MARCELO WEBER

**ESTUDO ESPECTROFOTOMÉTRICO COMPARATIVO DA
ESTABILIDADE DE COR DE TRÊS PORCELANAS DENTAIS APÓS
CONSECUTIVAS QUEIMAS**

**São Paulo
2006**

Marcelo Weber

**Estudo espectrofotométrico comparativo da estabilidade de cor de
três porcelanas dentais após consecutivas queimas**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da
Universidade de São Paulo para obter o título de Mestre em
Odontologia.

Área de Concentração: Prótese Dentária
Orientador: Prof. Dr. Tetsuo Saito

**São Paulo
2006**

Weber,M. Estudo espectrofotométrico comparativo da estabilidade de cor de três porcelanas dentais após consecutivas queimas [Dissertação (Mestrado)]. São Paulo; Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2006.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a estabilidade de cor de três marcas comerciais de porcelanas aluminizadas durante seu processo de queima. Para o experimento foram confeccionados 30 corpos de prova em forma de disco com 2mm de espessura e 10mm de circunferência, sendo 10 da marca ALLCeram, 10 da marca Noritake Cerabien CZR e 10 da marca Vita VM7. As amostras foram queimadas 10 vezes. As leituras de cor foram feitas em espectrofotômetro de reflexão nos seguintes intervalos: após a 1ª queima, após a 3ª queima, após a 5ª queima e após a 10ª queima. As curvas de reflexão foram convertidas em valores LAB e a diferença de cor foi medida através do método CIELAB (ΔE). Os resultados obtidos demonstraram que existe variação de cor e que esta variação depende do número de queimas realizadas e da marca comercial utilizada.

Palavras chave: porcelana dental; estudo espectrofotométrico; estabilidade de cor.

Weber, M. Comparative spectrophotometric study of the color stability of three dental porcelains after repeated firings [Dissertação (Mestrado)]. São Paulo; Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2006.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to quantify in CIE ΔE units the differences in color produced by multiple firing of three allceramic systems. For this study 30 samples were fabricated of 3 brands: AllCeram, Noritake Cerabien CZR and Vita VM7. A spectrophotometer was used for reflectance measurement of color after 1 firing, 3 firings, 5 firings and 10 firings. The results were converted in CIELAB units. Color differences, ΔE , were calculated in the CIE color space. Color differences as a result of multiple firings depended on the number of firings and the brand tested.

Key words: Spectrophotometric study; Color stability; Dental porcelain.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1 Aspectos físicos relacionados à cor.....	7
2.2 aspectos físicos relacionados com as porcelanas dentais	12
3 PROPOSIÇÃO.....	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 Aferição do forno de porcelana.....	22
4.2 Confeção dos corpos de prova.....	23
4.3 Método de leitura CIELAB.....	24
4.4 Intervalos de leitura.....	25
4.5 Fórmulas.....	26
4.6 Leituras no espectrofotômetro.....	26
4.7 Diferença de cor.....	27
5 RESULTADOS.....	28
5.1 Porcelana Noritake Cerabien CZR.....	28
5.2 Porcelana Vita VM7	32
5.3 Porcelana AllCeram.....	36
5.4 Porcelanas Noritake Cerabien CZR, Vita VM7 e AllCeram.....	41
6 DISCUSSÃO.....	44
7 CONCLUSÃO.....	48
8 REFERÊNCIAS.....	49

INTRODUÇÃO

Para a maioria dos pintores, escultores artesãos e arquitetos, a criação e a invenção são processos sempre acompanhados por muito questionamento sobre os aspectos tridimensionais da forma e da cor de seus tópicos e, acima de tudo, de como são percebidas. A estética é algumas vezes definida como a “arte da percepção” (Grécia Antiga). Na Odontologia, devem-se aplicar os mesmos princípios quando se espera uma coloração bem sucedida da porcelana. Deve-se aprender a ver e tentar entender as leis da física, a fisiologia e a psicologia que governam a percepção da forma e das cores vistas nos dentes naturais, as quais normalmente se aspira reproduzir o mais próximo possível.¹

As porcelanas dentais têm sido descritas como o material de eleição para substituir ou reparar o tecido dentário perdido, por sua estabilidade de cor e estética.

As porcelanas dentais, embora estéticas, são suscetíveis à propagação de fraturas, necessitando de um arcabouço metálico ou de porcelana reforçada para resistir às forças mastigatórias.

Embora a estabilidade de cor durante a cocção das porcelanas dentais para aplicação sobre metal tenha sido estudada, pouco se investigou sobre a influência do processo de queima na cor e translucidez das porcelanas aluminizadas, devido ao fato de seu desenvolvimento e aplicação serem mais recentes.

Existem hoje no mercado várias marcas comerciais de porcelanas dentais para aplicação sobre copings de alumina. Estas porcelanas são aplicadas em camadas, numa técnica denominada estratificação. A estratificação tem por função aplicar camadas com cores e translucidez distintas, como ocorre nos dentes

naturais, necessitando de consecutivas queimas, tanto para caracterização como para correções de dimensão e cor. Entretanto, dentistas e técnicos em prótese dental têm observado empiricamente que estas consecutivas queimas alteram de alguma forma a cor das porcelanas dentais.

Após consecutivas queimas de porcelanas dentais feldspáticas empregadas na aplicação sobre copings metálicos ocorre uma pequena mudança de cor, devido ao aumento na densidade pela diminuição do número de bolhas de ar internas.²

A análise espectrofotométrica é 45% mais precisa que a análise visual na tomada de cor e fabricação de coroas metalo-cerâmicas.³

Devido à importância do assunto, neste trabalho estudaremos a estabilidade de cor de três marcas comerciais de porcelanas aluminizadas empregadas na aplicação sobre copings de alumina, através de uma análise espectrofotométrica, após consecutivas queimas, como ocorre durante a estratificação e queimas de correção.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Aspectos Físicos relacionados à cor

A luz é uma forma de energia, que se propaga, de acordo com as leis da física. Esta energia se difunde na forma de ondas caracterizadas por dois parâmetros diferentes: comprimento de onda e amplitude.¹ A luz é a forma de energia eletromagnética visível ao olho humano. A percepção da cor depende tanto de fenômenos objetivos como subjetivos e ocorre como resultado da visão, ou seja, do padrão de resposta ótica e cerebral sobre uma faixa muito estreita do espectro eletromagnético. A variação de ondas eletromagnéticas entre 380-760 nm pode ser perfeitamente discernível a olho nu. O olho humano pode distinguir as cores violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho, mas encontra dificuldade para estabelecer os limites claros entre as diferentes nuances. Existem três principais fontes naturais de luz: o Sol, a Lua e o fogo; e quatro fontes artificiais de luz: luz incandescente, tubos fluorescentes, flash fotográfico e laser. Cada uma destas fontes de luz é definida tanto pelo seu espectro de luz como por sua correspondente temperatura. Uma fonte particular é normalmente definida por sua “temperatura de cor” e não por seu espectro. A temperatura de cor é medida em graus kelvin(K). A luz natural tipicamente varia entre 5000 e 5500 K. Um objeto tem diferentes cores quando visto por diferentes fontes de luz. Na luz incandescente os raios emitidos pelos filamentos aquecidos produzem uma luz amarela-avermelhada, e é evidente pelo espectro emitido que este tipo de luz é de maior intensidade na faixa de grandes

comprimentos de onda (temperatura de cor de 3000 k a 4000 k) mas não contém todas as partes do espectro.¹ As lâmpadas fluorescentes geralmente operam usando uma mistura de vários pós fluorescentes. A luz emitida pode produzir, deste modo, diferentes tons de luz branca. Existem três tipos padrões, cada um dando um tipo específico de luz de acordo com a escala kelvin:

- branco quente (3000 k)
- branco padrão (4000 k)
- Branco do dia (6000 k)

A luz de 5000 k pode ser considerada neutra comparada com a luz do sol, a 6500 k (branco puro). Foi adotado um padrão internacional da luz do dia de 5500 k . Os gráficos espectrais indicam que uma luz de 5000 k é a mais equilibrada. Alguns autores, consideram que uma fonte de luz de 5500 k é muito clara para avaliar cor.⁴ Eles são favoráveis a uma luz de 5000 k combinando 6000 k dos tubos de néon com a luz incandescente de 3000 k.

Qualquer variação na intensidade da luz também altera a cor de qualquer coisa iluminada por ela. O amarelo e o azul se parecerão com laranja e índigo, respectivamente sob uma fonte de luz incandescente (amarelo-avermelhado). Quando a fonte de luz é igual à cor do objeto iluminado, ele torna-se mais fortemente saturado. Uma luz vermelha se torna muito saturada sob uma fonte de luz vermelha, isto é um fenômeno de reforço. A iluminação complementar à cor do objeto inibe este, e a cor tende ao cinza. Sob a luz néon azulada, o rosa-choque torna-se cinza. As fontes de luz também podem afetar o valor das cores; certas cores permanecem inalteradas, enquanto outras parecem mais escuras ou mais claras.

Metamerismo é o fenômeno no qual duas superfícies ou cores têm análises de curvas espectrais diferentes, mas parecem ter cores idênticas sob determinadas iluminações.⁵ O metamerismo tem forte impacto sobre a percepção de cor. É o fenômeno pelo qual dois objetos parecem iguais sob a mesma condição de luz e diferentes sob outra. Duas cores ou objetos com as mesmas curvas espectrais não podem ser descritos como metaméricos, enquanto duas cores ou objetos com diferentes curvas espectrais podem se manifestar em graus variados de metamerismo.

A cor é uma impressão puramente subjetiva, formada em uma porção específica do cérebro, devido à especialização de certas células, bastonetes e cones, distribuídos sob a retina. A luz produzida pelo sol é feita de diferentes comprimentos de onda, os quais podem ser comprovados usando-se um simples prisma. O prisma decompõe a luz em componentes com diferentes comprimentos de onda, cada um dos quais é percebido pelos olhos como uma cor diferente. Os comprimentos de onda mais curtos e mais longos visíveis ao olho são violeta e vermelho, respectivamente. Uma superfície de um objeto pode parecer vermelha, por exemplo, quando reflete ondas curtas e médias mas absorve ondas longas. Mais especificamente, a proporção de luz absorvida sempre complementa aquela da luz refletida. Quando uma luz neutra (o sol) atinge uma superfície que reflete todos os seus raios, os olhos vêem uma superfície como sendo branca. Uma superfície parece cinza quando todos os comprimentos de onda da luz neutra são refletidos e absorvidos na mesma medida, e uma superfície parece escura quando a luz é totalmente absorvida e nenhum raio refletido pode estimular as células da retina.¹

A intensidade de uma fonte de luz pode ser estabelecida pela energia que ela emite. A refletividade é uma medida de capacidade de cada superfície ou substância

de refletir a luz. Uma superfície branca, por exemplo, tem 100% de refletividade. Uma superfície preta, onde todos os raios são absorvidos tem refletividade de 0%. Colorimetria é uma técnica que objetiva especificar a cor tomando medições precisas expressas tanto quantitativa, quando ainda melhor, graficamente. Na realidade a transmissão ou reflexão de luz produzida por qualquer fonte de luz pode ser analisada de acordo com sua composição espectral. A luz e a cor desempenham um papel importante em várias aplicações, se puderem ser medidas científica, industrial ou tecnicamente através da análise espectral. É a análise espectral que possibilita que a cor exata de uma pintura ou de um tecido seja reproduzida.¹ Dentro de nosso próprio campo de trabalho, esta técnica nos possibilita analisar a cor dos dentes naturais, escalas de cores e materiais cerâmicos, e mesmo para testar os efeitos de agentes químicos de clareamento, por exemplo. Embora amplamente usada na fabricação de escalas de cores e pós de cerâmica, a análise espectral ainda permanece em estágio experimental para estabelecer a cor dos dentes naturais.

Ao estudar uma superfície colorida, aparecem dificuldades em definir sua cor. Existem três fenômenos envolvidos nesta percepção visual:⁶

- Um fenômeno psicofísico, ou seja, a resposta dos olhos ao estímulo da luz.
- Um fenômeno físico presente no lado externo do corpo chamado luz
- Um fenômeno psicossensorial, que é a resposta cerebral às mensagens codificadas transmitidas pelas células retiniais receptoras.

A cor pode, desta forma, ser definida de três diferentes modos: ¹

- Do ponto de vista físico, a cor é definida por três parâmetros: intensidade de energia emitida, comprimento de onda e composição espectral. Este aspecto, portanto, envolve somente energia radiante.
- Do ponto de vista psicofísico, a cor é definida por outros parâmetros: luminescência, comprimento de onda dominante e valor colorimétrico. Este aspecto está envolvido apenas com a energia de luz captada pelos olhos.
- Do ponto de vista psicossensorial, a cor é novamente definida por três parâmetros: matiz, valor e croma. Este aspecto se relaciona ao modo como o cérebro interpreta a cor.

Matiz é a qualidade que distingue as famílias das cores. Desta forma ao se definir um objeto como azul, verde ou vermelho, está se definindo o seu matiz. O valor é o fator que distingue as cores claras das escuras, e o croma é a porção do matiz que é pigmentada, ou seja, a quantidade de pigmentos contidos em uma escala de matiz. ⁷

2.2 Aspectos físicos relacionados com as porcelanas dentais

Há vários fatores que afetam e dificultam a coincidência de cor entre o dente natural e a escala de cores. Um destes fatores é a translucidez, que é a quantidade relativa de luz transmitida. Há três métodos de estudar a translucidez de porcelanas dentais: transmissão direta, transmissão total, e reflexão espectral.

Foi estudada a translucidez de cinco porcelanas dentais através de espectrofotômetro, e percebeu-se que quanto maior a sua espessura, menor sua translucidez. À medida que se aumentou o comprimento de onda da fonte de luz, a dispersão da luz diminuiu. Houve diferenças significativas na transmissão total da luz entre as porcelanas dentais testadas.⁸

A luz transmitida diretamente através de porcelanas dentais é de apenas 1%, enquanto a transmissão total é de aproximadamente 26,8%. O principal fator que altera a translucidez de porcelanas dentais são as consecutivas dispersões que a luz sofre dentro da porcelana, pela adição de opacificadores, como finas partículas de óxidos, utilizados para dar um aspecto de translucidez por transmissão difusa da luz, aumentando a dispersão e a estética.⁸

Todos os materiais translúcidos e, mais particularmente, as porcelanas dentais bem como os dentes naturais contêm os chamados opacificadores. Os materiais opacificadores são normalmente apresentados na forma de partículas finas ou extrafinas. A translucidez criada por estes pós finos depende da quantidade, granulação e composição dos opacificadores. O esmalte dental e os pós de cerâmica incisal contêm quantidades muito pequenas de partículas opacificadoras, por exemplo: a dentina natural e os pós dentinários contêm levemente mais e

parecerão mais opacos; os pós de opaco ou de dentina contêm ainda mais, e isto tem obviamente uma grande influência na transmissão da luz.¹

As partículas opacificadoras produzem um efeito de dispersão da luz no dente e na cerâmica dental, as quais variarão em grau dependendo de seu índice de refração e tamanho e quantidade de partículas. Quanto maior a dispersão, mais opaco parecerá o material; ao contrário, quanto menos dispersão, mais translucidez terá o material. Desta forma, não ocorre dispersão com uma lâmina de vidro; aproximadamente, todos os raios de luz atravessam o vidro, que é transparente.

Nos pós de cerâmica mais translúcidos não existem, praticamente, partículas opacificadoras e, portanto, pouca difração, de modo que todos os raios de luz passam através destes materiais.

As seguintes substâncias opacificadoras com índice de refração diferente daquele do material remanescente do pó são usadas em pós de cerâmica para criar pastas diferentes, como transparente, esmalte, dentina ou opaco: óxido de titânio (TiO_2 ; índice de refração 2,52, isto é, um índice muito baixo), óxido de zircônio (ZrO_2 ; índice de refração de 2,2 e óxido de estanho (Sn_2O_2 ; índice de refração de 2,0). Pode-se desta forma, concluir que a parte desempenhada pelas substâncias na translucidez das cerâmicas dentais é decisiva. Quanto menor e mais numerosas as partículas, maior é a difusão, o que implica em materiais mais opacos. Entretanto, se as partículas opacas forem particularmente pequenas, isto é, menores do que o comprimento de onda da luz e com uma densidade não tão alta e boa distribuição, então, se obterá um objeto translúcido e não opaco¹.

Figura 2.1 - Uma fonte de luz incidente na superfície de um corpo transparente, um corpo translúcido e um corpo opaco

Conforme a Figura 2.1, quando a luz atinge uma superfície lisa e plana de um corpo opaco, os raios refletidos serão mais paralelos. Ocorre uma dispersão real destes raios refletidos. Quando a luz atinge uma superfície lisa e plana de um objeto transparente, os raios transmitidos serão paralelos. Se o corpo for rugoso, os raios transmitidos serão desviados em múltiplas direções ou difundidos. Desta forma, o aspecto visual da superfície é modificado pela geometria superficial. A textura dos dentes naturais é feita de um grupo de flutuações de grande e pequena escala, que têm um considerável impacto na reflexão e, portanto, na cor dental, que adicionalmente sofre alterações relacionadas à idade.¹

A base do entendimento da influência das queimas na obtenção da cor e translucidez das porcelanas dentais foi um estudo feito sobre comportamento das partículas da porcelana dental Vita VMK 68 dentine, durante uma queima de 20° C a 1180° C em um microscópio para altas temperaturas. Observou-se que áreas de sombra que à temperatura ambiente têm um comprimento de 3mm, começam a encolher a 740° C, iniciando a sinterização à medida que as partículas de material vão ficando mais próximas. A 880° C, os contornos originalmente finos das bordas

do material tornam-se arredondados, indicando que se iniciou o processo de fusão da porcelana. Finalmente, as áreas de sombra formam uma esfera, o que define o ponto de fusão da porcelana, que neste instante é de 1180° C. A temperatura máxima recomendada para esta porcelana fica bem abaixo deste ponto de fusão.⁹ Assim, na microestrutura da porcelana uma boa parte do material não se funde e continua na fase de sinterização. A queima da porcelana dental é influenciada não apenas pela temperatura máxima alcançada, mas também, pelo tempo de pré-secagem, pelo aumento gradual da temperatura, pelo tempo de manutenção da temperatura final e condições atmosféricas do forno. Durante o período de pré-secagem, o líquido de modelar evapora. Isto é seguido pela queima e evaporação dos constituintes orgânicos do líquido. Um aumento gradual da temperatura é empregado, por um período estabelecido, até que a temperatura máxima seja alcançada. A sinterização da porcelana é feita durante este processo de aquecimento. Durante a sinterização, com o aumento de temperatura os grãos angulares se tornam mais e mais arredondados à medida que suas pontas e cantos se fundem e formam pontes de materiais aos grãos adjacentes. Este processo de sinterização forma a pré-fase ao estágio de fusão e é marcado pela contração da porcelana. Com o aumento gradual da temperatura, as partículas coloridas de queima começam a se arredondar e continuam a formar pontes de material. Em temperaturas mais altas, elas se fundem e transferem cor misturando-se à fase fundida das partículas de material menos coloridas adjacentes. Assim, o período de fusão deveria ser realmente considerado parte do processo de sinterização e é parte importantíssima na intensidade de translucidez e cor do material. A transparência e o brilho de cor dependem da porcentagem da fase vítrea presente na estrutura. Ambos se tornam mais intensos à medida que a fase vítrea aumenta. A fase de

sinterização, fase vítrea e fase cristalina influenciam não só a translucidez e a intensidade de cor da porcelana, mas também influenciam fortemente o coeficiente de expansão linear, a resistência flexural e a adesão química à estrutura de metal.⁹

A dependência das condições de queima da porcelana é claramente mostrada pela porcentagem da fase vítrea e de sinterização presentes na microestrutura da porcelana. Com um aumento do tempo de manutenção e da temperatura, assim como um período maior de aquecimento, a fase de sinterização diminui e aumenta a fase vítrea. Com o aumento da fase vítrea há um aumento da translucidez e da intensidade de cor. Com um aumento da temperatura final e períodos mais curtos de aquecimento, o mesmo grau de queima pode ser alcançado quando diminuirmos a temperatura final e aumentamos o período de aquecimento. Por exemplo: a mesma transparência pode ser vista a uma temperatura final de 940° C e período de aquecimento de 6 minutos como a uma temperatura final de 900° C e um período de aquecimento de 8 minutos. Assim, não só a temperatura final deve ser considerada, mas também, o período de aquecimento.¹⁰

Foi estudado o efeito do tempo e da temperatura de queima na porosidade e aparência superficial de porcelanas dentais, e observou-se que a menor porosidade das porcelanas é obtida com alta temperatura e curto tempo de queima, porém com um aumento do tempo de queima e manutenção da temperatura o número de poros diminui sensivelmente, principalmente para as porcelanas aluminizadas.¹¹ A porosidade superficial das porcelanas dentais deve ser minimizada para que não haja dispersão da luz e diminuição da translucidez. Assim, o controle da porosidade é de fundamental importância no processo de confecção da porcelana. O refinamento das condições de queima recomendadas podem ser feitos quando um

sistema de porcelana dental é sistematicamente mapeado. O número e tamanho dos poros na porcelana dependem, do tamanho e distribuição de suas partículas.¹²

Estudaram a influência do método de condensação na porosidade e cor de porcelanas dentais e observaram que o método de condensação não influencia na porosidade de porcelanas dentais, porém altera a distribuição das partículas internas das porcelanas dentais, que possuem granulações diferentes. As partículas de óxido metálicas pigmentadas são pequenas e sua distribuição na matriz é extremamente influenciada pelo método de condensação, alterando não só a translucidez como também a cor percebida.¹³

Estudaram o efeito da presença de poros na translucidez de três porcelanas dentais e um pó de vidro. Noventa e sete amostras de 2mm de espessura foram confeccionadas. Cada espécie de porcelana e o pó de vidro foram sinterizados sob pressão normal e sob o efeito do vácuo. A presença maior de poros nas porcelanas que foram sinterizadas em pressão normal demonstrou claramente uma diminuição da translucidez das porcelanas estudadas. Se as fraturas e defeitos forem desconsiderados, todo processo para aumentar a resistência diminuiu a translucidez das porcelanas dentais estudadas.¹⁴

Estudaram o efeito de variáveis manipuláveis na cor de porcelanas dentais e observaram que a escolha da marca comercial é o fator que mais influencia nas diferenças de cor encontradas. A técnica de condensação, a escolha do líquido de modelar e a temperatura de queima não produziram uma alteração de cor significativa.¹⁵

Realizaram uma análise espectrofotométrica da diferença de cor entre sistemas de porcelanas dentais e observaram que cores correspondentes de marcas

comerciais diferentes produziram diferenças de cores visíveis e que o sistema CIELAB permite uma técnica objetiva na avaliação da cor de porcelanas dentais.¹⁶

Estudaram a espessura necessária de porcelana para se obter a cor desejada e observaram que o aumento da espessura de porcelanas dentais aluminizadas, não altera a correlação entre a cor requerida e a cor obtida, ao contrário dos sistemas metalo-cerâmicos.¹⁷

Estudaram a estabilidade de porcelanas dentais após consecutivas queimas e observaram que durante as primeiras 5 queimas não houve alteração significativa visual da cor. Pequenas alterações foram observadas durante as queimas seguintes, principalmente nas amostras de porcelana que foram queimadas na presença de ar. Entretanto estas pequenas alterações de cor não foram suficientes para que as amostras fossem rejeitadas.²

Estudaram as fontes de variação de cor das porcelanas dentais e observaram que entre a 3ª e a 6ª queima, a variação de cor foi maior dependendo da marca comercial da porcelana testada. A média da variação de cor das porcelanas testadas foi de 1.00(ΔE).¹⁸

Estudaram a diferença de cor entre porcelanas dentais de 4 marcas comerciais após a queima e a escala de cores Vita e observaram uma diferença de cor de ΔE de 3.1, 2.9, 4.1 e 2.0 para o primeiro operador e de 4.1, 2.6, 2.8 e 1.6, respectivamente para o segundo operador, sendo a média de 3.0 e 2.8. A diferença de cor entre os dentes confeccionados pelo primeiro operador e o segundo operador foi de 3.6, o que ilustra o efeito da variação do operador quando escalas comerciais são empregadas na escolha de cor.¹⁹

Estudaram através de espectrofotômetro 5 marcas comerciais de porcelana dental aplicadas sobre metal semi-precioso relativamente a dimensões de cor,

espessura das porcelanas e queimas consecutivas e observaram que nenhuma das marcas comerciais foi afetada estatisticamente após 2(3 se considerar 1 de glase), 5(6 se considerar 1 de glase), e 10(11 se considerar 1 de glase) queimas, quando os valores espectrofotométricos foram convertidos em matiz, valor e croma.²⁰

Estudaram a influência da forma da porcelana dental na escolha de cor e observaram que não há diferença significativa na escolha de cor entre porcelana em forma de disco ou em forma de dente.²¹

Estudaram através de colorimetria (colorímetro Castor) uma porcelana dental (Biodent B2) fundida sobre metal e obtiveram os valores CIELAB antes e após a queima de glase e observaram que não houve alteração do valor de L^* (luminosidade) após uma queima de glase, porém houve aumento no valor de a^* , ou seja as amostras tornaram-se mais vermelhas; o valor de b^* diminuiu, ou seja as amostras tornaram-se menos amarelas.²²

Estudaram o efeito de queimas consecutivas sobre a fluorescência de porcelanas dentais fundidas sobre metal e observaram que houve diminuição da fluorescência das quatro marcas comerciais testadas entre a 1ª, a 5ª e a 10ª queimas, com variações estatisticamente diferentes entre as marcas comerciais.²³

Estudaram o efeito de múltiplas queimas sobre os stains de porcelanas dentais e observaram pequenas, mas estatisticamente significantes mudanças de cor através do método CIELAB.²⁴

Estudaram a estabilidade de cor de corantes de superfície de porcelanas dentais através do método CIELAB e observaram que os corantes amarelos apresentam maior variação de cor que as outras cores de corantes antes e depois da queima.²⁵

Confeccionaram padrões de porcelanas dentais em forma de discos e a partir destes fabricaram amostras através de tomada de cor com a escala de cores recomendada para cada fabricante e observaram que a confecção de restaurações e próteses a partir de restaurações existentes de porcelanas não garante uma perfeita escolha de cor, não interessando o método utilizado, visual ou através de colorímetro.²⁶

Estudaram através de análise colorimétrica, utilizando o sistema CIELAB, duas porcelanas dentais aluminizadas (Vitadur alpha e IPS-Empress) nas cores A1 e A2 e o processo de queima para ambos os materiais alterou pouco o valor médio de ΔE entre a 1ª e a 2ª queimas de cocção, abaixo de 2.2. Entretanto, as duas marcas comerciais apresentaram significativa diferença de cor entre os lotes de fabricação testados. Isto demonstrou que a alteração de cor das porcelanas dentais se deve muito mais à tolerância de produção durante o processo de fabricação do que à manipulação.²⁷

3 PROPOSIÇÃO

A proposta deste trabalho é avaliar o efeito de consecutivas queimas de cocção na estabilidade de cor de três marcas comerciais de porcelanas aluminizadas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram escolhidas as seguintes marcas comerciais:

- Noritake Cerabien CZR dentina A2 lote OE903 (Nishi-Ku, Nagoya, Japan)
- VITAVM7 dentina 2M2 lote 7633 (Bad sackingen, Germany)
- AllCeram dentina A2 lote 25796 (Hanau, Wolfgang, Germany)

4.1 Aferição do forno de porcelana

Antes da queima das porcelanas foram feitos dois procedimentos no forno da Ney modelo Centurion VPC, um para descontaminá-lo e outro para auferir sua real temperatura.

Para auferir a temperatura, foi utilizada prata pura, conforme recomendação do fabricante. Uma lâmina de prata foi queimada a uma temperatura de 940° e a queima foi acompanhada pelo visor do forno. Observou-se que a prata iniciou sua fundição a 920° e não a 940° e todas as queimas das porcelanas foram feitas descontando-se 20°, conforme a recomendação do fabricante do forno.

Para descontaminação do forno foi realizada uma queima no programa nº 0 do forno, para eliminação de quaisquer óxidos presentes.

4.2 Confeção dos corpos de prova

Para cada marca comercial foram confeccionados 10 corpos de prova (C.Ps.) em forma de disco, na medida de 10mm de circunferência e 2mm de espessura, tamanho correspondente ao nicho da janela do espectrofotômetro.

Os C.Ps. foram acondicionados em caixas plásticas individuais numeradas de 1 a 10 e com o nome da marca comercial correspondente.

A fabricação dos discos foi feita inicialmente pela obtenção de moldes circulares em teflon negro com uma fenestra interna de 12 mm de diâmetro e 3mm de espessura, compensando a contração de queima, para se obter amostras de 10mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os moldes de teflon negro foram divididos em duas partes, para que a porcelana condensada pudesse ser removida sem fraturar. Em torno dos moldes de teflon foram confeccionados anéis de metal para mantê-los unidos durante a condensação da porcelana.

Os pós de porcelana foram condensados dentro dos moldes com uma espátula acrílica e foram adicionadas 3 gotas de água destilada em cada amostra para facilitar a condensação e remoção da porcelana do interior dos moldes sem fraturar. As amostras foram confeccionadas sobre uma placa de vidro e após a remoção do molde foram levadas ao suporte de fibra de vidro para queima e levadas ao forno de porcelana e queimados seguindo as instruções do fabricante.

Após a confecção dos discos de porcelana, estes foram colocados sobre o suporte refratário e levados ao forno para a primeira queima de dentina, seguindo as recomendações de cada fabricante(Figura 4.2).

Figura 4.2. Os discos de porcelana colocados sobre o suporte refratário para queima

Após a primeira queima, a espessura dos discos foi medida em seu centro com um especímetro da Otto e as amostras que apresentavam menos de 2mm foram descartadas. As amostras foram então cortadas em uma máquina politriz com lixa circular a uma rotação de 80 rpm e água corrente. Constantes medições foram feitas durante o corte com paquímetro digital Mitutoyo até que a espessura de 2mm fosse alcançada. As amostras foram então limpas em uma cuba ultrassônica com água destilada por 15 minutos para remoção de impurezas. As amostras foram acondicionadas individualmente em caixas plásticas e numeradas de V1 a V10 para as amostras VITA, N1 a N10 para as amostras Noritake e A1 a A10 para as amostras AllCeram.

4.3 Método de leitura CIELAB

A análise de cor de cada C.P. foi feita por um espectrofotômetro Shimadzu UV-2401PC (Kyoto, Japão) com o qual se obteve a curva de reflexão para um iluminante D 65 (luz do dia) e um observador a 2°. A partir da curva espectrofotométrica de reflexão, obtiveram-se as coordenadas de cromaticidade x , y

e z , preconizadas pela Comissão Internationale d'Eclairage (CIE-1976), obtendo o espaço de cores LAB. Os valores " L^* ", " a^* " e " b^* " de acordo com as normas.²⁸

Nos intervalos de cores, o L^* indica a luminosidade e a^* e b^* indicam a direção da cor, onde $+a^*$ é a direção vermelha e $-a^*$ é a direção verde, $+b^*$ indica a direção amarela e $-b^*$ indica a direção azul e o centro não tem cor (Figura 4.3).

Figura 4.3. Espaço de cores CIELAB

4.4 Intervalos de leitura

Os intervalos utilizados para as leituras neste trabalho foram após a 1ª Queima, após a 3ª queima, após a 5ª Queima e após a 10ª Queima.

4.5 Fórmulas

Para medir as diferenças de cores apresentadas após consecutivas queimas, utilizaram-se as fórmulas preconizadas pelo método CIE LAB:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

$$\Delta L = I_1 - I_0 \text{ leitura final - inicial}$$

$$\Delta a = I_1 - I_0 \text{ leitura final - inicial}$$

$$\Delta b = I_1 - I_0 \text{ leitura final - inicial}$$

4.6 Leituras no espectrofotômetro

Segundo ¹⁴:

- somente a luz visível (400 a 700 nm) é de interesse.
- os olhos humanos são mais sensíveis a um comprimento de onda de aproximadamente 550 nm.

Após a confecção e limpeza dos C.Ps., estes foram levados ao espectrofotômetro para a 1ª leitura na faixa de luz 400 a 700nm, em intervalos de 0,5 em 0,5 nm, as curvas espectrofotométricas foram obtidas e salvas.

As amostras foram agrupadas novamente no suporte para queima no forno seguindo a seqüência de 1 a 10 e mais 2 queimas foram feitas, seguindo as instruções de cada fabricante para 2ª queima de dentina. Uma nova leitura espectrofotométrica foi feita em cada amostra e os resultados foram salvos. As amostras foram agrupadas novamente no suporte para queima no forno seguindo a

seqüência de 1 a 10 e mais 2 queimas foram feitas, seguindo as instruções de cada fabricante. Uma nova leitura espectrofotométrica foi feita em cada amostra, os valores CIELAB foram obtidos e salvos .

As amostras foram agrupadas novamente no suporte para queima no forno seguindo a seqüência de 1 a 10 e mais 5 queimas foram feitas, seguindo as instruções de cada fabricante. Uma nova leitura espectrofotométrica foi feita em cada amostra, os valores CIELAB foram obtidos e salvos.

4.7 Diferença de cor

A diferença de cor entre as amostras foi calculada pelo método CIELAB, denominada ΔE . O valor de ΔE é obtido pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos valores de ΔL , Δa e Δb . O valor de ΔE para cada amostra foi calculado entre a 1ª e a 3ª queimas, sendo denominado $\Delta E1$; entre a 3ª e a 5ª queimas, sendo denominado $\Delta E2$ e entre a 5ª e a 10ª queimas, sendo denominado $\Delta E3$.

5 RESULTADOS

5.1 Porcelana Noritake Cerabien CZR

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 1ª e a 3ª queimas foram convertidas para o sistema CIELAB e o valor de ΔE que mostra a variação de cor em cada intervalo de queima foi obtido, conforme a Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Leituras dos corpos de prova da porcelana Noritake Cerabien CZR e os valores de L^* , a^* e b^* após a 1ª e a 3ª queima e os valores de ΔL , Δa e Δb e AE entre a 1ª e a 3ª queima

1ª Queima			3ª Queima			Variação de cor			
L^*1	a^*1	b^*1	L^*2	a^*2	b^*2	$\Delta L1$	Δa	Δb	$\Delta E1$
91.36	2.74	25.36	91.36	2.74	25.36	0	0	0	0
89.41	2.66	24.98	91.82	2.71	25.71	2.41	0.05	0.73	2.52
91.89	2.11	23.85	93.88	2.60	27.14	1.99	0.49	3.29	3.88
89.95	2.61	24.76	91.55	2.56	26.60	1.60	-0.05	1.84	2.44
89.14	2.53	23.82	93.44	2.57	26.07	4.30	0.04	2.25	4.85
90.79	2.52	23.83	93.18	2.69	28.10	2.39	0.17	4.27	4.90
91.03	1.85	23.72	91.43	2.61	26.98	0.40	0.76	3.26	3.37
86.75	2.61	23.70	90.76	2.67	26.67	4.01	0.06	2.97	4.99
88.29	2.58	25.68	93.53	2.18	26.70	5.24	-0.40	1.02	5.35

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 5ª queima foram convertidas para o sistema CIELAB e o valor de ΔE que mostra a variação de cor no intervalo entre a 3ª e a 5ª queima foi obtido, conforme a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Leituras dos corpos de prova da porcelana Noritake Cerabien CZR através dos valores de L^* , a^* e b^* após a 5ª queima e os valores de ΔL , Δa , Δb e ΔE entre a 3ª e a 5ª queima

5ª Queima			Variação de cor			
L^*3	a^*3	b^*3	$\Delta L2$	$\Delta a2$	$\Delta b2$	$\Delta E2$
90.54	2.51	26.35	-0.82	-0.23	0.99	1.31
92.28	1.89	26.76	0.46	-0.82	1.05	1.41
90.69	2.63	27.03	-3.19	0.03	-0.11	3.19
90.38	2.41	26.30	-1.17	-0.15	-0.30	1.22
90.66	2.66	26.68	-2.78	0.09	0.61	2.85
91.05	2.35	25.17	-1.21	-0.23	-1.67	2.08
90.52	2.66	27.26	-2.66	-0.03	-0.84	2.79
90.37	2.81	27.75	-1.06	0.20	0.77	1.33
90.51	2.73	27.43	-0.25	0.06	0.76	0.80
90.75	2.52	26.38	-2.78	0.34	-0.32	2.82

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 10ª queima foram convertidas para o sistema CIELAB e os valores de ΔE que mostram a variação de cor no intervalo entre a 5ª e a 10ª queima foram obtidos, conforme a Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Leituras dos corpos de prova da porcelana Noritake CerabienCZR através dos valores de L^* , a^* e b^* após a 10ª queima e os valores de ΔL , Δa , Δb e ΔE entre a 5ª e a 10ª queima

10ª Queima			Variação de cor			
L^*4	a^*4	b^*4	$\Delta L3$	$\Delta a3$	$\Delta b3$	$\Delta E3$
93.35	1.76	26.38	2.81	-0.75	0.03	2.91
91.80	2.29	26.35	-0.48	0.40	-0.41	0.75
91.87	2.45	27.67	1.18	-0.18	0.64	1.35
91.88	2.28	26.36	1.50	-0.13	0.06	1.51
91.65	2.52	27.60	0.99	-0.14	0.92	1.36
92.84	1.87	24.27	1.79	-0.48	-0.90	2.06
93.09	1.85	26.78	2.57	-0.81	-0.48	2.74
91.65	2.52	27.87	1.28	-0.29	0.12	1.32
91.28	2.75	29.08	0.77	0.02	1.65	1.82
91.75	2.52	28.28	1.00	0	1.90	2.15

Os valores de variação de cor expressos em ΔE foram submetidos à análise estatística One-way ANOVA ao nível de significância de 0,05. De acordo com estas condições o teste estatístico conhecido como análise de variância a um fator permite verificar a presença de uma diferença significativa entre duas ou mais médias que buscamos comparar. Quando o valor de $p < 0,05$ a hipótese nula é rejeitada e as médias são estatisticamente diferentes, ou seja, pelo menos uma das médias é diferente das outras.

A Tabela 5.4 mostra que houve variação estatisticamente significativa entre $\Delta E1$, $\Delta E2$ e $\Delta E3$.

Tabela 5.4 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores de ΔE nos diferentes tempos de cocção

Varição de cor	médias	Variância	N
$\Delta E1$	3.32746	3.33393	10
$\Delta E2$	1.97834	0.75194	10
$\Delta E3$	1.7959	0.45723	10
F = 4.62138			
p = 0.01879			

A Tabela 5.5 mostra que houve diferença estatisticamente significativa entre $\Delta E1$ e $\Delta E2$ com $p = 0.04906$ e que o valor médio de $\Delta E1 = 3.3$ e $\Delta E2 = 1.9$.

Tabela 5.5- One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Varição de cor	Médias	Variância	N
$\Delta E1$	3.32746	3.33393	10
$\Delta E2$	1.97834	0.75194	10
F = 4.45469			
p = 0.04906			

A Tabela 5.6 mostra que não houve diferença estatisticamente significativa entre $\Delta E2$ e $\Delta E3$, com $p = 0.60623$.

Tabela 5.6 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Varição de cor	Médias	Variância	N
$\Delta E2$	1.97834	0.75194	10
$\Delta E3$	1.7959	0.45723	10
F = 0.27525			
p = 0.60623			

Para a porcelana Noritake Cerabien, podemos concluir que a diferença de cor entre a 1ª e a 3ª queima foi estatisticamente superior à diferença de cor entre a 3ª e a 5ª queima e entre a 5ª e a 10ª queima. Entre a 3ª e a 5ª queimas não houve diferença estatisticamente significativa em relação à 5ª e à 10ª queimas.

5.2 PORCELANA VITA VM7

Tabela 5.7 - leituras dos corpos de prova da porcelana Vita VM7 através dos valores CIELAB após a 1ª e a 3ª queima e valores de ΔL , Δa e Δb e AE entre a 1ª e a 3ª queima

1ª Queima			3ª Queima			Variação de cor			
L*1	a*1	b*1	L*2	a*2	b*2	$\Delta L1$	Δa	Δb	$\Delta E1$
90.43	2.13	24.10	90.43	2.13	24.10	0	0	0	0
90.92	2.03	24.92	92.39	1.80	26.85	1.47	-0.23	1.93	2.44
92.80	2.11	23.13	94.31	1.85	25.84	1.51	-0.26	2.71	3.11
90.47	2.22	22.24	93.83	1.85	26.51	3.36	-0.37	4.27	5.45
93.73	1.99	24.21	94.79	1.51	25.57	1.06	-0.48	1.36	1.79
90.13	2.39	24.04	91.56	2.20	26.22	1.43	-0.19	2.18	2.61
90.02	2.14	23.10	94.46	1.53	25.42	4.44	-0.61	2.32	5.05
92.00	2.12	24.33	94.09	1.51	25.13	2.09	-0.61	0.80	2.32
91.26	1.88	24.24	94.49	1.60	25.17	3.23	-0.28	0.93	3.37
91.89	2.20	22.90	93.53	2.18	26.70	1.64	-0.02	3.80	4.14

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 1ª e a 3ª queimas foram convertidas para o sistema CIELAB e o valor de ΔE que mostra a variação de cor em cada intervalo de queima foi obtido, conforme a Tabela 5.7.

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 5ª queima foram convertidas para o sistema CIELAB e os valores de ΔE que mostram a variação de cor no intervalo entre a 3ª e a 5ª queima foram obtidos, conforme a Tabela 5.8.

Tabela 5.8 - leituras dos corpos de prova da porcelana Vita VM7 através dos valores CIELAB após a 5ª queima, valores de ΔL , Δa e Δb e ΔE entre a 3ª e a 5ª queima

5ª Queima			Variação de cor			
L*3	a*3	b*3	$\Delta L2$	$\Delta a2$	$\Delta b2$	$\Delta E2$
90.92	2.03	23.65	0.49	-0.10	-0.45	0.67
91.05	1.98	25.84	-1.34	0.18	-1.01	1.69
91.56	1.79	25.12	-2.75	-0.06	-0.72	1.92
93.66	1.76	25.03	-0.17	-0.09	-1.48	1.49
92.57	1.28	24.35	-2.22	-0.23	-1.22	2.54
91.42	2.05	24.20	-0.14	-0.15	2.02	2.03
91.97	1.85	23.13	-2.49	0.32	-2.29	3.40
91.32	2.04	25.14	-2.77	0.53	0.01	2.82
94.56	0.75	24.48	0.07	-0.85	-0.69	1.10
92.93	2.07	25.81	-0.60	-0.11	-0.89	1.08

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 10ª queima foram convertidas para o sistema CIELAB e os valores de ΔE que mostram a variação de cor no intervalo entre a 5ª e a 10ª queima foram obtidos, conforme a Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Leituras dos corpos de prova da porcelana Vita VM7 através dos valores CIELAB após a 10ª queima e os valores de ΔL , Δa e Δb e ΔE entre a 5ª e a 10ª queima

10ª Queima			Variação de cor			
L*4	a*4	b*4	$\Delta L3$	$\Delta a3$	$\Delta b3$	$\Delta E3$
90.97	2.51	22.78	0.05	0.48	-0.87	0.99
93.05	1.38	25.81	2.00	-0.60	-0.03	2.09
94.29	1.02	21.49	2.73	-0.77	-3.63	1.84
92.77	1.60	24.61	-0.89	-0.16	-0.42	1.00
93.07	1.32	23.89	0.50	0.04	-0.46	0.68
93.62	1.24	22.64	2.20	-0.81	-1.56	2.82
92.27	1.88	24.41	0.30	0.03	1.28	1.32
93.36	1.26	23.94	2.04	-0.78	-1.20	2.49
94.49	1.60	25.17	-0.07	0.85	0.69	1.10
92.35	1.93	25.67	-0.58	-0.14	-0.14	0.61

Os valores de variação de cor expressos em ΔE foram submetidos a análise estatística One-way ANOVA ao nível de significância de 0,05. A Tabela 5.10 mostra que estatisticamente houve diferença entre $\Delta E1$, $\Delta E2$ e $\Delta E3$ com $p = 0.01484$.

Tabela 5.10 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Variação de cor	médias	Variância	N
$\Delta E1$	3.02779	2.55624	10
$\Delta E2$	1.87421	0.72801	10
$\Delta E3$	1.49307	0.59313	10
F = 4.94068 p = 0.01484			

A Tabela 5.11 mostra que não houve diferença estatisticamente significativa entre $\Delta E1$ e $\Delta E2$ com $p = 0.05933$ e que os valores médios das 10 amostras de $\Delta E1 = 3.0$ e $\Delta E2 = 1.8$.

Tabela 5.11 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Variação de cor	médias	Variância	N
$\Delta E1$	3.02779	2.55624	10
$\Delta E2$	1.87421	0.72801	10
F = 4.05188 p = 0.05933			

A Tabela 5.12 mostra que não houve diferença estatisticamente significativa entre $\Delta E2$ e $\Delta E3$, com $p = 0.30823$.

Tabela 5.12 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Variação de cor	médias	Variância	N
ΔE_2	1.87421	0.72801	10
ΔE_3	1.49307	0.59313	10
F = 1.0996			
p = 0.30823			

Para a porcelana VitaVM7 podemos concluir que a diferença de cor entre a 1ª e a 3ª queima foi estatisticamente superior à diferença de cor entre a 5ª e a 10ª queima. Entre a 1ª e 3ª queima e entre a 3ª e a 5ª queima não houve diferença estatisticamente significativa.

5.3 Porcelana AllCeram

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 1ª e a 3ª queimas foram convertidas para o sistema CIELAB e os valores de ΔE de cada uma das 10 amostras que exprimem a variação de cor nos respectivos intervalos de leitura foram obtidos, conforme a Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Leituras dos corpos de prova da porcelana ALLCeram e os valores CIELAB após a 1ª e a 3ª queima e os valores de ΔL , Δa e Δb e ΔE entre a 1ª e a 3ª queima

1ª Queima			3ª Queima			Variação de cor			
L*1	a*1	b*1	L*2	a*2	b*2	$\Delta L1$	Δa	Δb	$\Delta E1$
91.32	4.18	21.36	95.21	3.71	23.73	3.89	-0.47	2.37	4.58
89.33	3.44	21.21	93.44	3.01	23.81	4.11	-0.43	2.60	4.88
91.83	4.18	22.07	95.64	4.12	25.75	3.81	-0.06	3.68	5.30
91.83	4.18	22.07	95.79	4.05	24.66	3.96	-0.13	2.59	4.73
88.97	2.66	24.86	93.44	2.10	23.70	4.47	0.56	-1.16	4.65
90.75	2.41	24.14	95.76	3.01	23.85	5.01	0.60	-0.29	5.05
91.91	4.41	23.43	94.59	4.23	26.25	2.68	-0.18	2.82	3.89
92.82	4.01	22.66	95.32	1.42	23.65	2.5	-2.59	0.99	3.73
91.78	3.13	22.57	94.93	3.94	24.46	3.15	0.81	1.89	3.76
92.29	4.03	23.13	96.45	3.70	23.88	4.16	-0.33	0.75	4.24

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 5ª queima foram convertidas para o sistema CIELAB. As coordenadas L, a e b e os valores de ΔE que mostram a variação de cor no intervalo entre a 3ª e a 5ª queima foram obtidos, conforme a Tabela 5.14.

Tabela 5.14 - leituras dos corpos de prova da porcelana AllCeram expressos no sistema CIELAB após a 5ª queima, valores de ΔL , Δa , Δb e ΔE entre a 3ª e a 5ª queima

5ª Queima			Variação de cor			
L*3	a*3	b*3	$\Delta L2$	$\Delta a2$	$\Delta b2$	$\Delta E2$
2.19	4.13	24.84	-3.02	0.42	1.11	3.24
92.83	3.87	23.68	-0.61	0.86	-0.13	1.06
93.01	3.71	22.68	-2.63	-0.41	-3.07	4.06
92.72	4.00	23.61	-3.07	-0.05	-1.05	3.24
90.60	2.70	26.14	-2.84	0.60	2.44	3.79
91.79	4.51	26.48	-3.97	1.50	2.63	4.99
92.98	3.49	22.67	-1.61	-0.74	-3.58	3.99
92.88	3.77	22.47	-2.44	2.35	-1.18	3.59
92.37	4.01	24.89	-2.56	0.07	0.43	2.60
92.66	4.00	24.85	-3.79	0.30	0.97	3.92

As curvas espectrofotométricas obtidas após a 10ª queima foram convertidas para o sistema CIELAB e os valores de ΔE que mostram a variação de cor no intervalo entre a 5ª e a 10ª queima foram obtidos, conforme a Tabela 5.15.

Tabela 5.15 - leituras dos corpos de prova da porcelana ALLCeram expressos no sistema CIELAB após a 10ª queima e os valores de ΔL , Δa e Δb e ΔE entre a 5ª e a 10ª queima

10ª Queima			Variação de cor			
L*4	a*4	b*4	$\Delta L3$	$\Delta a3$	$\Delta b3$	$\Delta E3$
93.74	2.68	24.13	1.55	-1.45	-0.71	2.24
94.06	3.19	24.43	1.23	-0.68	0.75	1.59
94.03	3.15	23.72	1.02	-0.56	1.04	1.56
93.67	3.81	25.60	0.95	-0.19	1.99	2.21
92.06	2.60	26.70	1.46	-0.10	0.56	1.57
93.67	3.76	26.06	1.88	-0.75	-0.42	2.07
93.09	1.85	23.72	0.11	-1.64	1.05	1.95
93.94	3.42	24.99	1.06	-0.35	2.52	2.76
94.13	3.25	24.37	1.76	-0.76	-0.52	1.99
94.52	3.56	25.63	1.86	-0.44	0.78	2.06

Os valores de variação de cor expressos em ΔE foram submetidos à análise estatística One-way ANOVA ao nível de significância de 0,05.

A Tabela 5.16, mostra que estatisticamente houve diferença entre $\Delta E1$, $\Delta E2$ e $\Delta E3$ com $p=1.28181E-7$ e que $\Delta E1 > \Delta E2 > \Delta E3$.

Tabela 5.16 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Varição de cor	médias	Variância	N
$\Delta E1$	4.48281	0.3041	10
$\Delta E2$	3.45024	1.10286	10
$\Delta E3$	1.99965	0.13683	10
F = 30.23866			
p = 1.28181E-7			

A Tabela 5.17 mostra que houve diferença estatisticamente significativa entre $\Delta E1$ e $\Delta E2$ com $p = 0.01309$

Tabela 5.17 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Varição de cor	médias	Variância	N
$\Delta E1$	4.48281	0.3041	10
$\Delta E2$	3.45024	1.10286	10
F = 7.57805			
p = 0.01309			

A Tabela 5.18 mostra que houve diferença estatisticamente significativa entre $\Delta E2$ e $\Delta E3$, com $p = 6.43117E-4$.

Tabela 5.18 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do ΔE nos diferentes tempos de cocção

Varição de cor	médias	Variância	N
$\Delta E2$	3.45024	1.10286	10
$\Delta E3$	1.99965	0.13683	10
F = 16.97354			
p = 6.43117E-4			

Para a porcelana AllCeram podemos concluir que a diferença de cor entre a 1ª e a 3ª queimas foi estatisticamente superior à diferença de cor entre a 3ª e a 5ª queimas e à diferença de cor entre a 5ª e a 10ª queimas. A diferença de cor entre a 3ª e a 5ª queimas foi estatisticamente superior à diferença de cor entre a 5ª e a 10ª queimas.

5.4 Porcelanas Noritake Cerabien CZR, Vita VM7 E AllCeram.

Os dados obtidos da leitura espectrofotométrica foram submetidos à análise estatística One-way ANOVA ao nível de significância de 0,05. Quando o valor de $p < 0,05$ a hipótese nula é rejeitada e as médias são estatisticamente diferentes, ou seja, pelo menos uma das médias é diferente das outras.

Conforme a Tabela 5.19 não houve diferença estatisticamente significativa entre o $\Delta E1$ das cerâmicas Noritake Cerabien CZR , VitaVM7 e AllCeram.

Tabela 5.19 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do $\Delta E1$ entre a 1ª e a 3ª queimas das três marcas comerciais

Varição de cor	médias	Variância	N
Noritake $\Delta E1$	3.32746	3.33393	10
VitaVm7 $\Delta E1$	3.02779	2.55624	10
AllCeram $\Delta E1$	4.48281	0.3041	10
F = 2.85888			
p = 0.07479			

Conforme a Tabela 5.20, comparando-se o $\Delta E2$, houve diferença estatisticamente significativa entre a porcelana AllCeram e as outras duas mascas comerciais, com $p = 9.97533E-4$, sendo o $\Delta E2$ médio da cerâmica AllCeram estatisticamente superior ao das cerâmicas Noritake Cerabien CZR e VitaVM7.

Tabela 5.20 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do $\Delta E2$ entre a 3ª e a 5ª queimas das três marcas comerciais

Varição de cor	médias	Variância	N
Noritake $\Delta E2$	1.97834	0.75194	10
VitaVM7 $\Delta E2$	1.87421	0.72801	10
AllCeram $\Delta E2$	3.45024	1.10286	10
F = 9.02348 p = 9.97533E-4			

Conforme a Tabela 5.21, não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de $\Delta E3$ entre as três marcas comerciais.

Tabela 5.21 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do $\Delta E3$ entre a 5ª e a 10ª queimas das três marcas comerciais

Varição de cor	Médias	Variância	N
Noritake $\Delta E3$	1.7959	0.45723	10
VitaVM7 $\Delta E3$	1.49307	0.59313	10
AllCeram $\Delta E3$	1.99965	0.13683	10
F = 1.64189 p = 0.21236			

Conforme a Tabela 5.22, ao nível de significância de 0,05 não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de $\Delta E2$ das cerâmicas Noritake Cerabien CZR e VitaVM7.

Tabela 5.22 - One-Way ANOVA aplicada às diferentes médias dos valores do $\Delta E2$ entre a 3ª e a 5ª queimas das cerâmicas Noritake Cerabien CZR e VitaVM7

Varição de cor	médias	Variância	N
Noritake $\Delta E2$	1.97834	0.75194	10
VitaVM7 $\Delta E2$	1.87421	0.72801	10
F = 0.07325			
p = 0.78974			

A diferença de cor entre as marcas comerciais Noritake Cerabien CZR e AllCeram foi calculada, após a 3ª queima, pois ambas deveriam apresentar a mesma cor, ou seja A2. O valor médio de ΔE entre as duas marcas comerciais foi de 3,8.

6 DISCUSSÃO

O valor de ΔE abaixo de 1 dificilmente pode ser observado. O valor entre 1 e 2 de ΔE pode ser visível clinicamente para alguns observadores e o valor de ΔE acima de 2 pode ser identificado 100% das vezes. O valor de ΔE acima de 3.3 é clinicamente inaceitável.^{29,30}

Tabela 6.1 - Valores de ΔE das três marcas comerciais testadas

	AllCeram	Vita VM7	Noritake Cerabien
$\Delta E1$	4.4	3.0	3.3
$\Delta E2$	3.4	1.8	1.9
$\Delta E3$	1.9	1.4	1.7

Se observarmos a Tabela 6.1, veremos que o $\Delta E1$ das amostras de VitaVM7 e Noritake Cerabien CZR foram perceptíveis, mas aceitáveis clinicamente, enquanto o $\Delta E1$ da cerâmica AllCeram foi perceptível e inaceitável clinicamente. O $\Delta E2$ médio das amostras de Vita VM7 e Noritake Cerabien CZR são imperceptíveis pelo observador comum e aceitáveis clinicamente, enquanto o $\Delta E2$ médio das amostras de AllCeram apresentaram-se perceptíveis e inaceitáveis clinicamente. O $\Delta E3$ das amostras das três marcas comerciais estabeleceu-se entre 1 e 2, o que é imperceptível pelo observador comum e aceitável clinicamente.

A possível alteração de cor após consecutivas queimas de cocção deve-se à eliminação de poros de ar que existem dentro da porcelana, conforme as queimas se sucedem.²

Alterando-se o tempo de queima e temperatura ocorre microscopicamente uma diminuição e alteração de forma de poros na superfície de porcelanas aluminizadas quando se aumenta o tempo de queima ou a temperatura.¹¹ Diante de nossos resultados, concordamos, pois aumentado o tempo de queima, houve alteração de cor das porcelanas dentais estudadas.

A translucidez e a intensidade de cor das porcelanas dentais dependem da porcentagem da fase vítrea presente na estrutura. Ambos se tornam mais intensos à medida que a fase vítrea aumenta. A fase de sinterização, fase vítrea e fase cristalina influenciam não só a translucidez como a intensidade de cor da porcelana.¹⁰

A dependência das condições de queima da porcelana é claramente mostrada pela porcentagem da fase vítrea e de sinterização presentes na microestrutura da porcelana. Com um aumento do tempo de manutenção e da temperatura, assim como um período maior de aquecimento, a fase de sinterização diminui e aumenta a fase vítrea. Com o aumento da fase vítrea há um aumento da translucidez e da intensidade de cor.

Nosso estudo observou que se o tempo de queima for aumentado há uma alteração na cor das porcelanas dentais testadas.

As alterações de cor ocorreram mais intensamente entre a 1ª e a 3ª queimas, principalmente, porque após a primeira queima as amostras receberam apenas acabamento com uma máquina politriz e após a terceira queima os corpos de prova apresentavam-se autoglaseados, apresentando um brilho

substancialmente maior devido ao aumento da fase vítrea e migração das partículas de vidro para a superfície. Este brilho maior da superfície e a intensidade maior de cor, alteram a quantidade de luz refletida e conseqüentemente os valores de LAB. É importante observar a alteração de cor nesta fase, porque normalmente as porcelanas dentais são provadas e ajustadas antes da queima de glase.

Conforme as instruções dos três fabricantes, são indicadas 3 queimas, sendo 1ª queima de dentina, 2ª queima de dentina e 3ª queima para glase. O número de queimas varia de laboratório para laboratório e de paciente para paciente, porém de particular interesse é a alteração de cor a partir da 3ª queima, pois é a partir desta que ocorrem as queimas de correção.¹⁸ Conforme a tabela 6.1, entre a 3ª e a 5ª queimas o valor de ΔE foi de 3,4 para a cerâmica AllCeram, 1,8 para a cerâmica Vita VM7 e de 1.9 para a cerâmica Noritake Cerabien CZR. O ΔE_2 médio das amostras AllCeram foi estatisticamente superior ao valor de ΔE_2 das amostras de Vita VM7 e Noritake Cerabien CZR. Se observarmos a indicação do fabricante da porcelana All Ceram correções a partir da 3ª queima devem ser realizadas com uma massa de correção, cuja temperatura de queima é bem inferior à da 2ª queima de dentina.

A menor alteração de cor ocorreu no intervalo entre a 5ª e a 10ª queimas para as três marcas comerciais, sendo o valor de ΔE_3 de 1,4 para a porcelana Vita VM7, 1,7 para a porcelana Noritake Cerabien CZR e 1,9 para a porcelana AllCeram.

Se analisarmos a estabilidade de cor das três marcas comerciais testadas neste trabalho, observaremos que o valor de ΔE_1 foi maior que o de ΔE_2 , que por sua vez foi maior que o de ΔE_3 , ou seja, conforme as queimas se sucederam a cor se alterou cada vez menos, o que indica que a porosidade e a intensidade de cor alteraram-se mais nas primeiras queimas.

O valor de ΔE varia, conforme a marca comercial testada.¹⁸ Cada marca comercial neste estudo apresentou um valor de ΔE próprio nos intervalos de queima testados. Porém, estatisticamente, a porcelana AllCeram apresentou uma alteração de cor maior que as porcelanas Noritake e VitaVM7 no intervalo entre a 3ª e a 5ª queimas.

Uma análise espectrofotométrica da diferença de cor entre sistemas de porcelanas dentais demonstrou que cores correspondentes de marcas comerciais diferentes produziram diferenças de cores visíveis.¹⁶ Concordamos com os autores, pois ao comparar a cor das porcelanas AllCeram dentina A2 e Noritake Cerabien CZR dentina A2 após o número padrão de 3 queimas, observamos uma diferença de cor de ΔE de 3,8, valor que é visível ao observador comum e inaceitável clinicamente.

7 CONCLUSÃO

Após testarmos, através de espectrofotometria, a estabilidade de cor de três marcas comerciais após consecutivas queimas de cocção, concluímos que existe variação de cor e que esta variação depende do número de queimas realizadas e da marca comercial utilizada:

7.1 As três marcas comerciais testadas apresentaram maior variação entre a 1ª e a 3ª queimas, porém a variação de cor das marcas Vita VM7 e Noritake Cerabien CZR foi perceptível, mas aceitável clinicamente, enquanto a marca AllCeram apresentou alteração de cor perceptível e inaceitável clinicamente.

7.2 Entre a 3ª e a 5ª queimas, as marcas comerciais Noritake Cerabien CZR e VitaVM7 apresentaram uma variação de cor imperceptível clinicamente ao observador comum e aceitável clinicamente enquanto a porcelana AllCeram apresentou variação de cor perceptível pelo observador comum e inaceitável clinicamente.

7.3 O intervalo entre a 5ª e a 10ª queimas teve a menor variação de cor para as três marcas comerciais testadas, sendo esta variação imperceptível pelo observador comum e aceitável clinicamente.

REFERÊNCIAS

1. Touati B. Odontologia estética e restaurações cerâmicas. São Paulo: Ed. Santos; 2000.
2. Barghi N, Goldberg. Porcelain shade stability after repeated firing. J Prosthet Dent 1977;37:173-5.
3. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. Int J Periodont Restor Dent 2004;24:222-31.
4. Winter R. Visualizing the natural dentition. J Esthet Dent 1993;5:102-17.
5. Sproull RC. Color matching in dentistry. I. The three-dimensional nature of color. J Prosthet Dent 1973;29:416-24.
6. Sproull RC. Color matching in dentistry. II. Practical applications of the organization of color. J Prosthet Dent 1973;29:556-66.
7. Munsell A. A color notation. Baltimore: Munsell Color Company Inc; 1961. cap. 1, p. 15-20.
8. Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. J Dent Res 1980;59:70-5.
9. Claus H. The structure and microstructure of dental porcelain in relationship to the firing conditions. Int J Prosthodont 1989;2:376-84.
10. Claus H. Dental ceramic dimensions before, during and after firing. Zwr 1985;94:612-16, 647.
11. Cheung KC, Darvell BW. Sintering of dental porcelain: effect of time and temperature on appearance and porosity. Dent Mater 2002;18:163-73.
12. Rasmussen ST, Ngaji-Okumu W, Boenke K, O'Brien WJ. Optimum particle size distribution for reduced sintering shrinkage of a dental porcelain. Dent Mater 1997;13:43-50.
13. Evans DB, Barghi N, Malloy CM, Windeler AS. The influence of condensation method on porosity and shade of body porcelain. J Prosthet Dent 1990;63:380-9.
14. Southan DE. Factors affecting the translucency of dental porcelain. Quintessence Int 1987;18:197-202.
15. Rosenstiel SF, Johnston WM. The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. J Prosthet Dent 1988;60:297-303.

16. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
17. Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent* 1999;82:143-9.
18. O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of color variation on firing porcelain. *Dent Mater* 1991;7:170-3.
19. Groh CL, O'Brien WJ, Boenke KM. Differences in color between fired porcelain and shade guides. *Int J Prosthodont* 1992;5:510-4.
20. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979;42:96-105.
21. Barrett AA, Grimaudo NJ, Anusavice KJ, Yang MC. Influence of tab and disk design on shade matching of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002;88:591-7.
22. Baumann MA, Schifferdecker B. Color determination in dental ceramics. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1994;104:423-9.
23. Ecker GA, Moser JB, Wozniak WT, Brinsden GI. Effect of repeated firing on fluorescence of porcelain-fused-to-metal porcelains. *J Prosthet Dent* 1985;54:207-14.
24. Mulla FA, Weiner S. Effects of temperature on color stability of porcelain stains. *J Prosthet Dent* 1991;65:507-12.
25. Lund PS, Piotrowski TJ. Color changes of porcelain surface colorants resulting from firing. *Int J Prosthodont* 1992;5:22-7.
26. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002;87:657-66.
27. Rinke S, Huls A, Kettler MJ. Colorimetric analysis as a means of quality control for dental ceramic materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 1996;4:105-10.
28. McLaren K. "The development of the CIE 1976 (L*a*b*) uniform colour-space and colour-difference formula". *J Soc Dyers and Colour* 1976;92:338-41.
29. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-4.
30. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3:246-51.