

Diogo Miguel de Brito Velasco de Sousa

**Ferulização Dentária Com Recurso a Fibras De Vidro Adesivas:  
Quando e Como Aplicar na Prática Clínica?**

Universidade Fernando Pessoa – Faculdade das Ciências da Saúde  
Porto, 2014



Diogo Miguel de Brito Velasco de Sousa

**Ferulização Dentária Com Recurso a Fibras De Vidro Adesivas:  
Quando e Como Aplicar na Prática Clínica?**

Universidade Fernando Pessoa – Faculdade das Ciências da Saúde  
Porto, 2014

Diogo Miguel de Brito Velasco de Sousa

**Ferulização Dentária Com Recurso a Fibras De Vidro Adesivas:  
Quando e Como Aplicar na Prática Clínica?**

Atesto a originalidade do trabalho

---

Tese de Mestrado apresentada à  
Universidade Fernando Pessoa como  
parte dos requisitos para obtenção do  
grau de Mestre em Medicina  
Dentária.

## RESUMO

A ferulização é caracterizada pela ligação mecânica entre dentes para mantê-los firmemente na sua posição. Ao cumprir bem os requisitos clínicos e biomecânicos no geral, as férulas dentárias com fibras de vidro constituem dispositivos importantes na prática clínica, e muito embora tenham implícito o requisito da manutenção, estes procedimentos são aceitos, devendo esta indicação assentar num correto consentimento informado dos pacientes. Assim, são objetivos delineados para esta revisão descritiva, definir a terminologia de ferulização dentária, enumerar os dispositivos disponíveis para a contenção e ferulização, bem como a descrição de possibilidades de aplicabilidade clínica destes sistemas nas diversas áreas científicas da Medicina Dentária. Tem ainda como propósito analisar as propriedades, vantagens e desvantagens de recurso a fibras de vidro adesivas, comparativamente com outros materiais para férulas, e descrever as possibilidades técnicas das aplicações diretas e indiretas de férulas dentárias com fibras de vidro impregnadas com monómeros de resina e compósitos. Assim, foram pesquisados artigos científicos recorrendo a motores de busca da “MEDLINE/PubMed” usando as seguintes terminologias: «*dental splints*», «*dental splinting*», «*teeth splinting*», «*splinting with resin composites*», «*glass fiber reinforced resin composites*», «*Fiber-reinforced adhesive bridges*», «*Fiber-reinforced composite, adhesive bridge*» e «*glass fiber dental splints*» e sem limites temporais de pesquisa. O termo “ferulização” dentária, é o ato de imobilizar e estabilizar dentes com mobilidade. As férulas/contenções são dispositivos, rígidos ou flexíveis, fixos ou removíveis. Podem ser executadas com compósitos, metais, compósito com fio metálico, acrílicos, acrílico com fio metálico, poliésteres, amálgama, materiais resinosos reforçados com fibras (vidro, polietileno, poliéster, carbono/grafite, aramida, quartzo e cerâmica). Os dispositivos de contenção/ferulização podem ser usados na periodontia, endodontia, oclusão, dentística, prostodontia e ortodontia. A confecção e aplicação clínica de férulas dentárias com fibras de vidro pode ser conseguida por manipulação técnica adesiva dos materiais diretamente na cavidade oral ou com recurso a técnicas indiretas.

## ABSTRACT

Dental splinting is characterized by a mechanical connection between teeth, to keep them steady in their position. By fulfilling the general clinical and biomechanical requirements, dental splints with glass fibers are important devices in the clinical practice, and although they have implicit the maintenance requirement, these procedures are accepted, and this indications should settle in a correct patients informed consent. Thus, the delineated objectives set by this descriptive review are to define the terminology of dental splinting, to enumerate the available devices for contention and splinting, as well as the description of possible clinical applications of these devices on several Dental Medicine scientific fields. It also has the purpose of analyze the proprieties, advantages and disadvantages of the application of adhesive glass fibers, in comparison with other splints materials, and to describe the technical possibilities of direct and indirect applications of dental splints with glass fibers impregnated with resin monomers and composites. Thus, scientific articles were searched in “MEDLINE/Pubmed” employing the keywords: «*dental splints*», «*dental splinting*», «*teeth splinting*», «*splinting with resin composites*», «*glass fiber reinforced resin composites*», «*Fiber-reinforced adhesive bridges*», «*Fiber-reinforced composite, adhesive bridge*» and «*glass fiber dental splints*» without research temporal limits. The term dental “splinting”, is the act to stabilize and immobilize teeth with mobility. The splints/contentions are devices, rigid or flexible, fixed or removable. They can be executed with composites, metals, composite with wire, acrylics, acrylics with wire, polyesters, amalgam, resin materials reinforced with fibers (glass, polyethylene, polyester, carbon/graphite, aramid, quartz and ceramic). The contention/splinting devices can be used on periodontics, endodontics, occlusion, preventive and restorative dentistry, prosthodontics and orthodontics. The manufacturing and clinical application of dental splints with glass fibers can be achieved by manipulation of the adhesive technique of the materials directly on the oral cavity or by using an indirect technique.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta monografia aos meus pais, Francisco e Judite, por me oferecerem todas as possibilidades na minha vida, por todos os conselhos e todo o apoio, e à minha irmã Diana, por ser o meu maior orgulho.

Dedico ainda este trabalho às minhas avós, Marcelina e Carminda, e aos meus avôs, Álvaro e Francisco, por tudo o que influenciaram na minha vida, por todo o amor e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro, pela oportunidade, paciência, ajuda, pelo rigor e tempo dedicado na realização deste trabalho.

A todos os docentes e funcionários da Universidade Fernando Pessoa que fizeram parte e influenciaram a minha formação pessoal e académica.

À Universidade Fernando Pessoa que foi durante anos e será sempre a minha casa. Que continue a ser o símbolo de excelência com o qual me recebeu. Terei para sempre orgulho em ser Pessoano.

A toda a minha família.

Ao meu primo e amigo João Paulo por tudo o que crescemos e fizemos juntos.

Aos meus amigos de sempre. Ao Diogo Silva, binómio, companheiro, parceiro de aventuras, pelas infinitas horas juntos, por todos os “bom dia” mal-humorados às 7 da manhã. Ao Ricardo Capão, por seres como és.

A todos os meus amigos e amigas que tive a possibilidade de conhecer durante estes anos. À Ana Rita Barreiro, Tânia Marques, Joana Ascensão, Ana Mayo, Manuel Baptista, Jonathan Domingues, Eduardo Almeida, Jorge Marvão, por todos os momentos passados e por toda a amizade.

À minha namorada Inês, por todo o apoio, confiança, companhia e incentivo.

---

## ÍNDICE

ÍNDICE DE QUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xii
<b>I – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>II – MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
<b>III – DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>6</b>
1. Ferulização Dentária com Recurso a Férulas de Vidro Adesivas: Quando e como Aplicar na Prática Clínica .....	6
1.1- Definições de contenção e ferulização dentária.....	6
1.2- Dispositivos de contenção e ferulização dentárias – férulas dentárias.....	8
1.2.1- Classificação dos dispositivos – férulas dentárias .....	8
1.2.2- Aplicabilidade dos dispositivos de ferulização nas estruturas dentárias conforme as diversas áreas da Medicina Dentária.....	13
1.2.3 Resinas compostas e reforços estruturais dos dispositivos de ferulização e contenção dentários.....	18
1.2.3.1 – Propriedades das resinas compostas como material restaurador adesivo nas férulas dentárias .....	19

---

1.2.3.2 – Propriedades das fibras como material de reforço estrutural das resinas compostas adesivas nas férulas dentárias .....	20
A- Fibras de Carbono: .....	20
B- Fibras sintéticas:.....	20
C- Fibras de Vidro: .....	21
1.3- Férulas dentárias com fibras de vidro (FV) adesivas e resinas compostas como materiais para confecção de férulas .....	25
1.3.1- Constituição.....	25
1.3.2- Propriedades mecânicas e óticas das resinas compostas reforçadas com fibras de vidro.....	28
1.3.3 – Propriedades biológicas: biocompatibilidade e toxicidade .....	33
1.3.4 – Vantagens e desvantagens das fibras de vidro em relação aos outros tipos de materiais utilizados em dispositivos de contenção/ferulização dentária.....	37
1.4- Técnicas de aplicação clínica de férulas dentárias com resinas compostas e fibras de vidro adesivas .....	37
1.4.1- Técnica direta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monômeros e resina composta.....	38
1.4.2- Técnica indireta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monômeros e resina composta.....	40

1.5- Recomendações a fornecer ao paciente sobre higiene e manutenção das férulas de fibras de vidro .....	42
<b>IV- CONCLUSÕES</b> .....	44
<b>V- BIBLIOGRAFIA</b> .....	48

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Diferentes tipos de fibras de vidro existentes no mercado, conforme o seu modo de fabrico, características e aplicações (adaptado de (Zhang & Matinlinna, 2011)). .....	27
<b>Quadro 2</b> - Propriedades mecânicas das fibras de vidro. $E$ = módulo de elasticidade, $\sigma_u$ = resistência à tração, $\rho$ = densidade, $E/\rho$ = módulo de elasticidade específico, $\sigma_u / \rho$ = força específica, $\epsilon_u$ = deformação de rotura, $df$ = diâmetro das fibras (adaptado de (Balaji <i>et al.</i> , 2007)).	30
<b>Quadro 3</b> - Vantagens e desvantagens das fibras de vidro-E (adaptado de (Zhang & Matinlinna, 2011)).	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Férula em resina acrílica confeccionada por técnica de vácuo (Consultado em Julho de 2013 em ( <a href="http://www.r-polortholab.com/media/SplintR-POL%20118.jpg">http://www.r-polortholab.com/media/SplintR-POL%20118.jpg</a> ))....	10
<b>Figura 2</b> – Férula/goteira de contenção em acrílico duro de cobertura total (Consultado em Julho de 2013 ( <a href="http://www.creativeappliances.net/Pages/Nightguardssplints.aspx">http://www.creativeappliances.net/Pages/Nightguardssplints.aspx</a> )). .....	11
<b>Figura 3</b> - Contenção ortodôntica (Consultado em Julho de 2013 em ( <a href="http://32teethonline.com/braces-orthodontic-orthodontist-treatment-page%204.htm">http://32teethonline.com/braces-orthodontic-orthodontist-treatment-page%204.htm</a> )). .....	11
<b>Figura 4</b> - Férula de compósito e fio metálico aplicada na face vestibular de dentes anteriores superiores (Berthold <i>et al.</i> , 2012). ....	12
<b>Figura 5</b> - Férula com cimento de resina (Consultado em Agosto de 2013 em ( <a href="http://www.nature.com/bdj/journal/v193/n3/fig_tab/4801506a_F9.html">http://www.nature.com/bdj/journal/v193/n3/fig_tab/4801506a_F9.html</a> )). ....	13
<b>Figura 6</b> - Paciente com ausência de suporte dentário posterior, com extrusão dos dentes anteriores por motivos de alterações oclusais, periodontais e com diastemas inter-incisivos, por instabilidade oclusal (A); Estabilização temporária do suporte dentário anterior recorrendo a férula de fibra de vidro adesiva com fecho de diastemas, para monitorização do tratamento periodontal e reabilitação do sector dentário posterior com dispositivos protéticos (B) (Fotografias cedidas pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro-FCS-UFP). ....	14
<b>Figura 7</b> – Pôntico coronal natural do dente 11 aderido e ancorado por férula de fibra de vidro e resina composta aos dentes 12, 21 e 22 (B), após exodontia (A) do dente 11, como forma de restauração imediata e temporária (Fotografias cedida pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro-FCS-UFP). ....	15

**Figura 8** – (A) Vista frontal em intercuspidação máxima de dentes extruídos com comprometimento periodontal e oclusal. Ao exame clínico sector dentário do 2º e 5º sextantes com mobilidade dentária grau 3; (B) Vista oclusal, da face palatina de dentes anteriores superiores ancorados com resina composta. Aspeto geral do risco e comprometimento biológico das estruturas por ausência de monitorização e higiene oral precária (Fotografias facultadas pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro- UFP). 16

**Figura 9** - Representação esquemática de fibras (a) contínuas e alinhadas, (b) descontínuas e alinhadas e (c) descontínuas e orientadas aleatoriamente (adaptado de (Callister, 2007))...... 22

**Figura 10** - Diagrama esquemático apresentando os conceitos de interface e interfase em materiais compósitos reforçados com fibras de vidro (Burakowski & Rezende, 2001). ..... 23

**Figura 11** - Fibras de vidro entrançadas (A); Fibras de vidro trançadas (bidirecionais) (B) (Freilich *et al.*, 2000). ..... 25

**Figura 12** - Interações entre recetor, material e função do material. A biocompatibilidade só existe quando estes três fatores são considerados, e pode ser alterada caso algum fator seja alterado (adaptado de (Wataha, 2001)). ..... 34

**Figura 13** - Casos clínicos de reações adversas aos materiais dentários baseados em resina: (A) reação oral liquenoide na mucosa oral associado uma restauração oclusal com compósito; (B) reação oral liquenoide no bordo lateral da língua adjacente a resta restauração dentária na face lingual com compósito; (C) reação alérgica no palato duro e rebordo alveolar ao material base da prótese (Moharamzadeh *et al.*, 2009)...... 36

**Figura 14** - Técnica direta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monómeros e resina composta- GrandTec. (A)- Condição inicial; (B) Preparação da fibra de vidro; (C) Preparação da superfície de esmalte com ácido ortofosfórico; (D) Fibra de vidro GrandTec®; (E) Aplicação da fibra de vidro nas superfícies dentárias e fotopolimerização; (F) Revestimento de resina composta após aplicação do adesivo na

---

superfície dentária; (G) Situação final da aplicação da férula palatina e encerramento de diastemas inter-dentários com resina composta (Fotografias e caso clínico facultados, para esta tese, pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro- UFP). ..... 39

**Figura 15** - Técnica indireta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monómeros e resina composta- GrandTec. (A) Condição inicial; (B) Modelo em gesso da área edêntula (dente 22) a reabilitar; (C)- Simulação de coroa (policarbonato) e resina composta (local do dente 22) no espaço a ocupar pela fibra de vidro nas faces palatinas dos dentes 21 e 23 e confecção de goteira (matriz de conformação) e medição da quantidade necessária de fibra de vidro; (D) Matriz de conformação da coroa do 22 em compósito e aplicação da fibra de vidro no espaço “palatino” (21 ao 23); Fotopolimerização (1200mW/cm<sup>2</sup>, 40seg.) do conjunto resinoso; Obtenção do pântico do 22 com extensores palatinos aos dentes 21 e 23 em fibra de vidro e compósito; (E) Estratégia adesiva para a resina composta; (F) Aplicação da estrutura (coroa 22 e extensores nas faces palatinas do 21 e 23) e fotopolimerização (1200mW/cm<sup>2</sup>, 40seg.) complementar da resina composta; (G) Aspetto final, vista palatina, clínica (Fotografias e caso clínico facultados, para esta tese, pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro-UFP). ..... 41

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

FDFV – Férulas dentárias com fibras de vidro adesivas

FRCs – Compósitos Fibro-Reforçados

Vidro-A – Fibra de vidro do tipo A

Vidro-AR – Fibra de vidro do tipo AR

Vidro-C – Fibra de vidro do tipo C

Vidro-D – Fibra de vidro do tipo D

Vidro-E – Fibra de vidro do tipo E

Vidro-E-CR – Fibra de vidro do tipo E-CR

Vidro-R – Fibra de vidro do tipo R

Vidro-S – Fibra de vidro do tipo S

FRP – Plásticos Fibro-Reforçados

Bis-GMA – bisfenol-A glicidil metacrilato

TEGDMA – trietilenoglicol dimetacrilato

MMA – metil metacrilato

PEUAPM – polietileno de ultra-alto peso molecular

## **I – INTRODUÇÃO**

A forma como os Médicos Dentistas analisam o plano de tratamento e procedem a reabilitações de dentes com mobilidade tem vindo a ser alterada, tendo como visão uma perspectiva conservadora de peças dentárias, sempre que possível. A ferulização é caracterizada pela ligação mecânica entre dentes para mantê-los firmemente na sua posição. Geralmente, esta técnica é utilizada em casos de doença periodontal em que o tratamento consiste na redução da movimentação dos dentes envolvidos. Esta perspectiva tem sido acompanhada e apoiada com o sucesso clínico alcançado nos últimos anos, devido ao recurso a resinas compostas adesivas (Strassler, 2008). Por outro lado, os pacientes preferem cada vez mais restaurações que mimetizem a cor dentária e se possível com um carácter minimamente invasivo. Os materiais adesivos restauradores diretos ou indiretos são atualmente usados em larga escala, comparativamente com reabilitações à base de metal ou metalo-cerâmicas e muito embora tenham implícito o requisito da manutenção, estes procedimentos são aceites, devendo esta indicação assentar num correto consentimento informado dos pacientes (Creugers & De Kanter, 2000, Goldstein & Lancaster, 1984).

Apesar das resinas compostas adesivas apresentarem resultados excelentes na restauração de dentes, individualmente, devido às suas propriedades mecânicas e estéticas, na sua aplicação no âmbito de contenção ou ferulização dentária, o uso per si deste material pode apresentar limitações, como suscetibilidade à fratura e pouca durabilidade. Nesse sentido, por exemplo, ferulizar dentes com mobilidade, efetuar pânticos coronais anteriores ou posteriores em resinas compostas, como parte do plano de tratamento reabilitador, mesmo que provisoriamente pode tornar-se um desafio, uma vez que estas restaurações provisórias são necessárias por vezes durante longos períodos de tempo (Strassler, 2008).

A ferulização tem sido utilizada como forma de preservação de peças dentárias durante séculos e é um dos primeiros exemplos conhecidos de atuação da Medicina Dentária. Escavações de artefactos Egípcios em Gizé no início do século XX mostram férulas-ligas metálicas à volta das margens cervicais de molares mandibulares. A presença de cálculo tanto nos dentes como no metal fornece indicações que a férula foi colocada

num paciente vivo e é por isso uma das primeiras “próteses dentárias” conhecidas, datada por volta de 2500 a.C. A aplicação de férulas em dentes com mobilidade continuou a ser um tratamento muito utilizado durante o século XX. Presentemente continua a ser uma técnica que pode ser usada em várias situações clínicas (Watkins & Hemmings, 2000).

Ao longo dos últimos 20 anos, foram introduzidos novos tipos de materiais que foram criados para reforçar as resinas compostas. Estes materiais são fibras, tais como fibras sintéticas (por exemplo, fibra de meta-aramida ou poliestireno), fibras de carbono e fibras de vidro. A incorporação destes materiais nas resinas compostas utilizadas em Medicina Dentária foi analisada por clínicos e investigadores, tendo estes concluído que estes reforços estruturais aumentam certas propriedades mecânicas da restauração/reabilitação, o que se traduz no aumento da durabilidade da estabilização dentária (Freilich *et al.*, 2002, Strassler, 2008, Strassler & Brown, 2001).

Anteriormente à introdução destas fibras, a estabilização dentária na região anterior era conseguida através do uso de arames colocados à volta dos dentes e cobertos com resina composta. As aplicações de “pontes” de resinas adesivas a metal ou férulas têm as suas origens nos anos oitenta (1980) e foram amplamente discutidas e analisadas na literatura nas últimas décadas (Creugers *et al.*, 1990, Creugers *et al.*, 1989, Saunders, 1989).

Na região posterior, a ferulização ou pânticos era conseguida com canais preparados nas faces oclusais dos dentes onde eram colocados arames grossos, cobertos por resinas. A colocação de pinos, fios de metal, nylon e malha de aço inoxidável, incorporados nas resinas restauradoras, melhoraram as propriedades físicas destas reabilitações. No entanto, o grande problema destes materiais, é que eles não se unem quimicamente às resinas. Com o passar do tempo, o resultado era a resina se soltar do metal incorporado devido à falta de integração química assim como às tensões de carga repetidas colocadas sobre a férula. Numa tentativa de minimizar a fratura das férulas, alguns autores preconizaram, colocar uma maior quantidade de resina composta sobre o metal, o que resultou num sobrecontorno significativo da restauração, assim como maiores taxas de retenção de alimentos e placa bacteriana e maiores dificuldades na higienização oral. Ou seja, os materiais de reforço, como as ligas metálicas afetam as propriedades

físicas e o desempenho clínico dos materiais à base de resinas compostas, requerendo assim mais manutenção (Strassler & Brown, 2001).

As resinas reforçadas com fibras tal como são conhecidas hoje, têm sido desenvolvidas desde os meados do século XX para várias aplicações. Originalmente estes materiais eram utilizados em aviões militares, mas logo foi percebido que podiam ser aplicados em vários objetos comuns. Para este tipo de aplicações é usado um material base, como os polímeros sintéticos, em que são intercaladas fibras. A combinação do material sintético com as fibras resulta numa constituição híbrida de alta resistência e de relativamente baixo peso. Apesar da sua aplicação em grande escala em produtos industriais, a experiência da substituição dos metais por materiais reforçados com fibras em Medicina Dentária ainda é limitada. Os materiais industriais nem sempre são apropriados para aplicações orais. Uma das razões é a toxicidade. Além disso, os materiais reforçados com fibras são aplicados principalmente em construções de relativamente grande dimensão, em contraste com as construções dentárias que são maioritariamente pequenas. No entanto, podem ser combinados certos tipos de fibras com os compósitos dentários. Desta maneira, podem ser feitos os materiais adesivos reforçados com fibras, que podem ser utilizados em várias aplicações dentárias. Durante os últimos 20 anos, numa escala limitada, têm sido utilizadas uma variedade de fibras para diferentes aplicações em Medicina Dentária. O reforço com fibras já foi usado em aplicações nas quais os polímeros demonstraram o seu valor, tal como em próteses e soluções temporárias (Narva *et al.*, 2004).

As resinas compostas reforçadas com fibras são cada vez mais amplamente utilizadas em Medicina Dentária, de modo a substituírem as restaurações metálicas, em férulas periodontais, próteses parciais fixas, espigões (reforços intra-coronais e intraradiculares), materiais ortodônticos e algumas restaurações indiretas. Os compósitos reforçados por fibras podem estar indicados na aplicação de coroas unitárias, próteses parciais fixas anteriores e posteriores, substituição imediata de dentes ausentes (pônticos coronais) e ainda como elementos de união de dentes com mobilidade. Propriedades não-corrosivas, translucidez, boas propriedades adesivas e facilidade de reparação, são alguns aspectos importantes que fazem dos compósitos reforçados por fibras, materiais vantajosos em comparação aos metais (Freilich *et al.*, 2002, Kumbuloglu *et al.*, 2008).

No geral, nas resinas compostas reforçadas com fibras, este reforço proporciona à estrutura do compósito um melhor desempenho biomecânico, tornando as suas propriedades de tensão e flexão superiores. Presentemente, as fibras de vidro são as mais utilizadas devido à sua resistência química e custo relativamente baixo. Cada vez mais tem crescido o interesse em tentar melhorar ainda mais o desempenho clínico. Além disso, são utilizadas várias técnicas de modo a reforçar a adesão entre as fibras e a matriz orgânica das resinas compostas. A cavidade oral possui um conjunto de condições especiais que proporcionam algumas exigências e desafios para a aplicação clínica das resinas compostas reforçadas com fibras. As propriedades biomecânicas dos materiais dentários são de grande importância para a Medicina Dentária, assim sendo, existe em curso um aumento do interesse científico em desenvolver sistemas de compósitos reforçados com fibra de vidro (Zhang & Matinlinna, 2011).

Com o presente trabalho pretende-se realizar uma revisão bibliográfica narrativa acerca da aplicabilidade clínica de férulas dentárias com recurso a fibras de vidro adesivas. Assim, são objetivos delineados para esta revisão descritiva, definir a terminologia de ferulização dentária, enumerar os dispositivos disponíveis para a contenção e ferulização, bem como a descrição de possibilidades de aplicabilidade clínica destes sistemas nas diversas áreas científicas da Medicina Dentária, como a ortodontia, periodontia, dentística, oclusão, prótese e endodontia. Tem ainda como propósito analisar as propriedades, vantagens e desvantagens de recurso a fibras de vidro adesivas, comparativamente com outros materiais para férulas, e descrever as possibilidades técnicas das aplicações diretas e indiretas de férulas dentárias com fibras de vidro impregnadas com monómeros de resina e compósitos.

## II – MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram pesquisados artigos científicos recorrendo ao motor de busca da “MEDLINE/PubMed”, “Science Direct”, “b-on”, Google Académico, *Scopus*, *Scielo* usando as seguintes terminologias: «*dental splints*», «*dental splinting*», «*teeth splinting*», «*splinting with resin composites*», «*glass fiber reinforced resin composites*», «*Fiber-reinforced adhesive bridges*», «*Fiber-reinforced composite, adhesive bridge*» e «*glass fiber dental splints*» .

Não se limitou o tempo de pesquisa, mas deu-se relevância a referências científicas dos últimos 20 anos, publicados em língua inglesa.

Tendo em conta a temática do trabalho deu-se principal ênfase na seleção de artigos de meta-análise, revisão sistemática, revisão narrativa, ensaios clínicos prospetivos e retrospectivos e ensaios laboratoriais.

Foram ainda incluídos por questões de relevância clínica e científica endereços na internet de fabricantes dos materiais pesquisados, na pesquisa livros sobre a temática e alguns *abstracts* que encontravam-se citados ou referenciados na bibliografia de alguns artigos selecionados.

### **III – DESENVOLVIMENTO**

#### **1. Ferulização Dentária com Recurso a Férulas de Vidro Adesivas: Quando e como Aplicar na Prática Clínica**

##### **1.1- Definições de contenção e ferulização dentária**

A definição de férula dentária pela Associação Americana de Periodontologia é: “Um dispositivo concebido para imobilizar e estabilizar dentes com mobilidade”. Ferulização dentária é assim definida como a junção de dois ou mais dentes usando um dispositivo rígido (férula) através de restaurações fixas ou aplicações removíveis (Karthik & Maller, 2010). Uma férula no seu sentido geral, é definida como um aparelho usado para a imobilização de alguma parte do corpo que esteja fraturada ou de algum modo ferida. Férula dentária é um dispositivo utilizado para fixar dentes na mesma arcada dentária, para apoiá-los ou para prevenir ou minimizar o movimento dentário. Este dispositivo pode conectar dentes naturais, tanto diretamente como a um dispositivo protético dentário (Kumbuloglu *et al.*, 2011b).

As férulas são então dispositivos ou compostos, rígidos ou flexíveis, usados para suportar, proteger ou imobilizar dentes que foram re-implantados, fraturados, que apresentem mobilidade ou que foram sujeitos a certos procedimentos endodônticos (Kahler & Heithersay, 2008).

A ferulização envolve a junção das coroas de dois ou mais dentes através de meios mais ou menos rígidos, para que o movimento relativo destes dentes seja restrito e para que as forças aplicadas em um dos dentes ancorados sejam transmitidas por todos os dentes ligados pela férula (Watkins & Hemmings, 2000).

Os objetivos da ferulização consistem na fixação dos dentes e fragmentos às suas posições anatómicas originais, na prevenção de ingestões ou inalações acidentais de dentes/fragmentos dentários ou pânticos de materiais restauradores, assim como proteger os dentes e tecidos adjacentes afetados pela lesão, de forças traumáticas durante o período vulnerável de recuperação. A férula deve ainda promover condições

para que o paciente seja capaz de realizar uma boa higiene oral, deve permitir a mastigação e melhorar o conforto do paciente (Berthold *et al.*, 2012).

O termo contenção é geralmente mais utilizado em ortodontia, para a férula que geralmente é colocada nos dentes anteriores inferiores/superiores após reabilitação ortodôntica. Segundo a Sociedade Britânica de Ortodontia, a definição de contenção é: “Um dispositivo fixo ou removível usado para prevenir a regressão dos dentes após o tratamento ortodôntico”. A contenção pode ser definida como uma forma de ancoragem dos dentes em posições estéticas e funcionais ideais. Uma contenção adequada é necessária para que o ligamento periodontal e as fibras supracrestais se possam reorganizar, para permitir a remodelação do osso alveolar e para gerir o crescimento diferencial dos maxilares, enquanto se gere a pressão sobre os tecidos moles (Geramy *et al.*, 2012).

Os dispositivos de contenção removíveis são geralmente prescritos para a arcada dentária inferior após terminada a intervenção ortodôntica fixa (Kumbuloglu *et al.*, 2011a). No entanto, cada vez mais pacientes necessitam de uma contenção dentária fixa, na face lingual dos incisivos inferiores e caninos, para eliminar o risco de recidiva do tratamento, muitas vezes associado à falta de colaboração adequada por parte do paciente, relativas ao uso de dispositivos de contenção removíveis. O desenvolvimento das técnicas de condicionamento ácido e de adesão, fez com que os dispositivos de contenção fixos ganhassem popularidade (Bolla *et al.*, 2012). As contenções linguais fixas na arcada mandibular foram usadas inicialmente nos anos 70, e desde então que são consideradas como uma parte aceitável e integrante do tratamento ortodôntico, para prevenir as recidivas. O principal objetivo dos ortodontistas quando sugerem a contenção nos dentes anteriores após tratamento, é minimizar o problema da falta de cooperação do paciente, que resultava frequentemente em recidiva e apinhamento dos dentes anteriores inferiores (Geramy *et al.*, 2012).

## **1.2- Dispositivos de contenção e ferulização dentárias – férulas dentárias**

### **1.2.1- Classificação dos dispositivos – férulas dentárias**

As férulas dentárias usadas na prática clínica podem ser divididas de acordo com a sua propriedade de permitir o movimento das estruturas dentárias. São por isso classificadas em dois tipos diferentes de dispositivos, fixos e removíveis (Kumbuloglu *et al.*, 2011b). Os termos temporário e provisório são descritivos e referem-se à durabilidade ao longo do tempo, ou seja ao desempenho clínico da férula ou ao propósito com que vai ser aplicado. Os dispositivos de ferulização podem ainda ser classificados quanto ao material utilizado, tais como em acrílico, em resina composta e ligas metálicas ou ainda as férulas sintéticas, com fibra de carbono e com fibra de vidro adesivas, e cimentos/resinas compostas.

A férula temporária pode ser definida como uma férula planeada para ser utilizada num período de tempo médio ou curto, e que pode ou não vir a ser substituída por um dispositivo permanente (Bernal *et al.*, 2002). Pode ser usada para estabilizar dentes com mobilidade durante uma cirurgia, tais como férulas temporárias acrílicas e metálicas, e ainda as formadas por vácuo. As férulas consideradas permanentes podem ser utilizadas em dentes que não conseguem manter a estabilidade depois de tratamento, ou dentes com mobilidade crescente, ou ainda em dentes com movimentos de translação progressivos, apesar do tratamento. Em casos em que se possuem dúvidas, e onde o resultado do tratamento não pode ser previsto, aplicar uma férula provisória é uma hipótese clínica com prognóstico (Watkins & Hemmings, 2000).

Descrever férulas como dispositivos permanentes é usar uma terminologia relativa, porque é importante ter em atenção que com o tempo todas as reabilitações dependem do prognóstico estabelecido. A aplicação de férulas é por isso considerada um tratamento de carácter provisório/temporário em situações de doença periodontal, porque apesar dos excelentes resultados perante a mobilidade dentária inicialmente determinada, esta condição necessita de intervenções clínicas e terapêuticas no periodonto e na oclusão dentária, como raspagem e alisamento radicular, curetagem subgingival, correção oclusal ou procedimentos de eliminação de sulcos. O termo

permanente constitui assim uma nomenclatura que pode ser mal interpretada e por isso deve ser utilizada com alguma atenção, para evitar que o paciente fique com a ideia de que é um tratamento definitivo, sem necessidade de mais intervenções operatórias e/ou terapêuticas (Sekhar *et al.*, 2011). Adicionalmente, é importante ter em consideração a durabilidade do próprio dispositivo de ferulização, nomeadamente a necessidade de manutenção clínica e monitorização periódica das resinas compostas que promovem a adesão entre as estruturas dentárias duras (união entre estruturas e pânticos coronais e contenções com ligas metálicas), sobretudo neste tipo de tratamentos reconstrutivos ou de ferulização (Creugers & De Kanter, 2000).

As férulas removíveis são geralmente os dispositivos mais indicados para situações de intervenção mais imediata e em procedimentos de diagnóstico. A utilização destas férulas é simples, reversível e economicamente um procedimento menos dispendioso. A contenção dentária através do recurso a férulas removíveis pode promover menor rigidez na transmissão de forças aos dentes, do que ao usar alternativas fixas, mas possuem a vantagem de facilitar a higiene oral ao paciente (Watkins & Hemmings, 2000).

As férulas ou contenções confeccionadas por técnicas de vácuo (Figura 1) são dispositivos de natureza temporária ou provisória. Estes dispositivos têm maior utilidade na redução dos sintomas de oclusões traumáticas, sobretudo em condições de excesso de *overbite*, ou seja quando os bordos incisais de dentes anteriores em posição de intercuspidação máxima, contactam traumáticamente os tecidos moles gengivais. Estas contenções também podem ser úteis no diagnóstico de disfunções da articulação temporomandibular, uma vez que os sintomas geralmente aliviam, com o uso do dispositivo. Podem ainda ajudar ao diagnóstico de pacientes com hábitos parafuncionais, como é o caso de pacientes com bruxismo, uma vez que o uso dos dispositivos pode prevenir a perda de estruturas dentárias duras, ou atenuar os desgastes dentários exagerados da dentição do paciente, sobretudo os localizados nas faces oclusais dos dentes. Nestas condições o uso do dispositivo é usualmente melhor tolerado quando aplicado na arcada superior (Watkins & Hemmings, 2000).

**Figura 1-** Férula em resina acrílica confeccionada por técnica de vácuo (Consultado em Julho de 2013 em (<http://www.r-polortholab.com/media/SplintR-POL%20118.jpg>)).



Fazem ainda parte destes dispositivos removíveis as férulas oclusais em acrílico duro (Figura 2), estas são bastante úteis em certas condições clínicas como, nas terapêuticas de trauma oclusal, em pacientes com patologias periodontais e para a contenção de dentes em movimento de translação. Existem várias descrições de férulas oclusais na literatura, sendo que o termo engloba férulas de recobrimento total da arcada, de recobrimento parcial, e ainda os dispositivos de reposicionamento. Estas são utilizadas no diagnóstico e no próprio procedimento terapêutico das seguintes situações: estabilização da posição dentária, prevenção do desgaste dentário, disfunções da articulação temporomandibular e verificar a tolerância do paciente a um aumento da dimensão vertical de oclusão (Jain *et al.*, 2012).

As férulas de recobrimento parcial não são recomendadas para uso a longo prazo, uma vez que existe um risco significativo de extrusão de dentes sem contacto antagonista, o que pode levar a uma perturbação do plano oclusal em uma ou nas duas arcadas. Este tipo de férula consome mais tempo na sua confeção do que a férula de acrílico formada em vácuo, uma vez que são necessários modelos de estudo montados para a sua construção no laboratório. Um bom resultado nestas férulas seria considerado um uso de 2-3 anos, sendo que um paciente bruxómano necessita de substituições mais frequentes

devido ao desgaste ou fratura do acrílico, para além da monitorização do controlo ou evolução da patologia de origem (Watkins & Hemmings, 2000).

As contenções ortodônticas (Figura 3) fazem também parte do grupo das férulas removíveis, e podem ser usadas para contenção a longo prazo, mas estão associadas a inflamação periodontal a não ser que o controlo da placa bacteriana pelos pacientes seja exemplar (von Arx, 2005).

**Figura 2** – Férula/goteira de contenção em acrílico duro de cobertura total (Consultado em Julho de 2013 (<http://www.creativeappliances.net/Pages/Nightguardsplints.aspx>)).



**Figura 3** - Contenção ortodôntica (Consultado em Julho de 2013 em (<http://32teethonline.com/braces-orthodontic-orthodontist-treatment-page%204.htm>)).



Os dispositivos de contenção fixos (Figura 3) englobam as férulas de compósito/acrílico com fio metálico. Estas férulas temporárias ou semi-permanentes são fabricadas usando uma técnica direta em consultório, são reversíveis, relativamente fortes, estáveis e estéticas. A técnica envolve adaptar o fio metálico aos dentes que vão ser ancorados/ferulizados, e cobri-lo com resinas compostas aderidas ao esmalte. O fio pode ser torcido à volta dos dentes como uma ligadura, ou adaptado às superfícies linguais/vesbulares (Figura 4) dos dentes, desde que seja passivo, de maneira a evitar movimento ortodôntico. Ao usar apenas resina composta para ligar os dentes, é provável que leve a insucesso clínico, nos pontos de contacto, uma vez que essas áreas constituem zonas de forças diversas que podem promover a fratura do material. Um fio que ligue os dentes vai promover a flexibilidade, e é por isso uma vantagem (Bernal *et al.*, 2002).

**Figura 4** - Férula de compósito e fio metálico aplicada na face vestibular de dentes anteriores superiores (Berthold *et al.*, 2012).



Ainda no grupo das férulas fixas, existem dispositivos confeccionados em laboratório (Figura 5) à base de ligas metálicas, então aderidas às estruturas de esmalte por cimentos de resina. Estas férulas fabricadas em laboratório podem oferecer uma solução a mais longo prazo do que as preparadas em consultório, uma vez que são menos volumosas e podem ser colocadas na maioria das situações, permitindo assim um maior controlo oclusal. Nestes casos uma estrutura, ou armação, metálica é concebida em laboratório e depois cimentada na zona desejada. A retenção deve ser otimizada ao

providenciar a maior cobertura possível do esmalte disponível, mas a preparação dos dentes deve ser a mínima necessária. Pode ainda ser usada resina composta como adição, para cobrir alguma parte metálica da armação menos estética (Watkins & Hemmings, 2000).

**Figura 5** - Férula com cimento de resina (Consultado em Agosto de 2013 em ([http://www.nature.com/bdj/journal/v193/n3/fig\\_tab/4801506a\\_F9.html](http://www.nature.com/bdj/journal/v193/n3/fig_tab/4801506a_F9.html))).

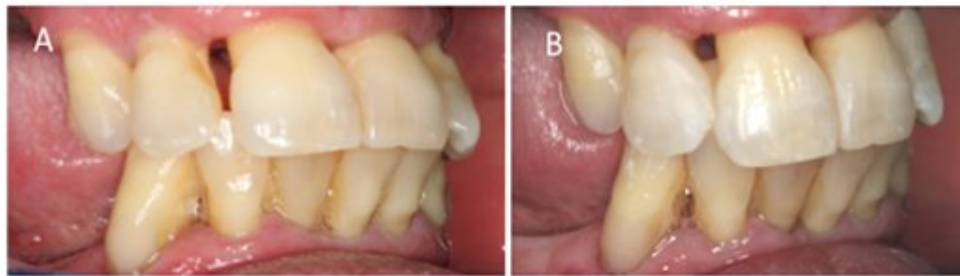


### **1.2.2- Aplicabilidade dos dispositivos de ferulização nas estruturas dentárias conforme as diversas áreas da Medicina Dentária**

As férulas dentárias têm aplicabilidade clínica e indicações nas diversas áreas da Medicina Dentária, tais como na periodontia (Sewon *et al.*, 2000, Strassler & Brown, 2001), oclusão e dentística (Figura 6), na prostodontia (Bhandari & Chaturvedi, 2012, Garoushi & Vallittu, 2006) e na ortodontia. As fibras de vidro impregnadas com monómeros de resina, também podem ser clinicamente aplicadas em dentes endodunciados, como reforços coronais de resinas compostas, em dentes com estruturas dentárias duras fragilizadas funcionalmente (Dentsply. [Em linha]. Disponível em <[http://www.dentsply.es/Concursos/Con0405\\_1erpremioPortugal.htm](http://www.dentsply.es/Concursos/Con0405_1erpremioPortugal.htm)> [Consultado em 02/11/2013]). Uma indicação primária para ferulizar peças dentárias resulta da alteração da condição periodontal com sinais de dentes com mobilidade, como um resultado

direto da perda de osso alveolar, ou seja uma constituição periodontal de suporte reduzido. Uma segunda indicação é quando o paciente apresenta dentes com mobilidade associada a dor ou desconforto nos dentes afetados. Ferulizar estes dentes pode constituir uma abordagem clínica conservadora, mediante a promoção da estabilidade das peças dentárias, reduzindo ou eliminando o sinal de mobilidade e aliviando o sintoma de desconforto do paciente (Bernal *et al.*, 2002).

**Figura 6** - Paciente com ausência de suporte dentário posterior, com extrusão dos dentes anteriores por motivos de alterações oclusais, periodontais e com diastemas inter-incisivos, por instabilidade oclusal (A); Estabilização temporária do suporte dentário anterior recorrendo a fêrula de fibra de vidro adesiva com fecho de diastemas, para monitorização do tratamento periodontal e reabilitação do sector dentário posterior com dispositivos protéticos (B) (Fotografias cedidas pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro-FCS-UFP).

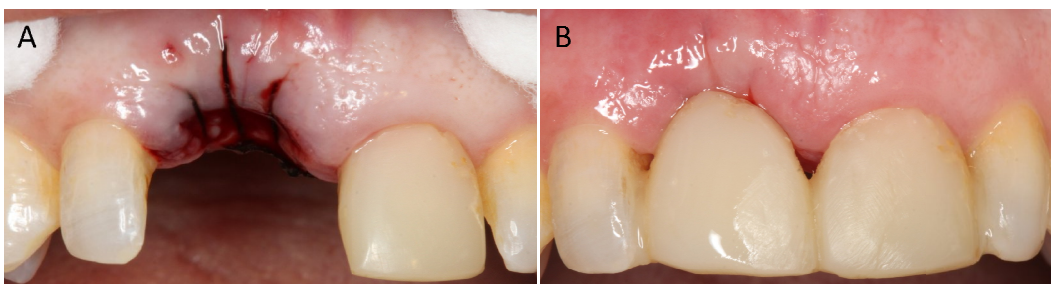


Os dentes são ferulizados e estabilizados nas regiões anteriores e posteriores das arcadas dentárias por uma variedade de razões. As condições clínicas que necessitam de estabilização dentária incluem principalmente contenções ortodônticas, reposicionamento ou reimplantação de dentes que foram sujeitos a trauma agudo (avulsão, subluxação etc.), ferulizar dentes com trauma oclusal primário ou secundário, estabilizar dentes com mobilidade moderada ou severa em que não foi possível reduzir com ajuste oclusal ou tratamento periodontal, estabilizar dentes com mobilidade que interferem com a função mastigatória normal, facilitar a raspagem radicular e procedimentos cirúrgicos, disfunções da articulação temporomandibular, tratamentos pré-restaurativos, substituição imediata de dentes exodonciados ou resultado de avulsão traumática, mediante construção de pânticos, ou usando pânticos naturais (Figura 7)

aderidos aos dentes adjacentes (Bhandari & Chaturvedi, 2012, Kumbuloglu *et al.*, 2011b).

O prognóstico clínico de dentes periodontalmente comprometidos depende inúmeras vezes da presença de mobilidade. As principais causas da mobilidade dentária são a perda de osso alveolar, mudanças inflamatórias do ligamento periodontal e trauma resultado da oclusão (Agrawal & Chitko, 2011).

**Figura 7** – Pôntico coronal natural do dente 11 aderido e ancorado por férula de fibra de vidro e resina composta aos dentes 12, 21 e 22 (B), após exodontia (A) do dente 11, como forma de restauração imediata e temporária (Fotografias cedida pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro-FCS-UFPA).



Durante vários anos pressupôs-se que era necessário ferulizar dentes periodontalmente comprometidos de maneira a controlar a gengivite, periodontite e a formação de bolsas periodontais. Clinicamente, observa-se que enquanto uma férula está adequadamente colocada, ocorre uma redução da mobilidade dentária. Quando a férula é removida, o nível de mobilidade mantém-se inalterado ou mesmo agravado. O que não tem sido muito claro, é o papel da ferulização de dentes comprometidos por doença periodontal, como parte do tratamento periodontal inicial (Strassler & Brown, 2001). Segundo a literatura, existem três razões fundamentais para controlar a mobilidade dentária, através da ferulização das peças dentárias: trauma oclusal primário, trauma oclusal secundário e mobilidade, migração e dor em função progressivas (Soares *et al.*, 2011). Em muitos casos, o Médico Dentista quer tomar a decisão de ferulizar dentes com a técnica mais conservadora possível, especialmente durante tratamento periodontal ativo. Pollack descreveu 25 anos de sucesso com técnicas de estabilização, sem coroas nem pontes,

usando resinas compostas adesivas em dentes com mobilidade, periodontalmente comprometidos. A maioria das férulas avaliadas durante um período de 25 anos, ou não possuíam qualquer tipo de reforço, ou eram reforçadas por arame metálico. Este autor registou que a maior limitação destas férulas residia na necessidade de reparações frequentes, por fraturas do compósito entre os dentes. Este problema foi resolvido, com a introdução de uma tira de alta resistência, biocompatível, estética, facilmente manipulada, incolor que podia ser incorporada na estrutura da resina (Pollack, 1999, Strassler *et al.*, 1999).

Um dos propósitos de ferulizar dentes em pacientes com doença periodontal avançada será conseguir melhorar a condição periodontal e criar condições orais que promovam um estilo de vida com qualidade, limitando o desconforto causado pela mobilidade dentária, possibilitando ao paciente ter padrões funcionais, e se possível estéticos, orais aceitáveis. É frequente este tipo de pacientes evitar mastigar com dentes com este nível de mobilidade, cingindo-se a uma dieta mole com restrições, e simultaneamente limitar as condições de higiene oral nesses dentes. As férulas podem portanto se tornar uma mais-valia, sendo que podem aumentar bastante a qualidade de vida dos pacientes que se encontram nestas situações (Kumbuloglu *et al.*, 2011b).

**Figura 8** – (A) Vista frontal em intercuspidação máxima de dentes extruídos com comprometimento periodontal e oclusal. Ao exame clínico sector dentário do 2º e 5º sextantes com mobilidade dentária grau 3; (B) Vista oclusal, da face palatina de dentes anteriores superiores ancorados com resina composta. Aspeto geral do risco e comprometimento biológico das estruturas por ausência de monitorização e higiene oral precária (Fotografias facultadas pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro- UFP).



Contudo, é importante realçar a importância da manutenção da higiene oral e da necessidade de monitorização periódica da condição periodontal (de Carvalho *et al.*, 2010) e da férula, indicando assim que o compromisso de contenção dentária temporária depende essencialmente do diagnóstico pelo clínico e da resposta de cumprimento pelo paciente, evitando situações em que as férulas dentárias se tornam insucessos clínicos por falta destes requisitos ou por aplicação indevida, sendo então considerado por muitos uma reabilitação permanente com consequências graves para a saúde oral e constituindo ainda achados clínicos na atualidade (Figura 8).

A Medicina Dentária restauradora mudou verdadeiramente com o uso em larga escala das técnicas adesivas. Os adesivos também são usados atualmente em grandes restaurações unitárias, em vez de restaurações metálicas ou metalo-cerâmicas. Com a mudança para as restaurações unitárias minimamente invasivas com adesivos, também mudaram as restaurações como as pontes, para substituir dentes ausentes. Diferentes opções de tratamento para este tipo de próteses parciais fixas como são chamadas, têm indicações diferentes, que foram alteradas ao longo do tempo. O procedimento convencional é baseado num pântico ligado a coroas adjacentes. Por isso, é necessário a preparação dos dentes pilares para criar retenção mecânica. As pontes adesivas são geralmente conhecidas pela capacidade de salvaguardar os tecidos. As próteses parciais fixas de resinas adesivas consistem de uma estrutura de metal ou fibra de vidro e compósito, com o pântico ligado à estrutura (Figura 7). Os dentes adjacentes, ou dentes pilares, recebem geralmente uma ligeira preparação para criar espaço oclusal e retenção mecânica para a estrutura (Creugers & De Kanter, 2000).

Num estudo de meta-análise de 60 publicações sobre próteses parciais fixas com resinas adesivas, os autores registaram taxas de sucesso de 74% num período de avaliação clínico de 4 anos (Creugers & Van 't Hof, 1991). Entretanto, dois outros estudos indicaram melhores taxas de desempenho clínico relativos a pânticos adesivos com ligas metálicas, referindo assim taxas de sucesso 60% ou superiores num período de avaliação de 10 anos (Ketabi *et al.*, 2004, Probster & Henrich, 1997).

### **1.2.3 Resinas compostas e reforços estruturais dos dispositivos de ferulização e contenção dentários**

Diferentes tipos de materiais têm sido utilizados ao nível clínico com sucesso para ferulizar dentes. Os avanços na ciência da adesão nos últimos anos possibilitou o recurso a resinas compostas como formas de união às estruturas dentárias possibilitando reabilitações, restaurações e uniões de contenção às estruturas dentárias de forma minimamente invasiva e promovendo resultados estéticos e funcionais. Na confecção das férulas podem ser usados compósitos, metais, compósito com fio metálico, acrílicos, acrílico com fio metálico, poliésteres, amálgama, e mais recentemente os materiais resinosos reforçados com fibras, como as fibras de vidro por exemplo.

Apesar da conexão adesiva entre a restauração e o dente, a desadaptação da resina adesiva aos tecidos dentários duros é uma causa de insucesso bem conhecida. A fratura da interface adesiva da férula aos dentes é um resultado frequente de força de adesão insuficiente, entre o cimento de resina e o metal, e ainda de retenção mecânica diminuta (Petrie *et al.*, 2001). Além disso, com o passar do tempo a capacidade retentiva do cimento de resina decresce (White & Golshanara, 1996).

A matriz plástica polimérica das resinas compostas, que consiste em monómeros polimerizados, apresenta como função suportar as fibras na estrutura da resina composta. Consegue ainda transferir pressões por entre as fibras, e proteger as fibras do ambiente exterior de por exemplo humidade, choques mecânicos e químicos (Zhang & Matinlinna, 2011).

Atualmente, a procura por restaurações estéticas tem vindo a aumentar, e as próteses parciais fixas metálicas com resina adesiva, não se enquadram totalmente nesta procura. Outra desvantagem é o escurecimento/oxidação/pigmentação promovido pela estrutura de reforço metálica, e visível através dos dentes pilares. Por esta razão, as resinas compostas podem ser um material interessante para a construção destes dispositivos, tendo em conta as funcionalidades adesivas e a cor. No entanto, as resistências à tração e à compressão das resinas compostas parecem ser insuficientes para aplicar este material sobretudo em áreas pânticas. Ao adicionar materiais de reforço como as fibras,

promove-se uma melhoria no desempenho funcional das resinas compostas nessas áreas. Nos últimos anos, uma variedade de fibras tem sido utilizada para diversas aplicações em Medicina Dentária. O reforço por fibras já tinha sido utilizado em aplicações onde os polímeros já demonstraram o seu valor, tal como em próteses totais e em soluções temporárias (Narva *et al.*, 2004).

### **1.2.3.1 – Propriedades das resinas compostas como material restaurador adesivo nas férulas dentárias**

A constituição básica das resinas compostas restauradoras resulta da mistura duma matriz orgânica de monómeros de resina com uma fase dispersa ou matriz inorgânica de partículas de reforço estrutural, que possibilitam a sua polimerização por ação física ou físico-química. O tamanho e o número de partículas, composição da matriz, adesão entre as partículas e a matriz, e as condições de polimerização, influenciam as propriedades do compósito. As partículas de carga, ou reforço, são geralmente partículas de vidro e de sílica. Para aperfeiçoar a adesão entre as partículas e a matriz, são usados silanos como agentes de união. Ao misturar partículas de diferentes dimensões, as propriedades como a resistência à fratura, rigidez e resistência ao desgaste, podem ser influenciadas (Zimmerli *et al.*, 2010).

O compósito é um material isotrópico sem orientação específica das partículas de carga. Isto significa que as propriedades mecânicas e térmicas do compósito não variam com diferentes direções (Cramer *et al.*, 2011, Callister, 2007). Algumas das limitações inerentes aos compósitos relacionam-se com a resistência ao cisalhamento e resistência à tração. Esta limitação é especialmente evidente quando é aplicado compósito em pontes dentárias, particularmente na área posterior, em zonas pânticas. Em trabalhos de pontes, é criada uma extensão, em que o suporte dentário subjacente não se encontra presente. Ao adicionar materiais de carga, ou reforço, com uma certa orientação, como as fibras de vidro, aramida, carbono, ou fibras de PEUAPM (polietileno de ultra-alto peso molecular) aos materiais resinosos, o material torna-se anisotrópico. Como consequência o material compósito pode ser modificado para ser utilizado em trabalhos de pontes. Ao adicionar fibras consegue-se obter alta resistência e rigidez, numa só direção da carga (Rezvani *et al.*, 2013).

### **1.2.3.2 – Propriedades das fibras como material de reforço estrutural das resinas compostas adesivas nas férulas dentárias**

A resistência de materiais à base de resinas compostas reforçados unidirecionalmente está associada fundamentalmente à orientação principal das fibras, quer aos níveis longitudinal como transversal. As fibras mais utilizadas (carbono, polietileno e vidro) têm aproximadamente um comportamento elástico linear até à fratura. As fibras possuem uma rigidez e resistência muito superiores àquela da matriz do compósito. As propriedades das fibras variam conforme a sua composição em:

#### **A- Fibras de Carbono:**

As fibras de carbono foram desenvolvidas no início dos anos 60. Na verdade são fibras sintéticas que foram carbonizadas ao serem aquecidas a uma temperatura superior a 2000°C, para deixar apenas os átomos de carbono, organizados numa estrutura hexagonal de grafite. Quando estas placas de grafite são dispostas paralelamente em comprimento, é criada uma fibra com alta resistência e rigidez. No entanto, a resistência é consideravelmente inferior na direção transversal do que na longitudinal. As fibras de carbono são quimicamente inertes e invulneráveis à humidade. Uma desvantagem para as aplicações dentárias é a sua cor escura. A sua utilização clínica orientou-se mais para reforços radiculares, quando usados como espigões radiculares em dentes endodunciados (Preethi & Kala, 2008).

#### **B- Fibras sintéticas:**

Depois do desenvolvimento das fibras de carbono, foram desenvolvidas fibras sintéticas ultra fortes, como as fibras de aramida (Kevlar ou Twaron) e as fibras de polietileno. Elas podem ser distinguidas por poliamida (nylon) devido aos átomos de carbono que estão incluídos, e portanto são substancialmente mais fortes e rígidas. A humidade tem uma influência negativa na resistência. A adesão à matriz do compósito é praticamente impossível com as fibras de aramida e é mais difícil com fibras de polietileno (Yu *et al.*, 2012) do que com fibras de vidro ou carbono.

### **C- Fibras de Vidro:**

A principal parte das fibras de vidro é a sílica (na sua maioria quartzo). Podem ser adicionados outros óxidos, como boro, alumínio, cálcio, sódio, potássio e magnésio, o que vai influenciar as propriedades do vidro (Tsushima *et al.*, 2008). Vários tipos de fibra de vidro foram desenvolvidos desta maneira. A mais aplicada é a fibra de vidro-E (alumínio-borosilicato), originalmente destinado para objetivos eletrotécnicos devido à sua propriedade de condução elétrica. As vantagens das fibras de vidro são a sua resistência, transparência, e baixo custo. No entanto, a sua rigidez é moderada, e por isso facilmente as fibras de vidro apresentam fraturas na sua superfície. Os compósitos com fibras de vidro são aplicados principalmente quando não é necessária rigidez, mas sim resistência (Garoushi *et al.*, 2009).

Quanto às fibras, a sua orientação, conteúdo, distribuição, fração de volume e capacidade de manter estes parâmetros são importantes para o reforço e consequente sucesso clínico. Estas características das fibras influenciam as seguintes propriedades das resinas compostas reforçadas com fibras: resistência e módulo de tração, resistência e módulo de compressão, resistência à fadiga, densidade, condutibilidade elétrica e térmica, e por fim o seu custo (Zhang & Matinlinna, 2011).

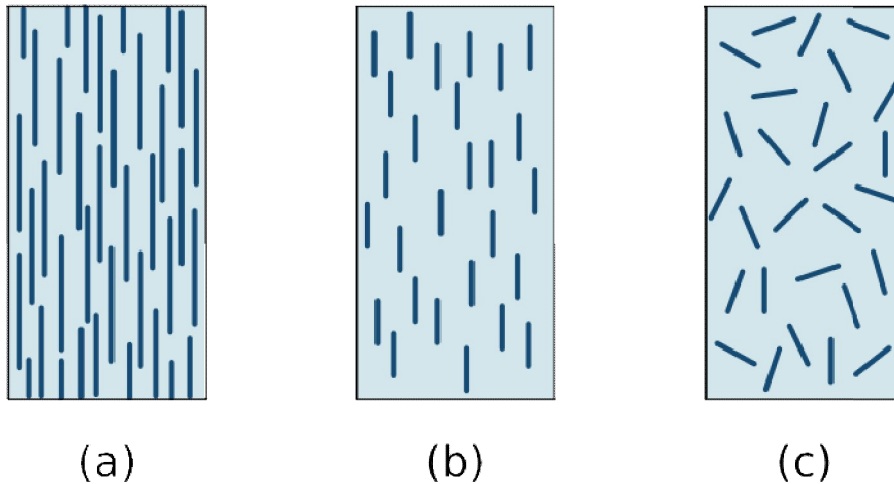
Considerando uma classificação das resinas compostas reforçadas com fibras, estas podem ser divididas em dois tipos principais conforme a orientação e comprimento das fibras (Mallick, 2008):

- a) Resina composta reforçada com fibra contínua ou alinhada, que pode conceder propriedades anisotrópicas, dependendo de quantas direções estão envolvidas e da quantidade de fibras orientadas de acordo com cada direção.
- b) Resina composta reforçada com fibra descontínua ou curta, que inclui fibras alinhadas ou orientadas aleatoriamente, em que podem ser obtidas propriedades isotrópicas nestas últimas.

A tipologia da organização das fibras é de extrema importância relativamente às características dos compósitos (Figura 9). As propriedades mecânicas das resinas

compostas reforçadas com fibras contínuas e alinhadas são altamente anisotrópicas (Butterworth *et al.*, 2003). Anisotropia é a característica que um material possui de uma certa propriedade física variar com a direção. Assim, na direção alinhada o reforço das fibras e a resistência são máximos, enquanto no sentido perpendicular ao alinhamento, estas propriedades são mínimas (Callister, 2007). Para as resinas compostas reforçadas com fibras descontínuas e curtas, as fibras tanto podem estar alinhadas como orientadas aleatoriamente. Nas resinas compostas reforçadas com fibras curtas e alinhadas na direção longitudinal é possível encontrar rigidez e resistências significativas. Apesar de algumas limitações na eficiência do reforço das fibras nas resinas compostas reforçadas com fibras curtas e orientadas aleatoriamente, as suas propriedades são isotrópicas, o que quer dizer que os comportamentos físicos são os mesmos independentemente da direção considerada (Mallick, 2008).

**Figura 9** - Representação esquemática de fibras (a) contínuas e alinhadas, (b) descontínuas e alinhadas e (c) descontínuas e orientadas aleatoriamente (adaptado de (Callister, 2007)).

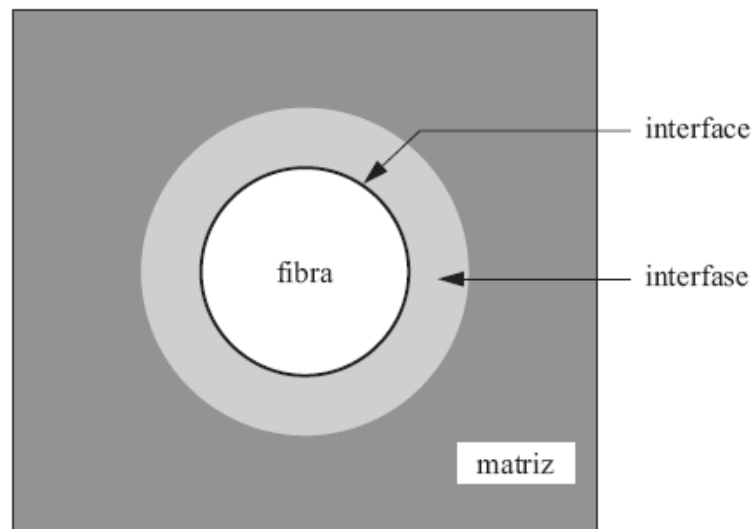


Frequentemente as interações físicas e químicas entre a fibra e a matriz conduzem a um gradiente de estruturas. Essa região interfacial, que é responsável pelo processo de adesão, é conhecida pela interfase. A Figura 10 apresenta um diagrama esquemático do conceito de interface e interfase em materiais resinosos e fibras. A adesão num

compósito polimérico pode ocorrer por encaixe mecânico de cadeias da matriz polimérica em rugosidades existentes na superfície da fibra, atração electrostática, forças de van der Waals ou formação de ligações químicas mais fortes (Burakowski & Rezende, 2001). Uma interface matriz/fibra forte é importante, uma vez que vai aumentar a integridade dos compósitos e vai transferir a carga eficientemente às fibras, através da matriz, resultando em compósitos mais resistentes (Burakowski & Rezende, 2001).

É importante ter em atenção que uma adesão entre a matriz e a fibra que seja durável vai estabelecer uma boa transferência de cargas entre os dois, o que assegura que a carga seja transferida para as fibras mais fortes, e é assim que as fibras funcionam efetivamente como um reforço. No entanto se a adesão não for muito durável e se existirem espaços vazios entre a fibra e a matriz, estes espaços podem funcionar como focos de fratura coesiva inicial no compósito, o que pode facilitar o colapso do material (Thwe & Liao, 2002). É devido a isto que uma adesão fibra/matriz que seja durável se torna importante para o desempenho mecânico e para a longevidade da restauração nas aplicações dentárias (Zhang & Matinlinna, 2011).

**Figura 10** - Diagrama esquemático apresentando os conceitos de interface e interfase em materiais compósitos reforçados com fibras de vidro (Burakowski & Rezende, 2001).



A resistência à tração é maior quando o material sofre carga numa direção que vá levar ao carregamento das fibras através de um esticão. É importante que as forças de tração sejam conduzidas na direção longitudinal das fibras. O agrupamento de fibras aumenta o diâmetro, e por isso a resistência aumenta. A impregnação do grupo de fibras com uma matriz sintética vai conectar as fibras bilateralmente, o que resulta numa maior resistência à tração quando comparado com um grupo de fibras sem matriz. A matriz absorve o stress mecânico, cria rigidez e transfere a carga de uma fibra para outra. É por isso que a adesão das fibras com a matriz polimérica é importante (Della Bona *et al.*, 2008).

As forças de stress que têm origem numa ponte dentária durante uma carga, podem ser divididas amplamente em stress de compressão por oclusal, stress por tração em cervical e stress por tensão junto ao dente pilar. A flexão da construção na zona cervical devido a carga por oclusal vai aumentar o stress por tração na parte cervical. Teoricamente, a maior parte dos problemas, como a fratura, vão ocorrer na área cervical média da construção. O reforço desta área deve consistir na aplicação de fibras, tendo em consideração a relação perpendicular entre as fibras e o stress por tração (Li *et al.*, 2004).

Na literatura é descrita a influência nos compósitos na localização das fibras. A maioria dos estudos descreve o uso de grupos de fibras longas, colocadas numa restauração (Dyer *et al.*, 2004, Ellakwa *et al.*, 2001).

Assim, pode afirmar-se que as propriedades mecânicas do conjunto resina /fibra podem ser influenciadas pelo design do material compósito, mas também pela orientação das fibras, tipo de fibras e a geometria da estrutura das fibras (Tirapelli *et al.*, 2005).

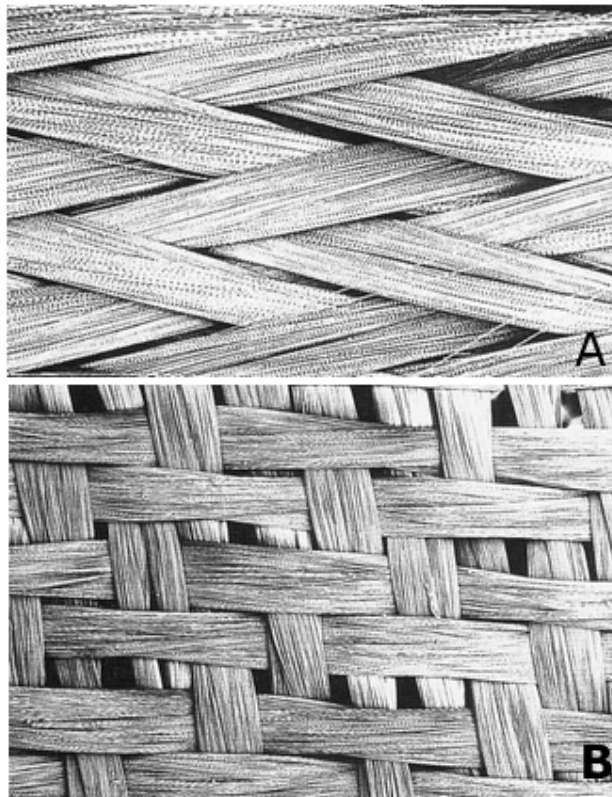
### 1.3- Férulas dentárias com fibras de vidro (FV) adesivas e resinas compostas como materiais para confecção de férulas

#### 1.3.1- Constituição

Apesar dos métodos tradicionais de ferulização serem por norma, bem-sucedidos, a realização de férulas através do uso de resinas compostas reforçadas com fibras tem ganho nos últimos anos, cada vez mais popularidade (Scribante *et al.*, 2011).

Quanto à arquitetura das fibras, estas podem ser dispostas em várias configurações (Figura 11), sendo que a mais popular é a configuração das fibras unidirecionais que são longas, contínuas e paralelas, seguidas das fibras entrançadas e trançadas (Karbhari & Strassler, 2007).

**Figura 11** - Fibras de vidro entrançadas (A); Fibras de vidro trançadas (bidirecionais) (B) (Freilich *et al.*, 2000).



As propriedades mecânicas das resinas compostas podem ser influenciadas pela direção em que as fibras estão orientadas, e geralmente a distinção entre o tipo de reforço baseia-se nas diferentes orientações das fibras. A incorporação de fibras unidirecionais, que existem nas aplicações dentárias entre 1000 e 200,000 unidades, resulta em anisotropia. O comportamento da construção, ou dispositivo, é diferente quando a carga é sentida em diferentes direções. Os materiais com fibras bidirecionais consistem em fibras trançadas, com a orientação das fibras em 2 ou 3 orientações, resultando em ortotropia. Por último, existem estruturas com as fibras orientadas aleatoriamente, que podem ser distinguidas em fibras longas e curtas. A incorporação num material de resina composta vai resultar em isotropia (Vallittu, 1999). Isto é comparável ao compósito, em que as partículas de carga são substituídas por pequenas fibras (Schlichting *et al.*, 2010).

As fibras de vidro são o tipo de fibras reforçantes mais comuns nos compósitos de matriz polimérica. Os dois tipos de fibra de vidro que são normalmente usados na indústria das resinas compostas reforçadas com fibras são vidro-E (E-glass) e vidro-S (S-glass) (Zhang & Matinlinna, 2011). No Quadro 1 estão descritos diferentes tipos de fibras de vidro, conforme o seu fabrico, características e aplicações. De todas as fibras reforçantes comercializadas a que apresenta o menor custo é a de vidro-E, que é exatamente a razão a que se deve o seu uso generalizado na indústria dos plásticos fibro-reforçados (FRP) (Agrawal & Chitko, 2011). As fibras de vidro-S, fibras curtas, foram desenvolvidas originalmente para serem usadas em componentes de aeronaves e revestimentos de mísseis, uma vez que possuem a maior resistência à tração de todas as fibras. No entanto a diferença na sua composição e o maior custo de produção, torna-a mais cara que a fibra de vidro-E (Mallick, 2008).

A eficácia do reforço vai depender principalmente da adesão entre a matriz e as fibras, é por isso um fator essencial para determinar as propriedades finais da reabilitação com resina composta, em particular as suas propriedades mecânicas (Etcheverry & Barbosa, 2012). A adesão entre a matriz e as fibras é limitada a uma região ou “terceira fase”, conhecida por interface, onde ocorrem as transferências de tensões da matriz para as fibras reforçantes. A interface é definida como a região tridimensional localizada entre a fibra e a matriz. É considerada como uma região de transição ou a “terceira fase”, que

não corresponde nem a propriedades da matriz nem a propriedades das fibras, possui as suas próprias características (Utracki, 2002). A adesão matriz/fibra pode ser atribuída a cinco mecanismos principais que podem acontecer na interface: interdifusão, atração electrostática, adsorção e molhamento, ligação química e adesão mecânica (Dilsiz & Wightman, 2000).

**Quadro 1** – Diferentes tipos de fibras de vidro existentes no mercado, conforme o seu modo de fabrico, características e aplicações (adaptado de (Zhang & Matinlinna, 2011)).

Tipos de fibras de vidro	Fabrico	Características	Aplicações
<b>Vidro-A</b>	Produzido de vidro partido reciclado	Pouca resistência a alcalinos	Quando a resistência a alcalinos não é um requerimento
<b>Vidro-AR</b>		Resistência a alcalinos	Quando a resistência a alcalinos é um requerimento
<b>Vidro-C</b>	A partir de fibras de vidro descontinuas usadas	Resistente a ataque químico e a maioria dos ácidos que dissolvem vidro-E	Quando uma maior resistência química a ácidos é um requerimento
<b>Vidro-D</b>		Alta constante dielétrica	Quando é preferida uma maior constante dielétrica
<b>Vidro-E</b>		Não resistente ao ião cloreto; Superfície solúvel	Principalmente para plásticos reforçados com vidro; Originalmente para aplicações elétricas
<b>Vidro-E-CR</b>		Alta resistência ácida	Quando uma alta resistência ácida é um requerimento
<b>Vidro-R</b>		Boas propriedades mecânicas	Com altos requerimentos mecânicos
<b>Vidro-S</b>		Maior resistência à tração entre todo o tipo de fibras	Aeronaves e revestimentos de mísseis, quando uma maior resistência à tração é um requerimento.

As propriedades mecânicas das resinas compostas reforçadas com fibras dependem da estabilidade da região interfacial entre as superfícies da matriz e das fibras. A durabilidade é um ponto que se deve ter em conta, uma vez que os fatores ambientais como a temperatura, humidade e o tipo de tensão a que o material está exposto podem degradar a adesão interfacial, assim como afetar as outras fases constituintes. Estas características têm uma importância mais particular nas resinas compostas reforçadas com fibras de vidro, uma vez que estas fibras são altamente higroscópicas, sendo que usualmente são consideradas higroscópicas as substâncias cuja absorção de água é elevada. Por esta razão, a água vai-se acumulando durante um período de tempo nas

superfícies de fibras de vidro desprotegidas, resultando em perda de adesão e redução da força da fibra (DiBenedetto, 2001). De modo a tentar contornar esta situação presente nas fibras de vidro, têm sido referidos na literatura estudos com o objetivo de analisar formas de fortalecer as interfases entre matrizes/fibras (Feller & Grohens, 2004). São necessários diferentes tipos de tratamentos para melhorar a adesão interfacial. A compatibilidade pode ser aumentada através de tratamento da superfície das fibras, mudanças na matriz polimérica ou ambos. Entre as várias metodologias, a que é utilizada mais amplamente é o tratamento das fibras com agentes de adesão e técnicas para modificar a matriz, tais como o tratamento alcalino, acetilação e copolimerização de enxerto (Etcheverry & Barbosa, 2012).

### **1.3.2- Propriedades mecânicas e óticas das resinas compostas reforçadas com fibras de vidro**

Os cimentos de resina baseados em bisfenol-A glicidil metacrilato (monómero de Bis-GMA) e trietileneglicol dimetacrilato (TEGDMA) são amplamente utilizados na Medicina Dentária (Furtos *et al.*, 2013). As vantagens de utilizar Bis-GMA em vez de outros monómeros de baixo peso molecular como o metil metacrilato (MMA), incluem menor contração, maior módulo de Young (módulo de elasticidade), e redução da toxicidade devido a uma menor volatilidade e difusividade nos tecidos (Sideridou *et al.*, 2002). Os cimentos de resina podem ser classificados de acordo com o seu modo de ativação em cimentos de polimerização química, fotopolimerização e polimerização dupla, e a sua selecção é baseada principalmente de acordo com o objetivo do seu uso (Stanczyk & van Rietbergen, 2004).

A adição de fibras de vidro aos cimentos de resina e resinas compostas tem efeitos benéficos nas propriedades mecânicas restauradoras (Hammouda, 2009).

As fibras de vidro têm sido documentadas ao longo dos anos como materiais que apresentam um reforço eficaz dos polímeros utilizados em Medicina Dentária, além das suas qualidades estéticas, quando comparadas com fibras de carbono ou de aramida (Garoushi *et al.*, 2007). A eficácia do reforço proporcionado pelas fibras vai depender de certas variáveis, incluindo as resinas utilizadas, a quantidade de fibras na matriz, o

comprimento das fibras, a forma das fibras, a orientação das fibras, a adesão das fibras à matriz polimérica, assim como a impregnação das fibras com os monómeros da resina (Garoushi *et al.*, 2007).

Em condições clínicas as férulas e contenções estão sujeitas a forças de stress cíclicos devido à mastigação, oclusão e aos hábitos intra-orais. Esta carga repetida pode induzir fadiga sobre a férula ou contenção, o que pode causar a falha parcial ou total de um ou mais dos seus componentes (Foek *et al.*, 2013). É por isso importante que as férulas e contenções reforçadas com fibras de vidro apresentem propriedades mecânicas eficazes, assim como a contínua realização de estudos de modo a definir melhor os limites destes materiais e possivelmente aperfeiçoar as suas propriedades clínicas.

As férulas que são utilizadas no tratamento da doença periodontal, ou as contenções no tratamento ortodôntico, são necessárias para suportarem as cargas provenientes da mastigação e da oclusão. As propriedades mecânicas superiores das FDFV em conjunto com a sua facilidade de construção aumentaram a sua utilização em aplicações dentárias (Balaji *et al.*, 2007). Isto deve-se aos aperfeiçoamentos substanciais nos parâmetros físicos das resinas compostas reforçadas com fibras, em particular a sua resistência ao desgaste, robustez e estabilidade de cor. As vantagens mecânicas providenciadas pelas resinas compostas reforçadas com fibras são a sua resistência à flexão, resistência à fadiga, módulo de elasticidade e força de adesão. No Quadro 2 encontram-se listadas as propriedades mecânicas das fibras de vidro. Além disso as resinas compostas reforçadas com fibras estão livres de metais, são estéticas e permitem a utilização de técnicas de tratamento minimamente invasivas (Garoushi *et al.*, 2009). No entanto, até recentemente, as resinas compostas reforçadas com fibras não eram completamente aceites clinicamente, uma vez que as propriedades mecânicas ficavam abaixo do que era teoricamente esperado delas. As suas propriedades eram consideradas apenas marginalmente superiores às das próprias resinas, e em alguns casos até inferiores. Isto acontecia principalmente devido à reduzida quantidade de fibras encontradas na aplicação final, assim como a inadequada impregnação das fibras com a resina (Vallittu, 2004). À medida que o conteúdo das fibras foi aumentando e a qualidade global das resinas compostas reforçadas com fibras melhorada, as suas resistências à flexão tornaram-se suficientes para as várias aplicações clínicas (Gohring & Roos, 2005).

**Quadro 2** - Propriedades mecânicas das fibras de vidro.  $E$  = módulo de elasticidade,  $\sigma_u$  = resistência à tração,  $\rho$  = densidade,  $E/\rho$  = módulo de elasticidade específico,  $\sigma_u/\rho$  = força específica,  $\epsilon_u$  = deformação de rotura,  $df$  = diâmetro das fibras (adaptado de (Balaji *et al.*, 2007)).

Propriedades	Vidro-E	Vidro-S
$E(\text{Gpa})$	72	87
$\sigma_u(\text{Gpa})$	1.5-3.0	3.5
$\rho(\text{g/cm}^3)$	2.55	2.5
$E/\rho(\text{Mm})$	2.8-4.8	3.5
$\sigma_u/\rho(\text{Km})$	58-117	140
$\epsilon_u(\%)$	1.8-3.2	4.0
$df(\mu\text{m})$	10-20	12

As propriedades mecânicas mais importantes são a resistência e o módulo de elasticidade. Numa resina composta reforçada com fibras “unidirecional”, o módulo de elasticidade e a resistência na direção da fibra é proporcional ao volume e às propriedades individuais da fibra e da matriz. Esta relação é conhecida como “regra das misturas”, que nos diz que as propriedades dependem das frações volumétricas das fases (Freilich *et al.*, 2000). Uma vez que as propriedades das fibras são geralmente superiores às da matriz resinosa, a rigidez e resistência de uma resina composta reforçada com fibras “unidirecional” dependem muito das propriedades e volume das fibras. É por essa razão, que quando são necessárias propriedades mecânicas mais elevadas numa certa direção, é desejável a utilização de grandes quantidades de fibras unidirecionais de alta resistência (Freilich *et al.*, 2000). Resinas compostas reforçadas com fibras unidirecionais pré-impregnadas que incorporem aproximadamente 45% de fibras de vidro têm um módulo de flexão estimado entre 28 e 34 GPa e de resistência à flexão entre 600 e 1000 MPa. Estes valores são sensivelmente 10 vezes maiores do que os da resina composta, e representam a principal vantagem mecânica em usar fibras

---

como reforço em Medicina Dentária (Drummond & Bapna, 2003, Al-Darwish *et al.*, 2007).

Um dos principais objetivos da dentística estética é produzir restaurações que igualem as propriedades óticas naturais do dente. Cor, translucidez, fluorescência e opalescência são as propriedades óticas que dão aos dentes naturais a sua aparência vital (Joiner, 2004). Entre estas propriedades estéticas, a cor e a translucidez são as que têm o maior impacto na aparência vital dos dentes naturais, porque são as observadas mais prontamente (Yu & Lee, 2008b). A translucidez é a propriedade ótica que permite a passagem da luz, mas que a dispersa fazendo com que os objetos não sejam visíveis claramente através do material (Garoushi *et al.*, 2012). A fluorescência é a propriedade de uma substância de imitar luz quando exposta a radiação, radiação ultravioleta por exemplo. A fluorescência numa restauração tende a dar um efeito iridescente vivo, e também contribui para a sua vitalidade e para minimizar o efeito metamérico entre os dentes e as restaurações, em que metamerismo é o fenómeno pelo qual duas amostras de cores diferentes produzem a sensação de ser a mesma cor (Yu & Lee, 2008a).

Quando se combina a cor de uma restauração com uma fluorescência e translucidez adequadas, a restauração pode ser realizada para tentar mimetizar a estrutura do dente envolvente. A cor tem uma grande influência na aparência da restauração, mas os atributos geométricos como a translucidez também a influenciam. Por esta razão, e tendo em conta a procura crescente de restaurações estéticas, as restaurações dentárias devem reproduzir não só a cor mas também a translucidez e fluorescência dos dentes naturais (Yu & Lee, 2008a). O grau de diferença de cor pode ser afetado por vários fatores, incluindo a estrutura da resina composta, a intensidade de polimerização e a absorção de água. O principal componente das resinas compostas que afeta significativamente a cor e a translucidez é o reforço inorgânico (Emami *et al.*, 2005).

Apesar das referências da literatura quanto às propriedades óticas das FDFV ser escassa, de não existirem estudos em grande escala e de se encontrarem contradições em alguns dos estudos pesquisados, é possível retirar algumas conclusões quanto a este tópico. As contradições encontradas devem-se principalmente às inúmeras variáveis presentes num estudo deste tipo, como o tipo de fibras de reforço, a sua orientação, quantidade,

espessura, polimerização, e a presença de pequenos espaços vazios na mistura das resinas compostas experimentais.

Considerando as propriedades óticas, as fibras de vidro são translúcidas, e os índices de refração relativos das duas componentes, isto é, da matriz resinosa e das fibras de vidro podem afetar a cor e a translucidez da reabilitação final (Garoushi *et al.*, 2012). No estudo realizado por Garoushi *et al.*, cujo propósito possibilitou avaliar as diferenças na translucidez e mudança de cor, em resinas compostas reforçadas com fibras de vidro de diferentes espessuras, os resultados vão de encontro aos obtidos por Yu e Lee, e refletem o facto de quanto menor for a quantidade do reforço, maior será a translucidez da restauração final. Existe uma diminuição global da translucidez nas resinas compostas reforçadas com fibras quando comparadas com as resinas compostas usadas como grupo controlo. Esta situação pode ser explicada pelos efeitos de dispersão de luz das fibras de vidro, que permitem deste modo, que seja transmitida menos luz através da estrutura do compósito (Garoushi *et al.*, 2012). Todavia, os ensaios de Le Bell *et al.* e Lehtinen *et al.* (*cit. in* Garoushi *et al.*, 2012) em estudos que se propunham a medir e comparar o grau de conversão na polimerização de resinas compostas, reforçadas com fibras de vidro e em resinas compostas sem reforço, os autores registaram que as resinas compostas reforçadas com fibras de vidro apresentaram um maior grau de conversão na polimerização do que as resinas compostas sem reforço, concluindo-se então que as resinas compostas reforçadas com fibras de vidro conduzem e dispersam melhor a luz do que as resinas compostas convencionais. Chirdon *et al.* num estudo que se propunha a caracterizar a translucidez das resinas compostas reforçadas com fibras de vidro, ao determinar os efeitos da direção das fibras, utilizando fibras orientadas de várias maneiras, os autores concluíram que a orientação das fibras pode afetar a absorção e o coeficiente de dispersão que é necessário para perceber e conseguir prever a translucidez dos compósitos com espessuras diferentes (Chirdon *et al.*, 2006, *cit. in* Garoushi *et al.*, 2012).

Alguns ensaios acerca dos efeitos das fibras nas mudanças de cor dos compósitos revelam resultados contraditórios. O estudo realizado por Tuncdemir e Aykent, que investigou a diferença e a estabilidade da cor entre três tipos de restaurações com resinas compostas, reforçadas com fibras de vidro, reforçadas com fibras de polietileno

e resina composta sem reforço, possibilitou concluir que o reforço das resinas compostas com fibras de vidro não alterou de maneira significativa a cor dos compósitos. Esta conclusão é diferente da obtida num ensaio efetuado previamente (Sampath & Ramachandra, 2008), que tinha como objetivos investigar as características da transmissão de luz das resinas compostas reforçadas com fibras de vidro, determinar as diferenças de cor entre as resinas compostas sem reforço, e as reforçadas com fibras de vidro, e investigar a relação entre a transmissão de luz e a cor. Neste, os autores registaram diferenças significativas na transmissão de luz, assim como na mudança de cor. Como conclusão os autores encontraram diferenças de cor ( $\Delta E$ ) significativas entre as resinas compostas reforçadas com fibras de vidro e as resinas compostas sem reforço, com um aumento no croma e uma diminuição na claridade, isto é, as resinas compostas reforçadas com fibras de vidro parecem mais escuras. As diferenças nos resultados encontrados nestes dois estudos podem ser explicadas pelas diferenças na cor e no tipo de materiais compósitos usados, assim como na espessura e o tipo de fibras utilizadas (Tuncdemir & Aykent, 2012). A composição química das resinas compostas, como a qualidade e a composição da matriz resinosa, o tipo e a quantidade do iniciador, inibidor, e reforço, apresenta um papel importante na diferença de cor das resinas compostas (Schulze *et al.*, 2003).

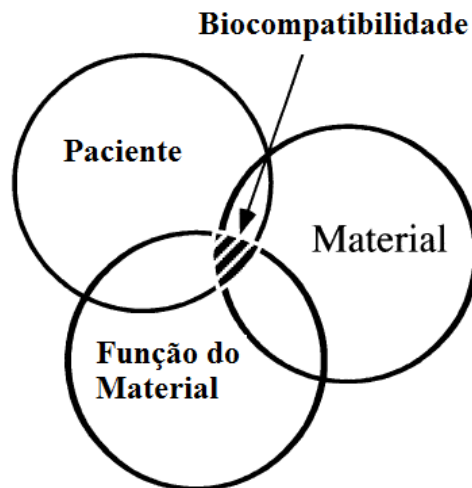
Apesar de serem necessários mais estudos para melhor entender as propriedades óticas destes materiais, é possível chegar a algumas conclusões. Tendo em conta as limitações dos ensaios descritos, a inclusão de fibras de vidro reduz os valores da translucidez das resinas compostas (Garoushi *et al.*, 2012). Quanto à alteração da cor e apesar de terem sido detectadas alterações, é aqui que entram em causa vários fatores que podem influenciar os resultados nos diferentes estudos. Com isto em mente, estes materiais são considerados como possuidores de boas propriedades estéticas para uso em zonas estéticas da cavidade oral como é o caso das férulas e contenções dentárias (Strassler & Serio, 2007).

### **1.3.3 – Propriedades biológicas: biocompatibilidade e toxicidade**

Tendo em conta os inúmeros materiais que são utilizados em Medicina Dentária, e a importância que a biocompatibilidade desses materiais representa, Wataha cita que é

surpreendente o número reduzido de Médicos Dentistas que entende o que a biocompatibilidade realmente é (Wataha, 2001). A definição mais citada de biocompatibilidade foi proposta por Williams em 1987: “a capacidade de um material cumprir uma função com uma resposta apropriada do receptor numa situação específica” (Williams, 2008). Esta definição implica uma interação entre um receptor, um material e uma função esperada do material, esta interação está exemplificada na Figura 12. Estes três fatores devem-se encontrar em harmonia antes do material ser considerado biocompatível (Wataha, 2001).

**Figura 12** - Interações entre recetor, material e função do material. A biocompatibilidade só existe quando estes três fatores são considerados, e pode ser alterada caso algum fator seja alterado (adaptado de (Wataha, 2001)).



Relativamente à relevância da biocompatibilidade no âmbito do exercício profissional da Medicina Dentária, podem considerar-se quatro áreas de envolvimento: segurança do paciente, segurança do Médico Dentista e da sua equipa, cumprimento da regulamentação e responsabilidade jurídica (Wataha, 2001).

Os materiais dentários como substitutos de tecidos biológicos das estruturas dentárias duras são dos mais utilizados no corpo humano, e metade da população em países industrializados recebe novas restaurações dentárias, anualmente. Muitos pacientes

recebem os materiais ainda em idades juvenis, sendo que estes vão permanecer no organismo durante uma grande parte das suas vidas. Devido ao seu uso frequente e à permanência ao longo do tempo no organismo do paciente, os materiais dentários devem possuir uma toxicidade baixa (Tillberg *et al.*, 2008).

Apesar da sua crescente popularidade, existem algumas preocupações quanto à toxicidade dos materiais baseados em monómeros orgânicos, devido à possibilidade de libertação de alguns dos seus componentes. Os materiais à base de resina podem libertar monómeros não polimerizados, radicais livres resultantes das reações poliméricas, agentes de enchimento e aditivos na cavidade oral após a colocação de restaurações dentárias (Van Landuyt *et al.*, 2011). Monómeros residuais e fibras curtas, contração de polimerização e nanopartículas podem causar algum grau de incompatibilidade orgânica. Em geral, os monómeros de resina iniciais nas FRCs podem atingir valores de conversão entre 35% e 77% através da polimerização (Zhang & Matinlinna, 2011). Apesar do paciente poder entrar em contato com grandes quantidades de monómeros não polimerizados durante a colocação duma restauração, a libertação de monómeros não convertidos após polimerização é a que causa maior preocupação registada na literatura (Van Landuyt *et al.*, 2011). Adicionalmente, a contração de polimerização influencia indiretamente a biocompatibilidade dos tecidos. A mudança de volume dos monómeros, ao longo do tempo de desempenho clínico, pode causar um “gap” marginal entre as restaurações e os tecidos dentários, o que pode induzir a penetração de bactérias e conseqüentemente evoluir para estados inflamatórios do complexo dentino-pulpar (Zhang & Matinlinna, 2011).

As resinas compostas restauradoras podem também promover o crescimento de bactérias. Estas bactérias incluem *Streptococcus sobrinus*, *Lactobacillus acidophilus*, entre outros. Uma vez que a adaptação marginal de uma restauração é um aspeto importante no seu desempenho clínico biológico e funcional, alguns monómeros antibacterianos (monómeros de metacrilatos e de metacrilamida com longas cadeias de fluoretos de amónio quaternário nos compósitos) podem tornar-se menos eficazes depois da polimerização. Na prática clínica, estes compósitos induzem uma inflamação mais significativa comparativamente a restaurações com amálgama de prata ou ligas de

ouro. Este fator pode também dever-se à maior propensão para acumulação de placa bacteriana na superfície dos compósitos à base de resina (Zhang & Matinlinna, 2011).

Tem sido reportado que os materiais dentários à base de resina podem causar reações adversas na mucosa oral, como irritação da mucosa, proliferação epitelial e reações orais liquenoides, como é possível observar na Figura 13 (Moharamzadeh *et al.*, 2009).

**Figura 13** - Casos clínicos de reações adversas aos materiais dentários baseados em resina: (A) reação oral liquenoide na mucosa oral associado uma restauração oclusal com compósito; (B) reação oral liquenoide no bordo lateral da língua adjacente a resta restauração dentária na face lingual com compósito; (C) reação alérgica no palato duro e rebordo alveolar ao material base da prótese (Moharamzadeh *et al.*, 2009).



Apesar de a literatura fazer referências acerca da toxicidade das resinas compostas, sugerindo que componentes libertados destas podem ser tóxicos, carcinogênicos e mutagênicos, os dados mais recentes revelam uma melhoria destes efeitos devido à introdução de novos materiais que resultaram de pesquisas subsequentes (Gupta *et al.*, 2012).

Contudo, as restaurações à base de resina podem causar efeitos adversos tanto locais como sistêmicos. São por isso necessários cuidados particulares na manipulação destes materiais, de modo a minimizar os efeitos adversos, tais como: seguir as considerações técnicas assim como as instruções do fabricante quanto à polimerização, como a intensidade da luz, tempo, distância entre a superfície do material e a fonte de luz, compatibilidade entre a luz e a marca do compósito, o revestimento da cavidade deve ser realizado em zonas de preparações cavitárias profundas com dentina (Geurtsen, 2000).

### **1.3.4 – Vantagens e desvantagens das fibras de vidro em relação aos outros tipos de materiais utilizados em dispositivos de contenção/ferulização dentária**

As principais vantagens das fibras de vidro são o baixo custo, resistência à tração alta, resistência química alta e excelentes propriedades isoladoras. As fibras de vidro possuem uma eficiência como reforço documentada, além de boas qualidades estéticas quando comparadas com as fibras de aramida ou carbono, não possuem metal, e permitem técnicas de tratamento minimamente invasivas. As principais desvantagens associadas ao uso de fibras de vidro como reforço de resinas compostas são: módulo de tensão relativamente baixo, alta densidade (entre as fibras comerciais), sensibilidade à abrasão durante a manipulação e resistência à fadiga relativamente baixa (Fujihara *et al.*, 2004, Garoushi *et al.*, 2009, Mallick, 2008). Algumas das vantagens e desvantagens documentadas das fibras de vidro-E podem ser encontradas no Quadro 3.

**Quadro 3** - Vantagens e desvantagens das fibras de vidro-E (adaptado de (Zhang & Matinlinna, 2011)).

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Baixo custo e altas taxas de produção	Maior densidade comparadas as fibras orgânicas e de carbono
Densidade relativamente baixa	Baixo módulo de tensão
Capaz de manter as suas propriedades de resistência numa vasta gama de condições	Sensibilidade à abrasão
Relativamente insensível à humidade	Relativamente baixa resistência à fadiga
Resistência química	
Não inflamável e resistente ao calor	

### **1.4- Técnicas de aplicação clínica de férulas dentárias com resinas compostas e fibras de vidro adesivas**

Os princípios que devem ser seguidos ao criar qualquer tipo de férula são os seguintes: a estrutura deve demonstrar resistência mecânica suficiente, a restauração deve permitir

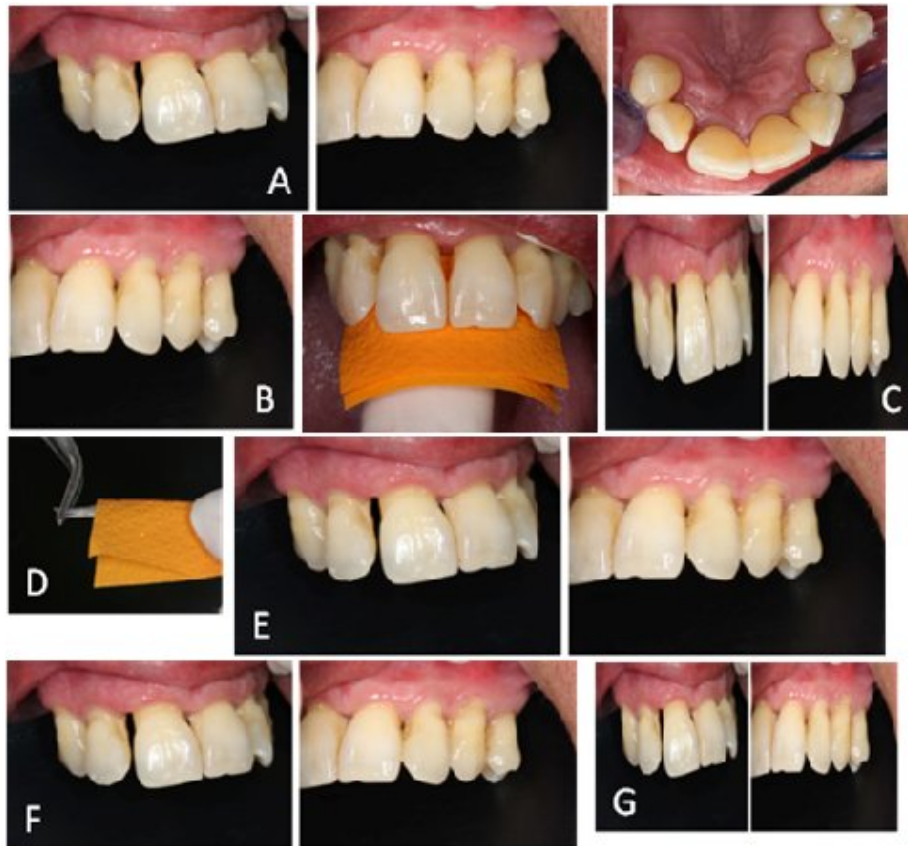
uma higiene oral adequada, a oclusão não deve em nenhuma situação ser perturbada pela presença da férula, e a integração estética deve ser satisfatória. Apesar de poder ser difícil alcançar os princípios mencionados enquanto se tenta manter uma abordagem conservativa da preparação, o uso de férulas de compósito reforçado com fibras de vidro pode aderir a estes princípios e respeitar a integridade absoluta do dente. Para fabricar este tipo de férulas, podem ser usadas as técnicas clínicas, direta e indirecta. Recentemente, foram introduzidas fibras de vidro impregnadas com monómeros adesivos. De seguida descreve-se as técnicas directa e indirecta mediante o recurso a este tipo de materiais (Oikarinen *et al.*, 1992).

#### **1.4.1- Técnica direta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monómeros e resina composta**

A técnica direta implica a aplicação de compósito e fibra diretamente na área dentária que vai ser ferulizada antes da polimerização. A técnica é por isso, indicada geralmente para férulas pequenas em áreas da cavidade oral de fácil acesso. Como é tradicionalmente necessário em procedimentos adesivos estéticos, a técnica direta necessita que as superfícies dentárias a promover a adesão estejam completamente limpas e que seja efetuado isolamento adequado do campo operatório, se possível com dique de borracha posicionado adequadamente. A fibra deve ser manuseada o mínimo possível antes da sua colocação, e é aconselhável o uso de uma matriz métrica (por exemplo fita dentária), para determinar o comprimento de fibra necessário. A preparação da superfície do dente implica o acondicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 37% durante 30 segundos. É necessário ter cuidado ao eliminar pontos de contacto interproximais existentes que possam inibir a penetração total do sistema adesivo, conforme estratégia *Etch-and Rinse* ou *Self-etch* com *pré-etching* do esmalte definida, em contacto com a área, e assim reduzir a polimerização do agente monomérico adesivo. Uma camada de compósito é colocada na superfície dos dentes, a fibra é impregnada com uma resina fluída e colocada numa camada de compósito; Ambos os materiais são polimerizados simultaneamente. Conclusão e verificação da férula são essenciais para garantir a longevidade clínica da restauração. É também necessário verificar se as áreas interproximais são de fácil higienização para o paciente,

e a oclusão deve ser avaliada após a remoção do dique de borracha, nas situações em que este é aplicado no isolamento do campo operatório (Rappelli & Putignano, 2002).

**Figura 14** - Técnica direta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monómeros e resina composta- GrandTec. (A)- Condição inicial; (B) Preparação da fibra de vidro; (C) Preparação da superfície de esmalte com ácido ortofosfórico; (D) Fibra de vidro GrandTec®; (E) Aplicação da fibra de vidro nas superfícies dentárias e fotopolimerização; (F) Revestimento de resina composta após aplicação do adesivo na superfície dentária; (G) Situação final da aplicação da férula palatina e encerramento de diastemas inter-dentários com resina composta (Fotografias e caso clínico facultados, para esta tese, pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro- UFP).



Descrição do caso clínico de aplicação de férula por técnica direta (Figura 14): paciente do sexo feminino, 64 anos de idade com mobilidade (M1) do 2º sextante, justificada pela sua condição periodontal, acompanhada de instabilidade oclusal, dada a ausência de dentes posteriores. Eram visíveis lesões de abfração neste sector dentário e diastema

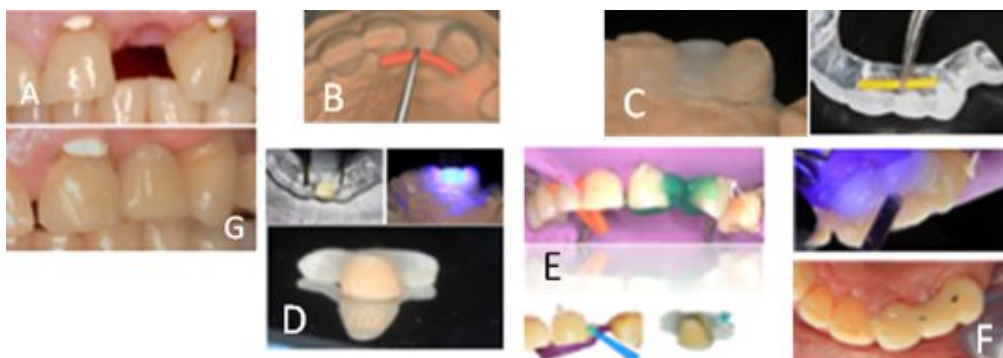
localizado entre os dentes 11/12. O plano de tratamento proposto contemplava a estabilização posterior com próteses removíveis, manutenção dos dentes do 2º e 5º sextantes de suporte e terapia monitorizada da condição periodontal. Realizou-se a ferulização do 2º sextante, com fibras de vidro adesivas (GrandTec®) e compósito, por técnica direta, nas faces palatinas dentárias. Adicionalmente, efetuou-se a remodelação estética mediante encerramento do diastema existente. Após acabamento, polimento e controlo da oclusão da paciente, efetuou-se a monitorização periódica da terapia periodontal e planeamento protético do sector posterior. Com a utilização deste tipo de férulas adesivas pretende-se a distribuição das forças mastigatórias e estabilidade oclusal de dentes anteriores remanescentes cuja condição estética e periodontal ainda é adequada, para o desenho de próteses removíveis de suporte de dentes posteriores, e que num período a curto e médio prazo possibilitam o conforto e adaptação dos pacientes a estas reabilitações extensas. Estas tiras são feixes de inúmeras fibras de vidro, impregnadas com monómeros de resina fotopolimerizáveis, que associadas a restaurações com resinas compostas possibilitam uma opção conservadora estética e funcional de dentes com suporte periodontal e coronal adequados.

#### **1.4.2- Técnica indireta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monómeros e resina composta**

A técnica indireta requer a fabricação da férula em laboratório para posterior cimentação. Este método é indicado em certas condições clínicas, tais como de apinhamento dentário, onde é difícil de adaptar corretamente a fibra às superfícies dos dentes, e em situações onde o acesso ao campo operatório esteja comprometido. Este tipo de férulas proporciona um maior grau de polimerização, melhor impregnação das fibras, melhor controlo sobre a forma, e maior conveniência para o Médico Dentista. Para auxiliar no processo de laboratório, deve ser fabricado inicialmente um registo em silicone que deve corresponder à face oposta (uma chave vestibular para uma ferulização mandibular lingual por exemplo). Os dentes só necessitam de uma preparação mínima, de modo a providenciarem estabilidade para a férula durante a cimentação. Essa preparação pode consistir num descanso de cingulo, se a restauração for colocada no lado lingual. A impressão pode ser tirada com um material de impressão, e o registo de silicone pode ser incorporado para evitar a mobilidade

dentária, em casos de patologia periodontal. O registo não deve impedir o correto posicionamento da moldeira de impressão. O registo deve ser removido assim que o material de impressão tenha assentado e a moldeira tenha sido retirada. O registo é então colocado na impressão enquanto o gesso está a ser vertido. A férula é então fabricada a partir deste modelo de gesso. O processo de fabrico em laboratório permite que as fibras de vidro sejam otimamente impregnadas, assim como a polimerização de vários sistemas compósitos pode ser completada em fornos de alta pressão que garantem taxas aumentadas de conversão química e térmica dos monómeros. A adesão da férula segue depois o procedimento tradicional para as restaurações indiretas com compósito e estratégia adesiva (Rappelli & Putignano, 2002, Regish *et al.*, 2011).

**Figura 15** - Técnica indireta de aplicação de férula de fibra de vidro impregnada com monómeros e resina composta- GrandTec. (A) Condição inicial; (B) Modelo em gesso da área edêntula (dente 22) a reabilitar; (C) Simulação de coroa (policarbonato) e resina composta (local do dente 22) no espaço a ocupar pela fibra de vidro nas faces palatinas dos dentes 21 e 23 e confecção de goteira (matriz de conformação) e medição da quantidade necessária de fibra de vidro; (D) Matriz de conformação da coroa do 22 em compósito e aplicação da fibra de vidro no espaço “palatino” (21 ao 23); Fotopolimerização (1200mW/cm<sup>2</sup>, 40seg.) do conjunto resinoso; Obtenção do pôntico do 22 com extensores palatinos aos dentes 21 e 23 em fibra de vidro e compósito; (E) Estratégia adesiva para a resina composta; (F) Aplicação da estrutura (coroa 22 e extensores nas faces palatinas do 21 e 23) e fotopolimerização (1200mW/cm<sup>2</sup>, 40seg.) complementar da resina composta; (G) Aspeto final, vista palatina, clínica (Fotografias e caso clínico facultados, para esta tese, pela Prof. Doutora Patrícia Manarte Monteiro-UFP).



Descrição do caso clínico de aplicação de férula/pôntico coronal por técnica indireta (Figura 15): paciente do gênero feminino, 68 anos de idade, diabética, com sinais clínicos de reabsorção cervical invasiva nos dentes 21 e 23, por excesso de trauma oclusal e ausência do dente 22. Após tratamento endodôntico e restaurador dos dentes 21 e 23, surgiu a necessidade de reabilitar o espaço do dente 22, ausente. Tendo em conta a fragilidade dos dentes adjacentes à área edêntula, foi proposto a realização de um tratamento provisório minimamente invasivo recorrendo à confecção de uma goteira acrílica que serviu de apoio, à confecção de coroa em compósito (Amaris®) aderida e reforçada por férula com fibra de vidro (Grandtec®), usando uma técnica indireta. Com o campo operatório isolado, o pôntico e férula foram aderidos aos pilares dos dentes 21 e 23, pela estratégia adesiva Self-Etch (Futurabond NR®) com pré-etching do esmalte (ácido ortofosfórico 38%) e compósito fluido (Amaris Flow®). Vários estudos apontam para taxas de sucesso de cerca de 70% para reabilitações com coroas provisórias reforçadas por fibras de vidro adesivas, tornando esta opção válida quando é necessário manter a integridade dos dentes de suporte adjacentes à reabilitação (Monaco, 2012, van Heumen *et al.*, 2009). A viabilidade de pilares fragilizados, como é o caso de dentes sujeitos a trauma oclusal e presença de reabsorções cervicais, pode ser preservada aquando do recurso a tratamentos minimamente invasivos, para estabilidade e alívio da oclusão, mesmo que temporário. Assim, o recurso a coroas de compósito reforçadas com fibras de vidro aderidas, na reabilitação anterior de pequenas áreas edêntulas constitui uma possibilidade conservadora e temporária de reparação estética e de estabilização/alívio oclusal de dentes adjacentes, pela manutenção da viabilidade funcional destes pilares.

### **1.5- Recomendações a fornecer ao paciente sobre higiene e manutenção das férulas de fibras de vidro**

A aplicação de férulas dentárias requer uma boa informação prestada ao paciente quanto a vantagens, limitações e prognóstico do tratamento e manutenção, sendo que por isso o uso destas técnicas pressupõe um correto consentimento informado ao paciente. Depois dos dentes se encontrarem ferulizados vão necessitar de uma manutenção preventiva. Para promover a manutenção e desempenho clínico da férula e das peças dentárias, a monitorização periódica da higiene oral, ou de outro qualquer problema é de extrema

importância. As instruções a prestar ao paciente deverão incluir indicações quanto à escovagem: escovar a férula suavemente e recomendar uma escova específica para férulas ou uma escova de cerdas macias, escovar após cada refeição, uma vez que se a férula não for escovada pode causar odor e irritação devido a restos alimentares que possam ficar retidos na férula. Adicionalmente, pode recomendar-se o uso de um colutório antimicrobiano e fundamentalmente é imprescindível o uso de escovilhões interproximais para complementar a higienização. Por fim deve-se indicar ao paciente a necessidade de consultas regulares para controlo da férula entre cada 3 a 6 meses. Com a combinação de competência clínica, seleção apropriada dos materiais, boa comunicação e uma educação de higiene oral abrangente, o paciente pode beneficiar de uma contenção dentária de fibra de vidro estética, funcional e saudável em termos biológicos (Hochman *et al.*, 1992, Strassler & Serio, 2007, Syme & Fried, 1999).

#### **IV- CONCLUSÕES**

Tendo como base a pesquisa efetuada nesta revisão narrativa acerca da aplicabilidade clínica de férulas dentárias com recurso a fibras de vidro adesivas e os objetivos propostos para a realização desta dissertação, é possível enumerar as seguintes conclusões:

- A “contenção” dentária por definição é um meio para prevenir a regressão da posição dos dentes mediante aplicação de um dispositivo fixo ou removível. É uma forma de ancoragem dos dentes em posições estéticas e funcionais ideais. Os dispositivos de contenção são geralmente prescritos para a arcada dentária inferior após terminada a intervenção ortodôntica.

- O termo “ferulização” dentária, por definição é o ato de imobilizar e estabilizar dentes com mobilidade. Férula dentária é um dispositivo utilizado para fixar dentes na mesma arcada dentária, para apoiá-los ou para prevenir ou minimizar o movimento dentário. As férulas são então dispositivos, rígidos ou flexíveis, usados para suportar, proteger ou imobilizar dentes que foram re-implantados, fraturados, que apresentem mobilidade ou que foram sujeitos a certos procedimentos endodônticos.

- Os dispositivos disponíveis para a contenção e ferulização dentária podem ser classificados em fixos e removíveis.

- As férulas removíveis são geralmente mais indicadas para situações de emergência e em procedimentos de diagnóstico. A sua utilização é simples, reversível e economicamente um procedimento menos dispendioso, podem promover menor rigidez na transmissão de forças aos dentes, do que as fixas, mas possuem a vantagem de facilitar a higiene oral ao paciente.

- Os dispositivos de contenção fixos englobam as férulas de compósito/acrílico com fio metálico. Estas férulas temporárias ou semi-permanentes são fabricadas usando uma técnica direta em consultório, são reversíveis, relativamente fortes, estáveis e estéticas.

Fazem ainda parte das férulas fixas, dispositivos confeccionados em laboratório à base de ligas metálicas, aderidas com cimentos de resina.

- Os materiais disponíveis para confecção de dispositivos de ferulização e contenção contemplam compósitos, metais, compósito com fio metálico, acrílicos, acrílico com fio metálico, poliésteres, amálgama, e mais recentemente os materiais resinosos reforçados com fibras, como as fibras de vidro, polietileno, poliéster, carbono/grafite, aramida, quartzo e cerâmica.

- Tendo em conta as possibilidades de aplicação clínica nas áreas científicas da Medicina Dentária, os dispositivos de contenção/ferulização podem ser usados na periodontia, endodontia, oclusão, dentística, prostodontia e ortodontia. As condições clínicas que necessitam de estabilização dentária incluem principalmente contenções ortodônticas, reposicionamento ou reimplantação de dentes que foram sujeitos a trauma agudo (avulsão, subluxação etc.), ferulizar dentes com trauma oclusal primário ou secundário, estabilizar dentes com mobilidade moderada ou severa, facilitar a raspagem radicular e procedimentos cirúrgicos, disfunções da articulação temporomandibular, tratamentos pré-restaurativos, substituição imediata de dentes, exodonciados ou resultado de avulsão traumática, mediante construção de pânticos, ou usando pânticos naturais aderidos aos dentes adjacentes.

- As férulas dentárias com fibras de vidro adesivas (FDFV) são constituídas por resina composta reforçada com fibras de vidro. Estes materiais são compostos por uma matriz polimérica (fase contínua), e por uma fase de reforço, que é constituída pelas fibras de vidro. Uma interface matriz/fibra forte é importante, uma vez que vai aumentar a integridade dos compósitos e vai transferir a carga eficientemente às fibras, através da matriz, resultando em compósitos mais resistentes.

- As principais propriedades mecânicas e óticas das férulas de fibras de vidro adesivas incluem a resistência à flexão, resistência à fadiga, módulo de elasticidade e força de adesão, as fibras de vidro são translúcidas, e os índices de refração relativos das duas componentes, isto é, da matriz resinosa e das fibras de vidro podem afetar a cor e a translucidez da reabilitação final.

- Das propriedades biológicas, biocompatibilidade e toxicidade, as férulas de fibras de vidro e apesar da sua crescente popularidade, possuem algumas preocupações quanto à toxicidade dos materiais baseados em resina, devido à possibilidade de liberação de componentes. Os materiais à base de resina podem libertar monómeros não polimerizados, agentes de enchimento e aditivos na cavidade oral depois da colocação da restauração. Algumas referências da literatura apontam a toxicidade das resinas compostas, por liberação de alguns componentes tóxicos, carcinogénicos e mutagénicos. Dados mais recentes revelam uma melhoria devido à introdução de novos materiais que resultaram de pesquisas subsequentes. As restaurações à base de resina podem causar efeitos adversos tanto locais como sistémicos, sendo por isso necessários cuidados particulares na manipulação destes materiais.

- As principais vantagens das férulas de fibras de vidro adesivas são o seu baixo custo, resistência à tração alta, resistência química alta e excelentes propriedades isoladoras, eficiência como reforço documentada, boas qualidades estéticas, não possuem metal, técnicas de tratamento minimamente invasivas e densidade relativamente baixa.

- As principais limitações inerentes à ferulização dentária com fibra de vidro adesivas são módulo de tensão relativamente baixo, alta densidade (entre as fibras comerciais), sensibilidade à abrasão durante a manipulação e resistência à fadiga relativamente baixa do dispositivo aplicado.

- A confeção e aplicação clínica de férulas dentárias com fibras de vidro pode ser conseguida por manipulação técnica adesiva dos materiais diretamente na cavidade oral ou com recurso a técnicas indiretas.

- A técnica indireta de confeção de férulas dentárias com fibras de vidro pressupõe a confeção da férula em laboratório para posterior cimentação. Este método é indicado em situações de apinhamento dentário, onde é difícil de adaptar corretamente a fibra às superfícies dos dentes, e em situações onde o acesso esteja comprometido ou limitado. Este tipo de férulas proporciona um maior grau de polimerização, melhor impregnação das fibras, melhor controlo sobre a forma, e maior conveniência para o Médico Dentista.

Na Medicina Dentária contemporânea são continuamente procurados biomateriais com biocompatibilidade superior, assim como uma melhor adesão. As resinas compostas reforçadas com fibras de vidro podem-se vir a traduzir em biomateriais importantes no futuro. Ao cumprir bem os requisitos clínicos e biomecânicos no geral, as férulas dentárias com fibras de vidro constituem dispositivos importantes na prática clínica. O ritmo de mudança nesta área é tão rápida que o seu futuro é muito encorajador. Assim, e face à evidência da literatura atual, são ainda necessários ensaios, principalmente clínicos quanto à aplicação de férulas dentárias com fibras de vidro nas várias situações em que estes dispositivos podem ser utilizados, e ainda para uma melhor compreensão das suas propriedades óticas, de modo a tornar estes materiais ainda mais eficientes no seu desempenho clínico.

## V- BIBLIOGRAFIA

Agrawal, A. A. & Chitko, S. S. 2011. The use of silane-coated industrial glass fibers in splinting periodontally mobile teeth. *Indian J Dent Res*, 22(4), pp. 594-6.

Al-Darwish, M., Hurley, R. K. & Drummond, J. L. 2007. Flexure strength evaluation of a laboratory-processed fiber-reinforced composite resin. *J Prosthet Dent*, 97(5), pp. 266-70.

Balaji, V. R., Giridev, V. R. & Poornima, A. 2007. Textile preforms for dental applications. *AUTEX Research Journal*, 7(2), pp. 130-147.

Bernal, G., Carvajal, J. C. & Muñoz, C. A. 2002. A review of the clinical management of mobile teeth. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 3(4), pp. 10-22.

Berthold, C., *et al.* 2012. Rigidity evaluation of quartz-fiber splints compared with wire-composite splints. *Dent Traumatol*, 28(1), pp. 65-74.

Bhandari, S. & Chaturvedi, R. 2012. Immediate natural tooth pontic: a viable yet temporary prosthetic solution: a patient reported outcome. *Indian J Dent Res*, 23(1), pp. 59-63.

Bolla, E., *et al.* 2012. Failure evaluation after a 6-year retention period: a comparison between glass fiber-reinforced (GFR) and multistranded bonded retainers. *Int Orthod*, 10(1), pp. 16-28.

Burakowski, L. & Rezende, M. C. 2001. Carbon Fibers Roughness Modification by Chemical Methods for Application in Polymeric Composites. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 11(2), pp. 51-57.

Butterworth, C., Ellakwa, A. E. & Shortall, A. 2003. Fibre-Reinforced Composites in Restorative Dentistry. *Dent Update*, 30(6), pp. 300-306.

Callister, W. D. (2007). Composites. In: Callister, W. D. (Ed.). *Materials Science and Engineering An Introduction*. 7<sup>th</sup> Ed. New York, John Wiley and Sons, pp. 577-620.

Cramer, N. B., Stansbury, J. W. & Bowman, C. N. 2011. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res*, 90(4), pp. 402-16.

Creugers, N. H. & De Kanter, R. J. 2000. Patients' satisfaction in two long-term clinical studies on resin-bonded bridges. *J Oral Rehabil*, 27(7), pp. 602-7.

Creugers, N. H., *et al.* 1989. Clinical performance of resin-bonded bridges: a 5-year prospective study. I. Design of the study and influence of experimental variables. *J Oral Rehabil*, 16(5), pp. 427-36.

Creugers, N. H., *et al.* 1990. Clinical performance of resin-bonded bridges: a 5-year prospective study. Part III: Failure characteristics and survival after rebonding. *J Oral Rehabil*, 17(2), pp. 179-86.

Creugers, N. H. & Van 't Hof, M. A. 1991. An analysis of clinical studies on resin-bonded bridges. *J Dent Res*, 70(2), pp. 146-9.

de Carvalho, V. F., *et al.* 2010. Compliance improvement in periodontal maintenance. *J Appl Oral Sci*, 18(3), pp. 215-9.

Della Bona, A., *et al.* 2008. Flexural and diametral tensile strength of composite resins. *Braz Oral Res*, 22(1), pp. 84-9.

Dentsply International. Primer Puesto Portugal: Restaurações Anteriores com Ceram-X Duo. [Em linha]. Disponível em <[http://www.dentsply.es/Concursos/Con0405\\_1erpremioPortugal.htm](http://www.dentsply.es/Concursos/Con0405_1erpremioPortugal.htm)> [Consultado em 02/11/2013].

DiBenedetto, A. T. 2001. Tailoring of interfaces in glass fiber reinforced polymer composites A review. *Materials Science and Engineering*, A302, pp. 74-82.

Dilsiz, N. & Wightman, J. P. 2000. Effect of acid-base properties of unsized and sized carbonfibers on fiberepoxy matrix adhesion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 164(2-3), pp. 325–336.

Drummond, J. L. & Bapna, M. S. 2003. Static and cyclic loading of fiber-reinforced dental resin. *Dental Materials*, 19(3), pp. 226-231.

Dyer, S. R., *et al.* 2004. Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. *Dent Mater*, 20(10), pp. 947-55.

Ellakwa, A. E., *et al.* 2001. The influence of fibre placement and position on the efficiency of reinforcement of fibre reinforced composite bridgework. *J Oral Rehabil*, 28(8), pp. 785-91.

Emami, N., Sjudahl, M. & Soderholm, K. J. 2005. How filler properties, filler fraction, sample thickness and light source affect light attenuation in particulate filled resin composites. *Dent Mater*, 21(8), pp. 721-30.

Etcheverry, M. & Barbosa, S. E. 2012. Glass Fiber Reinforced Polypropylene Mechanical Properties Enhancement by Adhesion Improvement. *Materials*, 5(12), pp. 1084-1113.

Feller, J. F. & Grohens, Y. 2004. Coupling ability of silane grafted poly(propene) at glass fibers/poly(propene) interface. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35(1), pp. 1-10.

Foek, D. L., Yetkiner, E. & Ozcan, M. 2013. Fatigue resistance, debonding force, and failure type of fiber-reinforced composite, polyethylene ribbon-reinforced, and braided stainless steel wire lingual retainers in vitro. *Korean J Orthod*, 43(4), pp. 186-92.

Freilich, M. A., *et al.* 2002. Clinical evaluation of fiber-reinforced fixed bridges. *The Journal of the American Dental Association*, 133(11), pp. 1524-1534.

Freilich, M. A., J. C. Meiers, J. P. Duncan and A. J. Goldberg (2000). Composition Architecture and Mechanical Properties of Fiber-reinforced composites. *In: Freilich, M. A. (Ed.). Fiber-reinforced composites in clinical dentistry*. Chicago, Quintessence Publishing, pp. 16-28.

Fujihara, K., *et al.* 2004. Fibrous composite materials in dentistry and orthopaedics: review and applications. *Composites Science and Technology*, 64(6), pp. 775-788.

Furtos, G., Tomoaia-Cotisel, M. & Prejmerean, C. 2013. Resin Composites Reinforced by Glass Fibers with Potential Biomedical Applications. Structure and Mechanical Properties. *Particulate Science and Technology*, 31(4), pp. 332-339.

Garoushi, S., Lassila, L. V. & Vallittu, P. 2009. Fiber-reinforced composite in clinical dentistry. *The Chinese Journal of Dental Research*, 12(1), pp. 7-14.

Garoushi, S. & Vallittu, P. 2006. Fiber-reinforced composites in fixed partial dentures. *Libyan J Med*, 1(1), pp. 73-82.

Garoushi, S., Vallittu, P. K. & Lassila, L. V. 2007. Short glass fiber reinforced restorative composite resin with semi-inter penetrating polymer network matrix. *Dent Mater*, 23(11), pp. 1356-62.

Garoushi, S., Vallittu, P. K. & Lassila, L. V. 2012. Effect of Short Fiber Fillers on the Optical Properties of Composite Resins. *Journal of Materials Science Research*, 1(2), pp. 174-180.

Geramy, A., *et al.* 2012. Anterior Teeth Splinting After Orthodontic Treatment: 3D Analysis Using Finite Element Method. *J Dent (Tehran)*, 9(2), pp. 90-8.

---

Geurtsen, W. 2000. Biocompatibility of Resin-Modified Filling Materials. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 11(3), pp. 333-355.

Gohring, T. N. & Roos, M. 2005. Inlay-fixed partial dentures adhesively retained and reinforced by glass fibers clinical and scanning electron microscopy analysis after five years. *European Journal of Oral Sciences*, 113(1), pp. 60-69.

Goldstein, R. E. & Lancaster, J. S. 1984. Survey of patient attitudes toward current esthetic procedures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 52(6), pp. 775-780.

Gupta, S. K., *et al.* 2012. Release and toxicity of dental resin composite. *Toxicol Int*, 19(3), pp. 225-34.

Hammouda, I. M. 2009. Reinforcement of conventional glass-ionomer restorative material with short glass fibers. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2(1), pp. 73-81.

Hochman, N., Yaffe, A. & Ehrlich, J. 1992. Splinting: a retrospective 17-year follow-up study. *J Prosthet Dent*, 67(5), pp. 600-2.

Jain, V., *et al.* 2012. Effect of occlusal splint therapy on maximum bite force in individuals with moderate to severe attrition of teeth. *J Prosthodont Res*, 56(4), pp. 287-92.

Joiner, A. 2004. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32 Suppl 1, pp. 3-12.

Kahler, B. & Heithersay, G. S. 2008. An evidence-based appraisal of splinting luxated, avulsed and root-fractured teeth. *Dent Traumatol*, 24(1), pp. 2-10.

Karbhari, V. M. & Strassler, H. 2007. Effect of fiber architecture on flexural characteristics and fracture of fiber-reinforced dental composites. *Dent Mater*, 23(8), pp. 960-8.

Karthik, K. S. & Maller, S. V. 2010. An Insight on Splints and Stents. *Journal of Indian Academy of Dental Specialists*, 1(3), pp. 31-34.

Ketabi, A. R., *et al.* 2004. Thirteen-year follow-up study of resin-bonded fixed partial dentures. *Quintessence Int*, 35(5), pp. 407-10.

Kumbuloglu, O., Ozcan, M. & User, A. 2008. Fracture strength of direct surface-retained fixed partial dentures: effect of fiber reinforcement versus the use of particulate filler composites only. *Dent Mater J*, 27(2), pp. 195-202.

Kumbuloglu, O., *et al.* 2011a. Bonded Orthodontic Retainer and Fixed Partial Denture. *European Journal of Dentistry*, 5(2), pp. 237-240.

Kumbuloglu, O., Saracoglu, A. & Ozcan, M. 2011b. Pilot study of unidirectional E-glass fibre-reinforced composite resin splints: up to 4.5-year clinical follow-up. *J Dent*, 39(12), pp. 871-7.

Li, W., *et al.* 2004. Fibre reinforced composite dental bridge. Part II: Numerical investigation. *Biomaterials*, 25(20), pp. 4995-5001.

Mallick, P. K. 2008. *Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design*, Boca Raton, Florida, Taylor & Francis Group.

Moharamzadeh, K., Brook, I. M. & Van Noort, R. 2009. Biocompatibility of Resin-based Dental Materials. *Materials*, 2(2), pp. 514-548.

Monaco, C. 2012. A clinical case report on indirect, posterior three-unit resin-bonded FRC FPD. *J Adhes Dent*, 14(5), pp. 479-83.

Narva, K. K., Lassila, L. V. & Vallittu, P. K. 2004. Fatigue resistance and stiffness of glass fiber-reinforced urethane dimethacrylate composite. *J Prosthet Dent*, 91(2), pp. 158-63.

Oikarinen, K., Andreasen, J. O. & Andreasen, F. M. 1992. Rigidity of various fixation methods used as dental splints. *Endod Dent Traumatol*, 8(3), pp. 113-9.

Petrie, C. S., *et al.* 2001. A comparison of 3 alloy surface treatments for resin-bonded prostheses. *J Prosthodont*, 10(4), pp. 217-23.

Pollack, R. P. 1999. Non-crown and bridge stabilization of severely mobile, periodontally involved teeth. A 25-year perspective. *Dent Clin North Am*, 43(1), pp. 77-103.

Preethi, G. & Kala, M. 2008. Clinical evaluation of carbon fiber reinforced carbon endodontic post, glass fiber reinforced post with cast post and core: A one year comparative clinical study. *J Conserv Dent*, 11(4), pp. 162-7.

Probster, B. & Henrich, G. M. 1997. 11-year follow-up study of resin-bonded fixed partial dentures. *Int J Prosthodont*, 10(3), pp. 259-68.

Rappelli, G. & Putignano, A. 2002. Tooth splinting with fiber-reinforced composite materials: achieving predictable aesthetics. *Pract Proced Aesthet Dent*, 14(6), pp. 495-500.

Regish, K. M., Sharma, D. & Prithviraj, D. R. 2011. Techniques of fabrication of provisional restoration: an overview. *Int J Dent*, 2011(134659), pp. 5.

Rezvani, M. B., Atai, M. & Hamze, F. 2013. Effect of fiber diameter on flexural properties of fiber-reinforced composites. *Indian J Dent Res*, 24(2), pp. 237-41.

Sampath, S. & Ramachandra, G. S. 2008. Effects of glass fibers on light transmittance and color of fiber-reinforced composite. *Dent Mater*, 24(1), pp. 34-8.

Saunders, W. P. 1989. Resin bonded bridgework: a review. *J Dent*, 17(6), pp. 255-65.

Schlichting, L. H., *et al.* 2010. Composite resin reinforced with pre-tensioned glass fibers. Influence of prestressing on flexural properties. *Dent Mater*, 26(2), pp. 118-25.

Schulze, K. A., *et al.* 2003. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dental Materials*, 19(7), pp. 612-619.

Scribante, A., *et al.* 2011. Efficacy of Esthetic Retainers: Clinical Comparison between Multistranded Wires and Direct-Bond Glass Fiber-Reinforced Composite Splints. *Int J Dent*, 2011(548356), pp. 5.

Sekhar, C. L., *et al.* 2011. A Comparative Study of Temporary Splints: Bonded Polyethylene Fiber Reinforcement Ribbon and Stainless Steel Wire + Composite Resin Splint in the Treatment of Chronic Periodontitis. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 12(5), pp. 343-349.

Sewon, L. A., Ampula, L. & Vallittu, P. K. 2000. Rehabilitation of a periodontal patient with rapidly progressing marginal alveolar bone loss: 1-year follow-up. *J Clin Periodontol*, 27(8), pp. 615-9.

Sideridou, I., Tserki, V. & Papanastasiou, G. 2002. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 23(8), pp. 1819-1829.

Soares, P. B., *et al.* 2011. Effect of bone loss simulation and periodontal splinting on bone strain: Periodontal splints and bone strain. *Arch Oral Biol*, 56(11), pp. 1373-81.

Stanczyk, M. & van Rietbergen, B. 2004. Thermal analysis of bone cement polymerisation at the cement-bone interface. *J Biomech*, 37(12), pp. 1803-10.

Strassler, H. E. 2008. Fiber-Reinforcing Materials for Dental Resins. *Inside Dentistry*, 4(5), pp. 76-85.

Strassler, H. E. & Brown, C. 2001. Periodontal splinting with a thin high-modulus polyethylene ribbon. *Compend Contin Educ Dent*, 22(8), pp. 696-700, 702, 704.

Strassler, H. E., Haeri, A. & Gultz, J. P. 1999. New-generation bonded reinforcing materials for anterior periodontal tooth stabilization and splinting. *Dent Clin North Am*, 43(1), pp. 105-26, vi.

Strassler, H. E. & Serio, C. L. 2007. Esthetic considerations when splinting with fiber-reinforced composites. *Dent Clin North Am*, 51(2), pp. 507-24; xi.

Syme, S. E. & Fried, J. L. 1999. Maintaining the oral health of splinted teeth. *Dent Clin North Am*, 43(1), pp. 179-96.

Thwe, M. & Liao, K. 2002. Effects of environmental aging on the mechanical properties of bamboo-glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composites. *Composites: Part A*, 33(1), pp. 43-52.

Tillberg, A., Jarvholm, B. & Berglund, A. 2008. Risks with dental materials. *Dent Mater*, 24(7), pp. 940-3.

Tirapelli, C., *et al.* 2005. Fiber-reinforced composites: effect of fiber position, fiber framework, and wetting agent on flexural strength. *Int J Prosthodont*, 18(3), pp. 201-2.

Tsushima, S., *et al.* 2008. Effect of commercially available bonding agents impregnated with fibers on bending strength of hybrid resin. *Dent Mater J*, 27(5), pp. 723-9.

Tuncdemir, A. R. & Aykent, F. 2012. Effects of fibers on the color change and stability of resin composites after accelerated aging. *Dental Materials Journal*, 31(5), pp. 872-878.

Utracki, L. 2002. *Polymer Blends Handbook*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

Vallittu, P. K. 1999. Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven glass fibers. *J Prosthet Dent*, 81(3), pp. 318-26.

Vallittu, P. K. 2004. Survival rates of resin-bonded, glass fiber-reinforced composite fixed partial dentures with a mean follow-up of 42 months: A pilot study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(3), pp. 241-246.

van Heumen, C. C., Kreulen, C. M. & Creugers, N. H. 2009. Clinical studies of fiber-reinforced resin-bonded fixed partial dentures: a systematic review. *Eur J Oral Sci*, 117(1), pp. 1-6.

Van Landuyt, K. L., *et al.* 2011. How much do resin-based dental materials release? A meta-analytical approach. *Dent Mater*, 27(8), pp. 723-47.

von Arx, T. 2005. Splinting of Traumatized Teeth with Focus on Adhesive Techniques. *Journal of the California Dental Association*, 33(5), pp. 409-414.

Wataha, J. C. 2001. Principles of biocompatibility for dental practitioners. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(2), pp. 203-209.

Watkins, S. J. & Hemmings, K. W. 2000. Periodontal splinting in general dental practice. *Dent Update* 27(6), pp. 278-285.

White, S. N. & Golshanara, A. 1996. Fatigue of resin cement-base metal alloy bond strength. *J Prosthodont*, 5(4), pp. 253-8.

Williams, D. F. 2008. On the mechanisms of biocompatibility. *Biomaterials*, 29(20), pp. 2941-53.

Yu, B. & Lee, Y. K. 2008a. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *J Dent*, 36(10), pp. 840-6.

Yu, B. & Lee, Y. K. 2008b. Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dent Mater*, 24(9), pp. 1236-42.

Yu, S. H., *et al.* 2012. Reinforcing effects of different fibers on denture base resin based on the fiber type, concentration, and combination. *Dent Mater J*, 31(6), pp. 1039-46.

Zhang, M. & Matinlinna, J. P. 2011. E-Glass Fiber Reinforced Composites in Dental Applications. *Silicon*, 4(1), pp. 73-78.

Zimmerli, B., *et al.* 2010. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatschr Zahnmed*, 120(11), pp. 972-86.