b* ($p > 0,05$). A variação da cor teve resultados significativos nos parâmetros L* e b* ($p < 0,01$), mas não sobre a refletância ($p = 0,885$) ou sobre o parâmetro a* ($p = 0,068$). Os diferentes acabamentos de superfície têm apenas um impacto significativo sobre a refletância ($p = 0,004$) menos à exceção do parâmetro a* ($p = 0,897$). Por último, o aparelho SARSPEC *Flex* inovador, em comparação com os aparelhos comerciais de medição de cor e brilho obteve diferenças significativas em todos os parâmetros analisados ($p < 0,001$).

Conclusões: O SARSPEC *Flex* apesar de ser um instrumento inovador, com medição biaxial da cor e do brilho, ainda é muito experimental, sendo necessário desenvolver mais estudos de forma a promover melhores resultados.

Palavras-chave: resinas compostas, propriedades óticas, cor, brilho.

ABSTRACT

Introduction: The aesthetic success of a restoration is directly related to its optical properties and its evaluation, in clinical practice, is currently subjective.

Objectives: Evaluate and compare the color and brightness of 2 direct composite resins, with the aid of spectrophotometer and brillhometer. Evaluate the effectiveness of the new instrument for optical measurements.

Materials and Methods: Two composite resins were tested: 3MTM FiltekTM Supreme XTE (nanoparticle) and 3MTM Filtek Z250 (microhybrid). 12 discs of each resin under study were made, both in color A1 (n=6) and in color A4 (n=6). The 6 discs of each color were randomly allocated in 2 subgroups, in which in 3 discs, light curing was performed on a Mylar matrix, without additional modifications, and in the other 3 the polishing protocol was applied with a 320 grit SiC paper. In the end, the color and brightness of all samples were evaluated, with the aid of standard commercial equipment - SpectroShadeTM Micro and Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501 - and by a new experimental instrument for biaxial color and gloss measurement (SARSPEC *Flex*), to compare the values obtained. Laboratory data were analyzed using the SPSS 28.0 program, with a significance level of 5%.

Results: The variation of the composite resin had no significant influence on reflectance and parameters L*, a* and b* (p>0.05). The color variation had significant results in the parameters L* and b* (p<0.01), but not on the reflectance (p=0.885) or on the a* parameter (p=0.068). The different surface finishes have only a significant influence on reflectance (p=0.004) minus a* parameter (p=0.897). The SARSPEC Flex compared to the commercial color and gloss measuring devices obtained significant differences in all parameters analyzed (p<0.001).

Conclusion: The SARSPEC Flex, despite being an innovative instrument, with biaxial measurement of color and brightness, is still very experimental. More research is needed to foster better results..

Keywords: composite resins, optical properties, color, gloss.

ÍNDICE

RESUMO.....	1
ABSTRACT	3
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
I.INTRODUÇÃO.....	13
1. Dentisteria estética e materiais restauradores modernos	13
1.1. Materiais restauradores estéticos	15
1.2. Biomimetismo nas resinas compostas.....	15
1.3. Resinas compostas	16
1.3.1. Classificação das resinas compostas	18
1.3.1.1. Resinas compostas microparticuladas.....	18
1.3.1.2. Resinas compostas microhíbridas	19
1.3.1.3. Resinas compostas nanoparticuladas	19
1.3.1.4. Resinas compostas nanohíbridas.....	20
1.3.2. Propriedades das resinas compostas	21
1.3.2.1. Propriedades mecânicas	21
1.3.2.2. Propriedades óticas dos materiais dentários.....	23
1.3.2.2.1. Propriedades óticas primárias	23
1.3.2.2.2. Propriedades óticas secundárias.....	24
2. Cor.....	25
3. Brilho	27
4. Métodos de avaliação da cor e do brilho	28
4.1. Espectrofotometria	30

4.2. Glossmeter	32
4.3. Limitações e Enquadramento	32
II. OBJETIVOS E HIPÓTESES DE ESTUDO	35
1. OBJETIVOS	35
2. HIPÓTESES DE ESTUDO	35
III. MATERIAIS E MÉTODOS	37
1. Resinas compostas utilizadas	37
2. Protocolo Experimental	38
2.1 Análise da cor.....	40
2.2. Avaliação do brilho.....	41
2.3. Medição biaxial da cor e brilho.....	43
2.4. Análise estatística.....	46
IV. RESULTADOS.....	47
1. Resultados: estatística descritiva	47
2. Resultados de estatística inferencial: <i>Mann-Whitney U</i>	50
V. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	53
VI. CONCLUSÃO	59
VII. BIBLIOGRAFIA	61
VIII. ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Classificação das resinas compostas baseado nas modificações das partículas de carga inorgânica.....	18
Figura 2. Comparação das propriedades mecânicas das resinas compostas, consoante o tamanho médio de partículas de carga.....	21
Figura 3. Espectro eletromagnético: Luz Visível.....	26
Figura 4. Sistema de espaço de cores CIE L*a*b*	27
Figura 5. Métodos visuais de medição de cor	29
Figura 6. SpectroShade™ Micro.....	31
Figura 7. Opções de análise no SpectroShade Micro	31
Figura 8. Resinas composta Filtek™ Supreme XTE e Filtek™ Z250	37
Figura 9. Radiômetro Optilux.....	39
Figura 10. Calibração do espectrofotômetro SpectroShade Micro Optic.....	40
Figura 11. Fotografia dos azulejos, branco e verde, para a calibração do Spectroshade Micro Optic.	40
Figura 12. Fotografia do espectrofotômetro SpectroShade Micro Optic calibrado	41
Figura 13. Etapa de calibração do Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501	42
Figura 14. Esquema para a medição das amostras com o Glossmeter Micro-Gloss 60°.....	42
Figura 15. Posição exata do Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501	43
Figura 16. Equipamento da Sarspec para a medição dos valores CIE L*a*b* e da refletância	43
Figura 17. Medição biaxial da cor e do brilho com o SARSPEC Flex	44
Figura 18. Montagem da fibra ótica de luz LED num ângulo de 60°.....	45
Figura 19. Peça de calibração do instrumento SARSPEC Flex	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Espectrofotômetros comerciais.....	30
Tabela 2. Resina composta Filtek™ Supreme XTE.....	37
Tabela 3. Resina composta Filtek™ Z250	38
Tabela 4. Aleatorização das amostras.....	39
Tabela 5. Resultados de estatística descritiva para a resina Filtek Z250, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), para cada parâmetro analisado, separado pelo aparelho de medição.	48
Tabela 6. Resultados de estatística descritiva para a resina Filtek Supreme XTE, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), para cada parâmetro analisado, separado pelo aparelho de medição.	49
Tabela 7. Resultados inferenciais após aplicação dos testes não-paramétricos.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

Bis-EMA – Dimetacrilato de bisfenol A-etoxilado

Bis-GMA – Bisfenol A- glicidilmetacrilato

BPA – Bisfenol A

CIE L*a*b* – Comission *Internationale de L'Éclairage* L*a*b*

CV – Coeficiente de variação

DP – Desvio padrão

LED – *Light Emitting Diode*

SNC – Sistema nervoso central

TEGDMA – Dimetacrilato de trietileno-glicol

UDMA – Dimetacrilato de uretano

I.INTRODUÇÃO

Atualmente, em Medicina Dentária, a exigência estética é cada vez mais solicitada pelos pacientes e procurada pelos clínicos, de forma a obter uma reabilitação o mais semelhante possível ao dente natural (Mahn et al., 2018; Nahsan et al., 2012). De modo a alcançar uma aparência natural, a interação da luz com os materiais restauradores deve mimetizar a interação existente entre a luz e os dentes naturais (Ferraris et al., 2014). Por conseguinte, o principal desafio das restaurações estéticas é garantir a melhor combinação possível das propriedades óticas dos materiais restauradores com os dentes naturais (Ansarifard et al., 2021; Zafar et al., 2020).

De facto, o sucesso estético de uma restauração está diretamente relacionado com as suas propriedades óticas, tais como a cor, o brilho, a opalescência, a translucidez e a fluorescência. Para além disso, estes conceitos estão correlacionados com a natureza do material, as características da superfície, a iluminação, e até mesmo a capacidade do observador (Hosoya et al., 2011). Tendo por objetivo a reprodução da cor da dentição natural, tem-se vindo a desenvolver vários estudos que investigam as propriedades óticas, tanto a sua medição como a sua otimização (Kim & Kim, 2017).

1. Dentisteria estética e materiais restauradores modernos

A dentisteria estética tem como objetivo assemelhar as propriedades óticas dos materiais restauradores com os dentes naturais, de modo a garantir um biomimetismo perfeito (Mahn et al., 2018). O conceito de biomimetismo é altamente relevante e visa principalmente desenvolver materiais restauradores de maneira a reproduzir ou restaurar as características de um dente natural, tanto em termos de aparência como das suas competências biomecânicas e funcionais, face aos mecanismos naturais da cavidade oral (Zafar et al., 2020).

Materiais como as resinas compostas, a cerâmica dentária ou os cimentos de ionómero de vidro, são exemplos de materiais restauradores que geralmente são utilizados para restaurar tais características, por terem cor semelhante ao dente natural.

Em geral, a cerâmica e as resinas compostas têm potencial para imitar as características encontradas no esmalte e a dentina, respectivamente (Zafar et al., 2020).

As resinas têm sido cada vez mais utilizadas na medicina dentária moderna devido às suas inúmeras qualidades, tanto a nível da estética como das suas propriedades físicas e mecânicas (Alzraikat et al., 2018).

A medicina dentária restauradora tem como objetivo a substituição da estrutura dentária perdida, bem como restabelecer a forma e função do dente. As restaurações podem ser diretas e indiretas (Karunakar et al., 2022).

Ao contrário das restaurações indiretas, em que o contorno, o contacto interproximal e a oclusão são bem alcançados, as restaurações diretas exigem uma maior sensibilidade da técnica, não garantindo a reprodução da forma e oclusão ideais (Karunakar et al., 2022).

A amálgama, o cimento de ionómero de vidro e a resina composta são alguns exemplos de materiais utilizados em restaurações diretas (Karunakar et al., 2022).

As restaurações diretas com resina composta beneficiam de uma preparação conservadora dos dentes, o que reduz a probabilidade de envolvimento pulpar e de fratura no futuro. (Correia et al., 2005; Zafar et al., 2020).

Por outro lado, em casos de elevada perda de estrutura dentária é indicado restaurações indiretas em cerâmica, uma vez que é um material com maior longevidade, proporciona uma boa resistência à fratura e ao desgaste, uma maior resistência à compressão, quando comparadas às restaurações em resina composta. (Karunakar et al., 2022; Zafar et al., 2020).

Menezes-Silva et al. (2018) explica que os cimentos de ionómero de vidro apresentam propriedades interessantes como a biocompatibilidade e a libertação de flúor. Em contrapartida, as suas propriedades mecânicas são insuficientes para os indicar como material restaurador definitivo. Zafar et al. (2020) ainda reforça que os cimentos de ionómero de vidro, quando comparados às resinas compostas e cerâmicas, demonstram propriedade mecânicas significativamente inferiores, desta forma não são utilizados para restaurações em dentes sujeitos a grandes zonas de *stress* e cargas oclusais.

1.1. Materiais restauradores estéticos

O desenvolvimento de novos materiais restauradores permitiu que a dentisteria minimamente invasiva se tornasse uma área de interesse devido à biocompatibilidade e resistência dos materiais, os resultados estéticos e a estabilidade de cor, e a preparação mínima necessária (Aslan et al., 2019).

As cerâmicas, feldspáticas e vítreas, são exemplos de materiais restauradores indiretos que mimetizam o dente de forma ideal, devido às suas excelentes propriedades óticas (Zafar et al., 2020).

Como título de exemplo, Raptis et al. (2006) explica que as cerâmicas vítreas – fluorapatite, leucite ou dissilicato de lítio (Aslan et al., 2019) – são mais translúcidas comparadas com as metalo-cerâmicas, uma vez que a ausência de uma estrutura metálica minimiza a reflexão da luz, permitindo, assim, a transmissão e a difusão da luz incidente. Além das propriedades óticas, Aslan et al. (2019) ainda acrescenta que as cerâmicas vítreas apresentam excelentes propriedades mecânicas como resistência à fratura aceitável e também a forças compressivas. Em contrapartida, a cerâmica apresenta baixa resistência à flexão, o que a torna bastante frágil e dependente da estrutura dentária subjacente (Anusavice, 2021, cap. 4, pp. 65 – 83).

A evolução dos materiais restauradores estéticos e das suas propriedades, permitiu que as resinas compostas garantissem a reprodução exata da anatomia e estética dentária, que geralmente só era alcançada com recurso a restaurações indiretas em cerâmica (Correia et al., 2005).

1.2. Biomimetismo nas resinas compostas

Atualmente, as resinas compostas são os materiais restauradores diretos de eleição na prática clínica, uma vez que as suas propriedades óticas e mecânicas, quando comparadas às do esmalte e da dentina, asseguram uma substituição biomimética apropriada (Freitas et al., 2021; Zafar et al., 2020). Tal como referido, estes materiais garantem a reprodução exata da anatomia e estética dentária, que geralmente só era alcançada com as restaurações indiretas em cerâmica (Correia et al., 2005).

As resinas compostas estão disponíveis em diferentes opacidades, geralmente denominadas de opaco ou corpo, e tons de esmalte ou translúcido, que visa imitar as propriedades óticas de dentina e esmalte, respectivamente (de Abreu et al., 2020; Zafar et al., 2020). Assim, garante excelentes propriedades estéticas e óticas, o que possibilita ao clínico aproximar, o máximo possível, a cor e a morfologia das restaurações com a estrutura dentária (Zafar et al., 2020).

Além disso, as resinas compostas asseguram a preservação do dente, por realização de uma preparação mais conservadora, estética e, conseqüentemente, longevidade das restaurações (Vargas et al., 2013; Zafar et al., 2020).

1.3. Resinas compostas

As resinas compostas são materiais poliméricos que têm como principais componentes uma matriz orgânica constituída por diferentes monómeros, uma fase inorgânica de partículas de carga, geralmente vítreas, e um agente de união – os organossilanos (Alzraikat et al., 2018; Ferracane, 2011; Júnior et al., 2011).

A matriz orgânica é constituída não só por monómeros, mas também por inibidores, modificadores de cor e pelo sistema de iniciador/ativador (Júnior et al., 2011).

Um dos monómero de resina base é o Bisfenol A- glicidilmetacrilato (Bis-GMA), que está associado a diluentes como o dimetacrilato de trietileno-glicol (TEGDMA) (Júnior et al., 2011; Ferracane, 2011; Moszner & Salz, 2001). No entanto, a sua biocompatibilidade tem vindo a ser questionada devido ao seu componente Bisfenol A (BPA), que está associado a efeitos citotóxicos e a uma atividade estrogénica, o que leva a uma desregulação do sistema endócrino (Yin et al., 2016)

De modo a minimizar a exposição ao BPA, foram desenvolvidos novos materiais restauradores sem Bis-GMA, substituindo-o por outros monómeros não derivantes do mesmo, como dimetacrilato de bisfenol A-etoxilado (Bis-EMA) e dimetacrilato de uretano (UDMA) (Yin et al, 2016).

O UDMA é outro monómero comum na composição dos materiais à base de resina. Este monómero, contrariamente ao Bis-GMA, apresenta uma baixa viscosidade e uma elevada flexibilidade a nível da sua ligação estrutural. Por outro lado, os materiais

formulados à base de UDMA estão associados a uma elevada contração volumétrica, o que pode contribuir para o aparecimento de lesões de cárie secundária devido ao espaço resultante entre o material e o dente (Floyd & Dickens, 2006; Papakonstantinou et al., 2013).

As partículas inorgânicas podem ser, por exemplo, vidros de bário, quartzo, a sílica coloidal, que têm a função de melhorar as propriedades mecânicas, uma vez que reforçam a matriz e atuam como pontos de resistência a determinadas forças e tensões (Guo et al., 2022; Kumari et al., 2016; Watts, 2020). Para além disso, a matéria inorgânica providencia às resinas compostas alguns benefícios, nomeadamente, a redução da contração de polimerização, a redução da expansão e da contração térmica, o controlo da viscosidade, a redução da absorção da água e radiopacidade (Júnior et al., 2011). Por conseguinte, a matriz inorgânica melhora as propriedades físicas e dá estabilidade à matriz orgânica (Anusavice, Esquivel-Upshaw & Norling, 2021, cap. 13, pp. 90).

A evolução da composição das resinas compostas tem sido significativa. Até recentemente, estava relacionada com a fase inorgânica – a redução do tamanho das partículas de carga, o que aumenta assim a sua percentagem na composição, de modo a produzir resinas com maior resistência e eficiência no polimento (Ferracane, 2011).

Pinheiro de Melo et al. (2022) demonstrou que as resinas com partículas de carga de menores dimensões tendem a minimizar alterações nas características da superfície pelo desgaste dessas partículas, daí uma maior eficiência do polimento.

As alterações centralizam-se na matriz orgânica polimérica, em especial no desenvolvimento de resinas compostas com baixa contração de polimerização ou auto-adesivas à estrutura dentária (Han et al., 2012; Ferracane, 2011)

As resinas compostas podem ser classificadas de acordo com o tamanho médio das partículas inorgânicas nelas incorporadas, tal como ilustrado na Figura 1 (Ferracane, 2011).

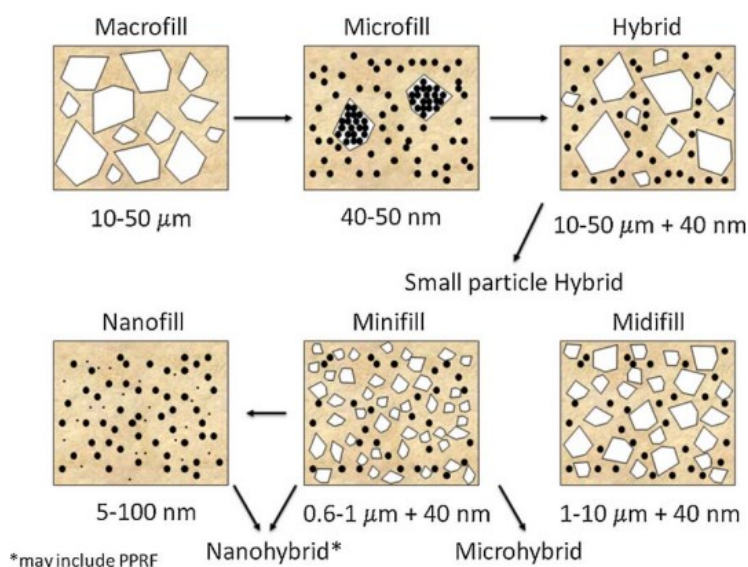


Figura 1. Classificação das resinas compostas baseado nas modificações das partículas de carga inorgânica. Imagem retirada de (Ferracane, 2011).

1.3.1. Classificação das resinas compostas

1.3.1.1. Resinas compostas microparticuladas

A grande desvantagem das resinas macroparticuladas é a rugosidade superficial, que advém do desgaste abrasivo da matriz. Consequentemente, viu-se a necessidade de serem desenvolvidas resinas com uma maior facilidade de polimento e manutenção de uma superfície tanto lisa como brilhante, assim como, melhores propriedades estéticas, surgindo as resinas microparticuladas (Ferracane, 2011; Ilie & Hickel, 2011). As resinas compostas microparticuladas são compostas por partículas de sílica coloidal ou pirogênica, da ordem dos 0,04 μm (Júnior et al., 2011).

As propriedades mecânicas, tais como a resistência e a rigidez são geralmente inferiores devido à baixa quantidade de partículas de carga inorgânica, o que limita a sua utilização em zonas de elevado stress oclusal e mastigatório (Ferracane, 2011; Júnior et al., 2011). Estas resinas apresentam baixos valores de resistência à flexão e tração, de módulo de elasticidade e de resistência à compressão, daí serem ideais para restaurações

estéticas de dentes anteriores que estão sujeitas a baixas tensões (Ilie & Hickel, 2011; Júnior et al., 2011).

1.3.1.2. Resinas compostas microhíbridas

As resinas microhíbridas foram criadas devido à necessidade de melhorar as propriedades mecânicas das resinas compostas (Anusavice, Esquivel-Upshaw & Norling, 2021, cap. 5, pp. 100).

A diferença entre as resinas híbridas e microhíbridas está relacionada com a proporção do tamanho das partículas de carga. As resinas microhíbridas resultam da junção de partículas de diferentes tamanhos, o que permite um maior preenchimento e coesão da superfície das resinas (Júnior et al., 2011). Estas combinam pequenas partículas, de 0,4 a 1 μm , com micropartículas de 0,04 μm (Ferracane, 2011).

Assim, o aumento da quantidade de carga inorgânica proporciona a estas resinas uma maior resistência à abrasão e ao desgaste, um menor coeficiente de expansão e contração térmica e uma baixa contração de polimerização. Além disso, têm uma boa capacidade de polimento, o que facilita a obtenção de textura semelhante à da superfície dentária (Júnior et al., 2011; Palin et al., 2003).

Portanto, devido às suas propriedades mecânicas, estéticas e à sua capacidade de polimento, as resinas microhíbridas têm indicação para restaurações, tanto posteriores como anteriores (Ferracane, 2011).

1.3.1.3. Resinas compostas nanoparticuladas

As resinas nanoparticuladas contêm nanopartículas, cujas dimensões variam entre 5 e 100 nm, e pequenos aglomerados destas, *nanoclusters*, que fornecem um mecanismo de reforço distinto quando comparado com as microparticuladas e as nanohíbridas. (; Ferracane, 2011; Júnior et al., 2011; Karabela & Sideridou, 2011).

A presença de *nanoclusters* nestas resinas permite um aumento da quantidade de partículas de carga, o que melhora as propriedades mecânicas. Em contrapartida, estes

aglomerados podem levar a uma diminuição dessas propriedades, uma vez que os *clusters* não estão quimicamente ligados uns aos outros (Anusavice, Esquivel-Upshaw & Norling, 2021, cap. 5, pp. 99-100).

O principal objetivo de incorporar nanopartículas em resinas compostas é criar materiais que possam ser usados para restaurar dentes tanto anteriores, com um elevado polimento e brilho inicial, como posteriores, com resistência suficiente ao stress oclusal (Alzraikat et al., 2018; Júnior et al., 2011; Watts, 2020). Para além disso, a redução das partículas de carga inorgânica para uma escala nanométrica possibilita a incorporação de uma maior quantidade de partículas, reduzindo assim a matriz orgânica e consequentemente, diminuindo a contração de polimerização (Fernandes et al., 2014; Júnior et al., 2011; Moszner & Salz, 2001).

Adicionalmente, a presença de *nanoclusters* aprimoram a ligação das partículas de carga à matriz orgânica, o que garante a inibição da absorção de água e um melhoramento ao nível resistência à fratura e ao desgaste, stress oclusal, resistência à tensão e flexão, dureza e módulo de elasticidade (Fernandes et al., 2014; Júnior et al., 2011; Karabela & Sideridou, 2011; Wang et al., 2015).

1.3.1.4. Resinas compostas nanohíbridas

As resinas compostas nanohíbridas resultam da combinação de nanopartículas (de 5 a 100 nm) com micropartículas (de 0,1 a 2µm) e partículas de sílica (40 nm) (Anusavice, Esquivel-Upshaw & Norling, 2021, cap. 5, pp. 88 – 100; Ferracane, 2011; Karabela & Sideridou, 2011).

A combinação destas partículas garante boas propriedades estéticas, elevada capacidade de polimento e boa retenção de brilho, que é adequado para dentes anteriores. Para além disso, a junção de partículas de diferentes proporções garante maior resistência para regiões de elevadas tensões mastigatórias, como a zona dos dentes posteriores (Angerame & de Biasi, 2018).

1.3.2. Propriedades das resinas compostas

1.3.2.1. Propriedades mecânicas

Qualquer material restaurador, bem como dentes naturais, deve ter integridade mecânica suficiente para permanecer em função na cavidade oral a longo prazo. Portanto, o estudo das propriedades mecânicas destes materiais tem elevada relevância clínica (Ferracane, 2011; Ilie et al., 2017). As propriedades mecânicas das resinas compostas correspondem às medições da resistência à fratura ou deformação, sob uma força extensa externa que é aplicada diretamente nela (Anusavice, Esquivel-Upshaw & Norling, 2021, cap. 5, pp. 105-110).

Além disso, nos últimos anos têm sido publicados vários estudos que corroboram a afirmação anterior. A título de exemplo, Ferracane (2011) apresentou uma visão geral das propriedades mecânicas para diferentes tipos de resinas compostas (Figura 2) e a correlação existente entre as propriedades com a matriz inorgânica destas.

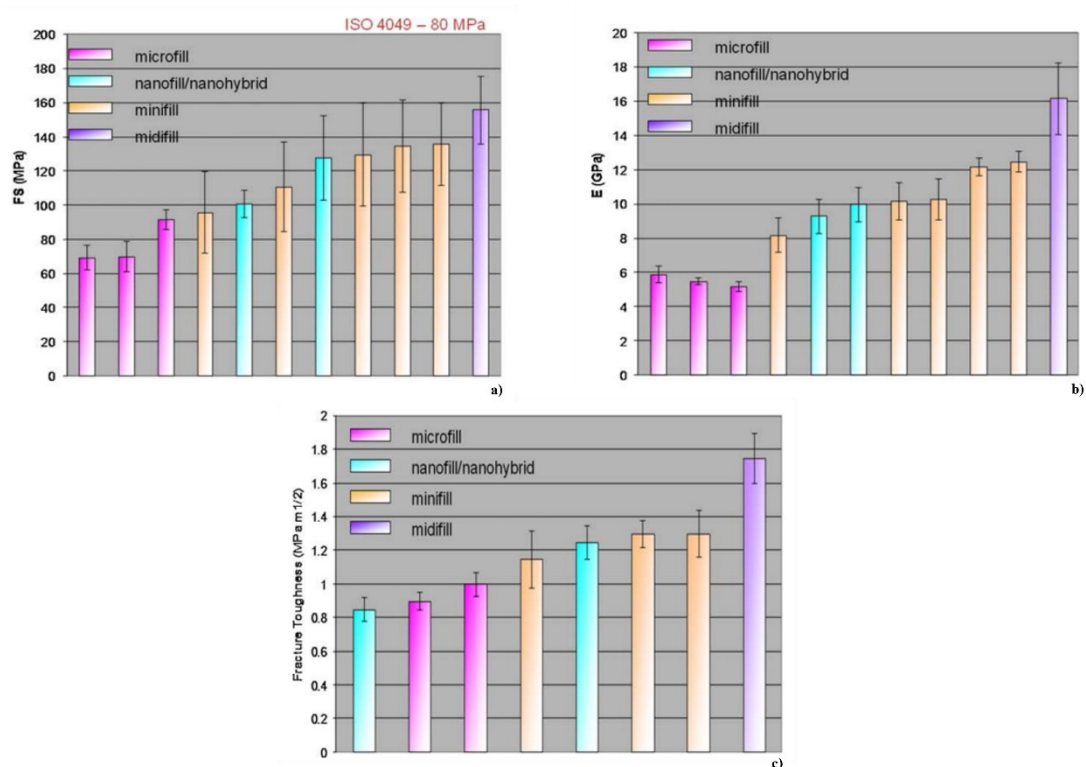


Figura 2. Comparação das propriedades mecânicas das resinas compostas, consoante o tamanho médio de partículas de carga: a) resistência à flexão b) módulo de elasticidade c) resistência à fratura. Imagem retirada de (Ferracane, 2011).

Assim sendo, o tamanho e a composição das partículas de carga influenciam as propriedades mecânicas, nomeadamente, a resistência à flexão, à compressão, à tração, ao desgaste e à fratura, assim como, o módulo de elasticidade (Lang et al., 1992). O aumento da quantidade de partículas de carga inorgânica, por redução do seu tamanho, leva à diminuição da contração de polimerização, do coeficiente de expansão e da absorção de água. Por outro lado, a resistência à compressão e à tração, a resistência ao desgaste e o módulo de elasticidade aumentam (Fernandes et al., 2014; Ferracane, 2011). Na verdade, tais propriedades influenciam, de forma significativa, a longevidade e o sucesso das restaurações (Fernandes et al., 2014).

Em geral, as resinas compostas têm uma resistência à fratura, bem como, uma resistência à tração e à flexão superiores ao ionómero de vidro, mas inferiores à cerâmica. Em contrapartida, apresentam valores inferiores de módulo de elasticidade em comparação com a amálgama (Ferracane, 2011).

Apesar das duas principais indicações para restaurações em resina composta serem a incorrência de cárie secundária e/ou fratura, esta última também é a principal causa do seu insucesso (Ferracane, 2011; Ilie et al., 2017). Por conseguinte, é de extrema importância garantir melhorias na força e na dureza, bem como na contração de polimerização, no coeficiente de expansão térmica e na absorção hidróscópica, de modo minimizar a probabilidade de fracasso (Ferracane, 2011). Caso contrário, pode resultar na microinfiltração das restaurações devido à falha da adesão e formação de fendas marginais, o que provocaria hipersensibilidade dentária e dor à mastigação ao paciente (Fernandes et al., 2014).

A resistência à fratura é a medida da resistência de um material à propagação de uma falha pré-existente, designado de *pre-crack*. Esta propriedade difere da força aplicada, na medida em que é inerente ao próprio material (Anusavice, Esquivel-Upshaw & Norling, 2021, cap. 5, pp. 105-110; Ilie et al., 2017).

Além do mais, Ilie et al. (2017) cita vários estudos que correlacionaram a resistência de fratura com fraturas dentárias em restaurações posteriores, assim como, falha marginal e desgaste do compósito.

Além disso, as resinas compostas apresentam um padrão de desgaste particular, que é influenciada diretamente pela sua composição, mais especificamente pelo tamanho, a

forma e a dureza das partículas de carga, a união da matriz inorgânica com a orgânica, e a dinâmica de polimerização (Pinheiro de Melo et al., 2022; Ilie et al., 2017).

Ferracane (2011) ainda comparou o módulo de elasticidade das resinas (Figura 2), isto é, a sua resistência à deformação elástica quando uma força é aplicada, (Ilie et al., 2017). Tal como a Figura 2 o ilustra, é possível correlacionar esta propriedade com a carga inorgânica do material (Ferracane, 2011; Ilie et al., 2017).

1.3.2.2. Propriedades óticas dos materiais dentários

Atualmente, verifica-se uma maior exigência por parte dos pacientes em obter restaurações dentárias com propriedades óticas excelentes (Angerame & De Biasi, 2018).

A estética dentária engloba quatro dimensões, sendo elas a forma tridimensional dos dentes e a dimensão ótica (Correia et al., 2005). Dentro da dimensão ótica, podem distinguir-se as propriedades óticas primárias como a matiz, o croma e o valor, associadas ao conceito da cor, e propriedades óticas secundárias como a fluorescência, a opalescência e a translucidez (Correia et al., 2005; Ferraris et al., 2014; Fondriest, 2012).

1.3.2.2.1. Propriedades óticas primárias

Tal como supramencionado, o conceito de cor está associado a três propriedades: o matiz, o croma e o valor (luminosidade) (Fondriest, 2012).

O matiz ou tonalidade da cor corresponde ao comprimento de onda dominante que é refletido do espectro da luz visível (Anusavice, Rawls, 2021, cap. 3, pp. 52 –57).

Por outro lado, o croma corresponde ao grau de saturação, ou seja, a concentração do matiz (Correia et al., 2005). O croma é inversamente proporcional ao valor, o que significa que, quando o croma aumenta, o valor diminui (Fondriest, 2012). O croma de um dente natural é conferido maioritariamente pela dentina. Portanto, a opacidade e a espessura do esmalte influenciam o grau de saturação do dente. Existem vários fatores, tanto intrínsecos como extrínsecos, que pode variar o grau deste, nomeadamente a

desidratação, o branqueamento e a idade, que tende a aumentar com o avançar da idade (Correia et al., 2005; Chu et al., 2017; Fondriest, 2012).

O valor é a soma total da quantidade de luz que é refletida por um objeto, ou seja, o grau de luminosidade da cor, permitindo fazer a distinção entre cores claras e escuras (Correia et al., 2005; Fondriest, 2012; Silva et al., 2021). Esta diferenciação permite reproduzir, de forma biomimética, a anatomia dentária, pois proporciona uma ilusão ótica quanto à posição, forma e tamanho (Fondriest, 2012; Silva et al., 2021). Por conseguinte, o valor é uma das propriedades mais importantes aquando da seleção da cor (Silva et al., 2021).

1.3.2.2.2. Propriedades óticas secundárias

Um material restaurador estético apresenta apenas propriedades óticas ideais quando reflete ou dispersa luz fluorescente de uma forma semelhante ao dente natural (Meller & Klein, 2015).

A fluorescência define-se pela capacidade que um objeto tem de absorver energia de radiação ultravioleta e emitir em comprimentos de onda de luz visível. (Salgado et al., 2013; Villarroel et al., 2011).

Um dente natural gera um máximo de emissão de fluorescência visível pela estimulação da radiação ultravioleta com um comprimento de onda de aproximadamente de 400 nm (Meller & Klein, 2015). A dentina, por sua vez, possui um elevado conteúdo orgânico, que é fotossensível à radiação ultravioleta. Por conseguinte, tem uma capacidade de fluorescência três vezes maior que a do esmalte (Chu et al., 2017; Salgado et al., 2013).

Segundo o estudo de Meller & Klein (2015), mudanças na componente ultravioleta (UV) da luz artificial ou até a simples luz do dia influenciam a cor das restaurações em resina composta, conseqüente de uma falha metamérica iluminante. Assim sendo, os materiais restauradores estéticos devem ter propriedades de fluorescência comparáveis às dos dentes naturais. No entanto, a fluorescência das resinas compostas ainda não mimetiza a da dentição natural (Meller & Klein, 2015).

Outra propriedade ótica secundária é a opalescência, que consiste na dispersão de determinados comprimentos de onda da luz visível, através da reflexão e transmissão. É característico do esmalte dentário, principalmente na zona do terço incisal. O esmalte permite a passagem da luz até à dentina, mas a presença de cristais de hidroxiapatite no esmalte leva à reflexão da luz, em comprimentos de onda pequenos, associados a uma cor azulada (Salgado et al., 2013).

Tanto a opalescência e a fluorescência são propriedades responsáveis pelo brilho intrínseco dos dentes (Salgado et al., 2013). Apesar de serem características difíceis de reproduzir, é importante mimetizá-las quando são realizadas restaurações estéticas. Daí ser importante garantir que os materiais restauradores possuem componentes que permitem uma interação da luz semelhante à que acontece com os dentes naturais (Fondriest, 2012; Salgado et al., 2013).

Atualmente, as propriedades óticas das resinas compostas e, em especial a translucidez, aproximam-se da dentição natural. Essa semelhança permite que uma restauração seja impercetível, garantindo, desta forma, o biomimetismo. (Correia et al., 2005; Salgado et al., 2013).

A translucidez consiste na transmissão e difusão de luz através de um dente, isto é, a quantidade de luz que passa pela unidade de espessura (Correia et al., 2005; Salgado et al., 2013). Sendo que, resulta num equilíbrio entre a transparência e a opacidade, ou seja, tanto o esmalte como a dentina apresentam translucidez, contudo é predominante no esmalte. (Correia et al., 2005),

2. Cor

A cor tem extrema relevância num tratamento reabilitador, uma vez que possibilita uma maior semelhança ao dente natural (Ferraris et al., 2014). Esta é influenciada por vários fatores, tais como, a distribuição espectral da energia presente na luz circundante, a sensibilidade ótica do observador e a cor do substrato dentário (Pires et al., 2017).

O efeito da cor da dentição natural resulta da combinação da luz que é refletida e dispersa pelo esmalte e a camada subjacente de dentina (Brook et al., 2007). Por conseguinte, para compreender o conceito da cor é necessário recordar alguns conceitos

físico-químicos, tais como, o fenómeno da luz, o espectro eletromagnético, a reflexão, a refração, a transmissão e a absorção (Anusavice, Rawls, 2021, cap. 3, pp. 52 –57; Silva et al., 2021). O fenómeno da cor é uma resposta psicofísica à interação física da energia da luz com uma superfície, que a transmite, reflete e/ou absorve e a experiência subjetiva do observador (Chu et al., 2017; Goldstein, Paravina, 2018, cap. 10, pp. 271-292; Joiner, 2003).

Deste modo, a cor é fundamentalmente subjetiva, resultante do estímulo recebido pelos olhos e interpretado pelo cérebro. A retina contém vários recetores de cor, ou seja, estruturas que são sensíveis a regiões específicas do espectro da luz visível. De seguida, o sistema nervoso central (SNC) interpreta esse estímulo ou combinação destes, que resulta na perceção de uma cor em particular (Goldstein, Paravina, 2018, cap. 10, pp. 271-292; Salgado et al., 2013).

Uma fonte de luz pode emitir energia radiante numa gama de comprimentos de onda e é caracterizada pela quantidade de energia emitida por cada comprimento de onda no espectro de luz visível (Joiner, 2013). Em suma, pode ser detetada pelo olho humano que é sensível somente a uma faixa estreita de comprimento de onda, compreendida entre os 400 nm e 700 nm – Figura 3 (Goldstein, Paravina, 2018, cap. 10, pp. 271-292).

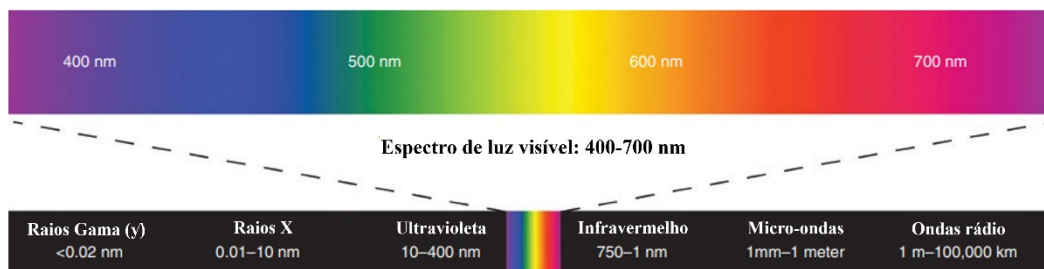


Figura 3. Espectro eletromagnético: Luz Visível. Imagem adaptada de (Goldstein, Paravina, 2018, cap.10, pp. 272).

A visão humana percebe a cor de forma tridimensional, daí a necessidade de criar um sistema de identificação e organização das cores em três dimensões (Salgado, 2013). Atualmente, o sistema mais utilizado é o espaço de cores CIE $L^*a^*b^*$, como representado na Figura 4 (Anusavice, Rawls, 2021, cap. 3, pp. 52 –57; Chu et al., 2017).

Este sistema consiste num espaço numérico tridimensional, que contém um número infinito de possíveis representações de cores. Cada cor é definida pela sua localização dentro do sistema através das coordenadas L^* , a^* e b^* . Estas coordenadas são representadas por valores absolutos, com um valor predefinido. L^* representa a luminosidade (valor), que varia entre $L^* = 0$ (cor mais escura – preto) e $L^* = 100$ (cor mais brilhante – branco). A coordenada a^* corresponde à tonalidade da cor, definida pelo eixo vermelho-verde, em que o verde corresponde aos valores negativos e o vermelho aos valores positivos. Por fim, a coordenada b^* representa a intensidade da cor, que está associada ao eixo vertical amarelo-azul. O amarelo representa valores positivos e o azul valor negativos (Anusavice, Rawls, 2021, cap. 3, pp. 52 –57; Chu et al., 2017; Goldstein, Paravina, 2018, cap. 10, pp. 271-292)

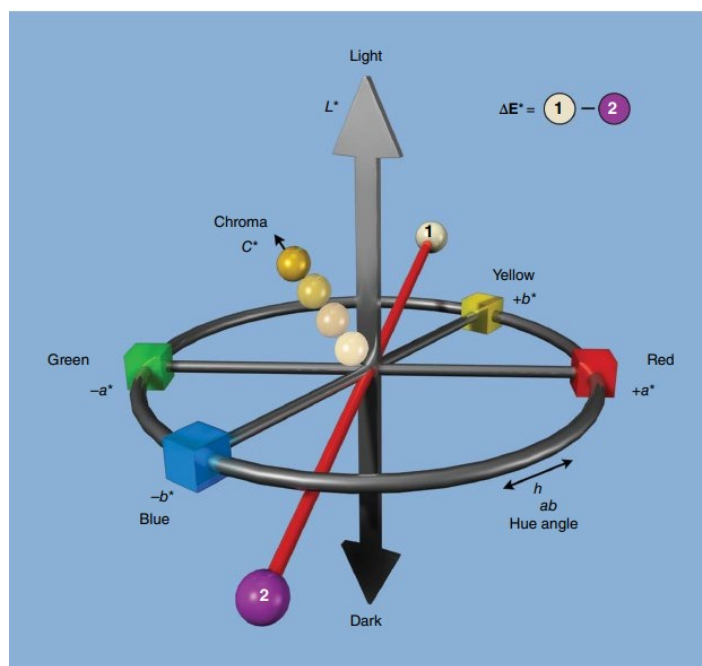


Figura 4. Sistema de espaço de cores CIE $L^*a^*b^*$. Imagem retirada de (Goldstein, Paravina, 2018, cap. 10, pp. 273).

3. Brilho

O brilho (*gloss*) resulta da distribuição geométrica da luz refletida pela superfície, isto é, o grau de aproximação a uma superfície espelhada – superfície com brilho máximo (Lassila et al., 2020; Obein et al., 2004).

Sabendo que a aparência de uma restauração está relacionada com o grau de brilho após o polimento e com a quantidade de luz refletida que, normalmente é superior à da cor do material restaurador, é crucial obtermos valores de brilho o mais semelhante possível entre a restauração e a cor do dente natural (Lopes et al., 2018).

Este fenómeno ótico está intimamente relacionado com a rugosidade de superfície e, conseqüentemente, a qualidade do acabamento (Freitas et al., 2020), processo pelo qual se removem defeitos ou riscos, excessos e contornos grosseiros de modo a manter a anatomia desejada e criar uma transição suave entre a restauração e superfície dentária (Ergücü & Türkün, 2007; Anusavice, Antonson, 2021, cap.16, pp. 337-338; Vargas et al., 2013) e polimento, que reduz a rugosidade da superfície e remove todos os riscos produzidos pelos instrumentos de acabamento, dando uma camada de brilho à restauração (Ergücü & Türkün, 2007; Anusavice, Antonson, 2021, cap.16, pp. 337-338).

Uma restauração bem polida e com bom contorno diminui a probabilidade de adesão de microrganismos e conseqüente formação de biofilme, promovendo a saúde periodontal (Rodrigues-Junior et al., 2015; Salgado et al., 2013). Para além disso, uma técnica de acabamento e polimento aumenta a longevidade e estética das restaurações (Lemos et al., 2017; Salgado et al., 2013).

Ainda, o brilho é influenciado por outros fatores, nomeadamente, diferenças nos índices de refração da matriz resinosa e partículas de carga (Salgado et al., 2013). De facto, a difusão da luz refletida é inferior em partículas de menores dimensões, dando uma aparência mais brilhante à superfície de resina composta (Antonson et al., 2011).

4. Métodos de avaliação da cor e do brilho

A avaliação da cor dentária pode ser realizada por dois métodos: visual ou instrumental. O método visual recorre a escalas de cores que se baseiam em amostras representativas da média das cores verificadas e existentes nos dentes humanos, como por exemplo (Chu et al., 2017; Correia et al., 2005):

- Escala VITA Classical: composta por dezasseis cores e organizada por matiz e cor (Figura 5a).

- Escala VITA Tooth Guide 3D-Master: desenvolvida mais recentemente como *upgrade* da escala VITA Classical. Para além da comparação direta entre a cor do dente e da escala, combina uma sequência da seleção da cor que engloba três passos, pela seguinte ordem: valor, croma e matiz (Figura 5b).

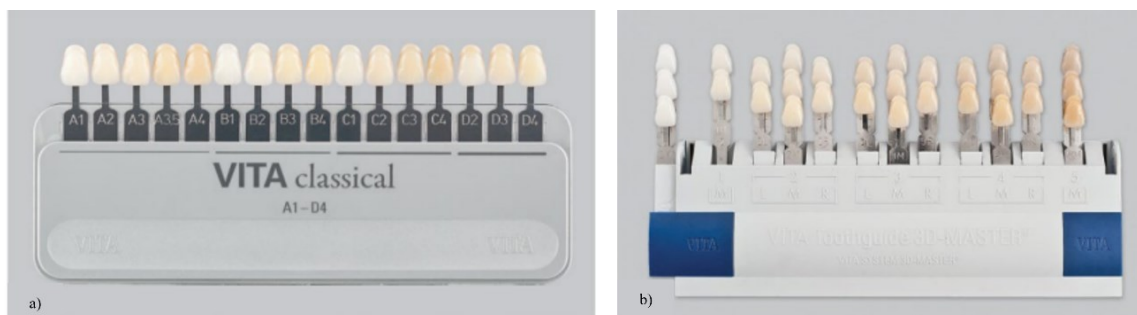


Figura 5. Métodos visuais de medição de cor: a) Escala VITA Classical; Escala VITA Tooth Guide 3D-Master. Imagens retiradas de (Goldstein, Paravina, 2018, cap. 10, pp. 277).

Apesar de ser o método mais utilizado para a seleção da cor na prática clínica, é impreciso, pois está dependente da capacidade observacional e subjetiva do profissional. Além disso, depende de outros fatores que influenciam a avaliação da cor dentária, por exemplo, a anatomia e polimorfismo, a idade, o género, a sensibilidade ótica do observador, a fadiga ocular, a luminosidade, a translucidez e as propriedades do material restaurador (Lehmann et al., 2010, Pires et al., 2017).

Perante este problema, viu-se a necessidade de serem desenvolvidos instrumentos que quantificassem a cor, de forma objetiva e quantitativa, designados de espectrofotómetros (Correia et al., 2005; Chu et al., 2017). Para corroborar, Della Bona et al. (2009) verificou um aumento de 33% da precisão em 93,5% dos casos de medição espectrofotométrica, em comparação à determinação visual.

4.1. Espectrofotometria

A espectrofotometria consiste numa técnica analítica que utiliza a luz para medir a concentração de soluções através da interação da luz com a matéria. Os espectrofotômetros têm como função, medir a refletância espectral ou a curva de transmitância de uma amostra (Goldstein, Paravina, 2018, cap.10, pp. 271-292).

Atualmente, existem várias opções comerciais de espectrofotômetros (Tabela 1), como o Vita Easyshade Compact (Vita Zahnafabrik, Alemanha) e SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Suíça) (Khurana et al., 2007; Salgado et al., 2013). Estes diapositivos são divididos em duas categorias: diapositivos de medição localizada (Vita Easyshade Compact), em que medem apenas uma pequena área do dente que é determinada pela abertura do aparelho, geralmente é 3 mm², e diapositivo de medição completa do dente (SpectroShade Micro) (Khurana et al., 2007).

Tabela 1. *Espectrofotômetros comerciais (Khurana et al., 2007).*

Marca Comercial	Fabricante	Tipo de medição	Ano de lançamento
Spectroshade	MHT Optic Research AG, Niederhasli, Suíça	Medição completa do dente	2001
Vita Easyshade	Vident, Brea, USA	Medição localizada	2002

O SpectroShadeTM Micro (Figura 6), aparelho que será utilizado neste trabalho experimental, consiste num diapositivo que combina uma câmara digital a um espectrofotômetro de tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) (Goldstein, Paravina, 2018, cap.10, pp. 271-292). Para além da medição precisa da cor, esta combinação permite distinguir as diferentes cores existentes entre os dentes naturais assim como dos materiais restauradores (Medical High Technologies, 2006).



Figura 6. SpectroShade™ Micro. Imagem retirada de (Goldstein, Paravina, 2018, cap. 10, pp. 285)

No que toca à utilização do SpectroShade™ Micro, antes de qualquer medição é crucial a calibração do mesmo, de acordo com as instruções do fabricante. Em seguida, uma fonte de luz é direcionada, num determinado ângulo, contra um objeto. Quando a luz incide na superfície dentária é monocromática e esta é refletida em várias direções. A partir daí, o software analisa cerca de dois milhões de pontos de referência, dando nos um mapa cromático de cada dente (Figura 7b). Para além disso, é possível obter a análise dos valores CIE L*a*b*, das escalas VITA Classical (Figura 7a) e VITA Tooth Guide 3D-Master, bem como a translucidez e uma avaliação da cor de cada terço: incisal, médio e incisal (Figura 7c) (Medical High Technologies, 2006).



Figura 7. Opções de análise no SpectroShade Micro: a) avaliação global da cor do dente, cuja linha verde representa a geometria exata do dente; b) mapa cromático do dente; c) avaliação da cor dos terços cervical, médio e incisal. Imagens retiradas de (Medical High Technologies, 2006).

4.2. Glossmeter

A medição do brilho, de acordo com dados meta-analíticos recentes, correlaciona-se diretamente com a avaliação da rugosidade de superfície, sendo por isso possível uma inferência direta sobre a qualidade do acabamento e polimento efetuado pelo clínico (Pinheiro de Melo et al., 2022). Esta avaliação é importante, uma vez que até à data, esta determinação era altamente subjetiva.

A medição quantitativa do brilho é efetuada através de um aparelho denominado *Glossmeter*, dando medidas em *gloss units* (GU) (Lassila et al., 2020; Zhang et al., 2021). O equipamento emite uma fonte de luz que é direcionada para a superfície da amostra, a um ângulo de aproximadamente 60°, medindo a intensidade da luz refletida, que é posteriormente comparada a um valor de referência. Posto isto, é primordial a calibração do equipamento antes de iniciar as medições, de modo a obter os valores de referência para um vidro preto ou um espelho para ser possível comparar os resultados obtidos (Zhang et al., 2021).

4.3. Limitações e Enquadramento

Atualmente, na prática clínica, a avaliação do acabamento e polimento das restaurações, bem como das suas propriedades óticas ainda continua a ser subjetiva, estando dependente da capacidade observacional do clínico e da auto percepção do paciente.

No entanto, a exigência estética é cada vez mais solicitada pelos pacientes e, procurada pelos clínicos. Deste modo, caracterizar e reproduzir a cor continua a ser um dos maiores desafios da Medicina Dentária (Khurana et al., 2007; Nahsan et al., 2012).

Khurana et al. (2007) revela a importância de serem desenvolvidos novos aparelhos de medição e conclui que o SpectroShade™ Micro, apesar de ser o diapositivo mais vezes testado, não é indicador de precisão. Ainda, demonstrou não ser possível correlacionar com a medição visual.

O brilho é outro parâmetro clínico importante a avaliar, estando relacionado com a rugosidade de superfície (Pinheiro de Melo et al., 2022; Freitas et al., 2020) o que, conseqüentemente, pode causar uma aparência estética insatisfatória e pode afetar a saúde oral, promovendo a acumulação da placa bacteriana (Zhang et al., 2021). Estes fatores comprometem o sucesso da restauração a longo prazo.

Zhang et al. (2021) comprova também que a qualidade da superfície é influenciada pela composição dos materiais restauradores, instrumentos de avaliação utilizados, bem como o desempenho do clínico.

Apesar da cor e do brilho terem sido amplamente estudados em restaurações dentárias (Egilmez et al., 2012; Lassila et al., 2020; Lemos et al., 2017; Zhang et al., 2021), ainda não existe um instrumento que consiga avaliar, de forma conjunta e fiável, ou que possa ser aplicado diretamente. Torna-se por isso muito importante o desenvolvimento de um novo aparelho, bem como a sua comparação com os aparelhos comerciais (espectrofotômetro e brilhômetro) existentes, de forma a colmatar as lacunas existentes neste campo de investigação.

Posto isto, o objetivo deste estudo é avaliar e comparar a cor e o brilho de resinas compostas, com recurso a instrumentos comerciais, SpectroShade™ Micro (espectrofotômetro) e Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501 (brilhômetro).

Além disso, comparar esses valores com um novo dispositivo experimental, de medição biaxial (espectrofotômetro e brilhômetro), avaliando a sua eficácia. Caso se comprove a sua eficiência, a introdução de um novo instrumento de avaliação teria extrema relevância clínica, pois asseguraria o cumprimento da exigência estética atual bem como um bom acabamento e polimento.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESES DE ESTUDO

1. OBJETIVOS

- Avaliar a variação da cor e do brilho em função do polimento e composição da fase particulada de duas resinas compostas comerciais.
- Comparar o novo instrumento experimental de medição biaxial da cor e do brilho com instrumentos comerciais de referência.

2. HIPÓTESES DE ESTUDO

Hipótese Nula 0.1: Não existem diferenças significativas nos valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância quando se comparam as medições feitas com os aparelhos de medição convencionais – SpectroShade Micro Optic (espectrofotômetro) e Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501 (brilhômetro) – e o espectrofotômetro/brilhômetro experimental para as resinas compostas estudadas.

Hipótese Alternativa 1.1: Existem diferenças significativas nos valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância quando se comparam as medições feitas com o espectrofotômetro SpectroShade Micro Optic e o espectrofotômetro/brilhômetro experimental para as resinas compostas estudadas.

Hipótese Nula 0.2: Os diferentes acabamentos de superfície não têm um efeito significativo sobre os valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância, das diferentes resinas compostas estudadas.

Hipótese Alternativa 1.2: Os diferentes acabamentos de superfície têm influência sobre os valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância, das diferentes resinas compostas estudadas.

Hipótese Nula 0.3: A variação da resina composta (tamanho médio das partículas de carga) não tem um efeito significativo sobre os valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância.

Hipótese Alternativa 1.3: A variação da resina composta (tamanho médio das partículas de carga) interfere nos valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância.

Hipótese Nula 0.4: A variação de cor (A1 e A4) da resina composta não tem efeito significativo nos valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância.

Hipótese Alternativa 1.4: A variação de cor (A1 e A4) da resina composta tem influência nos valores CIE $L^*a^*b^*$ e de refletância.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Resinas compostas utilizadas

Para a realização do trabalho experimental foram selecionadas 2 resinas compostas comerciais (Figura 8), uma nanoparticulada e uma microhíbrida, conforme a Tabela 2 e 3.

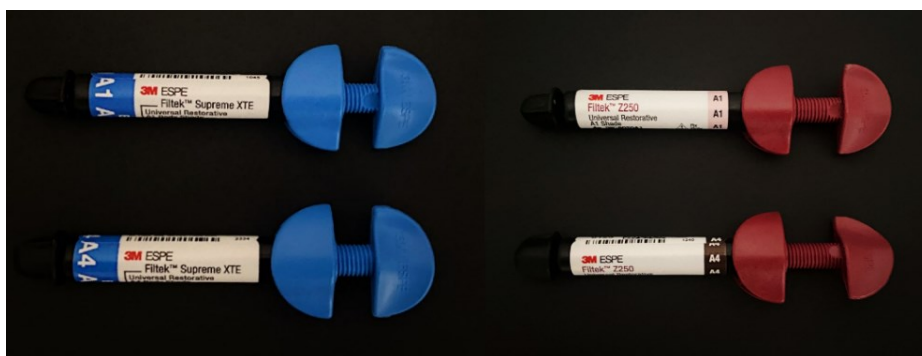


Figura 8. Resinas composta Filtek™ Supreme XTE e Filtek™ Z250

Tabela 2. Resina composta Filtek™ Supreme XTE (3M ESPE, 2010)

Filtek™ Supreme XTE	Fabricante	3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA
	Classificação	Nanoparticulada
	Cor	A1, A4
	Composição	Matriz: Bis-GMA, TEGDMA, UDMA e Bis-EMA Filler: Zr-Si (<i>Nanoclusters</i>), SiO ₂ (Nanopartículas)
	Tamanho de partículas	Zr-Si: 0,6 – 1,4 µm SiO ₂ : 20 nm
	Conteúdo de carga inorgânica	63,3% por volume
	Lote	NE08913 NF19340

Tabela 3. Resina composta Filtek™ Z250 (3M™ Oral Care, 2022)

Filtek™ Z250	Fabricante	3M ESPE, St. Paul, Minesota, USA
	Classificação	Microhíbrida
	Cor	A1, A4
	Composição	Matriz: Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA (6) Filler: Zr-Si
	Tamanho de partículas	Si, Al ₂ O ₃ , Zr: 0,01 – 3,5 µm Tamanho médio: 0,6 µm
	Conteúdo de carga inorgânica	82% por peso 60% por volume
	Lote	NF29014 NF26540

2. Protocolo Experimental

1. Foram preparadas 24 amostras, sob forma de disco – 12 discos de cada resina composta, 6 discos na cor A1 e 6 discos na cor A4 (Escala Vita, VITAPAN® classical Vita Zahnfabrik – Bad Säckingen, Germany). Utilizaram-se moldes circulares de aço inoxidável, com 10 mm de diâmetro x 1 mm de espessura.
2. O material restaurador foi colocado no molde com auxílio de uma espátula angulada e espátula reta.
3. Colocou-se -se, de seguida, uma matriz de acetato, de modo a impedir a formação de uma camada de oxigénio na superfície da resina, de maneira a não influenciar a reação de fotopolimerização (Aytac et al., 2016). Posteriormente, colocou-se uma placa de vidro por cima da matriz de *Mylar*, aplicando uma força constante, com o intuito de nivelar a superfície e permitir o extravasamento de eventuais excessos de material.
4. Em seguida, procedeu-se à fotopolimerização, durante 40 segundos (sem qualquer distância da placa de vidro) com um fotopolimerizador Elipar Deep-cure-S LED (3M ESPE, st. Paul, MN, EUA), com uma intensidade média de 900 mW/cm². A intensidade da energia luminosa foi monitorizada regularmente com radiómetro

reportada por um radiômetro Optilux, nº de série 115651 (Demetron Research Corporation, Danbury, EUA) – Figura 9.

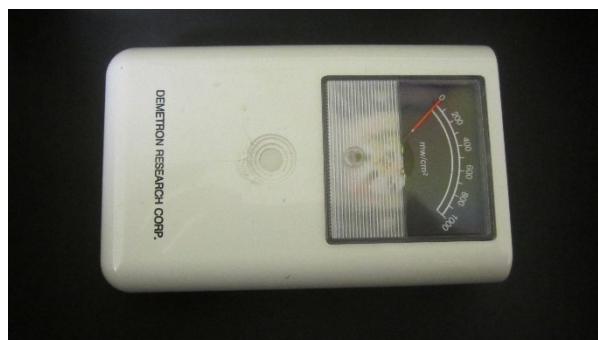


Figura 9. Radiômetro Optilux

5. Foram alocados aleatoriamente os 6 discos de cada cor em 2 subgrupos (Tabela 4), com auxílio do site <https://www.random.org/>, uma vez que em 3 discos foi feita a fotopolimerização sobre uma matriz de *Mylar*, supramencionada, sem modificações adicionais e os outros 3 foram submetidos a um protocolo de polimento com um papel abrasivo de óxido de alumínio (320 grit SiC paper) (DEXTER, Leroy Merlin, ADEO, França)

Tabela 4. Aleatorização das amostras

Cor	Filtek™ Supreme XTE				Filtek™ Z250			
	A1		A4		A1		A4	
Polimento	Não polido	Polido	Não polido	Polido	Não polido	Polido	Não polido	Polido
Número da amostra	5	3	5	4	6	1	4	1
	6	4	1	3	5	2	5	3
	1	2	2	6	3	4	2	6

2.1 Análise da cor

Após a preparação das amostras, foi medida a cor, recorrendo a um espectrofotômetro comercial – SpectroShade Micro Optic (MHT S.p.A., Arbizzano di Negar, Itália).

1. Antes de efetuar qualquer medição das amostras a testar, foi feita a calibração do equipamento acima referido (Figura 12). Esta etapa foi repetida a cada 3 medições. Por norma, na base do SpectroShade existem dois azulejos (Figura10), um branco e outro verde. De acordo as instruções do fabricante, sempre que é feita a calibração, é necessário remover o aparelho da base e colocar a zona de leitura primeiro contra o azulejo branco seguido do azulejo verde. No entanto, essas duas peças encontravam-se fora da base (Figura 11). Posto isto, realizou-se a calibração fora desta.



Figura 10. Calibração do espectrofotômetro SpectroShade Micro Optic. Imagem retirada de (Medical High Technologies, 2006).



Figura 11. Fotografia dos azulejos, branco e verde, para a calibração do Spectroshade Micro Optic.

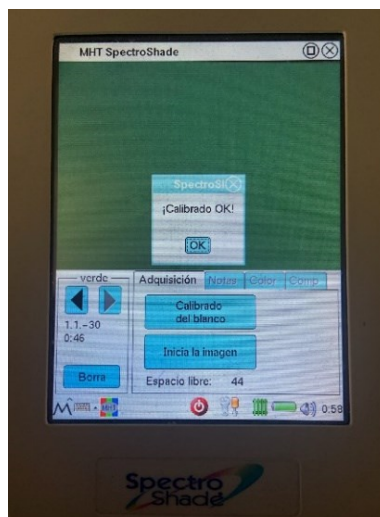


Figura 12. Fotografia do espectrofotômetro SpectroShade Micro Optic calibrado

2. As medições foram efetuadas numa caixa retangular preta pré-fabricada (de modo a eliminar, o máximo possível, a influência da luz natural), todas à mesma distância, com recurso do espectrofotômetro SpectroShade Micro Optic (MHT S.p.A., Arbizzano di Negar, Itália), presente no laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz.
3. Foi feito o contorno da amostra para destacar a zona da amostra a analisar.
4. Todos os dados referentes ao sistema CIE $L^*a^*b^*$ foram recolhidos e registados com recurso ao programa *Microsoft Excel* para Windows 11 Home, versão 21H2 (ASUSTeK Computer Inc., Beitou, Taipei, Taiwan) de modo a realizar a avaliação do parâmetro da cor.

2.2. Avaliação do brilho

A avaliação do brilho foi feita com o equipamento Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501 (BYK Additives & Instruments, Gertsried, Alemanha), existente no laboratório de investigação da Empresa Hempel, Lda.

1. Antes de efetuar qualquer medição, foi feita a calibração do equipamento acima mencionado. Para esta etapa é necessário colocar o instrumento na sua base e selecionar calibração. Por fim, o Glossmeter Micro-Gloss 60° indica que está preparado para a medição das amostras (Figura 13), podendo prosseguir para a medição da refletância dos discos de resina.



Figura 13. Etapa de calibração do Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501

2. Para as medições das amostras, criou-se uma pequena área de 10 mm de diâmetro numa cartolina branca (formato A4), de modo a estabilizar os discos nessa área e facilitar centralizar o aparelho de medição. Tal como é possível observar nas Figuras 14 e 15. Todas as amostras foram medidas com uma geometria de ângulo de 60°, de acordo com as normas ISO 2813 (2014).

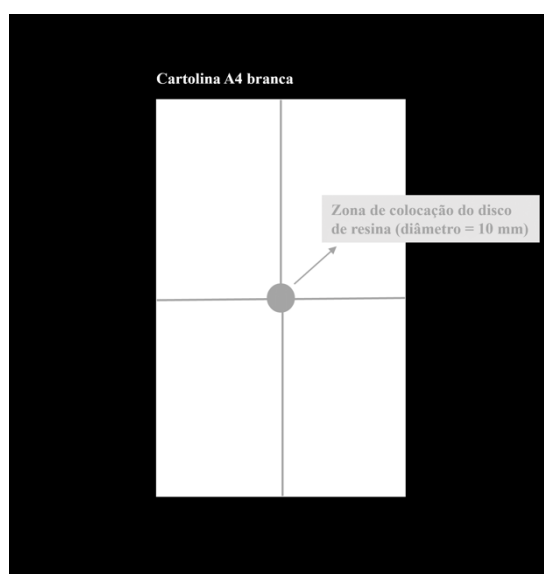


Figura 14. Esquema para a medição das amostras com o Glossmeter Micro-Gloss 60°

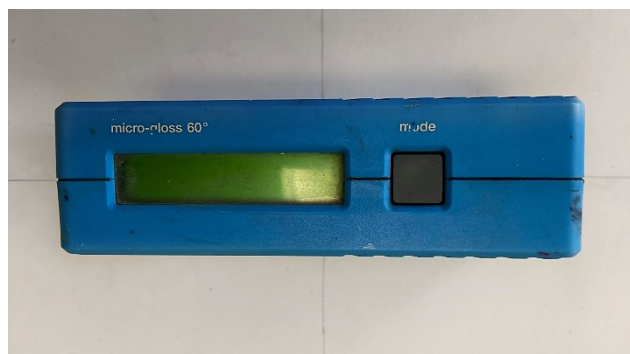


Figura 15. Posição exata do Glossmeter Micro-Gloss 60° N°4501

3. Todos os dados foram recolhidos e registados com recurso ao programa *Microsoft Excel* para Windows 11 Home, versão 21H2 (ASUSTeK Computer Inc., Beitou, Taipei, Taiwan), de modo a realizar a avaliação do parâmetro do brilho.

2.3. Medição biaxial da cor e brilho

Sendo o objetivo principal desta investigação, comparar um instrumento experimental de medição biaxial da cor e do brilho com instrumentos comerciais de referência, recorreremos ao aparelho SARSPEC *Flex* (Sarspec®, Lisboa, Portugal) – Figura 16.



Figura 16. Equipamento da Sarspec para a medição dos valores CIE $L^*a^*b^*$ e da refletância. Imagem retirada de (<https://sarspec.com/index.php/products/spectrometers/flex-spectrometer/>)

1. Ligar o diapositivo SARSPEC *Flex* ao computador HP L1710 (HP Inc., Palo Alto, California, USA) e à fonte de luz LED – Figuras 17.



Figura 17. Medição biaxial da cor e do brilho com o SARSPEC Flex: (A) Fotografia do computador de auxílio; (B) Fotografia do diapositivo SARSPEC Flex e da fonte de luz LED (vista superior); (C) Fotografia da fonte de luz LED (vista lateral).

2. Iniciar o programa Lightscan™ v1.18 (Sarspec®, Lisboa, Portugal) no computador de auxílio e calibrar com os seguintes parâmetros: 36ms de tempo de integração, 100 de medida média, 2 pontos de suavização e 1 de nível de ganho.
3. Montagem da fibra LED com um ângulo de 60° na estrutura onde vai ser medida a amostra, com recurso a uma chave de fenda disponibilizada pela empresa SARSPEC, Lda. – Figura 18.



Figura 18. Montagem da fibra ótica de luz LED num ângulo de 60°

4. Antes de efetuar qualquer medição, foi feita a calibração do equipamento acima mencionado, com recurso a uma peça, que se encaixa na estrutura, em que a zona de calibragem é branca – *Diffuse Standard* (Figura 19).



Figura 19. Peça de calibração do instrumento SARSPEC Flex

5. De maneira a eliminar, o máximo possível, a influência da luz natural, as amostras foram colocadas numa estrutura preta com uma zona de encaixe com as medições exatas do disco.
6. Realizou-se a medição das amostras e com auxílio do programa Lightscan, obtivemos os valores da refletância e os valores do CIE $L^*a^*b^*$. O programa tem a capacidade de guardar todos os dados obtidos no programa *Microsoft Excel*.
7. Todos os dados, referentes ao CIE $L^*a^*b^*$ e à refletância, foram analisados e tratados a fim de serem registados no *Microsoft Excel* para Windows 11 Home, versão 21H2 (ASUSTeK Computer Inc., Beitou, Taipei, Taiwan), de modo a

comparar com a cor e o brilho obtido pelos aparelhos de medição comerciais SpectroShade Micro Optic e Glossmeter Micro-Gloss 60° No4501.

2.4. Análise estatística

A fim de responder aos objetivos do estudo e hipóteses formuladas, foi realizado tratamento de estatística descritiva nos dados obtidos, através do cálculo de médias, desvios padrão e coeficiente de variação (que permite comparar a variação existente nos dados entre os diferentes aparelhos analisados). Como tratamento inferencial, foi empregue o teste de Mann-Whitney U, uma vez que os dados não seguiam uma distribuição normal. Este teste foi aplicado nas 4 variáveis independentes de estudo (tipo de resina composta, cor escolhida, tipo de polimento e aparelho de medição), considerando os parâmetros analisados - refletância, L^* , a^* e b^* . Foi utilizado um nível de significância de 5%, com recurso ao software SPSS Statistics v. 28.0 para Mac (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA).

IV. RESULTADOS

1. Resultados: estatística descritiva

Apesar do objetivo principal desta investigação ser a comparação de um novo instrumento experimental de medição biaxial da cor e do brilho (SARSPEC *Flex*) com instrumentos comerciais de referência (SpectroShade Micro Optic e Glossmeter Microgloss 60° N° 4501), considerando os parâmetros do CIE $L^*a^*b^*$ (cor) e a refletância (brilho), existem outras variáveis independentes que também influenciam os resultados deste estudo.

Ao analisar os dados, é possível observar uma diminuição significativa da refletância com as resinas submetidas ao protocolo de polimento ($p=0,004$), em ambos os instrumentos de medição, ainda que seja mais evidente no Sarspec. Além disso, apesar de não ser significativo, verificou-se um aumento do L^* e uma diminuição do b^* . Esta diferença parece ser muito maior no aparelho SARSPEC *Flex* e, em especial, na resina Filtek™ Z250.

Relativamente à variação da cor, decidiu-se comparar uma cor mais clara (A1) com uma cor mais escura (A4) para determinar a diferença nos valores, tanto da refletância como do CIE $L^*a^*b^*$. Independentemente do tipo de resina, o L^* (A1) é maior do que na cor A4 e o b^* é menor na cor A1. Estas variações verificam-se nos dois instrumentos de medição. Por outro lado, não se verifica uma variação dos valores descritivos do a^* , à exceção de alguns valores.

Outra variável em estudo foi o tipo de resina, em que comparamos duas resinas: uma microhíbrida (Filtek™ Z250) – Tabela 4 – e uma nanoparticulada (Filtek™ Supreme XTE) – Tabela 5. Pela análise dos resultados, é possível observar que os valores do L^* e b^* são superiores na resina Filtek™ Supreme XTE.

Para além da média, o coeficiente de variação (CV), que é uma medida relativa de variabilidade, permite comparar a precisão dos diferentes aparelhos analisados. Em relação à refletância, o SARSPEC *Flex* tem valores menores de CV para as duas resinas. Quanto aos valores do CIE $L^*a^*b^*$, a resina Filtek™ Supreme XTE apresenta valores superiores de CV no SpectroShade Micro Optic, à exceção do parâmetro b^* .

De modo a organizar todos os resultados obtidos, separou-se a estatística descritiva em duas tabelas, uma para cada resina composta, tal como é possível observar na Tabela 5 (Filtek™ Z250) e 6 (Filtek™ Supreme XTE).

Tabela 5. Resultados de estatística descritiva para a resina Filtek Z250, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), para cada parâmetro analisado, separado pelo aparelho de medição.

FILTEK Z250

A		SPECTROSHADE/MICROGLOSS				SARSPEC			
Cor		A1		A4		A1		A4	
	Polimento	Não polido	Polido	Não polido	Polido	Não polido	Polido	Não polido	Polido
Refletância (%)	Média (DP) [CV]	4,9 (1,0) [20,8]	0,3 (0,04) [12,1]	5,3 (0,7) [13,5]	0,3 (0,3) [10,7]	18,5 (0,9) [4,7]	13,1 (0,3) [2,4]	20,8 (2,1) [10,2]	10,9 (0,7) [6,1]
L*	Média (DP) [CV]	64,4 (0,2) [0,3]	65,9 (0,4) [0,6]	58,2 (0,2) [0,3]	61 (0,2) [0,4]	46,2 (0,3) [0,6]	54,1 (1,4) [2,5]	41,0 (0,3) [0,8]	52,7 (1,9) [3,6]
a*	Média (DP) [CV]	-2,5 (0,1) [2,3]	-2,4 (0,1) [2,4]	-2 (0,1) [5]	-1,7 (0,2) [8,8]	-3,5 (0,05) [1,5]	-3,3 (0,2) [6,3]	-3,5 (0,06) [1,6]	-3,8 (1,4) [35,7]
b*	Média (DP) [CV]	8,0 (0,4) [4,4]	6,6 (0,1) [0,9]	15,3 (0,1) [0,8]	13,4 (0,5) [3,5]	5,3 (0,3) [5,4]	0,3 (0,7) [286,0]	12,1 (0,2) [1,5]	4,5 (4,3) [94,9]

Resultados

Tabela 6. Resultados de estatística descritiva para a resina Filtek Supreme XTE, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), para cada parâmetro analisado, separado pelo aparelho de medição.

FILTEK SUPREME XTE

B		SPECTROSHADE/MICROGLOSS				SARSPEC			
Cor		A1		A4		A1		A4	
	Polimento	Não polido	Polido	Não polido	Polido	Não polido	Polido	Não polido	Polido
Refletância (%)	Média (DP) [CV]	3,6 (1,4) [39,0]	0,3 (0,08) [31,4]	4,7 (0,5) [11,5]	0,3 (0,1) [34,3]	21,1 (0,5) [2,6]	14,0 (2,8) [19,7]	17,3 (0,06) [0,3]	11,7 (0,4) [3,6]
L*	Média (DP) [CV]	66,3 (0,4) [0,6]	66,8 (0,9) [1,3]	57,7 (0,1) [0,2]	59,6 (0,3) [0,5]	53,7 (0,7) [1,3]	57,6 (1,5) [2,7]	44,5 (0,6) [1,3]	49,6 (0,7) [1,4]
a*	Média (DP) [CV]	-2,2 (0,06) [2,7]	-2,1 (0,1) [4,8]	0,03 (0,06) [173,2]	-0,4 (0,3) [75]	-5,4 (0,2) [2,8]	-5,4 (0,07) [1,4]	-5,2 (0,05) [1,0]	-5,0 (0,1) [2,8]
b*	Média (DP) [CV]	8,5 (0,4) [4,1]	7,4 (0,3) [4,7]	21,1 (0,3) [1,2]	17,5 (0,5) [2,9]	-3,7 (0,5) [13,7]	-3,0 (0,3) [11,2]	5,4 (0,6) [11,5]	3,7 (0,7) [18,1]

2. Resultados de estatística inferencial: Mann-Whitney U

Com base nos resultados obtidos, é importante notar que o modelo não paramétrico utilizado, *Mann-Whitney U*, confirmou em alguns casos a diferença na distribuição das medianas de cada variável independente em estudo, sobre os parâmetros de cor e de brilho analisados.

Primeiramente, a variação da resina composta não teve impacto significativo nem sobre a refletância, nem sobre os parâmetros L^* , a^* e b^* ($p > 0,05$). A variação da cor teve resultados significativos nos parâmetros de cor L^* e b^* ($p < 0,01$), mas não sobre a refletância ($p = 0,885$) ou sobre o a^* ($p = 0,068$). Por outro lado, o polimento teve apenas um impacto significativo sobre a refletância ($p = 0,04$).

Por fim, no que concerne ao aparelho de medição utilizado, o aparelho *Sarspec*, em comparação com os aparelhos comerciais de medição de cor e brilho (*Spectroshade* e *Microgloss*), obteve diferenças significativas em todos os parâmetros analisados ($p < 0,001$), sendo o fator estabelecido com maiores diferenças para as variáveis estudadas. Os resultados da estatística inferencial podem ser vistos na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados inferenciais após aplicação dos testes não-paramétricos de Mann-Whitney U.

		Teste	Sig.
Resina composta	Refletância	292,5	0,926
	L*	315	0,578
	a*	262,5	0,599
	b*	253	0,470
Cor	Refletância	281	0,885
	L*	161	0,009
	a*	376,5	0,068
	b*	461	<0,001
Polimento	Refletância	188,5	0,040
	L*	373,5	0,078
	a*	307,0	0,695
	b*	218	0,149
Aparelho	Reflectância	0	<0,001
	L*	570	<0,001
	a*	576	<0,001
	b*	528	<0,001

V. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O âmbito desta investigação é avaliar um novo instrumento experimental de medição biaxial da cor e do brilho, SARSPEC *Flex*, e comparar com os aparelhos comerciais de referência – SpectroShade Micro Optic e Glossmeter Microgloss 60° No450, de forma a colmatar as lacunas existentes. Assim, como numa perspectiva futura, desenvolver um novo aparelho experimental, que combine essas características, com aplicabilidade clínica.

Para além do objetivo principal, existem 4 variáveis independentes – classificação das resinas compostas consoante as partículas de carga, a cor, o polimento e a variação do aparelho em estudo, que também influenciam os resultados deste estudo.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, é possível afirmar que a primeira hipótese nula foi rejeitada, uma vez que se verificaram diferenças significativas em todos os parâmetros analisados ($p < 0,001$), quando se comparam as medições feitas com o SARSPEC *Flex* e os aparelhos comerciais de medição de cor e brilho (SpectroShade Micro Optic e o Glossmeter Microgloss 60° N°450). Este é o fator com maiores diferenças para as variáveis estudadas. Contudo, os valores não têm a mesma variação em todos parâmetros, para o mesmo instrumento. Em ambas as resinas compostas, os valores de refletância são superiores no SARSPEC *Flex*. Por outro lado, esse aparelho de medição apresenta valores inferiores nos parâmetros L^* e a^* . O SARSPEC *Flex* é um instrumento que permite avaliar a refletância com elevada sensibilidade, apresentando valores a cada comprimento de onda. Em contrapartida, os brilómetros convencionais, como o Glossmeter Microgloss 60° N°4501, dão um valor único de refletância (%), para o feixe no comprimento de onda da luz visível, não tendo tão boa resolução ótica. No entanto, em relação à cor, o SpectroShade obteve valores superiores nos parâmetros L^* e a^* , estando em concordância com a literatura descrita. Akl et al., 2020 concluiu que o SpectroShade é o aparelho de medição da cor mais fiável.

A hipótese nula 0.2. foi rejeitada porque os valores obtidos corroboram que os diferentes acabamentos de superfície tiveram um efeito significativo apenas sobre a refletância ($p = 0,004$). Em relação aos valores do CIE $L^*a^*b^*$, não se verificaram variações significativas nos parâmetros L^* ($p = 0,078$), a^* ($p = 0,695$) e b^* ($p = 0,149$). No entanto, McCann et al. (2014) explicam que a cor está correlacionada com a reflexão superficial, ou seja, a cor e o brilho estão intimamente relacionados. Os valores evidenciaram uma diminuição significativa de brilho, dada pelo valor percentual de

refletância ($p=0,004$), quando as resinas foram submetidas ao polimento. Atendendo aos resultados, em concordância com os estudos de Lopes et al. (2018), entende-se que o brilho e a rugosidade de superfície são duas variáveis que dependem uma da outra. Ainda, Pinheiro de Melo et al. (2022) concluíram que o brilho de uma superfície pode ser medida pela eficiência do protocolo e tem uma correlação positiva com a diminuição da rugosidade de superfície.

Nos resultados do presente estudo, variar a resina composta (tamanho médio das partículas) não teve influência sobre os parâmetros L^* ($p=0,578$), a^* ($p=0,599$), e b^* ($p=0,470$), nem sobre a refletância ($p=0,926$), daí a 3ª hipótese nula ser aceita. No entanto, estudos anteriores demonstraram que o teor, a forma e o tamanho das partículas de carga têm influência na cor do compósito (Iyer et al., 2020), contrariando os valores CIE L^* a^* b^* obtidos. Além disso, não houve variação significativa da refletância, contrariamente a Angerame & de Biasi (2018), que demonstraram que a matéria inorgânica e o tamanho das suas partículas são de extrema importância para o brilho das restaurações em resina composta. Kaizer et al. (2014) explica que resinas compostas com partículas de menores dimensões leva a uma maior reflexão de luz, o que garante uma melhoria das propriedades óticas, assim como um aumento dos valores de brilho. As resinas compostas apresentam um padrão de desgaste particular, visto que muitas características associadas à sua composição influenciam diretamente a sua resistência ao desgaste (Ilie et al., 2017). No que diz respeito às restaurações estéticas, estudos demonstraram que as resinas com partículas de carga de tamanho inferior, como as nanohíbridas e nanoparticuladas tendem a minimizar alterações nas características da superfície pelo desgaste dessas partículas (Pinheiro de Melo et al., 2022). Para além de que o brilho é inversamente proporcional à rugosidade de superfície, seria expectável que a resina Filtek™ Supreme XTE apresentasse uma melhor *performance* quanto ao brilho de superfície, pois sendo esta uma resina nanoparticulada induz irregulares de menor dimensão aquando do protocolo de polimento, resultando, assim, numa menor rugosidade e um maior valor de brilho. Em concordância com os resultados obtidos nesta investigação, Pinheiro de Melo et al. (2022) demonstra não haver correlação entre o brilho e variação da resina composta (tamanho médio de partículas de carga). Estes autores concluem que o brilho de uma superfície está dependente da sua textura.

A hipótese 0.4 também foi rejeitada, uma vez que a variação de cor teve resultados significativos nos parâmetros de cor L^* e b^* ($p<0,01$), mas não sobre a refletância ($p=0,885$) ou sobre parâmetro a^* ($p=0,068$). Tal como supramencionado, decidiu-se

comparar uma cor mais clara (A1) com uma cor mais escura (A4) e verificou-se que, independentemente do tipo de resina, o L^* (A1) é maior do que na cor A4 e o b^* é menor na cor A1. As cores A1 e A4 diferenciam-se pelo croma, que corresponde ao grau de saturação (Correia et al. 2005). Goldstein (2018) explica que o L^* representa a luminosidade (valor), que varia entre $L^* = 0$ (cor mais escura – preto) e $L^* = 100$ (cor mais brilhante – branco). E, sendo o croma inversamente proporcional ao brilho (Fondriest, 2012), o $L^*(A4)$ deve ser menor que o $L^*(A1)$, estando em concordância com os resultados obtidos. Para além disso, os valores da refletância que definem o brilho foram inconclusivos.

Em relação ao coeficiente de variação, quanto menor este for, menor variação têm as medições do mesmo aparelho, o que poderá dar indício da sua fiabilidade. Perante os resultados obtidos, verificou-se uma grande diferença nos valores de CV. O SARSPEC *Flex* apresenta valores superiores de CV nos parâmetros L^* e b^* e valores menores na refletância. Além disso, verificou-se a presença de valores anormais nos valores de CV do SARSPEC *Flex*, bem como dos aparelhos comerciais, que podem ser resultado de erros de medição. Por conseguinte, não é possível definir qual o instrumento com maior fiabilidade porque a diferença dos valores de CV depende do parâmetro avaliado. Apesar do SARSPEC *Flex* ser um instrumento inovador, com medição biaxial da cor e do brilho, não podemos concluir que tem maior fiabilidade comparado ao SpectroShade Micro Optic e Glossmeter Microgloss 60° No4501. Akl et al. (2020) demonstrou que o SpectroShade é o aparelho de medição da cor mais fiável, quando comparado a outros espectrofotómetros comerciais. No entanto, ainda não foram realizados estudos *in vitro*, em Medicina Dentária, com recurso ao SARSPEC *Flex*, daí a importância desta investigação.

Este aparelho de medição apresenta inúmeras vantagens, nomeadamente, maior sensibilidade, possibilidade de estudar tanto a refletância como a absorbância e personalização dos componentes óticos – definir o intervalo de comprimento de onda, sensibilidade e resolução ótica do espectrofotómetro/brilhómetro. No entanto, o SARSPEC *Flex* apesar de ser um instrumento inovador, com medição biaxial da cor e do brilho, ainda é muito experimental. Além disso, é um sistema de medição complexo, que exige uma aprendizagem e padronização protocolar por parte do utilizador, constituindo uma limitação deste estudo. Outra limitação foi a diferença existente na distribuição dos dados, especificamente do valor percentual da refletância. O SARSPEC *Flex* dá valores de refletância (%) a cada comprimento de onda, podendo seleccionar um intervalo deste.

Em contrapartida, no Glossmeter Microgloss 60° No4501 obtemos um valor único de refletância (%), para aquele feixe de luz visível. De modo a ser possível comparar os dados, foi necessário calcular a média da refletância num intervalo de comprimento de onda específico - 300 a 800 nm.

Esta investigação apresentou outras limitações, nomeadamente, tanto na confecção como no polimento dos discos de resina. Tal como Pinheiro de Melo et al. (2022), uma restauração direta induz uma maior variabilidade e dificuldade no protocolo de acabamento e polimento, com relevância clínica. Em contrapartida, restaurações confeccionadas em meio laboratorial são produzidas num ambiente controlado e menos suscetíveis a variações de protocolo. Na parte laboratorial desta investigação, a uniformidade dos discos de resina, a destreza do operador, bem como a padronização da máquina polidora foram dificuldades que influenciam os valores do CIE $L^*a^*b^*$ (cor) e de reflectância (brilho).

Apesar dos numerosos estudos publicados sobre a avaliação das propriedades óticas (cor e brilho), na prática clínica, esta determinação continua a ter um elevado grau de subjetividade associado.

Para corroborar, Akl et al. (2020) explicam que, vários estudos, demonstraram que a escolha da cor está dependente da capacidade observacional do clínico e da auto percepção do paciente. Posto isto, os médicos dentistas viram a necessidade de começar a utilizar instrumentos de medição para complementar a correspondência de cores, aspeto fundamental para o sucesso das restaurações estéticas (Akl et al., 2020; de Abreu et al., 2020). No entanto, o sistema de medição de cor mais usado clinicamente continua a ser o método visual, com recurso a escalas de cor, como são exemplo a escala VITA Classical e a VITA Tooth Guide 3D-Master (Akl et al., 2022; Chu et al., 2017). Sendo a seleção da cor uma das etapas fundamentais para o sucesso de restaurações estéticas, o recurso a aparelhos de medição (espectrofotômetros) é crucial de modo a eliminar a subjetividade colmatada pela medição visual (Ozera et al., 2019), mas a sua tradução para a clínica tem sido rara, justificando a criação de aparelhos fáceis de usar e previsíveis.

Associada à vantagem da cor, o parâmetro do brilho influencia intrinsecamente o sucesso das restaurações estéticas, uma vez que deve mimetizar o que é possível encontrar no dente natural (Ozera et al., 2019).

Tal como foi descrito anteriormente, o brilho é a capacidade de uma superfície refletir a luz e está associado à rugosidade de superfície (Lopes et al., 2022; Ozera et al., 2019). Esta propriedade também é importante, visto que uma superfície rugosa leva a

uma diminuição do brilho, pela dispersão aleatória da luz, influenciando negativamente a estética das restaurações (Ozera et al., 2019). Portanto, é de extrema importância avaliar o sucesso do protocolo de acabamento e polimento, por intermédio da medição da reflectância (Lassila et al., 2020). Na prática clínica, a rugosidade de superfície das restaurações é avaliada na etapa do polimento e acabamento e, na realidade, tal como a cor, é subjetiva (Pinheiro de Melo et al., 2022). Além disso, McCann et al. (2014) explica que a cor está correlacionada com a reflexão superficial e está dependente da superfície espelhada do objeto, do conteúdo espectral e da distribuição espacial da iluminação. Tendo em conta a definição do brilho, podemos concluir que estas duas propriedades (cor e brilho) estão intimamente relacionadas. Tal como explicado na introdução da presente dissertação, apesar da cor e do brilho terem sido amplamente estudados em restaurações dentárias (Egilmez et al., 2020; Lassila et al., 2020; Lemos et al., 2017), ainda não existe um aparelho que combine as duas medições de forma prática e fácil, ou que possa ser aplicado clinicamente.

Akl et al. (2020) concluiu que o estudo do SpectroShade Micro Optic, *in vitro*, impulsionaria a futuros estudos clínicos. Por conseguinte, à semelhança do SpectroShade, o desenvolvimento e estudo *in vitro* de um instrumento de medição biaxial da cor e do brilho, como o SARSPEC *Flex*, é de extrema importância para futuras investigações. Sabendo que ainda não existe um aparelho que combine as duas medições de forma prática e fácil, ou que possa ser aplicado clinicamente, o SARSPEC *Flex* aproxima-se dessa realidade. Deste modo, o seu estudo torna-se relevante, em meio clínico, sob influência de distrações de fundo, tais como cores adjacentes dos tecidos moles, sombras, iluminação, a distribuição geométrica e anatomia tridimensional dos dentes, com o propósito de contribuir para a melhoria da dentisteria estética e assegurar o biomimetismo entre as restaurações e a dentição natural.

VI. CONCLUSÃO

Considerando as limitações deste estudo, foi possível concluir que o SARSPEC *Flex* apesar de ser um instrumento inovador, com medição biaxial da cor e do brilho, ainda é muito experimental. Por conseguinte, é de realçar a importância na progressiva e contínua investigação científica, de forma a colmatar as lacunas existentes neste estudo.

Na prática clínica, ainda não existe um aparelho que combine as duas medições de forma prática e fácil, mas o SARSPEC *Flex* aproxima-se dessa realidade. Por isso, torna-se muito importante o seu estudo, em meio clínico, sob influência de distrações de fundo, tais como cores adjacentes dos tecidos moles, sombras, iluminação, a distribuição geométrica e anatomia tridimensional dos dentes. Com o propósito de revolucionar a dentisteria estética e assegurar o biomimetismo entre as restaurações e a dentição natural.

Além disso, este estudo permitiu avaliar outras variáveis independentes (tipo de resina composta, cor escolhida e tipo de polimento). Atendendo aos resultados obtidos conclui-se que apenas a variação da cor e os diferentes acabamentos de superfície têm influência significativa na cor e no brilho, para além da escolha do aparelho de medição.

Posto isto, podemos concluir que a seleção da cor da resina composta, bem como a avaliação da eficiência do polimento são de extrema importância para o sucesso estético de uma restauração. Estes dois parâmetros continuam a ser alvo de subjetividade, daí a comparação de vários aparelhos de medição, a fim de garantir a sua fiabilidade e aplicabilidade, em termos clínicos.

VII. BIBLIOGRAFIA

- 3M™ Oral Care. (2022). 3M™ Filtek™ Z250 Universal Restorative: Technical Data Sheet, St. Paul, MN, EUA.
- 3M ESPE. (2010). Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative System: Technical Data Sheet, Seefeld, Germany.
- Akl, M. A., Sim, C., Nunn, M. E., Zeng, L. L., Hamza, T. A., & Wee, A. G. (2022). - Validation of two clinical color measuring instruments for use in dental research. *Journal of Dentistry*, 125, 104 – 223. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104223>
- Alzraikat, H., Burrow, M. F., Maghaireh, G. A., & Taha, N. A. (2018). Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review. *Operative Dentistry*, 43(4), 173–190. <https://doi.org/10.2341/17-208-T>
- Angerame, D., & De Biasi, M. (2018). Do Nanofilled/Nanohybrid Composites Allow for Better Clinical Performance of Direct Restorations Than Traditional Microhybrid Composites? A Systematic Review. *Operative Dentistry*, 43(4), 191–209. <https://doi.org/10.2341/17-212-L>
- Ansarifard, E., Mohaghegh, M., Pakniyat Jahromi, M., & Giti, R. (2021). The Effect of Different Foundation Materials on the Color of Monolithic Zirconia at Different Thicknesses. *Journal of Dentistry*, 22(4), 252–259.
- Antonson, S. A. (2021). Materials and Processes for Cutting, Gridding, Finishing, and Polishing. *Phillip's Science of Dental Materials* (13th ed, pp. 337-338). Elsevier.
- Antonson, S. A., Yazici, A. R., Kilinc, E., Antonson, D. E., & Hardigan, P. C. (2011). Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*, 39(1), 9–17. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.01.006>
- Anusavice, K. J.. (2021). Mechanical Properties of Solids. *Phillip's Science of Dental Materials* (13th, pp. 65-83). Elsevier.

- Aslan, Y. U., Uludamar, A., & Özkan, Y. (2019). Clinical performance of pressable glass-ceramic veneers after 5, 10, 15, and 20 years: A retrospective case series study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(5), 415–422. <https://doi.org/10.1111/jerd.12496>
- Aytac, F., Karaarslan, E. S., Agaccioglu, M., Tastan, E., Buldur, M., & Kuyucu, E. (2016). Effects of Novel Finishing and Polishing Systems on Surface Roughness and Morphology of Nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(4), 247–261. <https://doi.org/10.1111/jerd.12215>
- Brook, A. H., Smith, R. N., & Lath, D. J. (2007). The clinical measurement of tooth colour and stain. *International dental journal*, 57(5), 324–330. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595x.2007.tb00141.x>
- Chu, S.J., Paravina, R.D., Sailer, I., & Mieleszko, A.J. (2017). Color in Dentistry: A Clinical Guide to Predictable Esthetics.
- Correia, A., Oliveira, M. A., & Silva, M. J. (2005) Conceitos de Estratificação nas Restaurações de Dentes Anteriores com Resinas Compostas. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 46(3), 171-178.
- de Abreu, J., Sampaio, C. S., Benalcázar Jalkh, E. B., & Hirata, R. (2021). Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry*, 33(2), 269–276. <https://doi.org/10.1111/jerd.12659>
- Della Bona, A., Barrett, A. A., Rosa, V., & Pinzetta, C. (2009). Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dental Materials*, 25(2), 276–281. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.09.006>
- Egilmez, F., Ergun, G., Cekic-Nagas, I., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2012). Estimation of the surface gloss of dental nano composites as a function of color measuring geometry. *American Journal of Dentistry*, 25(4), 220–226
- Ergücü, Z., & Türkün, L. S. (2007). Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Operative dentistry*, 32(2), 185–192. <https://doi.org/10.2341/06-56>

- Esquivel-Upshaw, J. F., Rawls, H.R. (2021). Resin-Based Composites. *Phillip's Science of Dental Materials* (13th ed, pp. 88-110). Elsevier.
- Fernandes, H., Silva, R., Marinho, M., Oliveira, P., Ribeiro, J., Moysés, M. (2014). Evolução da resina composta: revisão de literatura. *Revista Uni Vale do Rio Verde*, 12(2), 401–411. <http://doi.org/10.5892/ruvrd.v12i2.1465>
- Ferracane J. L. (2011). Resin composite--state of the art. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Ferraris, F., Diamantopoulou, S., Acunzo, R., & Alcidi, R. (2014). Influence of enamel composite thickness on value, chroma and translucency of a high and a nonhigh refractive index resin composite. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 9(3), 382–401.
- Fondriest, J. (2012). The optical characteristics of natural teeth. *Inside Dentistry*, 8, 1–5.
- Freitas, F., Pinheiro de Melo, T., Delgado, A. H., Monteiro, P., Rua, J., Proença, L., Caldeira, J., Mano Azul, A., & Mendes, J. J. (2020). Varying the Polishing Protocol Influences the Color Stability and Surface Roughness of Bulk-Fill Resin-Based Composites. *Journal of Functional Biomaterials*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/10.3390/jfb12010001>
- Floyd, C. J., & Dickens, S. H. (2006). Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dental Materials*, 22(12), 1143–1149. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.10.009>
- Goldstein, R. E. (2018). Understanding Color. In S.J. Chu, E. A. Lee, & C. F. J. Stappert. *Esthetics in Dentistry* (3rd ed., pp. 272-292). Wiley-Blackwell.
- Guo, X., Yu, Y., Gao, S., Zhang, Z., & Zhao, H. (2022). Biodegradation of Dental Resin-Based Composite-A Potential Factor Affecting the Bonding Effect: A Narrative Review. *Biomedicines*, 10(9), 2313. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10092313>
- Han, J. M., Lin, H., Zheng, G., Shinya, A., Gomi, H., Shinya, A., & Lin, J. (2012). Effect of nanofiller on wear resistance and surface roughness of resin composites. *The Chinese Journal of Dental Research*, 15(1), 41–47.

- Hosoya, Y., Shiraishi, T., Odatsu, T., Nagafuji, J., Kotaku, M., Miyazaki, M., & Powers, J. M. (2011). Effects of polishing on surface roughness, gloss, and color of resin composites. *Journal of Oral Science*, 53(3), 283–291. <https://doi.org/10.2334/josnurd.53.283>
- Ilie, N., & Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, 56(1), 59–66. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01296.x>
- Ilie, N., Hilton, T. J., Heintze, S. D., Hickel, R., Watts, D. C., Silikas, N., Stansbury, J. W., Cadenaro, M., & Ferracane, J. L. (2017). Academy of Dental Materials guidance- Resin composites: Part I-Mechanical properties. *Dental Materials*, 33(8), 880–894. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.04.013>
- ISO 2813. (2014). *Paints and varnishes – Determination of gloss value at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees*. Geneve, Suíça.
- Iyer, R. S., Babani, V. R., Yaman, P., & Dennison, J. (2021). Color match using instrumental and visual methods for single, group, and multi-shade composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(2), 394–400. <https://doi.org/10.1111/jerd.12621>
- Joiner A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>
- Júnior, P.C.M., Cardoso, R. M., Magalhães, B.G., Guimarães, R.P., & Silva, C.H.V. (2011). Selecting correctly the composite resins. *International Journal of Dentistry*. 10(2), 91 – 96.
- Kaizer, M. R., de Oliveira-Ogliari, A., Cenci, M. S., Opdam, N. J., & Moraes, R. R. (2014). Do nanofill or submicron composites show improved smoothness and gloss? A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials*, 30(4), 41–78. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.01.001>
- Karabela, M. M., & Sideridou, I. D. (2011). Synthesis and study of properties of dental resin composites with different nanosilica particles size. *Dental Materials*, 27(8), 825–835. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.04.008>
- Karunakar, P., Ranga Reddy, M. S., Kumar, B. S., & Namratha, R. (2022). Direct and indirect stamp techniques for composite restorations - Sealing the uniqueness of

- a tooth: A case series. *Journal of Conservative Dentistry*, 25(3), 327–331. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_616_21
- Kim, H. K., & Kim, S. H. (2017). Comparison of the optical properties of pre-colored dental monolithic zirconia ceramics sintered in a conventional furnace versus a microwave oven. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 9(5), 394–401. <https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.5.394>
- Khurana, R., Tredwin, C. J., Weisbloom, M., & Moles, D. R. (2007). A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British Dental Journal*, 203(12), 675–680. <https://doi.org/10.1038/bdj.2007.1108>
- Kumari, C. M., Bhat, K. M., & Bansal, R. (2016). Evaluation of surface roughness of different restorative composites after polishing using atomic force microscopy. *Journal of Conservative Dentistry*, 19(1), 56–62. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.173200>
- Lang, B. R., Jaarda, M., & Wang, R. F. (1992). Filler particle size and composite resin classification systems. *Journal of oral rehabilitation*, 19(6), 569–584. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1992.tb01487.x>
- Lassila, L., Säilynoja, E., Prinssi, R., Vallittu, P. K., & Garoushi, S. (2020). The effect of polishing protocol on surface gloss of different restorative resin composites. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/26415275.2019.1708201>
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(2), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.006>
- Lemos, C. A. A., Mauro, S. J., Briso, A. L. F., Souza, F. de C. P. P. de, Navarro, M. F. de L., & Fagundes, T. C. (2017). Surface roughness, gloss, and color change of different composites after exposure to ultimate challenges. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 16, 1–11. <https://doi.org/10.20396/bjos.v16i0.865105>
- Lopes, I., Monteiro, P., Mendes, J., Gonçalves, J., & Caldeira, F. (2018). The effect of different finishing and polishing techniques on surface roughness and gloss of

- two nanocomposites. *The Saudi Dental Journal*, 30(3), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.04.003>
- Mahn, E., Walls, S., Jorquera, G., Valdés, A. M., Val, A., & Sampaio, C. S. (2018). Prevalence of tooth forms and their gender correlation. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(1), 45–50. <https://doi.org/10.1111/jerd.12341>
- McCann, J., Parraman, C., Rizzi, A. (2014). Reflectance, illumination, and appearance in color constancy. *Frontiers in Psychology*, 5(5), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00005>
- Meller, C., & Klein, C. (2015). Fluorescence of composite resins: A comparison among properties of commercial shades. *Dental Materials Journal*, 34(6), 754–765. <https://doi.org/10.4012/dmj.2014-219>
- Menezes-Silva, R., Cabral, R. N., Pascotto, R. C., Borges, A., Martins, C. C., Navarro, M., Sidhu, S. K., & Leal, S. C. (2019). Mechanical and optical properties of conventional restorative glass-ionomer cements - a systematic review. *Journal of Applied Oral Science*, 27, 1–9. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0357>
- MHT. (2006). SpectroShade Micro User's Manual Dental Software Version 2.40.
- Moszner, N., & Salz, U. (2001). New developments of polymeric dental composites. *Progress in Polymer Science*, 26, 535-576. [https://doi.org/10.16/S0079-6700\(01\)00005-3](https://doi.org/10.16/S0079-6700(01)00005-3)
- Nahsan FPS, Mondelli RFL, Franco EB, et al (2012) Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: Understanding color and composite resin selection. *Journal of Applied Oral Science*, 20(2), 151–156. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572012000200005>
- Obein, G., Knoblauch, K., & Viénot, F. (2004). Difference scaling of gloss: nonlinearity, binocularity, and constancy. *Journal of Vision*, 4(9), 711–720. <https://doi.org/10.1167/4.9.4>
- Ozera, E. H., Pascon, F. M., Correr, A. B., Puppini-Rontani, R. M., Castilho, A. R., Correr-Sobrinho, L., & Paula, A. B. (2019). Color Stability and Gloss of Esthetic

Bibliografia

- Restorative Materials after Chemical Challenges. *Brazilian Dental Journal*, 30(1), 52–57. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201902263>
- Palin, W. M., Fleming, G. J., & Marquis, P. M. (2005). The reliability of standardized flexure strength testing procedures for a light-activated resin-based composite. *Dental Materials*, 21(10), 911–919. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.01.005>
- Papakonstantinou, A. E., Eliades, T., Cellesi, F., Watts, D. C., & Silikas, N. (2013). Evaluation of UDMA's potential as a substitute for Bis-GMA in orthodontic adhesives. *Dental Materials*, 29(8), 898–905. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.05.007>
- Pinheiro de Melo, T., Delgado, A., Martins, R., Lassila, L., Garoushi, S., Caldeira, J., Azul, A. M., & Vallittu, P. (2022). Can Specular Gloss Measurements Predict the Effectiveness of Finishing/Polishing Protocols in Dental Polymers? A Systematic Review and Linear Mixed-effects Prediction Model. *Operative Dentistry*, 47(3), 131–151. <https://doi.org/10.2341/21-027-LIT>
- Pires, L. A., Novais, P. M., Araújo, V. D., & Pegoraro, L. F. (2017). Effects of the type and thickness of ceramic, substrate, and cement on the optical color of a lithium disilicate ceramic. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(1), 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.04.003>
- Raptis, N.V., Michalakos, K.X., & Hirayama, H. (2006). Optical behavior of current ceramic systems. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 26(1), 31-41.
- Rawls, H.R. (2021). Physical and Chemical Properties of Solids. *Phillip's Science of Dental Materials* (13th ed, pp. 52-57). Elsevier.
- Rodrigues-Junior, S. A., Chemin, P., Piaia, P. P., & Ferracane, J. L. (2015). Surface Roughness and Gloss of Actual Composites as Polished with Different Polishing Systems. *Operative dentistry*, 40(4), 418–429. <https://doi.org/10.2341/14-014L>

- Salgado, V.E., Cavalcante, L.M., Schneider, L.F. (2013). Fundamentos das propriedades ópticas aplicados na prática odontológica. *Revista Associação Paulista de Cirurgões Dentistas de Estética*, 1(4), 368–379.
- Silva, E. T. C. d., Silva, A. F. d., Costa, S. R. R. d., Bezerra, P. L., Lourenço, A. H. A., & Pereira, N. E. G. (2021). Propriedades ópticas a serem considerados na seleção de cores em Odontologia estética: Uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, 10(1).
- Vargas, M.A., Bergeron, C., Murchison, D.F., Roeters, J. & Chan, D.C.N. (2013). Direct Anterior Restorations. In Hilton, T.J., Ferracane, J.L. & Broome, J.C. (Eds.), *Summitt's Fundamentals of Operative Dentistry: a Contemporary Approach* (pp.249- 278). Illinois, EUA: Quintessence Publishing Co Inc.
- Villarroel, M., Fahl, N., De Sousa, A. M., & De Oliveira, O. B., Jr (2011). Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 23(2), 73–87. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2010.00392.x>
- Wang, R., Zhang, M., Liu, F., Bao, S., Wu, T., Jiang, X., Zhang, Q., & Zhu, M. (2015). Investigation on the physical-mechanical properties of dental resin composites reinforced with novel bimodal silica nanostructures. *Materials Science & Engineering. C*, 50, 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.01.090>
- Watts D. C. (2020). The quest for stable biomimetic repair of teeth: Technology of resin-bonded composites. *Dental Materials Journal*, 39(1), 46–51. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-201>
- Yin, M., Liu, F., & He, J. (2016). Preparation and characterization of Bis-GMA free dental resin system with synthesized dimethacrylate monomer TDDMMA derived from tricyclo [5.2.1.0(2,6)] -decanedimethanol. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 57, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2015.11.020>

Bibliografia

- Zafar, M. S., Amin, F., Fareed, M. A., Ghabbani, H., Riaz, S., Khurshid, Z., & Kumar, N. (2020). Biomimetic Aspects of Restorative Dentistry Biomaterials. *Biomimetics*, 5(3), 1-42. <https://doi.org/10.3390/biomimetics5030034>
- Zhang, L., Yu, P., & Wang, X. Y. (2021). Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *Journal of Dental Sciences*, 16(4), 1198–1203. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.03.003>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Pedido de permissão de utilização das fotografias do artigo de Ferracane (2011) ao autor

ter., 25 de out. 11:06 (há 2 dias)

☆ ↶ ⋮

dentistry student. I'm doing my thesis in dental materials and operative dentistry. The theme of my thesis is *Testing an experimental spectrometer for simultaneous evaluation of colour and gloss in dentistry: a comparative study* and I would like to ask for your permission to use some images in your article **Resin Composite - state of the art** (2011), with due reference.

Best regards,
Océane Valente

 **Jack Ferracane**
para mim ▾

ter., 25 de out. 16:39 (há 2 dias)

☆ ↶ ⋮

 inglês ▾ > português ▾ [Traduzir mensagem](#)

[Desativar para: inglês](#) ✕

Hello Oceane.
Unfortunately I cannot authorize that as the copyright for anything in the article is owned by the publisher. You would need to inquire to them.
Thanks.
Jack

Jack L. Ferracane, PhD
Professor and Chair
Department of Restorative Dentistry
Oregon Health & Science University
2730 S. Moody Avenue
Portland, OR 97201
503-494-4327
ferracan@ohsu.edu

Anexo 2. Pedido de permissão de utilização das fotografias do artigo de Ferracane (2011) à revista

 **Océane Alice** <oceanevalente@gmail.com>
para journalscustomerserviceEMEA ▾

ter., 25 de out. 20:28 (há 2 dias)

☆ ↶ ⋮

Hello,

My name is Océane Valente and I'm a 5th year dentistry student. I'm doing my thesis in dental materials and operative dentistry. The theme of my thesis is *Testing an experimental spectrometer for simultaneous evaluation of colour and gloss in dentistry: a comparative study* and I would like to ask for your permission to use some images in the article **Resin Composite - state of the art** by the author Jack L.Ferracane(2011), with due reference.

I asked this request to the author himself, but unfortunately he cannot authorize it because he told me this article is owned by your publisher.

Best regards,
Océane Valente

Anexo 3. Pedido de permissão de utilização das fotografias do livro de Goldstein (2018)



Dear Miss Océane Valente,

Thank you for placing your request. A member of the publisher's permissions team will review your request and respond.

Upon approval of your request, you will receive an email quoting the royalty fee and terms set by Quintessence Publishing Company Inc. If Quintessence Publishing Company Inc. denies your request, you will receive an email.

To complete the order, simply accept the fee and terms in that email and follow the link to complete the order. If you decline to place your order, simply ignore the email. Your order will not be filled and you will not be charged.

Request Summary:

Submit date: 25-Oct-2022

Request ID: 600100122

Title: Color in dentistry : a clinical guide to predictable esthetics

Type of Use: Republish in a thesis/dissertation

