



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

O Potencial dos Materiais Biocerâmicos para causar Descoloração Dentária

Pilar Costa Alves

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 13 de Agosto de 2021



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Pilar Costa Alves

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

O Potencial dos Materiais Biocerâmicos para causar Descoloração Dentária

Trabalho realizado sob a Orientação de Professor Doutor Pedro Jorge Bernardino

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Gandra, 13 de agosto de 2021

Parecer do Orientador

Eu, **Pedro Jorge Rodrigues de Carvalho Bernardino**, com a categoria profissional de Professor Auxiliar do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da Dissertação intitulada *“O Potencial dos Materiais Biocerâmicos para causar Descoloração Dentária”*, do Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, **Pilar Costa Alves**, declaro que sou de parecer positivo para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para Admissão a provas públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, 13 de Agosto de 2021



O Orientador

Agradecimentos

São muitas as figuras que ao longo destes anos passaram e marcaram a minha vida, especialmente o meu percurso académico, cada uma da sua forma única e singular.

Aos meus pais,

Por todo o apoio e a forma incondicional como o prestaram. Por sempre acreditarem em mim e me colocarem em primeiro lugar, acima de tudo. Sem eles, nada disto seria possível, literalmente.

À minha irmã, Luana

Minha alma gémea! Àquela que festeja as minhas vitórias como se fossem dela. Que este laço que nos une nunca se quebre.

Ao meu namorado, André

Por me ter acompanhado ao longo de toda esta caminhada, sempre a dar-me a força que eu precisava e uma palavra de incentivo na altura certa. Se não fosse ele, teria sido tudo muito mais difícil e sem graça!

À minha família,

Por terem estado sempre presentes, nos bons e maus momentos, nos altos e baixos que um percurso académico acarreta. A eles um muito obrigada!

Aos meus amigos, Sara e Bruno

Àqueles que conheço desde infância como a palma da minha mão, que me acompanham de perto e sei que farão sempre parte da minha vida!

Às amigas que a universidade me deu, Bárbara, Ivana, Mariana e Margarida

Àqueles que passaram pelo mesmo que eu ao longo destes 5 inesquecíveis anos, fazendo esta caminhada de mãos dadas e de olhos no futuro. Guardo-as num lugar bem especial no meu coração!

Aos professores e colegas de turma,

Que tornaram este percurso muito mais fácil e divertido, por toda a ajuda e conhecimento que me transmitiram para o meu futuro enquanto profissional.

Ao meu orientador, Professor Pedro Bernardino

Pela disponibilidade durante a realização deste trabalho e pelo incentivo certo nas horas mais necessárias.

Resumo

Introdução: Os materiais biocerâmicos apresentam boas características e numerosas indicações. Contudo, a descoloração dentária que provocam apresenta-se como um dos seus grandes inconvenientes. Assim, é importante procurar métodos para que esta possa ser evitada, de modo a não causar impacto estético negativo.

Objetivo: O objetivo deste trabalho passa por realizar uma revisão sistemática que tente perceber o potencial dos biocerâmicos para causar descoloração na estrutura dentária e quais as razões para que tal aconteça.

Material e Métodos: A pesquisa, limitada a artigos publicados nos últimos 10 anos, foi efetuada na *PubMed* com as palavras-chave: *Tooth Discoloration, Dental Coloration, Bioceramic Material, Endodontics, Filling Cement, Repair Cement*.

Resultados: A pesquisa bibliográfica resultou num total de 82 artigos, sendo que os duplicados foram removidos através do *Mendeley*, mantendo-se 60 artigos. Posteriormente, e através de critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 23 e adicionados 2 para fundamentação teórica, perfazendo um total de 25 artigos.

Discussão: As mudanças de cor são medidas através de espectrofotometria e a espécie dentária usada nos estudos pode condicionar os resultados. Deve-se ponderar a substituição do óxido de bismuto presente no MTA, apontado como a maior causa da descoloração. A presença de sangue pode intensificar a descoloração causada e, de forma a preveni-la, é possível o uso de óxido de zinco e DBA (dentin-bonding agent).

Conclusão: Apesar das vantagens e ampla utilidade destes materiais, é necessário um uso cauteloso, principalmente nas áreas estéticas, devido à descoloração que causam, ainda que por vezes seja impercetível a olho humano.

Abstract

Introduction: Bioceramic materials have good characteristics and numerous indications. However, the tooth discoloration they cause is one of their major inconveniences. Thus, it is important to look for methods so that this does not cause a negative aesthetic impact.

Objective: The objective of this work is to carry out a systematic review that tries to understand the potential of bioceramics to cause discoloration in the tooth structure and the reasons for this to happen.

Material and Methods: The research, limited to articles published in the last 10 years, was carried out in PubMed with the keywords: *Tooth Discoloration, Dental Coloration, Bioceramic Material, Endodontics, Filling Cement, Repair Cement*.

Results: The bibliographic search resulted in a total of 82 articles, and duplicates were removed through Mendeley, keeping 60 articles. Subsequently, and through inclusion and exclusion criteria, 23 were selected and 2 were added for theoretical fundamentation, making a total of 25 articles.

Discussion: Color changes are measured using spectrophotometry and the dental species used in the studies may affect the results. The replacement of the bismuth oxide present in MTA, which is the main cause of discoloration, should be considered. The presence of blood can intensify the discoloration caused and, in order to prevent it, it is possible to use zinc oxide and DBA (dentin-bonding agent).

Conclusion: Despite the advantages and wide utility of these materials, a cautious use is necessary, especially in aesthetic areas, due to the discoloration they cause, even though it is sometimes imperceptible to the human eye.

Índice

1. Introdução	1
2. Objetivos	3
3. Material e Métodos	4
4. Resultados.....	6
5. Discussão.....	15
5.1 Cimentos Biocerâmicos	15
5.2 Seleção e Preparação dos Dentes para os Estudos.....	18
5.2.1 Dentes Humanos <i>versus</i> Dentes de Bovino	18
5.3 Medição das Alterações de Cor no Tecido Dentário.....	19
5.4 Radiopacificadores	21
5.5 Influência da Presença de Sangue.....	23
5.6 Prevenção da Descoloração Dentária	25
5.6.1 Influência da Presença de Óxido de Zinco	25
5.6.2 DBA (dentin-bonding agent)	26
6. Conclusão.....	27
7. Bibliografia.....	28

Lista de Abreviaturas

- MTA- Mineral Trioxide Aggregate
- WMTA- White Mineral Trioxide Aggregate
- GMTA- Gray Mineral Trioxide Aggregate
- PMTA- ProRoot Mineral Trioxide Aggregate
- BD- Biodentine
- ERRM- EndoSequence Root Repair Material
- ERRMF- EndoSequence Bioceramic Root Repair Material Fast Set Putty
- CEM- Calcium- Enriched Mixture
- PC- Portland Cement
- PG- Propylene glycol
- ZnO- Zinc Oxide
- TAP- Triple Antibiotic Paste
- DBA- Dentin-bonding Agent
- REP- Regenerative Endodontic Procedures
- NaOCl- Sodium hypochlorite

1. Introdução

Os biocerâmicos estão entre os materiais mais recentemente incorporados na área da Endodontia, esta que se encontra em constante mudança (1). Os compostos cerâmicos, materiais inorgânicos não metálicos produzidos pelo aquecimento de minerais brutos a altas temperaturas, são os constituintes dos biocerâmicos, acrescentando o facto dos últimos serem biocompatíveis e obtidos *in situ* e *in vivo*, por diversos processos químicos (1,2).

Estes materiais apresentam maior capacidade de selamento e capacidade osteoindutiva intrínseca, atividade antibacteriana e antifúngica, boa radiopacidade e ainda de funcionar como tecidos humanos ou de reabsorver ou estimular a regeneração de tecidos naturais (1–4). Embora as suas vantagens tenham contribuído para uma rápida disseminação na Medicina Dentária, atualmente não são amplamente utilizados porque os produtos disponíveis no mercado são ainda desconhecidos por muitos Médicos Dentistas (2).

São indicados para casos específicos, como tratamentos reparadores na coroa e raiz, capeamento pulpar direto e indireto, pulpotomia, reabsorções radiculares, perfurações, obturações retrógradas, apexificação e apexogénese (3–8). As suas variadas indicações fazem deles materiais versáteis usados para diversos fins (3).

Relativamente à composição, incluem alumina e zircónia, vidro bioativo, cerâmica de vidro, silicatos de cálcio, hidroxiapatite, fosfatos de cálcio reabsorvíveis e vidros de radioterapia (1).

No que toca à sua classificação, há várias possíveis, baseadas na composição, mecanismo de fixação e consistência. A mais comum divide estes materiais em:

- Bioinertes: não interativos com sistemas biológicos (alumina, zircónia);
- Bioativos: tecidos duráveis que podem sofrer interações interfaciais com o tecido circundante (vidros bioativos, cerâmica de vidro bioativo, hidroxiapatite, silicatos de cálcio);
- Biodegradáveis: solúveis ou reabsorvíveis, eventualmente substituídos ou incorporados ao tecido (fosfato tricálcico, vidros bioativos) (1).

Mais aspetos importantes a ter em conta relativamente a estes materiais são, primeiramente, qual é a sua base (silicato de cálcio; fosfatos de cálcio/ fosfato tricálcico/ hidroxiapatite; mistura de silicatos de cálcio e fosfatos de cálcio) e depois, se pertencem à classe dos cimentos de reparação ou de obturação, que, tal como o nome indica, têm propósitos distintos (1).

Segundo os fabricantes, estes materiais são caracterizados por uma boa estética, mas muitos deles acabam por alterar a sua cor pouco tempo depois da aplicação e quando em contacto com determinadas substâncias, e também apresentam o potencial de causar mudanças de cor no tecido dentário. Por essa razão, a aplicação destes materiais em áreas anteriores mostra-se limitada (4). Outras desvantagens apontadas são o preço, características de manuseamento e longo tempo de presa (6,9,10).

A estética desempenha um papel importante na Medicina Dentária, e a descoloração de um único dente pode afetar negativamente um indivíduo a ponto de impactar a sua qualidade de vida (8). Assim, esta constitui uma das maiores razões para que os pacientes se dirijam ao seu Médico Dentista (11).

As causas para a descoloração dentária são variadas e classificadas como intrínsecas e extrínsecas. A descoloração de origem intrínseca é, maioritariamente, causada por cárie dentária, patologia pulpar ou tratamento endodôntico, este último normalmente relacionado com a penetração do material endodôntico nos túbulos dentinários (11), nomeadamente dos componentes presentes nos cimentos, como o eugenol, fenol e prata (12). Essa mudança de cor ocorre geralmente no terço cervical da coroa, visto que os materiais se difundem pelos túbulos dentinários num meio incolor e translúcido, que é fino na parte cervical do dente, favorecendo, assim a discromia (10–12).

A descoloração extrínseca é causada por agentes externos que determinam mudanças de cor na dentina, quer na forma de manchas quer como um todo. Os mais frequentes são: má higiene oral, excesso de placa bacteriana e tártaro, café, chá, tabaco e medicamentos usados por longos períodos, como: tetraciclina, minociclina, doxiciclina, clorexidina e medicamentos à base de ferro (11).

2. Objetivos

Esta revisão sistemática tem como objetivos perceber se existe uma relação direta entre os materiais biocerâmicos e a descoloração dentária, nomeadamente:

- Entender qual o mecanismo que explica este processo e quais as principais causas associadas;
- Perceber se a presença de sangue influencia esta relação.

3. Material e Métodos

A pesquisa bibliográfica foi efetuada através de uma pesquisa avançada na plataforma de busca *PubMed* com as seguintes palavras-chave: *Tooth Discoloration, Dental Coloration, Bioceramic, Bioceramic Material, Endodontics, Filling Cement, Repair Cement*. Foram feitas diversas combinações para a realização da pesquisa, nomeadamente (“Tooth Discoloration” AND “Endodontics” AND “Bioceramic”) com 7 resultados, (“Tooth Discoloration” OR “Dental Coloration” AND “Bioceramic” AND “Endodontics”) com 12 resultados, (“Tooth Discoloration” AND “Filling Cement” AND “Endodontics”) com 41 resultados, (“Tooth Discoloration” AND “Filling Cement” AND Repair Cement AND Endodontics”) com 4 resultados, (“Tooth Discoloration” AND “Repair Cement” AND “Endodontics”) com 12 resultados e (“Tooth Discoloration” AND “Bioceramic Material”) com 6 resultados.

Os critérios de inclusão envolvem artigos dos últimos 10 anos, escritos no idioma português e inglês, artigos de revisão, meta-análise, casos clínicos, estudos clínicos, bem como artigos fulcrais para este estudo. Relativamente aos critérios de exclusão, artigos que não relacionavam o potencial de descoloração dentária com os materiais estudados, ou que o faziam de uma forma muito secundária e superficial, e artigos onde a maioria dos materiais não pertenciam ao grupo de interesse para este estudo foram assim excluídos.

O número total de artigos resultou da combinação das palavras-chave e também da remoção dos duplicados através do *Mendeley*. Numa primeira fase foi realizada uma seleção de artigos apenas pelo título e resumo, tendo em conta o objetivo desta dissertação. De seguida, os artigos selecionados foram lidos na íntegra e avaliados individualmente (Figura 1).

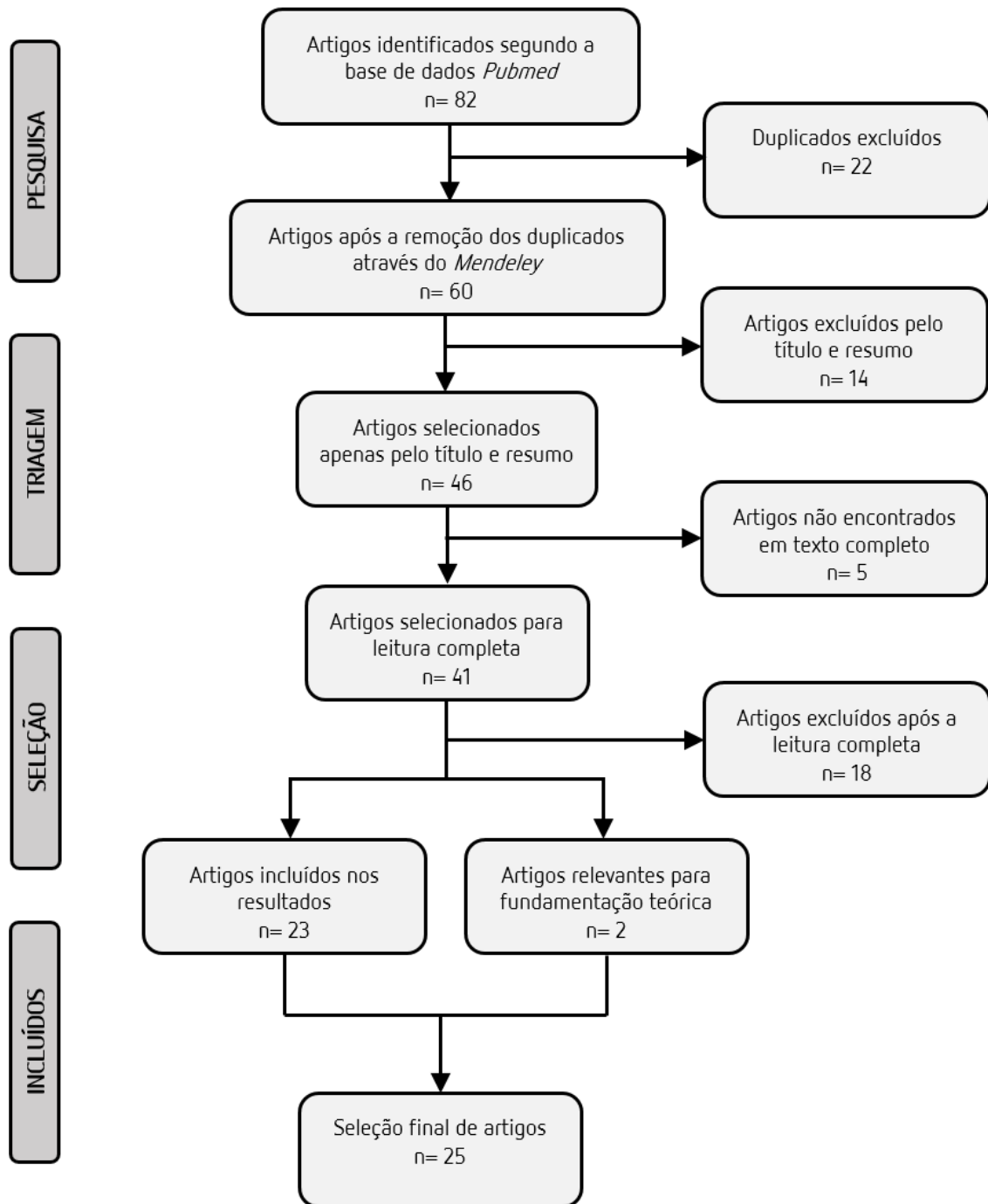


Figura 1. Diagrama acerca do mapa de pesquisa utilizado para a realização do presente trabalho.

4. Resultados

A pesquisa bibliográfica resultou num total de 82 artigos usando como motor de busca o *PubMed*. Os duplicados foram removidos através do *Mendeley*, mantendo-se um total de 60 artigos (Figura 1).

Numa primeira triagem, feita apenas pelo título e resumo, foram excluídos 14 artigos uma vez que não correspondiam aos critérios de inclusão (Figura 1). Dos restantes 46 artigos, 5 não foram encontrados em texto completo, pelo que restaram 41 eventualmente pertinentes, que foram avaliados individualmente através de uma leitura na íntegra. Destes estudos, 18 artigos foram excluídos por não fornecerem informação adequada ao propósito deste estudo. Foram então selecionados um total de 23 artigos para a realização da presente revisão.

Dos 23 artigos selecionados, 21 avaliam e comparam o potencial de descoloração dentária induzida pelos diversos materiais estudados, 2 resumem e sintetizam o efeito e influência dos materiais biocerâmicos e de diferentes cimentos usados em endodontia na descoloração dentária (Tabela 1).

Foram adicionados 2 artigos basilares para a fundamentação teórica do trabalho, perfazendo um total de 25 artigos (Figura 1).

As conclusões mais relevantes retiradas destes artigos são:

- Apesar da escassa informação disponível sobre o potencial de descoloração dos cimentos endodônticos, todos eles são passíveis de causar descoloração na estrutura dentária, ainda que em diferentes graus, daí ser tão importante o seu uso cauteloso em zonas estéticas (3,12); Ainda assim, alguns desses materiais provocam uma descoloração mínima que se torna impercetível ao olho humano (4).
- Todos os cimentos geralmente causam algum grau de descoloração na região cervical das coroas, esta que tem tendência a aumentar com o tempo (11);
- O colagénio, presente na matriz orgânica dentinária, reage com o óxido de bismuto, resultando numa descoloração acinzentada. Assim, parece ser aconselhável o uso de um radiopacificador alternativo para o substituir no *MTA branco* (13);

- Independentemente da presença ou ausência de sangue, o MTA causa uma mudança de cor clinicamente perceptível (14);
- O contato com o sangue não modifica as alterações de cor sofridas pelos cimentos à base de silicato de cálcio após um período de 6 meses (15); Pelo contrário, a contaminação com sangue de materiais à base de silicato de cálcio tem o potencial para causar descoloração da estrutura dentária (16);
- O MTA derivado de Cimento Portland causa descoloração dentária durante um período de 12 semanas. Em contraste, o MTA derivado de Cimento Pozolânico (Endocem) não afetou a superfície de contacto da dentina (17);
- A adição de 5%, 15% ou 45% de óxido de zinco ao *MTA Angelus®* inibe a descoloração dentária sem alterar a radiopacidade, o tempo de presa, mudança de volume, pH e biocompatibilidade (18).

Autor- Ano	Tipo de Artigo	Objetivo	Número de dentes e espécie (número por grupo experimental)	Materiais	Método para avaliação da mudança de cor e tempo	Conclusão
Ji-Hyun Jang et al 2013	Estudo clínico	Avaliar a descoloração dentária após o uso de <i>MTA</i> .	32 incisivos monorradiculares humanos (n=8)	<i>ProRoot® MTA</i> (MTA Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA) <i>MTA Angelus®</i> (Angelus, Londrina, PR, Brasil) <i>Endocem</i>	A cor dentária foi registada no início e em 1, 2, 4, 8 e 12 semanas usando um espectrofotómetro- VITA Easyshade Advance. As medições de cor foram repetidas duas vezes para cada amostra, e os registos foram relatados através do sistema CIE L * a * b *.	<i>ProRoot®</i> e <i>Angelus®</i> causaram descoloração dentária. <i>Endocem</i> não afetou a superfície de contacto da dentina.
Marina Angelica Marciano et al 2014	Estudo clínico	Analisar a alteração da cor dentária e a interação química do óxido de bismuto com os principais componentes presentes no compósito (metacrilato) e na dentina (colagénio).	50 dentes bovinos (n=10)	<i>MTA branco Cimento de Portland com 20% de óxido de zircónio</i> <i>Cimento de Portland com 20% de tungstato de cálcio</i>	A avaliação da cor foi realizada com espectrofotómetro em intervalos diferentes, nomeadamente antes do preenchimento e 24 horas, 15 dias e 30 dias após.	A cor do <i>MTA Angelus® branco</i> foi alterada em contacto com a estrutura dentária. O colagénio, que está presente na matriz da dentina, reagiu com o óxido de bismuto, resultando numa descoloração acinzentada. É aconselhável o uso de um radiopacificador alternativo para substituir o óxido de bismuto no <i>MTA branco</i> .
Hannah Beatty et al 2015	Estudo clínico In Vitro	Comparar o potencial de descoloração dos materiais <i>ProRoot® MTA</i> , <i>Biodentine™</i> e <i>EndoSequence®</i> .	48 incisivos mandibulares bovinos (n=12)	<i>ProRoot® MTA</i> <i>Biodentine™</i> (Septodont, Saint Maur des Fosses, France) <i>EndoSequence®</i>	A cor foi avaliada em seis momentos: imediatamente após a preparação canal, imediatamente após a colocação do material, 1 dia, 1 semana, 1 mês e 2 meses após a colocação do material de	<i>Biodentine™</i> e <i>EndoSequence®</i> descoloraram a estrutura dentária bovina a um nível perceptível. Às 8 semanas, esta foi muito mais significativa que o <i>ProRoot® MTA</i> .

					acordo com o sistema de espaço de cores CIE L * a * b *. A alteração de cor foi comparada entre os grupos e ao longo do tempo usando a análise da variação.	
Meetu R. Kohli et al 2015	Estudo clínico In Vitro	Avaliar a descoloração dentária coronal induzida por materiais biocerâmicos, (<i>EndoSequence</i> [®] <i>RRM</i> e <i>Biodentine</i> [™]) em comparação com outros materiais usados durante o tratamento endodôntico, como <i>GMTA</i> , <i>WMTA</i> , <i>TAP</i> e <i>AH Plus</i> [™] .	80 dentes anteriores maxilares humanos (n=10)	<i>RRM</i> <i>EndoSequence</i> [®] <i>RRM putty</i> , <i>RRMF</i> <i>EndoSequence</i> [®] <i>RRM fast set paste</i> <i>Biodentine</i> [™] <i>GMTA</i> <i>WMTA</i> <i>TAP</i> <i>AH Plus</i> [™]	As mudanças de cor foram avaliadas com um espectrofotômetro nos dias 0, 7, 30, 60 e 180 após a colocação do material. Os dados foram transformados nos valores de cor L * a * b da Commission International de l'Eclairage, e os valores da variação da coloração correspondentes foram calculados.	Verificou-se uma descoloração dentária coronal significativa causada por <i>TAP</i> , <i>GMTA</i> e <i>WMTA</i> , mas não por <i>BD</i> , <i>RRM</i> e <i>RRMF</i> .
Bruno Martini Guimarães et al 2015	Estudo clínico	Analisar a alteração de cor, características químicas e radiopacidade do MTA manipulado com 2 veículos diferentes após imersão em sangue ou água destilada.	Anéis de borracha	<i>MTA</i>	A cor base das amostras foi determinada usando um espectrofotômetro- Vita Easyshade. Foram realizadas medidas após 7, 15 e 30 dias de imersão em sangue e água destilada.	A proporção de 80% água destilada/ 20% Propilenoglicol como veículo para o <i>MTA</i> resulta numa menor alteração da cor quando em contato com sangue.
Marjan Armana et al 2015	Estudo clínico In Vitro	Comparar a descoloração induzida pelo <i>MTA</i> e <i>CEM</i> em dentes humanos extraídos.	32 blocos de dentina-esmalte preparados a partir de incisivos centrais superiores extraídos (n=12)	<i>MTA</i> <i>CEM</i>	A medição da cor foi realizada por espectrofotometria em diferentes intervalos de tempo, incluindo antes (T0), 1 semana (T1), 1 mês (T2) e 6 meses (T3) após a colocação dos materiais.	A descoloração dentária detetada foi semelhante em ambos os materiais experimentais.
Noushin Shokouhinejad et al	Estudo clínico Ex Vivo	Comparar a descoloração dentária após a aplicação de <i>ProRoot</i> [®] <i>MTA</i> e 3 cimentos	104 dentes anteriores humanos (n=12)	<i>ProRoot</i> [®] <i>MTA</i> <i>Biodentine</i> [™] <i>OrthoMTA</i>	A análise da cor das coroas dentárias foi realizada com um espectrorradiômetro antes da	Não houve diferença significativa entre as descolorações dos dentes com os referidos materiais na

2015		à base de silicato de cálcio na presença e ausência de sangue.		<i>ERRM</i>	aplicação dos materiais e 24 horas, 1 mês e 6 meses após a aplicação. A análise da variação das medidas foi usada para avaliar os efeitos do sangue, do material e do tempo na mudança de cor.	presença de sangue. No entanto, na ausência de sangue, <i>Biodentine™</i> e <i>ERRM</i> exibiram menos descoloração dentária do que <i>OrthoMTA</i> .
S. Alsubait et al 2016	Estudo clínico In Vitro	Comparar o potencial de descoloração de <i>Endosequence®</i> , <i>Bioceramic Root Repair Material fast set putty</i> e <i>ProRoot® MTA</i> quando colocados coronalmente em dentes humanos extraídos durante um período de 4 meses.	48 pré-molares humanos (n=16)	<i>Endosequence®</i> <i>Bioceramic Root Repair Material fast set putty</i> <i>ProRoot® MTA</i>	A cor do dente foi medida espectrofotometricamente em seis intervalos de tempo: após a colocação do material, após 2,4, 8, 12 e 16 semanas. Os dados foram transformados no sistema de cor da Commission Internationale de l'éclairage (CIE) L * a * b *.	Os dentes restaurados com <i>PMTA</i> exibiram descoloração progressiva, enquanto que os dentes restaurados com <i>ERRMF</i> mantiveram a estabilidade na cor num período de 4 meses.
Sohrab Tour Savadkouhi et al 2016	Artigo de revisão	Resumir os dados existentes até à data sobre o potencial de descoloração de diferentes cimentos endodônticos.	-	<i>MTA Fillapex</i> <i>iRoot SP</i> <i>Endosequence® BC sealer</i> <i>Endo CPM Sealer</i> <i>MTA Plus</i> <i>Sankin Apatite Root Canal Sealer (SARCS)</i>	-	Depois de identificados 44 artigos, foram selecionados 11. Apesar da evidência disponível sobre o potencial de descoloração de diferentes cimentos usados em endodontia ser escassa, pode-se concluir que todos estes materiais são suscetíveis de causar descoloração na estrutura dentária em diferentes graus.
Louis J. Marconyak et al 2016	Estudo clínico Ex Vivo	Avaliar a descoloração dentária coronal provocada por <i>ProRoot® MTA</i> , <i>ProRoot® MTA branca</i> , <i>EndoSequence Root Repair Material</i> , <i>MTA Angelus®</i> e <i>Biodentine™</i> num modelo de pulpotomia ex vivo.	90 terceiros molares mandibulares humanos (n=15)	<i>ProRoot® MTA</i> <i>ProRoot® MTA branco</i> <i>EndoSequence®</i> <i>Root Repair Material</i> <i>MTA Angelus®</i> <i>Biodentine™</i>	A cor (Commission Internationale de l'éclairage L * a * b *) foi registada com o espectrofotómetro Vita EasyShade após a colocação do material e depois de 1, 7, 30 e 60 dias.	Nas condições deste estudo, <i>EndoSequence®</i> e <i>Biodentine™</i> apresentaram significativamente menos descoloração em comparação com <i>ProRoot® MTA</i> branco, <i>MTA Angelus®</i> e <i>ProRoot® MTA</i> . O potencial de descoloração pode ou não correlacionar-se

						quando os materiais são usados clinicamente.
Ioana Suciú et al 2016	Estudo clínico	Estabelecer o grau de descoloração dentária coronal provocada pelos cimentos endodônticos comumente usados.	25 pré-molares humanos (n=5)	<i>AH Plus™</i> <i>Endofill</i> <i>Apexit</i> <i>MTA Fillapex</i>	O grau de descoloração foi determinado após uma semana e três meses usando espectrofotometria e microscopia de luz polarizada.	Todos os cimentos endodônticos geralmente causam algum grau de descoloração na região cervical das coroas, que aumenta com o tempo. <i>AH Plus™</i> e <i>Endofill</i> causaram a maior descoloração, seguidos de <i>Apexit</i> e <i>MTA Fillapex</i> .
Selen Esin Yoldas et al 2016	Estudo clínico In Vitro	Avaliar e comparar o potencial de descoloração de 3 cimentos tricálcicos diferentes através da utilização de um modelo de dente bovino.	40 dentes anteriores bovinos (n=10)	<i>BioAggregate</i> (IBC, Vancouver, Canada) <i>Biodentine™</i> <i>MTA Angelus®</i>	Os valores de cor das amostras foram medidos através de um espectrofotômetro- VITA EasyShade- antes e após a colocação dos materiais, na 24ª hora, na primeira semana, no primeiro mês, no terceiro mês e no primeiro ano.	<i>Biodentine™</i> apresenta o menor potencial de descoloração entre os materiais testados.
Amin Salem-Milani et al 2017	Estudo clínico	Avaliar a descoloração induzida pelo <i>cimento CEM</i> , <i>cimento Portland (PC)</i> e <i>MTA</i> misturado com propilenoglicol (<i>MTA-PG</i>) em comparação com o <i>MTA branco</i> .	90 pré-molares e caninos humanos (n=20)	<i>MTA branco</i> <i>PC</i> <i>Cimento CEM</i> <i>MTA-PG</i>	Foram registradas fotografias digitais dos dentes em 4 momentos (antes, imediatamente após a colocação dos materiais, 3 e 6 meses depois). As imagens foram transferidas para Adobe Photoshop CS4 e o espaço de cores CIE L * a * b foi usado para avaliação da cor do dente.	Todos os biomateriais experimentais causaram descoloração dentária após 6 meses. Destes, <i>PC</i> foi o que causou maior alteração de cor e <i>MTA</i> e <i>MTA-PG</i> tiveram menor efeito de descoloração.
Marina Angelica Marciano et al 2017	Estudo clínico In Vivo	Investigar a adição de quantidades variáveis de <i>óxido de zinco</i> para inibir a descoloração dentária causada pelo <i>MTA Angelus®</i> .	20 dentes humanos 20 dentes bovinos	<i>MTA Angelus®</i> <i>Óxido de Zinco</i>	As medidas de cor, realizadas com espectrofotômetro- Vita Easyshade- no centro da face vestibular das amostras, foram feitas imediatamente após o preenchimento e 90 dias depois.	A adição de 5%, 15% ou 45% de <i>óxido de zinco</i> ao <i>MTA Angelus®</i> inibe a descoloração dentária sem modificar a radiopacidade, tempo de presa, mudança de volume, pH e biocompatibilidade.

<p>Joanna Mozy_nska et al 2017</p>	<p>Revisão sistemática</p>	<p>Fornecer uma avaliação sistemática de estudos in vitro publicados para determinar o efeito dos diferentes cimentos à base de silicato de cálcio na descoloração do tecido dentário.</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Esta revisão mostrou claramente que alguns cimentos à base de silicato de cálcio têm um alto potencial para descolorar tecidos duros. Por outro lado, alguns mostraram apenas uma pequena mudança na cor, que era quase invisível ao olho humano. No entanto, são necessários mais estudos clínicos a longo prazo.</p>
<p>Noushin Shokouhinejad et al 2017</p>	<p>Estudo clínico Ex vivo</p>	<p>Avaliar o efeito de selagem das paredes da câmara pulpar com DBA (dentin-bonding agent) na prevenção da descoloração induzida por procedimentos de regeneração endodôntica (REPs) num modelo ex vivo.</p>	<p>96 incisivos de bovino (n=12)</p>	<p><i>ProRoot® MTA</i> <i>OrthoMTA</i>, <i>RetroMTA</i> <i>Biodentine™</i></p>	<p>As medições de cor foram realizadas com um espectrofotômetro- Vita Easysshade- em cinco etapas: S0: antes da colocação da mistura de antibióticos como a cor da linha de base; S1: 4 semanas após a colocação da mistura de antibióticos; S2: imediatamente após a colocação de cimentos endodônticos; S3: imediatamente após o preenchimento permanente da cavidade de acesso; S4: 4 meses após o preenchimento permanente da cavidade de acesso.</p>	<p>Selar as paredes da câmara pulpar antes da inserção de TAP diminuiu a descoloração coronal após REP usando diferentes cimentos endodônticos, mas não a impediu.</p>
<p>Alireza Adl et al 2019</p>	<p>Estudo clínico Ex Vivo</p>	<p>Comparar a descoloração dentária coronal induzida por <i>MTA branco</i> e <i>Biodentine™</i> na presença de sangue.</p>	<p>70 dentes monorradiculares anteriores e pré-molares inferiores humanos (n=15)</p>	<p><i>MTA branco</i> <i>Biodentine™</i></p>	<p>A mudança de cor foi avaliada com um espectrofotômetro em quatro momentos: imediatamente antes da colocação dos materiais e 1</p>	<p>A descoloração induzida por <i>Biodentine™</i>/solução salina pode não ser clinicamente perceptível e foi menor comparativamente aos grupos de <i>MTA</i>. Independentemente da presença</p>

					semana, 1 mês e 3 meses após a colocação do material.	ou ausência de sangue, o <i>MTA</i> causou uma mudança de cor perceptível.
Solmaz Araghi et al 2019	Estudo clínico In Vitro	Avaliar e comparar a descoloração coronal após a aplicação de <i>MTA branco</i> , <i>Biodentine™</i> e <i>CEM</i> em dentes tratados endodonticamente.	64 pré-molares humanos (n=20)	<i>MTA branco</i> <i>Biodentine™</i> <i>CEM</i>	Os parâmetros de cor, de acordo com o sistema CIE L * a * b *, foram medidos com o espectrofotômetro- Vita Easyshade- antes da aplicação do cimento e 1 semana, 1 mês, 2 meses e 3 meses após a aplicação do mesmo.	Os três cimentos testados não registraram diferenças significativas em termos de causar descoloração coronal em dentes tratados endodonticamente.
Paulo J. Palma et al 2019	Estudo clínico In Vitro	Avaliar a estabilidade da cor de dois cimentos à base de silicato de cálcio usados em procedimentos endodônticos regenerativos (REPs).	40 dentes monorradiculares em acrílico	<i>ProRoot MTA®</i> <i>Biodentine™</i>	A medição da cor foi realizada em quatro períodos diferentes de avaliação (3 h, 72 h, 7 dias e 6 meses).	Após 6 meses, independentemente da exposição ao sangue, <i>Biodentine™</i> exibe uma estabilidade de cor superior em relação ao <i>MTA</i> . <i>Biodentine™</i> pode ser uma alternativa adequada ao <i>MTA</i> como um material de barreira cervical em REPs.
Zahrasadat Madani et al 2019	Estudo clínico Ex Vivo	Avaliar a descoloração dentária após tratamento com <i>MTA</i> , <i>cimento de mistura enriquecida com cálcio (CEM)</i> e <i>Biodentine™</i> na presença e ausência de sangue através de análise espectrofotométrica.	68 dentes anteriores permanentes monorradiculares humanos	<i>MTA- Angelus®</i> <i>CEM</i> <i>Biodentine™</i>	A taxa de descoloração foi medida por espectrofotômetro nos intervalos: após o preparo da cavidade e 1 dia, 1 mês e 6 meses após a colocação do material.	Este estudo indicou que <i>Biodentine™</i> induz a menor descoloração dentária na presença e ausência de sangue, e a sua taxa de descoloração é significativamente menor do que a do <i>MTA</i> . Portanto, pode-se sugerir que <i>Biodentine™</i> pode ser usado com mais segurança para tratamentos endodônticos com contaminação coronal de sangue, como regeneração e reparo de perfuração cervical na zona estética dos dentes.

L. V. Oliveira et al 2020	Estudo clínico	Analisar a citotoxicidade, mudança de cor e radiopacidade do <i>MTA Flow (MTA)</i> , <i>UltraCal XS (UC)</i> and <i>Bio-C Temp (BT)</i> .	72 incisivos centrais bovinos (n=18)	<i>MTA Flow (MTA)</i> <i>UltraCal XS (UC)</i> <i>Bio-C Temp (BT)</i>	As análises de avaliação de cor foram realizadas antes e imediatamente após a inserção do material e repetidas aos 30, 45 e 60 dias em espectrofotômetro. A mudança total de cor foi calculada com base no sistema de cores CIELAB.	O novo material biocerâmico (<i>BT</i>) apresentou viabilidade celular aceitável, similar aos resultados do <i>MTA</i> e <i>UC</i> nas maiores diluições e o mesmo resultou numa menor mudança de coloração. Apesar da sua baixa radiopacidade, <i>BT</i> é identificado radiograficamente.
Elbahary S et al 2020	Estudo clínico In Vitro	Comparar a descoloração dentária após a aplicação de diferentes materiais de pulpotomia (<i>BD</i> , <i>GMTA</i> e <i>WMTA</i>).	40 incisivos decíduos humanos (n=10)	<i>BD</i> <i>GMTA</i> <i>WMTA</i>	Todos os espécimes foram avaliados antes do estudo e semanalmente durante 14 semanas. A cor foi avaliada de acordo com o sistema de espaço de cores CIE L * a * b *.	Os materiais de pulpotomia <i>GMTA</i> e <i>WMTA</i> podem descolorar a estrutura do dente ao longo do tempo. Ao escolher o material de pulpotomia, <i>BD</i> pode ser preferível, principalmente em áreas estéticas.
Stephanie J. Chen et al 2020	Estudo clínico In Vitro	Avaliar o grau de mudança de cor induzida por vários materiais de silicato na presença e ausência de sangue.	100 dentes anteriores monorradiculares humanos (n=10)	<i>EndoSequence®</i> <i>RRM putty</i> <i>EndoSequence®</i> <i>RRM fast set putty</i> <i>Biodentine™</i> <i>MTA branco</i>	As mudanças de cor foram avaliadas com um espectrofotômetro- Ocean Optics, FL- no dia zero, 30, 60 e 180 após a colocação do material. Os dados foram transformados em valores de cor CIE L * a * b, e os valores ΔE correspondentes foram calculados.	A contaminação de materiais de silicato tricálcico com sangue tem o potencial de causar descoloração coronal do dente.

Tabela 1. Dados relevantes presentes nos artigos selecionados.

5. Discussão

5.1 Cimentos Biocerâmicos

O *MTA*, composto por Cimento de Portland modificado com a adição de óxido de bismuto, surgiu no mercado em 1993 e foi o primeiro material biocerâmico usado com sucesso em Endodontia e o cimento de silicato tricálcico mais usado atualmente. É um material biocompatível com uma citotoxicidade baixa, capacidade de selamento, libertação de hidróxido de cálcio, resistência razoável à compressão e dureza aceitável. Porém, por apresentar uma coloração acinzentada (GMTA), não obtinha resultados estéticos satisfatórios, pelo que foi introduzido o MTA branco (WMTA), que, ao conter menor quantidade de ferro, alumínio e magnésio, era expectável uma descoloração inferior, o que acabou por não se verificar na maioria dos estudos (3,8,10,13,14,18).

Assim, houve a necessidade de introduzir no mercado novos materiais biocerâmicos com diferentes características como *Biodentine™*, *EndoSequence® Root Repair Material* e *BioAggregate*, na tentativa de ultrapassar as suas maiores desvantagens (3,6,8,19).

Biodentine™ (Septodont, Saint Maur des Fosses, França) é um cimento silicato tricálcico que promove a cicatrização da polpa e a remineralização através da produção de dentina reacionária. O pó é composto por silicato tricálcico, carbonato de cálcio e óxido de zircónio como radiopacificador. O líquido, à base de água, inclui cloreto de cálcio como acelerador de presa. Apresenta alta biocompatibilidade e bioatividade típicas dos silicatos de cálcio com propriedades aprimoradas, como um tempo de presa rápido e alta resistência (3,6,8,19).

EndoSequence® Root Repair Material (ERRM; Brasseler USA, Savannah, GA) é composto por silicatos de cálcio, óxido de zircónio, peróxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico e agentes de preenchimento. É um material biocompatível com boa capacidade de selamento e em alguns estudos chegou a apresentar melhor resposta tecidular que o *MTA*. Este material pode apresentar-se sob a forma pré-misturada, pronta para ser utilizada, *regular-set putty form* (RRM) e como *injectable fast-set paste form* (RRMF) (6,8,19).

BioAggregate (IBC, Vancouver, Canadá) é um material biocerâmico indicado para obturação dos canais radiculares, composto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato

de cálcio monobásico, dióxido de silício amorfo e peróxido de tântalo. A principal diferença entre o *BioAggregate* e *MTA* passa pelo radiopacificador, que no caso do *MTA* é o óxido de bismuto e no *BioAggregate* são o fosfato de cálcio monobásico e peróxido de tântalo. Ambos os materiais apresentam efeitos antibacterianos similares, biocompatibilidade e capacidade de selamento (3).

Começando pelos Cimentos de Reparação, a esmagadora maioria dos ensaios clínicos selecionados que incluem *Biodentine*[™] e *EndoSequence*[®] como um dos materiais estudados, obtiveram resultados concordantes, no sentido em que estes materiais causam uma descoloração menor comparativamente a outros:

- *Biodentine*[™] e *EndoSequence*[®] (*ERRM* e *ERRMF*) exibiram uma menor descoloração dentária do que *OrthoMTA* (19), *TAP*, *GMTA* e *WMTA* (6) e do que *ProRoot*[®] MTA branco, *MTA Angelus*[®] e *ProRoot*[®] MTA (8);
- Dentes restaurados com *PMTA* exibiram descoloração progressiva, enquanto que dentes restaurados com *ERRMF* mantiveram a estabilidade na cor num período de 4 meses (20);
- *Biodentine*[™] apresenta o menor potencial de descoloração comparativamente a *BioAggregate* e *MTA Angelus*[®] (3);
- A descoloração induzida por *Biodentine*[™]/solução salina pode não ser clinicamente perceptível e foi menor comparativamente aos grupos de *MTA* (14);
- Independentemente da exposição ao sangue, *Biodentine*[™] exibe uma estabilidade de cor superior em relação ao *MTA*, induzindo uma descoloração dentária significativamente menor que este. Assim sendo, *Biodentine*[™] pode ser usado com maior segurança, e em alternativa ao *MTA*, para tratamentos endodônticos com contaminação coronal de sangue, como regeneração e reparo de perfurações cervicais (REPs) nas zonas estéticas (15,21);
- Os materiais de pulpotomia *GMTA* e *WMTA* apresentam o potencial para descolorar a estrutura dentária ao longo do tempo. Na seleção do material para a realização de uma pulpotomia, *Biodentine*[™] pode ser preferível, principalmente na área estética (5).

Contrariamente à maioria dos estudos, **Beatty et al.** obtiveram resultados pouco esperados, nos quais *Biodentine*[™] e *EndoSequence*[®] descoloraram a estrutura dentária

bovina a um nível perceptível. Às 8 semanas, esta foi muito mais significativa que o *ProRoot® MTA* (9). Esta discordância de valores pode dever-se ao facto de terem sido usadas diferentes espécies, diferentes métodos de aplicação do material, diferentes tempos de medida, lavagem com diferentes reagentes ou diferentes condições de armazenamento.

No estudo comparativo entre *MTA* branco, *Biodentine™* e *CEM*, realizado por **Araghi et al.**, os três cimentos testados não registaram diferenças significativas no que respeita a causar descoloração coronária em dentes tratados endodonticamente (22). Resultados semelhantes foram alcançados por **Arman et al.** no seu estudo, em que compararam *MTA* com *CEM*, e a descoloração dentária foi detetada de forma semelhante com ambos os materiais experimentais (23).

Têm vindo a surgir no mercado novos materiais biocerâmicos, como o *Endocem* e, apesar dos poucos estudos ainda disponíveis, este obteve melhores resultados de estabilidade de cor comparativamente ao *MTA*. **Jang et al.** descreveram que *ProRoot® MTA* e *MTA Angelus®* causaram descoloração dentária, enquanto que *Endocem*, um novo tipo de *MTA* derivado do Cimento Pozolânico com vantagens como a presa rápida e propriedades de manipulação, não afetou a superfície de contacto da dentina (17).

Por último, e passando para os Cimentos de Obturação, significativamente menos estudados, todos eles geralmente causam algum grau de descoloração na região cervical das coroas, que tem tendência a aumentar com o tempo. Segundo **Suciu et al.**, *AH Plus™* e *Endofill* causaram a maior descoloração ao fim de uma semana, seguidos de *Apexit* e *MTA Fillapex*. Passados três meses, a descoloração foi bastante superior para *AH Plus™* e *MTA Fillapex*, que revelou alterar severamente a cor da dentina, tornando-a acinzentada devido aos seus componentes químicos que penetram nos canais dentinários (11). Por outro lado, *MTA Fillapex* induziu uma descoloração coronal mínima em comparação ao Roth 811 (12).

Outro cimento de obturação, pertencente aos biocerâmicos, é o *SARCS (Sankin Apatite Root Canal Sealer)*, que foi estudado por **Parvoti et al.** juntamente com outros materiais não biocerâmicos como *AH-26*, *TubliSeal*, *Endofill* e *Óxido de Zinco e Eugenol*, sendo que os dois últimos foram os que registaram maior descoloração e o *SARCS* causou a menor mudança de cor depois de 9 meses (12).

5.2 Seleção e Preparação dos Dentes para os Estudos

Os dentes incluídos nos diversos estudos têm obrigatoriamente que obedecer a certos parâmetros, nomeadamente serem livres de descolorações ou hipoplasias, de cáries, de restaurações, de fraturas ou fissuras, atrição severa e de calcificações (8,10,11,16).

Para fazerem parte dos estudos, as peças dentárias têm que ser preparadas, de modo a que todas se encontrem no mesmo “ponto de partida”. De seguida, são inseridas nos grupos, quer de controlo, quer os experimentais, sendo testados os diferentes materiais que irão ser comparados no respetivo estudo.

5.2.1 Dentes Humanos *versus* Dentes de Bovino

Ainda que a maioria dos estudos realizados sobre a descoloração dentária usem dentes humanos, o seu uso em laboratório é restrito devido a limitações éticas. Para além disso, é difícil obter um número suficiente de amostras que obedeçam a todos os critérios necessários até porque, normalmente, os dentes humanos extraídos apresentam restaurações ou cáries que acabam por interferir na análise da cor (13).

Por um lado, os dentes de bovino são considerados uma alternativa aceitável aos dentes humanos, em certas condições, uma vez que têm uma superfície suficientemente plana, permitindo uma avaliação de cor adequada e devido à semelhança da sua matriz orgânica de colagénio, ambas compostas por colagénio tipo I (9,13).

A dentina presente na raiz dos dentes bovinos apresenta uma densidade tubular significativamente maior do que a dentina radicular humana. Porém, as camadas dentinárias coronárias dos dentes bovinos não diferem significativamente de dentes humanos em termos de densidade ou diâmetro dos túbulos. Assim, as coroas de incisivos inferiores de bovinos podem ser tidas em conta para a realização dos estudos acima mencionados (9,13).

Por outro lado, há outros autores que defendem que os dentes de bovino, ao apresentarem maior densidade tubular que os dentes humanos, e porque a descoloração está relacionada com a penetração dos materiais nos túbulos, pode influenciar o grau de descoloração observado nos dentes das duas espécies (16,18).

5.3 Medição das Alterações de Cor no Tecido Dentário

As alterações de cor podem ser medidas visualmente através do olho humano e com maior precisão através de instrumentos específicos para esse fim, como o espectrofotómetro, uma metodologia válida para detetar mudanças de cor. A espectrofotometria é considerada uma referência para avaliação da cor, sendo o melhor e mais usado recurso com taxas de sucesso em Medicina Dentária. Estes equipamentos facilitam a medição quantitativa da transmissão e reflexão da luz através da amostra e representam um método repetível, preciso, confiável (3,4,7,8,11,16).

O modelo de cores CIELAB (*Commission Internationale de l'Éclairage*) é um sistema que resulta de um acordo para padronização internacional em questões de cor, reconhecido pela ISO na avaliação e quantificação de luz, visão e cor (4,8,16).

Cada cor é matematicamente descrita pelos componentes cromáticos L^* , que representa a luminosidade, desde preto (0) a branco (100), a^* representa o gradiente de vermelho (-80) a verde (+80) e o b^* representa o gradiente de azul (-80) a amarelo (+80). Os valores de ΔE ou Delta E representam a variação da cor, isto é, a diferença entre os valores finais e iniciais, sendo que em cada estudo há um valor diferente para que se considere uma mudança de cor clinicamente perceptível (4,7,8,16).

A maioria dos estudos utiliza a análise espectrofotométrica através do Vita Easyshade (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) (3,7,8,11,13,17,18,21,22,24,25) devido à sua sensibilidade a pequenas alterações e cor, repetibilidade e objetividade (3,8). Posteriormente, os dados são tratados estatisticamente, através de diferentes métodos e testes analíticos.



Figura 2. Espectrofotômetro VITA Easyshade.

(Fonte: página web <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/Dentist-Solutions/Shade-determination/Digital-solutions/VITA-Easyshade-V-78900,27568.html>)

5.4 Radiopacificadores

A radiopacidade é uma propriedade física importante requerida nos cimentos e é melhorada através da adição de óxido de bismuto. Valores de radiopacidade baixa permitem identificar a presença de material no canal radicular e corrigir as falhas no preenchimento antes da restauração definitiva, podendo estar associados à alta dissociação do óxido de bismuto (7,8).

O óxido de bismuto, um radiopacificador presente no MTA e especificamente no WMTA em cerca de 20% (13,18), é apontado como sendo uma das principais razões da descoloração causada por este material (3,4,7,8,13,14,16,18,19,21,24). Existem várias teorias que tentam explicar de que modo este componente leva às mudanças de cor encontradas na estrutura dentária.

Em primeiro lugar, o óxido de bismuto causa mudanças cromáticas quando exposto a altas temperaturas ou irradiado com luz num ambiente sem oxigénio, como ao que está sujeito quando o material é colocado e selado no dente, formando bismuto metálico e oxigénio (4,8,13,14,16).

Para além disso, uma possível explicação passa pela oxidação do conteúdo em ferro presente no MTA na fase aluminoferrita de cálcio, que, quando incorporada nos túbulos dentinários, é responsável pela descoloração (3,4,13,14,16,19).

Outra hipótese existente é a de que quando se dá a oxidação do óxido de bismuto, o seu oxigénio torna-se instável, reagindo com o dióxido de carbono presente no ar, e produzindo carbonato de bismuto, responsável por causar descoloração (4,13,19).

Por último, o óxido de bismuto reage com os aminoácidos presentes no colagénio da dentina e destabilizam-no, formando um precipitado preto que resulta numa mudança de cor. De forma a prevenir a descoloração, é possível usar um bonding de dentina, que evita a interação do óxido de bismuto com o colagénio. Ainda assim, o ideal parece ser substituir o radiopacificador neste material (4,13,14,19).

Está também documentada a interação do óxido de bismuto com os irrigantes usados em Endodontia. Um dos mais usados é o NaOCl, para irrigar os canais radiculares, que pode

penetrar na dentina, tornando muito difícil a sua remoção. Quando o NaOCl entra em contacto com o óxido de bismuto ou outros metais pesados, forma-se um precipitado preto, sendo que a descoloração é ainda maior quando se usa unicamente NaOCl comparativamente ao uso de NaOCl seguido de água destilada (4,7,8,12–14,16,19). Também em contacto com clorohexidina e gluteraldeído forma-se uma cor acinzentada e negra, respetivamente (12).

Os cimentos atuais, como o ERRM e *Biodentine*TM, que contêm óxido de zircónio como radiopacificador em vez do óxido de bismuto, exibem, em geral, menos descoloração que o MTA. Assim, podemos deduzir que o óxido de bismuto contribui de forma massiva para a descoloração dentária (8,14).

Contudo, há estudos que mostram o contrário, como é o caso do de **Salem-Milani et al.**, no qual o MTA e o MTA-PG obtiveram os resultados de menor descoloração, em comparação com PC e CEM. Estes resultados não seriam de esperar visto que:

- Primeiro, PC tem menor quantidade de óxido de bismuto que o MTA, pelo que a razão da descoloração não é clara (10);
- Depois, CEM apresenta menos componentes como o óxido de ferro (FeO), óxido de magnésio (MgO) e óxido de alumínio (Al₂O₃) e não apresenta óxido de bismuto na sua composição. Se a descoloração está associada a estes componentes, principalmente ao óxido de bismuto, não há razão aparente para que o CEM apresente maior descoloração que o MTA (10).

5.5 Influência da Presença de Sangue

Sabe-se que algum trauma dentário ou extirpação pulpar que leva a hemorragia pulpar pode causar descoloração (3). Na presença de sangue, a cor dentária muda mais de 15% em apenas 24 horas, sendo que o valor ΔE aumenta significativamente, dependendo do tipo de material usado bem como o tempo passado (4). Os elementos sanguíneos, como os glóbulos vermelhos ou eritrócitos, são conhecidos agentes de descoloração dentária (3,7,19).

Os autores apontam algumas razões que tentam explicar de que modo o sangue, em contato com o *MTA*, pode exacerbar a descoloração causada pelo mesmo. Pode estar relacionado com a quantidade de fluido ou sangue presente durante a reação de presa ou com o tempo total de presa do material. Para além disso, as porosidades presentes nos materiais de silicatos de cálcio possuem o potencial de incorporar hemocomponentes durante a presa, e dessa forma, ser responsáveis pela descoloração observada. Assim, o passo clínico fulcral nos casos em que há presença de sangue é chegar à hemóstase antes da colocação do material. Embora o mecanismo tenha sido explicado pela penetração de eritrócitos nos túbulos dentinários, o processo exato de como o sangue intensifica a descoloração causada pelo *MTA* permanece, ainda, desconhecido (3,7,14,16,19).

Segundo **Guimarães et al.**, a oxidação do grupo heme presente na hemoglobina pode exacerbar a descoloração dentária, visto que as maiores alterações de cor obtidas pelo seu estudo foram observadas nos grupos imersos em sangue. Com o objetivo de contornar este problema, principalmente nas situações em que a estética é fundamental, como é o caso de perfurações coronárias, ou capeamentos pulpares, pode ser recomendada a adição de propilenoglicol, um composto alcoólico incolor e inodoro, sem toxicidade, carcinogenicidade e genotoxicidade. É um material frequentemente usado na área da Dentisteria como um veículo para o hidróxido de cálcio e tem sido testado como um aditivo para melhorar a mistura de *MTA*. A razão de 80% de água destilada e 20% de propilenoglicol como veículo resulta numa menor alteração de cor quando em contacto com sangue em todos os períodos do estudo, e para além disso, aumenta o tempo de presa e melhora a fluidez e o pH (7).

A contaminação do *MTA* com sangue tem sido investigada em relação aos efeitos nas suas propriedades físicas e químicas, escoamento, deslocamento e adaptação marginal (7). Independentemente da presença ou ausência de sangue, este material causa uma mudança de cor clinicamente perceptível. Para além disso, independentemente do efeito do tempo, a mudança de cor causada pelo grupo *Biodentine™*/solução salina foi significativamente mais baixa que os grupos *MTA*/solução salina e *MTA*/sangue. Segundo **Adl et al.**, na presença de sangue, nem *Biodentine™* nem *MTA* foram associados a mudanças de cor significativamente maiores (14).

O resultado anterior mostra-se inconsistente com os estudos de **Chen et al.** (*ERRM putty*, *ERRM fast set putty*, *Biodentine™* e *MTA branco*) e **Shokouhinejad et al.** (*Biodentine™*, *OrthoMTA*, *ERRM* e *ProRoot® MTA*) nos quais, na presença de sangue, todos os grupos se tornaram mais escuros com o decorrer do tempo sendo que a descoloração não foi estatisticamente significativa comparando os diferentes materiais (16,19).

Pelo contrário, após 6 meses e na presença de sangue, a descoloração causada por *Biodentine™* foi mais baixa comparativamente ao *MTA* e *CEM* (21).

Assim, em geral e segundo a maioria dos autores, a contaminação com sangue de materiais à base de silicato de cálcio tem o potencial para causar descoloração da estrutura dentária (16). Contudo, há estudos que revelam o contrário, isto é, que o contato com o sangue não modifica as alterações de cor sofridas pelos cimentos à base de silicato de cálcio após um período de 6 meses (15);

5.6 Prevenção da Descoloração Dentária

5.6.1 Influência da Presença de Óxido de Zinco

Para avaliar a influência da presença de óxido de zinco na descoloração causada pelo *MTA Angelus*[®], foram-lhe adicionadas diferentes concentrações de ZnO- 5%, 15% e 45%- na tentativa de perceber se estas alteravam as propriedades físicas e químicas do material, quer em dentes humanos, quer em dentes de bovino (18).

O óxido de zinco é um composto sólido inorgânico usado amplamente como um aditivo nos produtos dermatológicos, estando também muito presente na prática dentária como material restaurador intermédio ou como cimento de canais radiculares (18).

A descoloração provocada por *MTA Angelus*[®] foi evidente para as duas espécies e a adição de apenas 5% de ZnO foi suficiente para prevenir a descoloração dentária, uma vez que as moléculas de zinco interagem com o óxido de bismuto, estabilizando-o de mudanças de fase quando na presença de agentes oxidantes fortes (18).

Assim, a adição de óxido de zinco, nas percentagens acima referidas, ao *MTA Angelus*[®], inibe a descoloração sem alterar a radiopacidade, tempo de presa, volume, pH e biocompatibilidade. A libertação do ião cálcio, que promove a reparação de tecido e induz uma barreira mineralizada, é superior quando há presença de óxido de zinco (18).

5.6.2 DBA (dentin-bonding agent)

Os procedimentos regenerativos endodônticos envolvem, na sua generalidade, a desinfeção dos canais radiculares seguida da introdução de um coágulo sanguíneo ou plasma/ fibrina rica em plaquetas, que posteriormente é selado com um material biocerâmico como por exemplo o *MTA*. Estes procedimentos estão muitas vezes associados à descoloração da estrutura dentária (24).

A medicação intracanal mais usada nestes procedimentos é a Pasta Antibiótica Tripla (TAP), composta por ciprofloxacina, metronidazol e minociclina, que tem a capacidade de eliminar as bactérias dos túbulos dentinários. Mas, por outro lado, TAP tem sido associada a descoloração dentária. Assim, na tentativa de minimizar este risco, é sugerido que se sele a câmara pulpar com um agente bonding de dentina nos casos em que se use TAP, bem como cobrir o coágulo sanguíneo com materiais biocerâmicos (24).

Selar os túbulos dentinários da câmara pulpar com DBA antes da aplicação de TAP contendo minociclina no canal radicular levou a uma descoloração dentária significativamente menor. Contudo, não preveniu completamente a mudança de cor, sendo que esta ainda se mostra clinicamente perceptível e é necessário ter em conta os efeitos tóxicos dos bondings nas células-tronco, especialmente nas formas não polimerizadas (24).

Assim, são necessários mais estudos para percebermos se os benefícios compensam os riscos e se de facto é vantajoso o uso de TAP contendo monociclina bem como o uso de DBA para selar a câmara pulpar nos procedimentos regenerativos endodônticos (24) .

6. Conclusão

Nesta revisão, foram reunidos artigos importantes que revelaram resultados significativos acerca dos materiais biocerâmicos e a sua influência na descoloração dentária.

A maioria dos cimentos endodônticos são passíveis de causar alteração de cor na estrutura dentária, ainda que esta possa ser impercetível a olho humano e evidente apenas através de métodos mais específicos como a espectrofotometria.

O primeiro biocerâmico a surgir foi o MTA, composto por óxido de bismuto, a principal razão apontada para a descoloração dentária causada por este material, explicada por diferentes métodos, quer pela interação com os irrigantes usados, quer pela destabilização do colagénio presente na dentina, ou até mesmo pela produção carbonato de bismuto, bismuto metálico e oxigénio, responsáveis pela descoloração.

Os materiais mais recentes, como *Biodentine™*, *Endosequence®* e *BioAggregate* têm na sua composição um radiopacificador substituto e, segundo a maioria dos artigos, apresentam resultados estéticos mais satisfatórios, daí serem preferíveis em áreas anteriores.

Há uma certa discordância acerca da influência da presença de sangue, mas em geral este é apontado como um favorecedor para a mudança de cor dentária, dependendo do tipo de material usado bem como o tempo passado, através de um processo ainda desconhecido. De modo a evitar o seu contacto com os materiais, o passo clínico fulcral nos casos em que há presença de sangue é chegar à hemóstase antes da colocação do material.

Concluindo, são necessários mais estudos sobre este tema, nomeadamente recorrendo ao uso de espectrofotometria, amostras maiores e reavaliações a longo prazo, no sentido de tentar ultrapassar a controvérsia existente na bibliografia disponível, que se revela escassa.

7. Bibliografia

1. Raghavendra SS. Biocerm. *Bioceram Endod – a Rev.* 2017;51:128–37.
2. Jitaru S, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Clujul Med.* 2016;89(4):470–3.
3. Yoldaş SE, Bani M, Atabek D, Bodur H. Comparison of the Potential Discoloration Effect of Bioaggregate, Biodentine, and White Mineral Trioxide Aggregate on Bovine Teeth: In Vitro Research. *J Endod.* 2016 Dec 1;42(12):1815–8.
4. Możyńska J, Metlerski M, Lipski M, Nowicka A. Tooth Discoloration Induced by Different Calcium Silicate–based Cements: A Systematic Review of In Vitro Studies. Vol. 43, *J Endod.* Elsevier Inc.; 2017. p. 1593–601.
5. Elbahary S, Bercovich R, Flaisher-Salem N, Azem H. Quantifying coronal primary tooth discoloration caused by different pulpotomy materials. *J Clin Pediatr Dent.* 2020;44(3):142–7.
6. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. *J Endod.* 2015 Nov 1;41(11):1862–6.
7. Guimarães BM, Tartari T, Marciano MA, Vivan RR, Mondeli RFL, Camilleri J, et al. Color stability, radiopacity, and chemical characteristics of white mineral trioxide aggregate associated with 2 different vehicles in contact with blood. *J Endod.* 2015 Jun 1;41(6):947–52.
8. Marconyak LJ, Kirkpatrick TC, Roberts HW, Roberts MD, Aparicio A, Himel VT, et al. A comparison of coronal tooth discoloration elicited by various endodontic reparative materials. *J Endod.* 2016 Mar 1;42(3):470–3.
9. Beatty H, Svec T. Quantifying Coronal Tooth Discoloration Caused by Biodentine and EndoSequence Root Repair Material. *J Endod.* 2015;41(12):2036–9.
10. Salem-Milani A, Ghasemi S, Rahimi S, Ardalan-Abdollahi A, Asghari-Jafarabadi M. The Discoloration effect of White Mineral Trioxide Aggregate (WMTA), Calcium

- Enriched Mixture (CEM), and Portland Cement (PC) on Human Teeth. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2021 Feb 13];9(12):e1397–401.
11. Suciú I, Ionescu E, Dimitriu BA, Bartok RI, Moldoveanu GF, Gheorghiu IM, et al. An optical investigation of dentinal discoloration due to commonly endodontic sealers, using the transmitted light polarizing microscopy and spectrophotometry. *Rom J Morphol Embryol*. 2016;57(1):153–9.
 12. Tour Savadkouhi S, Fazlyab M. Discoloration Potential of Endodontic Sealers: A Brief Review. *Iran Endod J* [Internet]. 2016 Sep 1 [cited 2021 Feb 13];11(4):250–4.
 13. Marciano MA, Costa RM, Camilleri J, Mondelli RFL, Guimarães BM, Duarte MAH. Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. *J Endod*. 2014;40(8):1235–40.
 14. Adl A, Javanmardi S, Abbaszadegan A. Assessment of tooth discoloration induced by biodentine and white mineral trioxide aggregate in the presence of blood. *J Conserv Dent* [Internet]. 2019 Mar 1 [cited 2021 Feb 13];22(2):164–8.
 15. Palma PJ, Marques JA, Falacho RI, Correia E, Vinagre A, Santos JM, et al. Six-Month Color Stability Assessment of Two Calcium Silicate-Based Cements Used in Regenerative Endodontic Procedures. *J Funct Biomater* [Internet]. 2019 Feb 28 [cited 2021 Feb 13];10(1).
 16. Chen SJ, Karabucak B, Steffen JJ, Yu YH, Kohli MR. Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Tricalcium Silicate Cements in the Presence of Blood. *J Endod*. 2020 Dec 1;46(12):1913–9.
 17. Jang JH, Kang M, Ahn S, Kim S, Kim W, Kim Y, et al. Tooth discoloration after the use of new pozzolan cement (Endocem) and mineral trioxide aggregate and the effects of internal bleaching. *J Endod*. 2013 Dec;39(12):1598–602.
 18. Marciano MA, Camilleri J, Costa RM, Matsumoto MA, Guimarães BM, Duarte MAH. Zinc Oxide Inhibits Dental Discoloration Caused by White Mineral Trioxide Aggregate Angelus. *J Endod*. 2017 Jun 1;43(6):1001–7.
 19. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Pirmoazen S, Shamshiri AR, Dummer PMH.

- Evaluation and Comparison of Occurrence of Tooth Discoloration after the Application of Various Calcium Silicate-based Cements: An Ex Vivo Study. *J Endod.* 2016 Jan 1;42(1):140–4.
20. Alsubait S, Al-Haidar S, Al-Sharyan N. A Comparison of the Discoloration Potential for EndoSequence Bioceramic Root Repair Material Fast Set Putty and ProRoot MTA in Human Teeth: An In Vitro Study. *J Esthet Restor Dent.* 2017 Jan 1;29(1):59–67.
 21. Madani Z, Alvandifar S, Bizhani A. Evaluation of tooth discoloration after treatment with mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture, and Biodentine® in the presence and absence of blood. *Dent Res J (Isfahan).* 2019 Nov 1;16(6):377–83.
 22. Araghi S, Khavid A, Godiny M, Saeidipour M. In vitro evaluation of coronal discoloration following the application of calcium-enriched mixture cement, Biodentine, and mineral trioxide aggregate in endodontically treated teeth. *Dent Res J (Isfahan).* 2019 Jan 1;16(1):53–9.
 23. Arman M, Khalilak Z, Rajabi M, Esnaashari E, Saati K. In Vitro Spectrophotometry of Tooth Discoloration Induced by Tooth-Colored Mineral Trioxide Aggregate and Calcium-Enriched Mixture Cement. *Iran Endod J [Internet].* 2015 Sep 1 [cited 2021 Feb 13];10(4):226–30.
 24. Shokouhinejad N, Khoshkhounejad M, Alikhasi M, Bagheri P, Camilleri J. Prevention of coronal discoloration induced by regenerative endodontic treatment in an ex vivo model. *Clin Oral Investig.* 2018 May 1;22(4):1725–31.
 25. Oliveira L V., da Silva GR, Souza GL, Magalhães TEA, Barbosa GLR, Turrioni AP, et al. A laboratory evaluation of cell viability, radiopacity and tooth discoloration induced by regenerative endodontic materials. *Int Endod J.* 2020 Aug;53(8):1140–52.