

Universidade de Lisboa

Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**O Uso de Materiais de Restauração com Flúor em
Odontopediatria**

Ana Margarida Mimoso

Dissertação
Mestrado integrado em Medicina Dentária

2017

Universidade de Lisboa

Faculdade de Medicina Dentária



**O Uso de Materiais de Restauração com Flúor em
Odontopediatria**

Ana Margarida Mimoso

Dissertação orientada
Pela Prof^a Doutora Alda Reis Tavares

Mestrado integrado em Medicina Dentária

2017

Agradecimentos

À minha orientadora, **Professora Doutora Alda Reis Tavares** pelo conhecimento partilhado, disponibilidade, dedicação e por me ter transmitido o encanto da Odontopediatria.

Aos meus pais, por me darem o Mundo, pela confiança, pelo apoio incondicional ao longo de todo este percurso e por me mostrarem que a vida é uma constante luta.

Ao meu irmão, **Diogo**, companheiro do quarto ao lado, pela companhia e paciência nos momentos difíceis.

Ao meu avô, **Cesário**, pela sapiência desde o primeiro dia de escola, à minha avó, **Tomásia**, pelo amor e dedicação partilhado em cada almoço e ao meu tio e padrinho, **Cesário**, por contribuir para o meu desenvolvimento pessoal.

Às minhas amigas de sempre, **Joana** e **Abrantes**, por caminharem a meu lado.

Aos colegas e amigos da faculdade, em particular à **Beatriz** e **Daniela**, por me apoiarem nas horas de desespero, nos trabalhos de Biologia Oral, no 3º ano e na Clínica.

À **Catarina**, **Margarida** e **Sara** por fazerem parte dos melhores três meses da minha vida.

A todos aqueles que me fizeram sorrir,

O meu muito obrigado!

Índice

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Agradecimentos..... | iv |
| Lista de abreviaturas..... | viii |
| Resumo..... | x |
| Abstract..... | xii |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 2. Objetivos..... | 3 |
| 3. Metodologia..... | 3 |
| 4. Materiais libertadores de flúor..... | 4 |
| 4.1. Ionómero de vidro convencional..... | 4 |
| 4.2. Ionómero de vidro reforçado com metal..... | 6 |
| 4.3. Ionómero de vidro modificado com resina composta..... | 7 |
| 4.4. Ionómero de vidro de elevada viscosidade..... | 8 |
| 4.5. Compómero..... | 9 |
| 4.6. Giómero..... | 10 |
| 4.7. Resina Composta..... | 11 |
| 4.8. Amálgama..... | 12 |
| 5. Libertação e absorção de flúor pelo material restaurador..... | 13 |
| 5.1. Libertação de flúor..... | 13 |
| 5.2. Absorção de flúor..... | 15 |
| 6. Influência da libertação de flúor para a prevenção de cárie nos dentes adjacentes..... | 17 |
| 7. Longevidade clínica..... | 19 |
| 8. Discussão..... | 20 |
| 9. Conclusão..... | 23 |
| 10. Referências Bibliográficas..... | xiv |

Lista de abreviaturas

| | |
|------------------------|------------------------------------------------|
| AAPD | <i>American Academy of Pediatric Dentistry</i> |
| ART | <i>atraumatic restorative treatment</i> |
| Bis-GMA | bisfenol-glicidildimetacrilato |
| HEMA | hidroxietil metacrilato |
| IV | Ionómero de vidro |
| IVC | Ionómero de vidro convencional |
| IVMR | Ionómero de vidro modificado com resina |
| µm | micrómetro |
| nm | nanômetro |
| ppm | partes por milhão |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| UDMA | uretano dimetacrilato |
| YbF₂ | <i>ytterbium fluoride</i> |

Resumo

Introdução: O flúor ganhou uma grande importância na Medicina Dentária, desde que foi introduzido nos materiais dentários há 70 anos atrás. A sua atuação no equilíbrio desmineralização-remineralização do esmalte e influência no metabolismo das bactérias cariogénicas fez com que fosse uma mais valia incorporar este composto nos materiais restauradores. Em Odontopediatria torna-se essencial recorrer a um material que tenha uma longevidade semelhante ao dente, de fácil manuseamento, com boa adesão à superfície dentária e com um efeito terapêutico. A utilização de materiais libertadores de flúor contribui para manter níveis intraorais de flúor suficientes para um efeito cariostático.

Objetivo: Com recurso à literatura, pretende-se fazer uma revisão narrativa sobre a utilização dos materiais restauradores libertadores de flúor em Odontopediatria.

Metodologia: Efetuou-se uma pesquisa com término a 25 de Maio de 2017 nas bases de dados primárias MEDLINE (através da *Pubmed*), *Science Direct*, *Cochrane Library* e *NHS Evidence*, utilizando combinações com “AND” das palavras-chave: “*deciduous tooth*”, “*fluoride*”, “*restorative materials*”, “*glass ionomer*”. As *guidelines* de prática clínica da *American Academy of Pediatric Dentistry* fizeram parte integral da pesquisa. Também se recorreu a fontes de pesquisa secundárias nomeadamente artigos primários referenciados em bibliografia resultante da pesquisa inicialmente efetuada.

Discussão e Conclusão: Os materiais de restauração fluoretados possuem claras diferenças na sua constituição, capacidade de libertação e recarga de flúor e influência na atividade cariogénica. Estes materiais podem atuar como reservatórios de flúor, aumentando os seus níveis intraorais. Contudo, os estudos analisados são pouco uniformes e alguns apresentam um curto *follow-up*.

Palavras-chave: Dente decíduo, Flúor, Materiais de restauração, Ionómero de vidro

Abstract

Introduction: Fluor was incorporated in dental material 70 years ago and since then, it has gained a huge importance in dentistry. The balance demineralization-remineralization in enamel and the influence in bacterial metabolism are some of the mechanisms of action of fluoride, which was the reason of the incorporation in some restorative materials. In Pediatric Dentistry, a material that has a longevity similar to the tooth, improved handling, chemical bonding to enamel and dentin and can work as an interim therapeutic restoration is essential. The use of fluoride-containing restorative materials may support intraoral fluoride levels and lead to a cariostatic effect.

Aim: The purpose of this dissertation is to review the fluoride release restorative materials in Pediatric Dentistry.

Methodology: A review of the scientific literature was made until 25/05/2017 in electronic databases such as MEDLINE (Pubmed), Science Direct, Cochrane Library e NHS Evidence. The keywords used were “deciduous tooth”, “fluoride”, “restorative materials”, “glass ionomer”. Clinical Practice Guidelines from American Academy of Pediatric Dentistry were also included in the search. Secondary sources were examined by the search of articles referenced in the papers from electronic databases.

Discussion and Conclusion: Fluoride-containing restorative materials have clear differences in their composition, in the fluoride release and uptake characteristics and in cariogenic activity. These materials may act as a fluoride reservoir and tend to increase intraoral fluoride levels. Nevertheless, the literature is not uniform and some have a short follow-up.

Key-words: Deciduous tooth, Fluoride, Restorative materials, Glass ionomer

1. Introdução

O flúor foi introduzido na medicina dentária há mais de 70 anos e tem uma reconhecida importância na diminuição da prevalência de cárie (Bratthall *et al.*, 1996; Buzalaf *et al.*, 2011). A sua associação com a diminuição da prevalência de cárie foi observada no Colorado em 1915, uma zona com grande concentração de flúor na água (Anusavice K, 2003).

Em meados do século passado, acreditava-se que o flúor tinha que ser incorporado na estrutura dentária durante o desenvolvimento, o que é frequentemente referido como o efeito benéfico do flúor a nível sistémico (Zafar *et al.*, 2015). À luz dos conhecimentos atuais, a incorporação pré-eruptiva do flúor não desempenha um papel assim tão importante na redução da cárie como se acreditava. Em 1955, Bibby e colegas demonstraram com clara evidência que o mecanismo de ação do flúor é maioritariamente pós-eruptivo (Bibby *et al.*, 1955).

Segundo as orientações da *American Academy of Pediatric Dentistry* (AAPD), revista em 2014, o flúor tem vários mecanismos de ação contra a cárie dentária. Ao nível tópico interfere com a formação de película adquirida, inibe a desmineralização do esmalte de superfície, estimula a sua remineralização e afeta o metabolismo das bactérias cariogénicas (AAPD, 2014).

Os ácidos resultantes do metabolismo das bactérias cariogénicas podem dissolver o fosfato de cálcio, um mineral constituinte do esmalte e dentina, levando à sua desmineralização. A saliva tem um importante papel no tamponamento do meio ácido, na medida em que atua como um reservatório de iões de flúor. A substituição dos grupos hidroxilo, constituintes do esmalte, por uma pequena porção de iões flúor resulta numa estrutura de apatite mais estável, a fluorapatite (Ten Cate e Featherstone, 1991).

O equilíbrio entre os processos de desmineralização e a remineralização é baseado na presença de concentrações de flúor entre 0,2 a 1,0 partes por milhão (ppm), o que diminui a solubilidade do esmalte e aumenta a sua absorção. Como a quantidade de flúor intraoral nem sempre é regular, é necessário um aporte contínuo de flúor de modo a manter o seu mecanismo protetor (Anusavice K, 2003).

Em condições acídicas, os iões flúor existentes no meio intraoral juntamente com os protões de H^+ associam-se e formam fluoreto de hidrogénio. Este é absorvido pelos microrganismos por um mecanismo de gradiente de concentração, acumula-se intracelularmente e dissocia-se em iões fluoreto e hidrogénio. O flúor ionizado inibe as

enzimas bacterianas levando a uma menor produção de ácido. Este ião exerce os seus efeitos nas bactérias orais pela inibição direta de enzimas celulares ou pela sua atuação na permeabilidade da bomba de prótons da membrana celular (Buzalaf *et al.*, 2011).

O flúor está disponível na cavidade oral através de dentífricos, colutórios e água fluoretada. Para além disso, a sua origem poderá ser através da libertação por materiais restauradores (Qvist *et al.*, 2010a).

Um procedimento restaurador com materiais com flúor integra um plano de tratamento onde se tem em consideração fatores como a avaliação do risco de cárie, a longevidade clínica dos materiais restauradores, o grau de desenvolvimento da dentição e o nível de cooperação do paciente (Tinanoff *et al.*, 2015).

Na dentição decídua, o material restaurador ideal deve ser de fácil manuseamento, ter características físicas, químicas e biológicas que aumentem a sua longevidade (Qvist *et al.*, 2010b), uma boa adesão à estrutura dentária, resistência a forças oclusais e um efeito anti-cariogénico (Mickenautsch *et al.*, 2011). Idealmente, as restaurações dos dentes decíduos devem ter uma longevidade semelhante ao tempo de esfoliação dos dentes tratados (Qvist *et al.*, 2010b).

A formação da cárie secundária é o principal fator para o insucesso da restauração, sendo esta a razão para a substituição das mesmas. (Wilson *et al.*, 1997). Por isso, a incorporação de flúor no material restaurador pode ser uma mais valia graças ao seu efeito cariostático (Ten Cate e Van Duinen, 1995). Em acréscimo, a capacidade libertadora de flúor de um material de restauração é uma vantagem em pacientes com alto risco de cárie (Naoum *et al.*, 2013).

São diversos os materiais restauradores com capacidade de libertação de flúor utilizados em Odontopediatria (Burke *et al.*, 2006). Cada um deles apresenta características e especificidades clínicas próprias que permitem que sejam utilizados em diferentes situações (Wiegand *et al.*, 2007).

2. Objetivo:

Realizar uma revisão narrativa sobre a utilização dos materiais restauradores libertadores de flúor em uso recorrente em Odontopediatria, com ênfase em dentes decíduos.

3. Metodologia

No âmbito desta dissertação foram desenvolvidas diferentes estratégias de pesquisa para cada base de dados utilizada.

A pesquisa foi realizada até 25 de Maio de 2017 nas bases de dados primárias MEDLINE (através da *Pubmed* - www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed), *Science Direct* (www.sciencedirect.com), *Cochrane Library* (www.cochranelibrary.com) e *NHS Evidence* (www.evidence.nhs.uk). Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “*deciduous tooth*”, “*fluoride*”, “*restorative materials*”, “*glass ionomer*”. Em acréscimo acedeu-se às *guidelines* de prática clínica da AAPD (www.aapd.org).

Numa primeira fase, os artigos considerados relevantes para o desenvolvimento deste trabalho foram incluídos a partir da leitura dos títulos e resumos, sendo depois lidos na sua íntegra.

Adicionalmente, foram incluídos artigos pesquisados manualmente por serem artigos primários referenciados em bibliografia resultante da pesquisa efetuada, cujos textos estavam disponíveis na biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária.

4. Materiais Libertadores de Flúor

Em Medicina Dentária, o flúor está presente em vários materiais tais como selantes de fissura, cimentos, sistemas adesivos, *liners*/base e materiais de restauração (Wiegand *et al.*, 2007).

Os materiais restauradores libertadores de flúor utilizados em Odontopediatria incluem os ionómeros de vidro, os ionómeros de vidro reforçados com metal, os ionómeros de vidro modificados com resina composta, os ionómeros de vidro de elevada viscosidade, os compômeros, os giómeros, a resina composta e a amálgama (Burke *et al.*, 2006).

4.1. Ionómero de vidro convencional (IVC)

Durante os anos 50, um grupo de dentistas e investigadores procuraram desenvolver um material que possuísse propriedades térmicas, mecânicas e óticas semelhantes ao dente e que também tivesse um efeito terapêutico. Após alguns anos de investigação, *Smith* utilizou o cimento de óxido de zinco eugenol, já reconhecido pelos seus efeitos sedativos na resposta inflamatória pulpar (citado em Mickenautsch *et al.*, 2011). O investigador decidiu utilizar ácido poliacrílico como líquido, ao invés do eugenol e verificou que obteve um cimento com grande adesão ao dente. Mais tarde, *Wilson* e a sua equipa (1973, citado em Mickenautsch *et al.*, 2011) foram modificando o pó e o líquido até obter um material que correspondia às características clínicas desejadas.

Na atualidade, o ionómero de vidro convencional (IVC) é utilizado como cimento, adesivo para *brackets* ortodônticos, selante de fissuras, *liner*/base e material restaurador (Anusavice K, 2003).

O IVC é constituído por um pó contendo partículas de vidro de fluoroaluminossilicato e um líquido de ácido poliacrílico, cuja sua ativação é feita através de uma reação ácido-base (Wiegand *et al.*, 2007). Quando o pó e o líquido se misturam, o ácido poliacrílico ataca as partículas de vidro, libertando para o meio aquoso íões de cálcio, alumínio, sódio e flúor. As cadeias de ácido poliacrílico estão unidas por ligações cruzadas aos íões de cálcio e são substituídas por íões de alumínio durante as primeiras 24 horas. Este processo inicial denomina-se maturação. A porção de partículas de vidro que não reagiu é envolvida por uma matriz hidrogel (Anusavice K, 2003).

O processo de libertação do flúor ocorre de duas formas, através de uma dissolução rápida da superfície exterior das partículas de vidro para a cavidade oral com

libertação inicial nas primeiras 24 horas, efeito *burst* inicial, e de uma segunda difusão mais gradual e prolongada dos íons de flúor, que ocorre quando as partículas de vidro são dissolvidas na solução acidificada da matriz hidrogel (Wiegand *et al.*, 2007). Durante esse período, a superfície da restauração deve ser protegida por um revestimento impermeável de modo a manter um conteúdo aquoso ideal para a maturação do gel (Burke *et al.*, 2006).

Verificou-se que a concentração de flúor libertado pelo material em saliva artificial durante 10 minutos correspondia a 1 ppm e o valor total acumulado nas primeiras 24 horas estava próximo de 15 ppm. (Bell *et al.*, 1999). No entanto, os níveis de libertação de flúor variam consoante os fabricantes de IVC e o meio intraoral.

Os IVC são descritos *smart materials* na medida em que libertam mais flúor em ambientes mais acídicos (Jingarwar *et al.*, 2014).

Níveis elevados de libertação de flúor do material podem estar positivamente correlacionados com uma elevada capacidade de absorção de flúor do meio intraoral (Hatibovic-Kofman *et al.*, 1997). O IVC tem a capacidade de absorver flúor através de dentífricos, colutórios fluoretados e aplicações tópicas de flúor. Dita capacidade atua como um reservatório de flúor, o que o permite libertar posteriormente (Burke *et al.*, 2006).

O IVC tem diversas propriedades que são favoráveis para a sua utilização em crianças (Tinanoff *et al.*, 2015), sendo utilizado em restaurações oclusais, cervicais, do tipo túnel e como restauração provisória em dentes decíduos e permanentes (Burke *et al.*, 2006). Possui uma adesão química às estruturas dentárias (Mount, 1991), propriedades físicas e térmicas semelhantes ao esmalte e à dentina, biocompatibilidade, libertação e absorção de flúor e é menos suscetível à contaminação da cavidade oral quando comparado com compósitos (Tinanoff *et al.*, 2015). No entanto, as propriedades mecânicas mais débeis (Dionysopoulos, 2014), a perda de integridade da margem (Tinanoff *et al.*, 2015), as pobres características estéticas, a baixa resistência à abrasão e o longo tempo de presa (tornando arriscado a aplicação de forças quando colocado na cavidade oral) são os maiores inconvenientes deste material (Burke *et al.*, 2006). Os IVC apresentam menor resistência à flexão e compressão em relação ao amálgama (Yilmaz *et al.*, 2006). Por isso, o material não está indicado em zonas de cargas oclusal diretas (Naoum *et al.*, 2013).

A libertação de flúor pelo IVC permite que este material possa ser utilizado para restaurações terapêuticas. Estas são aplicadas a pacientes muito jovens, pouco cooperativos ou pacientes com necessidades especiais onde, a preparação da cavidade e

a colocação do material restaurador são desafiantes. Para além disso, as restaurações terapêuticas podem ser utilizadas para o controlo cariogénico em crianças com múltiplas lesões de cárie, antes do tratamento definitivo (AAPD, 2014). Assim sendo, o uso de IVC para restaurações a longo-prazo está contraindicado (Anusavice K, 2003).

Os IV convencionais não são recomendados para restaurações classe II em molares decíduos, sendo a sua aplicação restrita a cavidades classe I (Chadwick e Evans., 2007; Ersin *et al.*, 2006).

4.2. Ionómero de vidro reforçado com metal

Ao longo do tempo, o ionómero de vidro (IV) sofreu diversas modificações. Com o objetivo de melhorar as suas propriedades mecânicas, *Simmons* em 1983 misturou o pó de prata da liga de amálgama com as partículas do IV (citado em *Yilmaz et al.*, 2006). Mais tarde surgiu uma nova formulação pela fusão das partículas metálicas nas partículas de vidro através da sinterização. Este material foi designado *cermet*, que deriva da junção das palavras *ceramic* e *metal* (Anusavice K, 2003).

O material foi proposto para dentição decídua devido ao menor desgaste oclusal e maior resistência à flexão (*Yilmaz et al.*, 2006).

Este material tem a capacidade de libertar flúor em grande quantidade numa primeira fase, existindo depois uma diminuição acentuada. No entanto, a libertação de flúor pelo *cermet* é menor que nos IVC e isto deve-se a uma porção das partículas de vidro que é coberta por metal, reduzindo assim a área de superfície disponível para a libertação de flúor (Anusavice K, 2003).

As aplicações clínicas do material são limitadas, sendo comumente utilizadas para preenchimento de núcleos protéticos (Anusavice K, 2003).

Devido à sua ineficaz adaptação marginal, o ionómero de vidro reforçado com metal não é recomendado para restaurações classe II (Espelid e col., 1999).

Pelo aparecimento de alternativas com melhores propriedades estéticas e mecânicas, a utilização do *cermet* caiu em desuso (Espelid *et al.*, 1999).

4.3. Ionómero de vidro modificado com resina composta (IVMR)

Wilson e colaboradores (1990), numa tentativa de ultrapassar os aspetos negativos do IVC, nomeadamente a baixa resistência, sensibilidade à humidade e o longo tempo de presa, desenvolveram o ionómero de vidro modificado com resina (IVMR) (citado em Vermeersch *et al.*, 2001 e Wiegand *et al.*, 2006). Os investigadores incorporaram grupos funcionais polimerizáveis no material, possibilitando uma reação ácido-base mais rápida.

O IVMR é constituído por um pó de partículas de vidro de fluoraluminiosilicato, fotoiniciadores/quimioiniciadores e um líquido que contém água ou ácido poliacrílico em meio aquoso modificado com monómeros de metacrilato e hidroxietil metacrilato (HEMA) (Anusavice K, 2003). A reação de presa inicia-se pela fotoativação e/ou quimioativação, seguindo-se a reação ácido-base tardia responsável pelo processo de maturação e resistência final (Anusavice K, 2003; Wiegand *et al.*, 2007). Deste modo, o material tem dupla ou tripla ativação (Anusavice K, 2003).

Devido aos vários mecanismos de ativação, a superfície da restauração não necessita de ser protegida por um revestimento impermeável, que teria como função manter um conteúdo aquoso ideal na maturação do gel (Burke *et al.*, 2006).

O IVMR apresenta melhorias na facilidade de manipulação, na resistência mecânica e no desgaste (AAPD, 2016). O aumento na resistência mecânica deve-se ao menor módulo de elasticidade e maior capacidade de deformação plástica do material (Anusavice K, 2003).

Tem como vantagens a adesão química e coeficiente de expansão térmica semelhante ao dente, menor sensibilidade pós-operatória, biocompatibilidade, libertação e absorção de flúor, menor sensibilidade à humidade e menor formação de cáries secundárias (AAPD, 2016; Sidhu, 2010). Por outro lado, as suas desvantagens são a necessidade de colocar o material em incrementos e a formação de uma superfície rugosa, que se deve às partículas vítreas de grandes dimensões (Krämer *et al.*, 2007). A baixa estabilidade da cor do IVMR pode ser atribuída à elevada hidrofília da matriz poli-HEMA e à grande porosidade do material, o que diminui as suas propriedades estéticas quando comparado com resinas compostas (Abo-Hamar *et al.*, 2015). Também a perda da forma anatómica e o desgaste são consistentes com a sua elevada deterioração, o que pode afetar a longevidade (Sidhu, 2010).

O IVMR está indicado para classes I e classes II de tamanho pequeno a moderado (Chadwick *et al.*, 2007). Em acréscimo está indicado para pacientes com elevado risco de cárie, devido ao fenómeno de libertação de flúor (Daou *et al.*, 2008).

Nos últimos anos, um novo tipo de IVMR foi introduzido para restaurações em dentes decíduos pela necessidade de melhorar as suas características estéticas. A era da nanotecnologia permitiu introduzir partículas de dimensões muito reduzidas (5-100 nm), surgindo os nano-ionómeros. Falsafi e sua equipa, em 2014, chegaram à conclusão que a reação de presa destes é semelhante à do IVMR (Falsafi *et al.*, 2014). Abo-Hamar e colaboradores (2015) defendem que a incorporação de partículas nano não influencia a estabilidade da cor dos novos IVMR (Abo-Hamar *et al.*, 2015).

4.4. Ionómero de vidro de elevada viscosidade

No início dos anos 90, o ionómero de vidro de elevada viscosidade surgiu para ser utilizado na técnica restauradora atraumática (ART) (Krämer *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2006). A ART, desenvolvida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e *International Association for Dental Research*, é um tipo de restauração e de prevenção de cáries em populações com escasso acesso ao cuidado médico-dentário, onde as restaurações são de carácter definitivo (AAPD, 2016).

O ionómero de vidro de elevada viscosidade é compactável e surge para simplificar a inserção do IV (Krämer *et al.*, 2007). A sua reação de presa é idêntica à do IVC, tendo um desempenho semelhante em restaurações oclusais e interproximais (Raggio *et al.*, 2015).

A capacidade de libertação de flúor deste material e a sua adesão química ao dente são vantajosos e ainda mais, nesta técnica realizada em países pouco desenvolvidos. Assim, a adição de partículas de carga altera as propriedades do IVC, facilitando a inserção numa cavidade em que a remoção de cárie é realizada com instrumentos manuais (Anusavice K, 2003).

Devido à sua baixa resistência à flexão e à fadiga, as suas indicações continuam limitadas. No entanto, a rapidez e facilidade de manuseamento tornam a utilização deste material favorável em classes I e em crianças pouco cooperativas (Krämer *et al.*, 2007).

No entanto, Daou e colaboradores, em 2008, verificaram uma associação entre o elevado desenvolvimento de cárie secundária e restaurações de ionómero de vidro de elevada viscosidade, num período de 1 ano (Daou *et al.*, 2008).

4.5. Compômero

No início dos anos 90, a procura de um material que alie a libertação de flúor dos IVC e a durabilidade das resinas compostas levou à introdução no mercado de uma resina composta modificada por poliácidos, o compômero. O seu nome deriva das palavras “compósito” e “ionómero” e combina as propriedades mecânicas e estéticas da resina composta com a capacidade de libertar flúor dos ionómeros de vidro (Wiegand *et al.*, 2007).

O compômero é constituído por macromonómeros convencionais como o bisfenol-glicidildimetacrilato (Bis-GMA) ou o uretano dimetacrilato (UDMA), juntamente com pequenas quantidades de monómeros acídicos funcionais e partículas de vidro de silicato e fluoreto de sódio (Wiegand *et al.*, 2007). A reação de presa inicial ocorre devido a uma fotopolimerização, no entanto não ocorre libertação de flúor nesta fase uma vez que o ião se encontra ligado às partículas de vidro incorporadas na matriz polimérica (Burke *et al.*, 2006). De seguida, ocorre uma reação ácido-base subsequente à absorção de água. Durante o tempo de vida da restauração, o material polimerizado absorve água do meio intraoral, o que contribui para que ocorra a reação ácido-base entre os grupos acídicos funcionais dentro da matriz e partículas de vidro de silicato. É esta reação que permite a libertação de flúor. Dita absorção de água decorre a um ritmo lento pelo que se espera que a libertação de flúor dos compômeros durante os primeiros dias seja menor comparativamente aos IVC (Burke *et al.*, 2006).

Devido à ausência de água na sua composição, este material não possui adesão química ao dente, pelo que está sujeito à aplicação de sistema adesivo (Anusavice K, 2003). A colaboração do paciente é fundamental para que se consiga estabelecer adesão sem contaminação (Krämer *et al.*, 2007).

A grande vantagem do compômero é a sua facilidade de manipulação, algo benéfico em Odontopediatria uma vez que um menor tempo de trabalho clínico é necessário nalguns pacientes (Hse e Wei, 1997). Outras características positivas são a venda num só componente (cápsula), facilidade de polimento, ótimas propriedades estéticas, menor suscetibilidade à desidratação e radiopacidade (Burke *et al.*, 2006).

Comprovou-se uma melhor adaptação marginal de materiais à base de resina como compômero e resina composta comparativamente com IVMR e IVC (Gjorgievska *et al.*, 2008a). Para além disso, a melhoria das propriedades estéticas permite que seja utilizado em dentes anteriores (Shaw *et al.*, 1998).

As desvantagens do compômero comparativamente às resinas compostas incluem a necessidade de experiência clínica, utilização de sistema adesivo, integridade marginal diminuída e maior desgaste. A longevidade e a relevância clínica da libertação de flúor são difíceis de prever (Burke *et al.*, 2006).

Devido à sua superfície rugosa e maior capacidade de adsorção da placa bacteriana, o compômero apresenta maior quantidade de biofilme na sua superfície (Alves dos Santos *et al.*, 2009).

Durante os últimos anos, compômeros coloridos com partículas brilhantes foram introduzidos no mercado (Croll., 2004). Após um ano de *follow-up*, verificou-se que estes materiais podem ser utilizados em classe I, classe II e classe V em restaurações de dentes decíduos (Croll., 2004; Oba *et al.*, 2009). Alguns polimerizam tanto por ativação luminosa como por ativação química (Croll., 2004).

Contudo, análises de microscopia eletrônica demonstraram partículas não silanizadas associadas ao mesmo tipo de material, que poderão representar áreas cruciais de fratura (Krämer *et al.*, 2007).

4.6. Giómero

O giómero é um material desenvolvido recentemente com o intuito de melhorar as propriedades físicas, mecânicas, estéticas e biológicas dos IV existentes (Zafar e Ahmed, 2015). Este material híbrido contém partículas de fluoroaluminossilicato com reação prévia cujo intuito é obter uma fase estável dos constituintes do IV na restauração. Ao contrário dos compômeros, as partículas de vidro de fluoroaluminossilicato reagem com o ácido poliacrílico antes da inclusão na matriz da resina (Wiegand *et al.*, 2007).

Os giómeros possuem propriedades físicas e estéticas comparáveis às resinas compostas (Naoum *et al.*, 2013)

Existem dois tipos de giómeros: aqueles em que a partícula sofre reação na sua totalidade e outros cuja reação ocorre apenas na superfície da partícula (Zafar e Ahmed, 2015).

Esta tecnologia inovadora permite um aumento da reatividade das partículas de vidro, o que aumenta a matriz hidrogel, responsável pela libertação de flúor em contacto com a água (Itota *et al.*, 2004).

À semelhança dos compômeros também é necessário a aplicação de sistema adesivo para a adesão do giómero ao esmalte e dentina (Zafar e Ahmed, 2015). Os

giómeros apresentam melhor acabamento superficial e melhores propriedades mecânicas comparativamente com os IVC e os IVMR, no entanto a libertação de flúor é menor que nos IVC (Zafar e Ahmed, 2015).

4.7. Resina Composta

As resinas compostas libertadoras de flúor foram introduzidas no mercado libertando flúor através da dissolução de determinadas partículas selecionadas ou da incorporação de monómeros fluoretados (Burke *et al.*, 2006).

As resinas compostas podem conter flúor nas mais variadas formas tais como sais inorgânicos, partículas de vidro libertadores de flúor ou flúor orgânico. Não só a quantidade de flúor, mas também o tipo e o tamanho das partículas inorgânicas fluoretadas, o tipo de resina, o tratamento de silanização e porosidade podem ser fatores importantes que contribuem para a sua libertação. A incorporação de fluoreto inorgânico resulta num aumento da libertação de flúor, mas leva a espaços na matriz à medida que o flúor vai sendo libertado do material. A dispersão de partículas de vidro dissolvidas ou sais de flúor solúveis na matriz polimérica permite uma difusão do flúor da resina composta para o meio. A maioria do flúor é libertado durante a reação de presa, seguindo-se uma menor quantidade de libertação de flúor a longo prazo (Wiegand *et al.*, 2006).

Em resinas compostas que incorporam partículas de fluorossilicato na sua composição não ocorre reação com o ácido, à semelhança dos IVC. A libertação de flúor ocorre predominantemente pela dissolução dos sais fluoretados (Zafar e Ahmed., 2015). Deste modo, os níveis de flúor libertados pela resina composta são muito inferiores comparativamente ao IVC, IVMR e compômero (Wiegand *et al.*, 2006).

4.8. Amálgama

A convenção de Minamata foi aprovada por vários países em 2013 e possibilitou um decréscimo global na utilização da amálgama dentária como material restaurador. Esta convenção pretendeu superar preocupações ambientais e de saúde pública no que respeita à libertação de mercúrio e sua toxicidade (Weldon *et al.*, 2016).

Embora o flúor não seja um constituinte integrante na composição da amálgama tradicional pode ser adicionado fluoreto de estanho, SnF₂, com o intuito de inibir a formação de cáries (Burke *et al.*, 2006).

A libertação de flúor da amálgama tem valores iniciais elevados, diminuindo posteriormente para níveis muito baixos (citado em Wiegand *et al.*, 2006).

A dimensão da partícula da amálgama tem influência na libertação de flúor e na capacidade de este ser absorvido pelas estruturas dentárias. Souganidis e colegas, em 1981 avaliaram esta relação utilizando amálgamas com partículas de tamanho regular com outras de menor tamanho. Eles verificaram que a libertação do ião é maior nas partículas de menores dimensões, o que poderá estar relacionado com a sua maior área de superfície total. Concluiu-se que o uso de 1% de fluoreto de estanho em amálgamas com estas partículas é suficiente para minimizar o desenvolvimento de cáries adjacentes à restauração (Souganidis *et al.*, 1981).

Durante a última década, a amálgama tem caído em desuso devido aos riscos inerentes do mercúrio e à elevada procura de materiais alternativos mais estéticos (Tinanoff *et al.*, 2015).

5. Libertação e absorção de flúor pelo material restaurador

5.1. Libertação de flúor

Nos materiais de restauração, a libertação de flúor inicial é elevada durante as primeiras 24 horas e diminui bruscamente durante a primeira semana. O padrão e a velocidade de libertação de flúor variam consoante o material restaurador (Wiegand *et al.*, 2007; Hatibovic-Kofman *et al.*, 1997).

Os materiais que têm maior libertação de flúor são os IVC e o IVMR, sendo que o IVC liberta mais flúor que o IVMR. O efeito *burst* demonstrado pelo IVC e pelo IVMR deve-se à rápida dissolução das partículas vítreas pelo ácido poliacrílico. De seguida, ocorre uma libertação mais lenta, durante os dias seguintes, que corresponde à dissolução das partículas no conteúdo aquoso acidificado da matriz hidrogel (Okte *et al.*, 2012; Zafar e Ahmed., 2015). A menor capacidade de libertação do IVMR deve-se ao menor conteúdo inicial de flúor e à sua reação de presa, que não é exclusivamente uma reação ácido-base (Dionysopoulos, 2014).

No entanto segundo, Okte e colaboradores (2012), o IVMR foi o material que libertou maior quantidade de flúor, talvez devido ao grande diâmetro dos poros e sua grande porosidade (Okte *et al.*, 2012).

Sabe-se que nos materiais de restauração como IVMR e ionómero de vidro de elevada viscosidade o flúor é assimilado para as estruturas dentárias adjacentes como o esmalte e dentina (Bezerra *et al.*, 2012).

Comparativamente ao IVC e ao IVMR, os compômeros e as resinas compostas contendo flúor libertam menores quantidades (Anusavice K, 2003), não tendo o efeito *burst* inicial. Também se verificou que no compômero, a libertação de flúor permanece relativamente constante durante o tempo (Shaw *et al.*, 1998).

O giómero é outro material que não apresenta um efeito *burst* inicial, no entanto a quantidade de flúor que liberta parece ser superior àquela libertada por compósitos e compômeros mas inferior aos IV (Itota *et al.*, 2004; Vermeersch *et al.*, 2001).

Assim, o IVMR e o giómero revelaram alguma capacidade de libertação, de recarga de flúor e de estabilidade de propriedades mecânicas, o que permite que estes materiais estejam indicados em zonas de carga oclusal elevada em pacientes com elevado risco de cárie (Naoum *et al.*, 2013).

Fatores como a composição do material, conteúdo de flúor, reação de presa, formação de matriz hidrogel, condições do meio ambiente como o pH e temperatura, erros

de manipulação que envolvem a dosagem pó-líquido e quantidade de material exposto influenciam a libertação de flúor (Zafar e Ahmed., 2015). Em acréscimo, o meio de armazenamento do material, a composição salivar e formação de placa bacteriana e película adquirida também têm efeito na libertação do ião (Wiegand *et al.*,2007).

A libertação de flúor pode também ser afetada pela composição do pó e do líquido. Exemplo disso é o ionómero de vidro reforçado com metal que ao ter menos flúor na sua constituição liberta menor quantidade (Vermeersch *et al.*, 2001). Wilson (1990) sugeriu que o nível de libertação de flúor pode ser modificado pela substituição de parte da água no material por resina e, para além disso, o teor de flúor das resinas restauradoras é limitado pela necessidade de translucidez. Portanto, uma diminuição do flúor no pó aumenta a translucidez.

Karantakis e colegas (2000) investigaram a quantidade de flúor libertado em água, saliva artificial e soluções acídicas por vários materiais restauradores (citado em Wiegand *et al.*,2007). Em saliva artificial a quantidade de flúor libertado tende a diminuir para 17-25% comparativamente ao meio aquoso. Este facto explica-se pelo menor gradiente de difusão entre o material restaurador e o meio salivar rico em iões. Para além do mais, sabe-se que os componentes salivares formam uma película na superfície do material restaurador que impede a libertação de iões (Bell *et al.*, 1999).

Sugere-se que o desgaste da camada mais externa dos compômeros através de um polimento possa levar a uma maior libertação de flúor pela exposição de zonas mais profundas do material. Attin e colaboradores (1999), realizaram um estudo *in vitro* para avaliar o efeito da escovagem dentária na libertação de flúor dos compómeros. Os autores verificaram que a escovagem regular não influencia a libertação de flúor do material de restauração nem a manutenção do nível de flúor libertado inicialmente (Attin *et al.*, 1999).

5.2. Absorção de flúor

Os materiais restauradores são frequentemente expostos a fontes de flúor exógenos tais como: dentífricos fluoretados, colutórios ou géis/vernizes com elevada percentagem de flúor. A recarga dos materiais é mais frequentemente realizada pela escovagem com um dentífrico fluoretado ou aplicação de gel de flúor (Wiegand *et al.*, 2006).

Duckworth e Morgan (1991) demonstraram que a cinética intraoral do ião após a escovagem pode ser dividida em duas fases: uma fase inicial que dura entre 40-80 minutos, enquanto a concentração de flúor diminui rapidamente devido à *clearance* do flúor tópico e uma segunda fase, enquanto a concentração de flúor diminui lentamente pela sua libertação através de reservatórios orais como as superfícies dentárias, a mucosa e a língua (Duckworth e Morgan, 1991).

Com o intuito de investigar o fenómeno de recarga dos IV, foram armazenadas amostras do material numa pasta fluoretada (250 ppm) e em soluções de fluoreto de sódio (2500 ppm) até 15min. Comprovou-se que as amostras que foram recarregadas exibiram um aumento significativo de libertação inicial e uma rápida diminuição após a exposição ao flúor (Anusavice K, 2003). Verificou-se que 3 meses após a aplicação única de 1,23% de flúor tópico, a libertação do ião pelos IV e pelos compômeros foi menor do que imediatamente a seguir à aplicação do gel (Gao e Smales, 2000).

Pode-se afirmar que a função principal dos materiais restauradores libertadores de flúor é a habilidade de atuar como um reservatório na segunda fase da libertação (Buzalaf *et al.*, 2011).

Assim, os níveis de flúor libertados pelos materiais tendem a diminuir ao longo do tempo, no entanto, a sua recarga permite manter um nível constante de libertação (Preston *et al.*, 1999). É também necessário ter em consideração que a habilidade de um material para recarregar flúor depende da sua eficácia para o assimilar (Naoum *et al.*, 2013; Wiegand *et al.*, 2006).

De acordo com um estudo laboratorial, após 24 horas e ao 11º dia o IVC foi o material que registou maior libertação de flúor, seguindo-se o IVMR e o giómero. No entanto, após a aplicação de um gel de flúor, o IVMR foi o material que libertou maior quantidade, ao 16º, 22º e 30º dia. Neste estudo, os materiais demonstraram ter uma boa capacidade para atuar como reservatórios de flúor (Jingarwar *et al.*, 2014). Após uma aplicação tópica de flúor, a libertação pós-recarga é de curta-duração e deve ser

acompanhada de uma manutenção diária de níveis elevados intraorais de flúor (Summit *et al.*, 2000).

A literatura descreve que 10 a 15 minutos após uma aplicação única de dentífrico fluoretado (1250 ppm) a concentração de flúor aumenta para aproximadamente 1 a 3ppm (Wiegand *et al.*, 2006).

Após a aplicação de agentes fluoretados pode ocorrer libertação através dos iões de flúor que estão retidos na superfície ou nos poros do material restaurador. O flúor ligado à superfície pode ser facilmente desprendido durante um ataque ácido, assim como o flúor livre incorporado na matriz pode ser dissolvido (Wiegand *et al.*, 2006).

Devido à baixa solubilidade do YbF_2 , a capacidade de recarga das resinas compostas libertadoras de flúor é diminuída, libertando apenas o flúor retido à superfície (Burke *et al.*, 2006). As resinas compostas podem também ser recarregadas embora as suas capacidades sejam inferiores aos IV e IVMR (Summit *et al.*, 2000).

A captação de flúor pelas restaurações e a sua profundidade de absorção são maiores para a dentina e para o cimento do que para o esmalte, o que se deve a diferenças na microestrutura e à porosidade dos tecidos dentários. Estas variáveis são mais elevadas para os IVC, seguindo-se os IVMR e compósitos (Wiegand *et al.*, 2006).

A capacidade de recarga do flúor depende de vários fatores tais como a idade da restauração, a permeabilidade, tipo de material e a concentração e a frequência de exposição ao flúor. Mais ainda, o componente vítreo do material e a estrutura da matriz hidrogel também têm influência (Itota *et al.*, 2003).

A eficácia da recarga parece diminuir com a frequência com que o material absorve flúor (Anusavice K, 2003; Zafar e Ulla, 2015). Também a maior viscosidade salivar pode reduzir a difusão dos iões para o material, para além de que a formação de uma película à superfície funciona como uma barreira, influenciando o processo de recarga de flúor (Wiegand *et al.*, 2006).

Existe uma tendência para a quantidade de flúor libertado após a recarga aumentar com a idade da restauração, sendo o giómero o material que liberta quantidades mais significativas de flúor nesta situação. Isto deve-se provavelmente ao facto deste material ter uma matriz hidrogel bem estabelecida à volta das partículas vítreas. Esta fase não só promove a libertação de flúor como a sua recarga (Itota *et al.*, 2003).

A capacidade de recarga da resina composta libertadora de flúor depende dos efeitos de absorção e difusão dentro da matriz de resina e pela presença de porosidade. Isto porque não se forma uma matriz hidrogel semelhante ao IV. Deste modo, parece que

a presença de matriz hidrogel dos IV tem um papel fundamental em determinar a capacidade de recarga de flúor dos vários materiais (Itota *et al.*, 2003).

Quanto maior a espessura da camada de matriz de hidrogel, maior será a libertação de flúor. Os compômeros possuem na sua constituição partículas vítreas fluoretadas com uma camada de hidrogel muito fina e por isso libertam uma reduzida quantidade de flúor, sem o *burst* inicial. Também a espessura da matriz do IV afeta a capacidade de recarga do material pois uma camada mais fina resulta numa diminuição da capacidade de recarga e conseqüente menor libertação. Por sua vez, os giómeros produzem uma camada muito espessa de camada hidrogel, o que resulta numa maior libertação de flúor (Zafar e Ahmed., 2015; Itota *et al.*, 2003).

6. Influência da libertação de flúor para a prevenção de cárie dos dentes adjacentes

Os materiais libertadores de flúor reduzem o desenvolvimento e progressão de lesões de cárie primárias em superfícies dentárias adjacentes (Qvist *et al.*, 2010a).

O flúor exerce um efeito antibacteriano pela inibição direta de enzimas celulares ou pela alteração da permeabilidade da membrana celular na forma de fluoreto de hidrogénio (Rosin-Grger *et al.*, 2013).

Os materiais restauradores inibem a formação de cáries *in vitro*, no entanto os seus efeitos não estão bem definidos *in vivo* (Burke *et al.*, 2006; Wiegand *et al.*, 2006).

O nível de desenvolvimento de cáries e progressão de lesões existentes em superfícies dentárias em contacto com IVC, IVMR e compômero são semelhantes e significativamente menores que em superfícies adjacentes a restaurações em amálgama. No entanto, a eficácia clínica da recarga do IV na inibição de cáries necessita de ser comprovada (Anusavice K, 2003).

Raggio e colaboradores, em 2015, verificaram que os materiais IVMR, ionómero de vidro de elevada viscosidade, amálgama e resina composta não apresentaram diferenças no desenvolvimento de cáries secundárias em superfícies oclusais. No entanto, nas margens oclusoproximais de restaurações com IVC, estas lesões são menos frequentes. Por o biofilme presente nesta zona produzir uma grande desmineralização, a presença de flúor nesta região é essencial (Raggio *et al.*, 2015). Outro autor afirma que o IVMR é mais vantajoso que o IVC em restaurações proximais de molares decíduos, estando associado a um menor número de cáries recorrentes (Donly *et al.*, 1999).

Outro estudo verificou uma remineralização de lesões de cárie em dentina adjacente a restaurações em IV assim como desmineralização em faces adjacentes a restaurações de resina composta ou amálgama. Para além disso, os níveis de flúor em placa bacteriana adjacente a restaurações em IV foram superiores comparativamente a restaurações com resina composta, verificando-se também uma redução de *Streptococcus Mutans* (Burke *et al.*, 2006).

Sabe-se que a concentração de flúor de 5 ppm ou mais é mantida na região imediatamente adjacente à restauração. Como o desenvolvimento de cáries secundárias está inibido nas regiões adjacentes às restaurações com IV, este efeito é especialmente importante em áreas de maior acumulação de placa bacteriana (Anusavice K, 2003).

A produção de ácidos por *Streptococcus Mutans* e *Streptococcus Sanguinis* em áreas adjacentes a restaurações com IVC pode ser inibida quando se atinge um pH crítico de desmineralização do esmalte, resultando numa diminuição da atividade cariogénica (Nakajo *et al.*, 2009).

Um estudo com controlo de 5 anos revelou uma associação das restaurações em amálgama com um aumento do desenvolvimento de cáries em várias superfícies de um mesmo dente. Também não se comprovou que o compômero seja vantajoso na prevenção do desenvolvimento de futuras cáries (Trachtenberg *et al.*, 2009).

Ten Cate e Van Duinen, em 1995, verificaram que os tratamentos restauradores com IVC apresentaram uma hipermineralização em locais adjacentes à restauração, o que poderá ser causada por depósitos de minerais nos poros de dentina. Este facto será um fator secundário para o aumento da resistência dos tecidos, ao limitar a via de difusão dos ácidos formados pela placa bacteriana. Os investigadores demonstraram existir uma remineralização de lesões de cárie até 125 µm em localizações próximas do IVC. Pelo contrário, as zonas adjacentes às restaurações de amálgama e resina composta sofreram desmineralização. Assim, este estudo revela o potencial remineralizador de materiais libertadores de flúor como o IVC (Ten Cate e Van Duinen., 1995).

Sugere-se que o nível ótimo de flúor de 1 µg/ml seja necessário para a inibição do desenvolvimento de lesões de cárie e para alcançar o potencial remineralizador da cavidade oral. Posto isto, recomenda-se que os materiais libertadores de flúor tenham uma capacidade de libertação a longo-prazo mínima de 2-3 µg/ml/dia (Zafar e Ahmed., 2015).

Uma vantagem de materiais como o IVC é o seu efeito cariostático nos dentes adjacentes às restaurações, aumentando significativamente a resistência a cáries e a menor necessidade de tratamento restaurador (Qvist *et al.*, 2004).

7. Longevidade clínica

A longevidade de uma restauração é provavelmente o parâmetro mais importante para o sucesso da terapia restauradora (Qvist *et al.*, 2010b).

Hübel e Mejère (2003) demonstraram que o IVMR tem melhor desempenho clínico em cavidades proximais de dentes decíduos, quando comparado com o ionómero de vidro de elevada viscosidade, o compômero e a amálgama (Hübel e Mejère, 2003). No entanto, outro estudo revela que a sobrevivência do IVMR e do compômero é praticamente a mesma que a da amálgama e estas diferem do IVC. O tempo de sobrevida para as restaurações em classe II foi de 4 anos para o compômero, 3,8 anos para o IVMR, 3,8 anos para o amálgama e 1,4 anos para o IVC (Qvist *et al.*, 2010b). Tanto o IVMR como o compômero e a resina composta têm longevidades semelhantes, podendo ser recomendados para restaurações classe I ou classe II em molares decíduos (Alves dos Santos *et al.*, 2010).

Deste modo, Raggio e colegas (2015) sugerem que o IVMR tem um melhor desempenho clínico, uma vez que este se comporta mais como uma resina composta e liberta uma menor quantidade de flúor que o IV (Raggio *et al.*, 2015).

Também o ensaio clínico realizado por Espelid e colaboradores em 1999 corrobora esta ideia, comparando o IVMR com o ionómero de vidro reforçado com metal, em termos de adaptação marginal e defeitos marginais (Espelid *et al.*, 1999).

8. Discussão

O tratamento restaurador desempenha um papel importante no restabelecimento e manutenção da saúde oral (Takeuti *et al.*,2007). Os materiais libertadores de flúor possuem algumas das características do material de restauração ideal nomeadamente a facilidade de inserção na cavidade e manipulação, adesão química à estrutura dentária e potencial anticariogénico. A utilização destes materiais é benéfica em Odontopediatria pelo mecanismo de ação do flúor no meio intraoral.

O aparecimento destes novos materiais adesivos leva a alterações na abordagem do tratamento de cáries (Gjorgievska, 2011). A sua utilização em restaurações terapêuticas é uma mais valia em pacientes com elevado risco de cárie, pela capacidade de libertação de flúor e adesão química ao dente.

A sua indicação para dentição decídua deve-se à duração limitada dos dentes e menor capacidade mastigatória das crianças sendo que, a baixa resistência ao desgaste oclusal é de menor importância nestas situações. Por outro lado, a adesão química dos materiais exclui a necessidade de dar uma forma de retenção ao dente, preservando a estrutura dentária (Gjorgievska, 2011).

As características negativas do IVC, tais como, a baixa resistência mecânica e elevado desgaste levaram ao aparecimento de novos materiais com melhores características. Muitos destes, nomeadamente o IVMR, o compómero, o giómero e a resina composta libertadora de flúor são uma combinação dos componentes e propriedades do IVC com a resina composta. Contudo, materiais mais semelhantes à resina composta carecem de algumas das vantagens dos IVC pois possuem uma libertação de flúor muito baixa e necessitam de um sistema adesivo antes da sua aplicação.

Assim, os IV têm propriedades superiores a qualquer material restaurador libertador de flúor disponível, tanto na libertação como na recarga (Zafar e Ahmed, 2015; Okte *et al.*,2010).

Os materiais de restauração podem possuir uma capacidade de libertação de flúor inicial elevada (IVC e IVMR), libertação intermédia (Compómero e Giómero), libertação baixa (Compósito e Amálgama libertadores de flúor) ou não ter qualquer libertação (Amálgama e Compósito) (Wiegand *et al.*, 2006).

O potencial de libertação não varia só com o composto, mas também com a marca comercial, com a matriz, reação de presa, conteúdo de flúor intrínseco e condição do meio

intraoral (Wiegand *et al.*, 2006). Sabe-se que em cada marca comercial de IVC existem diferentes concentrações de cada componente (Nakajo *et al.*, 2009).

Várias investigações foram desenvolvidas no âmbito da libertação de flúor dos materiais dentários. Contudo, a diversidade dos métodos e dos protocolos experimentais impede a comparação de resultados dos diferentes estudos, sendo difícil analisar o padrão e a velocidade de libertação de flúor pelos diferentes materiais (Gjorgievska *et al.*, 2008b; Itota *et al.*, 2003; Jingarwar *et al.*, 2014; Naoum *et al.*, 2013; Okte *et al.*, 2010; Shaw *et al.*, 1998; Vermeersch *et al.*, 2001). Por outro lado, a presença de flúor no meio intraoral por fontes exógenas aquando da análise de libertação de flúor pelos materiais pode levar a sobrevalorização dos valores da sua libertação (Raggio *et al.*, 2015).

Não se torna evidente que o *burst* inicial ou a libertação de flúor a longo-prazo possa ter relevância clínica na prevenção de cáries e no mecanismo de remineralização, uma vez que é necessário um aporte contínuo de flúor (Wiegand *et al.*, 2006).

Estes materiais que apresentam iões de flúor na sua composição foram desenvolvidos para prevenir ou atrasar o desenvolvimento de lesão de cárie secundária, ao inibirem a desmineralização do esmalte pela libertação de flúor (Takeuti *et al.*, 2007).

Para além dos efeitos cariostáticos alcançados pelo flúor presente na saliva, placa bacteriana e superfícies dentárias, existem resultados controversos na prevenção de cáries secundárias pelos materiais restauradores (Wiegand *et al.*, 2006).

Grande parte dos estudos apresentam um elevado número de vícios devido à inexistência de uma verdadeira aleatoriedade, inacessibilidade de investigadores duplamente cegos e nalguns casos ao apoio financeiro prestado pelas marcas comerciais dos materiais testados (Hatibovic-Kofman *et al.*, 1997; Itota *et al.*, 2003; Jingarwar *et al.*, 2014; Naoum *et al.*, 2013; Shaw *et al.*, 1998; Tinanoff *et al.*, 2015; Vermeersch *et al.*, 2001).

Devido à esfoliação dos dentes decíduos, a limitação de muitos ensaios clínicos é o curto período de estudo, o que faz com que a maioria dos materiais tenha um desempenho clínico semelhante (Barnes *et al.*, 1995; Daou *et al.*, 2008; Donly *et al.*, 1999; Hse e Wei, 1997).

Em estudos *in vivo* não se conseguem determinar certos fatores (Ersin *et al.*, 2006; Gjorgievska, 2011). Por isso, muitos estudos avaliam, por exemplo, a margem da restauração após a esfoliação dos dentes (Donly *et al.*, 1999; Gjorgievska *et al.*, 2008a). Uma boa adaptação marginal diminui a microinfiltração, a sensibilidade pós-operatória e a ocorrência de cáries secundárias (Gjorgievska *et al.*, 2008a).

É de salientar que a extrapolação de resultados de estudos *in vitro* na prevenção da cárie dentária, para situações clínicas pode conduzir ao erro, principalmente devido à ausência de biofilme, proteínas salivares, fluido crevicular e fluídos dentinários nas superfícies dentárias. As lesões de cárie formadas *in vivo* resultam de interações complexas entre o biofilme e dentes, baseando-se num processo de desmineralização (Takeuti *et al.*,2007).

9. Conclusão

Os materiais de restauração libertadores de flúor são uma mais valia em Odontopediatria.

O aparecimento e o desenvolvimento dos IV permitiram aplicar os efeitos benéficos do flúor nas técnicas restauradoras. A sua capacidade anticariogénica e adesão química ao dente, sem ser necessário fornecer uma forma de retenção e preservando as estruturas dentárias, faz com que este material seja comumente utilizado pelos clínicos. As suas características permitem introduzir outras abordagens em pacientes com elevado risco de cárie, possibilitando a utilização do IV como uma restauração terapêutica.

Contudo, as diminutas propriedades mecânicas e pobres características estéticas levaram a uma evolução. Assim, surgiram materiais como o IVMR, o compómero e o giómero. Com a melhoria das propriedades óticas, o conteúdo de flúor ficou diminuído.

De acordo com os vários estudos analisados, o IVC é o material com maior libertação de flúor. Para além disso, todos os materiais têm a capacidade de absorver flúor do meio intraoral, atuando como reservatórios do ião. No entanto, o desempenho varia com o material. Em termos de longevidade, o IVMR é o material com melhores resultados clínicos.

O médico dentista necessita de avaliar cada situação clínica, ponderar e aplicar o seu conhecimento sobre os vários materiais. Assim, saberá qual o mais indicado para cada restauração.

10.Referências Bibliográficas

- AAPD, 2014. “Guideline on Fluoride Therapy”. V37/NO 6 15/16.
- AAPD, 2016. “Guideline on Restorative dentistry”. V38/NO6 15/16.
- Abo-hamar, S. E., El-desouky, S. S., Nahed, B. D. S. and Hamila, A. A. (2015) ‘Two-year clinical performance in primary teeth of nano-filled versus conventional resin-modified glass-ionomer restorations’, *Quintessence International*, 46(5), pp. 381–388.
- Anusavice, K. “Phillips' science of dental materials”. 2003.11th ed.St. Louis, MO, USA: Saunders, *an imprint of Elsevier*.
- Attin, T., Buchalla, W., Ameling, K. and Hellwig, E. (1999) ‘Effect of toothbrushing on fluoride release of polyacid-modified composite resins.’, *Clinical oral investigations*, 3(3), pp. 150–4.
- Barnes, D. M., Blank, L. W., Gingell, J. C. and Gilner, P. P. (1995) ‘A clinical evaluation of a resin-modified glass ionomer restorative material’, *The Journal of the American Dental Association*. American Dental Association, 126(9), pp. 1245–1253.
- Bell, A., Creanor, S. L., Foye, R. H., & Saunders, W. P. (1999). The effect of saliva on fluoride release by a glass-ionomer filling material. *Journal of Oral Rehabilitation*, 26(5), 407–12.
- Bezerra, A. C., Novaes, R. C., Faber, J., Frencken, J. E. and Leal, S. C. (2012) ‘Ion concentration adjacent to glass-ionomer restorations in primary molars’, *Dental Materials. The Academy of Dental Materials*, 28(11), pp. e259–e263.
- Bibby B.; Wilkins E.; Witol (1955) ‘A preliminary study of the effects of fluoride lozenges and pills on dental caries’, (April), pp. 239–253.
- Bratthall D, Hänsel Petersson G, S. H. (1996). Reasons for the caries decline : what do the experts believe ?, 416–422.
- Burke, F. M., Ray, N. J., & McConnell, R. J. (2006). Fluoride-containing restorative materials. *International Dental Journal*, 56, 33–43.
- Buzalaf M, Pessan J, Honório H, T. C. J. (2011). Mechanisms of Action of Fluoride for Caries Control. *Monogr Oral Sci. Basel, Karger*, 22, 97–114.
- Chadwick, B. L. and Evans, D. J. P. (2007) ‘Restoration of class II cavities in primary molar teeth with conventional and resin modified glass ionomer cements: a systematic review of the literature’, *Eur Arch Paediatr Dent*, 8(1), pp. 14–21.

- Croll, T. P., Helpin, M. L. and Donly, K. J. (2004) ‘Multi-colored Dual-cured Compomer’, *Pediatric dentistry*, 26:3, pp. 273–276.
- Daou, M. H., Tavernier, B. and Meyer, J.-M. (2008) ‘Clinical evaluation of four different dental restorative materials: one-year results.’, *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*, 118(4), pp. 290–5.
- Dionysopoulos, D. (2014). The effect of fluoride-releasing restorative materials on inhibition of secondary caries formation. *Fluoride*, 47(3), 258–265.
- Donly, K. J., Segura, A., Kanellis, M. and Erickson, R. L. (1999) ‘Clinical Performance and Caries Inhibition of Resin-Modified Glass Ionomer Cement and Amalgam Restorations’, *Journal of the American Dental Association. American Dental Association*, 130(10), pp. 1459–1466.
- Dos Santos, M. P. A., Luiz, R. R. and Maia, L. C. (2010) ‘Randomised trial of resin-based restorations in Class I and Class II beveled preparations in primary molars: 48-Month results’, *Journal of Dentistry*. Elsevier Ltd, 38(6), pp. 451–459.
- Duangthip, D., Jiang, M., Chu, C. H. and Lo, E. C. M. (2016) ‘Restorative approaches to treat dentin caries in preschool children: Systematic review’, *European Journal of Paediatric Dentistry*, 17(2), pp. 113–121.
- Duckworth, R. and Morgan, S. (1991) ‘Oral Fluoride Retention after Use of Fluoride Dentifrices’, *Caries Res*, 25, pp. 123–129.
- Ersin, N. K., Candan, U., Aykut, A., öncag, özant, Eronat, C., & Kose, T. (2006). A clinical evaluation of resin-based composite and glass ionomer cement restorations placed in primary teeth using the ART approach. *The Journal of the American Dental Association*, 137(11), 1529–1536.
- Espeli, I., Tveit, A. B., Tornes, K. H. and Alvheim, H. (1999) ‘Clinical behaviour of glass ionomer restorations in primary teeth’, *Journal of Dentistry*, 27(6), pp. 437–442.
- Falsafi, A., Mitra, S. B., Oxman, J. D., Ton, T. T. and Bui, H. T. (2014) ‘Mechanisms of setting reactions and interfacial behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer’, *Dental Materials*. The Academy of Dental Materials, 30(6), pp. 632–643.
- Gao, W. and Smales, R. J. (2001) ‘Fluoride release/uptake of conventional and resin-modified glass ionomers, and compomers’, *Journal of Dentistry*, 29(4), pp. 301–306.
- Gjorgievska, E. (2011) ‘Clinical performance of fluoride-releasing dental restoratives’, *Prilozi*, 32(1), pp. 283–294.

- Gjorgievska, E., Nicholson, J. W., Iljovska, S. and Slipper, I. J. (2008) ‘Marginal Adaptation and Performance of Bioactive Dental Restorative Materials in Deciduous and Young Permanent Teeth’, *J Appl Oral Sci*, 16(1), pp. 1–6.
- Gjorgievska, E., Nicholson, J. W., Gjorgovski, I. and Iljovska, S. (2008) ‘Aluminium and fluoride release into artificial saliva from dental restoratives placed in teeth’, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 19(10), pp. 3163–3167.
- Hatibovic-Kofman, S., Koch, G., & Ekstrand, J. (1997). Glass ionomer materials as a rechargeable fluoride-release system. *International Journal of Paediatric Dentistry / the British Paedodontic Society [and] the International Association of Dentistry for Children*, 7(2), 65–73.
- Hse, Ki. and Wei, S. H. Y. (1997) ‘Clinical Evaluation of Compomer in Primary Teeth: 1-Year Results’, *The Journal of the American Dental Association. American Dental Association*, 128(8), pp. 1088–1096.
- Hübel, S. and Mejåre, I. (2003) ‘Conventional versus resin-modified glass-ionomer cement for Class II restorations in primary molars. A 3-year clinical study’, *International Journal of Paediatric Dentistry*, 13(1), pp. 2–8.
- Itota, T., Carrick, T. E., Yoshiyama, M. and McCabe, J. F. (2004) ‘Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite’, *Dental Materials*, 20(9), pp. 789–795.
- Jingarwar, M. M., Pathak, A., Bajwa, N. K., & Sidhu, H. S. (2014). Quantitative assessment of fluoride release and recharge ability of different restorative materials in different media: An in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8(12), ZC31-ZC34.
- Krämer, N., Lohbauer, U. and Frankenberger, R. (2007) ‘Restorative materials in the primary dentition of poli-caries patients’, *European archives of paediatric dentistry: official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 8(1), pp. 29–35.
- Mickenautsch, S., Mount, G., & Yengopal, V. (2011). Therapeutic effect of glass-ionomers: An overview of evidence. *Australian Dental Journal*, 56(1), 10–15.
- Mickenautsch, S., Yengopal, V. (2011) ‘Absence of carious lesions at margins of glass-ionomer cement and amalgam restorations: An update of systematic review evidence’, *BMC Research Notes*, 4(1), p. 58.
- Mount, G. (1991). Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper Dent* 16:141-148.

- Nakajo, K., Imazato, S., Takahashi, Y., Kiba, W., Ebisu, S. and Takahashi, N. (2009) 'Fluoride released from glass-ionomer cement is responsible to inhibit the acid production of caries-related oral streptococci', *Dental Materials*, 25(6), pp. 703–708.
- Naoum, S., Martin, E. and Ellakwa, A. (2013) 'Long-term fluoride exchanges at restoration surfaces and effects on surface mechanical properties.', *ISRN dentistry*, 2013, p. 579039.
- Naumova, E. A., Kuehnl, P., Hertenstein, P., Markovic, L., Jordan, R. A., Gaengler, P. and Arnold, W. H. (2012) 'Fluoride bioavailability in saliva and plaque.', *BMC oral health. BioMed Central Ltd*, 12(1), p. 3.
- Newby, E. E., Martinez-Mier, E. a, Zero, D. T., Kelly, S. a, Fleming, N., North, M. and Bosma, M. L. (2013) 'A randomised clinical study to evaluate the effect of brushing duration on fluoride levels in dental biofilm fluid and saliva in children aged 4-5 years.', *International dental journal*, 63 Suppl 2, pp. 39–47.
- Nicholson, J. W. (2007) 'Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry', *Dental Materials*, 23(5), pp. 615–622.
- Oba, A., Sönmez, I. and Sari, Ş. (2009) 'Clinical Evaluation of a Colored Compomer in Primary Molars', *Med Princ Pract*, 18, pp. 31–34.
- Okte, Z., Bayrak, S., Fidanci, U. R. and Sel, T. (2012) 'Fluoride and aluminum release from restorative materials using ion chromatography', *J Appl Oral Sci*, 20(1), pp. 27–31.
- Preston, A. J., Higham, S. M., Agalamanyi, E. a and Mair, L. H. (1999) 'Fluoride recharge of aesthetic dental materials.', *Journal of oral rehabilitation*, 26(12), pp. 936–40.
- Qvist, V., Manscher, E. and Teglers, P. T. (2004) 'Resin-modified and conventional glass ionomer restorations in primary teeth: 8-Year results', *Journal of Dentistry*, 32(4), pp. 285–294.
- Qvist, V., Poulsen, A., Teglers, P. T. and Mjör, I. A. (2010a) 'Fluorides leaching from restorative materials and the effect on adjacent teeth', *International Dental Journal*, 60, pp. 156–160.
- Qvist, V., Poulsen, A., Teglers, P. T., & Mjör, I. A. (2010). The longevity of different restorations in primary teeth. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 20(1), 1–7.
- Raggio, D. P., Tedesco, T. K., Calvo, A. F. B. and Braga, M. M. (2016) 'Do glass ionomer cements prevent caries lesions in margins of restorations in primary teeth? A

- systematic review and meta-analysis’, *Journal of the American Dental Association*. Elsevier Inc, 147(3), pp. 177–185.
- Rošin-Grget, K., Peroš, K., Šutej, I. and Bašić, K. (2013) ‘The cariostatic mechanisms of fluoride’, *Acta Médica Académica*, 42(2), pp. 179–188.
- Sengul, F. and Gurbuz, T. (2015) ‘Clinical Evaluation of Restorative Materials in Primary Teeth Class II Lesions’, *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(4), pp. 315–321.
- Shaw, A. J., Carrick, T. and McCabe, J. F. (1998) ‘Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data.’, *J Dent*, 26(4), pp. 355–359.
- Sidhu, S. K. (2010) ‘Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations’, *Dental Materials*, 26(1), pp. 7–12.
- Souganidis, D. J., Athanassouli, T. M. N. and Papastathopoulos, S. (1981) ‘Tissues from Fluoride-containing Silver Amalgams’, *J Dent Res*, 60 (2), pp. 105–109.
- Summit JB, Robins JW, Schwartz RS. Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach. 2000. Chicago, Ill, USA: *Quintessence Publishing*; p. 576.
- Takeuti, M. L., Marquezan, M., Regina, C. and Delgado, M. (2007) ‘Inhibition of Demineralization Adjacent to tooth-colored restorations in primary teeth after 2 in vitro challenges’, *Journal of Dentistry for children*, 74:3, pp. 209–214.
- Ten Cate, J., & Featherstone, J. (1991). Mechanistic Aspects of the Interactions Between Fluoride and Dental Enamel. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 2(3), 283–296.
- Ten Cate J.; Van Duinen. (1995). Hypermineralization of Dentinal Lesions Adjacent to Glass-ionomer Cement Restorations. *J Dent Res*, 74(6), 1266–1271.
- Tinanoff, N., Coll, J. A., Dhar, V., Maas, W. R., Chhibber, S., & Zokaei, L. (2015). Evidence-based Update of Pediatric Dental Restorative Procedures: dental materials. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(3), 193–197.
- Trachtenberg, F., Maserejian, N. N., Soncini, J. A., Hayes, C. and Tavares, M. (2009) ‘Does fluoride in compomers prevent future caries in children?’, *Journal of dental research*, 88(3), pp. 276–9.
- Ullah, R. and Zafar, M. S. (2015) ‘Oral and dental delivery of fluoride: A review’, *Fluoride*, 48(3), pp. 195–204.
- Vermeersch, G., Leloup, G. and Vreven, J. (2001) ‘Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites.’, *Journal of oral rehabilitation*, 28(1), pp. 26–32.

- Welbury, R. R., Shaw, a J., Murray, J. J., Gordon, P. H. and McCabe, J. F. (2000) 'Clinical evaluation of paired compomer and glass ionomer restorations in primary molars: final results after 42 months.', *British dental journal*, 189(2), pp. 93–7.
- Weldon, J. C., Yengopal, V., Siegfried, N., Gostemeyer, G., Schwendicke, F. and Worthington, H. V (2016) 'Dental filling materials for managing carious lesions in the primary dentition', *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (9).
- Wiegand, A., Buchalla, W., & Attin, T. (2007). Review on fluoride-releasing restorative materials-Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dental Materials*, 23(3), 343–362.
- Wilson, N. H., Burke, F. J., & Mjör, I. a. (1997). Reasons for placement and replacement of restorations of direct restorative materials by a selected group of practitioners in the United Kingdom. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 28(4), 245–8.
- Yilmaz, Y., Eyuboglu, Ö., Kocogullari, M. E. and Belduz, N. (2006) 'A one-year clinical evaluation of a high-viscosity glass ionomer cement in primary molars', *Journal of Contemporary Dental Practice*, 7(1), pp. 071–078.
- Zafar, M. S., & Ahmed, N. (2015). Therapeutic roles of fluoride released from restorative dental materials. *Fluoride*, 48(3), 184–194.