

Biomateriais: aliados ao desenvolvimento de produtos

Bruna Aparecida Rezende (UFMG) brunarezende12@yahoo.com.br
Kláudia Maria Machado Neves Silva (UFMG) kakaunevessilva@gmail.com
Paulo Eustáquio de Faria (UFMG) paulofaria@ufmg.br

Resumo:

Com o passar dos anos, através do surgimento de novas tecnologias que envolvem a utilização de múltiplos materiais atuando em conjunto, o paradigma das ciências e engenharia dos materiais passou a considerar o desenvolvimento de geometrias micrométricas como parte inerente dos estudos dos materiais. Concomitante a isso, foi desenvolvida a biomimética, que consiste em uma nova ciência baseada no estudo dos modelos, sistemas, processos e elementos naturais a fim de imitá-los, trazendo soluções práticas para as necessidades humanas, desde que os produtos formados sejam sustentáveis. Nesse contexto, os biomateriais ganharam uma definição formal, englobando um conjunto de materiais, entre os metais, polímeros e cerâmicos que podem ser aplicados no corpo humano. Nos dias atuais, já se é possível reparar ou substituir quase todos os órgãos presentes no corpo. No entanto, ainda há muito a ser estudado a nível micromolecular e macromolecular, com o intuito de melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas dos materiais.

Palavras chave: Biomateriais, corpo humano, metais, polímeros, cerâmicos.

Biomaterials: applied to product development

Abstract

Over the years, because of the emergence of new technologies that involve the use of multiple materials working together, the paradigm of science and materials engineering began to consider the development of micrometric geometries as an inherent part of the studies of materials. Concomitant to this, it was developed the biomimetics, which consists of a new science based on the study of the models, systems, processes and natural elements in order to imitate them, bringing practical solutions to human needs, but the products formed might be sustainable. In this context, the biomaterials have gained a formal definition, comprising a number of metallic, polymeric and ceramics materials that can be applied to the human body. Nowadays, it is possible to repair or replace almost every organ present in the body. However, there is still much to be studied micromolecular and macromolecular level, in order to improve the chemical, physical and biological properties of materials.

Key-words: Biomaterials, human body, metals, polymers, ceramics

1. Introdução

Durante o desenvolvimento de um produto é necessário selecionar materiais que, quando combinados, atendam aos requisitos desejados para um produto final. Para alcançar esse objetivo, precisa-se entender os conceitos físico-químicos e mecânicos das estruturas selecionadas (BRASCHER *et al.*, 2011).

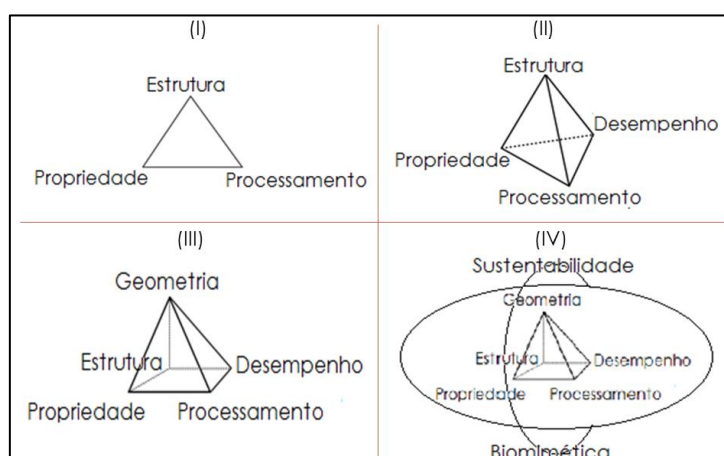
A ciência dos materiais envolve a investigação das relações que existem entre as estruturas e as propriedades dos materiais. Em contraste, a engenharia de materiais consiste no projeto ou análise da estrutura de um material para produzir um conjunto pré-determinado de propriedades. Dessa forma, pode-se afirmar que estão envolvidos nos estudos da área da Ciência e Engenharia de Materiais os conceitos de estrutura, propriedades, processamento e desempenho (QUIMITON, 2016).

Em relação à estrutura, pode-se afirmar que existe uma hierarquia de níveis que abrangem o nível atômico e eletrônico até o nível macroestrutural. A organização da estrutura de um material resulta basicamente da composição (material-base e adições minoritárias) e do processamento, que consiste nos métodos de fabricação que envolve os respectivos parâmetros de controle: temperatura, tempo, velocidade de aquecimento e resfriamento, taxa de deformação, atmosfera, etc. (GENTILI *et al.*, 2010).

As propriedades dos materiais, por sua vez, são os atributos físicos, químicos, mecânicos e de superfície. Estes atributos definem a funcionalidade e a utilidade do que será produzido e são decorrentes da estrutura do composto (GENTILI *et al.*, 2010).

O desempenho dos materiais fabricados pode ser definido como a sua maneira de se comportar em serviço. Esse conceito depende tanto das propriedades do material quanto do tamanho e forma da peça ou produto a ser fabricado. Isso impõe limites às opções de processos de fabricação e aos seus parâmetros de controle nas diferentes fases de produção (conformação, tratamento térmico, etc.) (GENTILI *et al.*, 2010).

Com o passar dos anos, através do surgimento de novas tecnologias que envolvem a utilização de múltiplos materiais atuando em conjunto (MAMM - *Multiple Materials Additive Manufacturing*), a característica desempenho de um componente ou produto passou a ser melhorada através do design ou arquitetura microestrutural. A relevância do controle desse tipo de arquitetura (ou da geometria microestrutural) foi capaz, então, de alterar a visão tradicional do paradigma da ciência e engenharia dos materiais - tripé estrutura-propriedade-processamento e seu impacto no desempenho (pirâmide de base triangular) - para quatro pilares (pirâmide de base quadrangular), considerando agora o design da geometria microestrutural dos materiais desenvolvidos, conforme mostra a Figura 1 (ALBERTI *et al.*, 2014).



Fonte: Adaptado de Quimiton (2016); Alberti *et al.* (2014); Rangel *et al.* (2012)

Figura 1 - Evolução da ciência e engenharia dos materiais

Concomitante a evolução da engenharia microestrutural, cientistas de vários campos do

conhecimento tem desenvolvido muitos projetos com o intuito de imitar os processos naturais (RANGEL *et al.*, 2012). A biomimética (de *bios*, vida e *mimesis*, imitar) é uma nova ciência baseada no estudo dos modelos, sistemas, processos e elementos naturais a fim de imitá-los, trazendo soluções práticas para as necessidades humanas, desde que os produtos formados sejam sustentáveis. Biomimética significa copiar para a vida (RANGEL *et al.*, 2012).

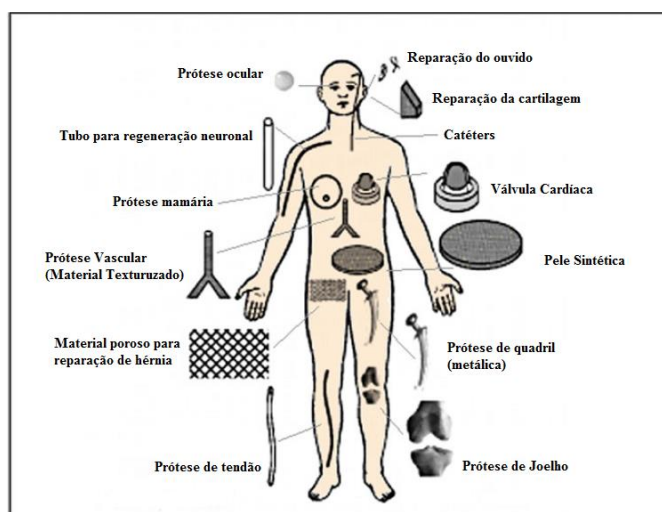
Vale ressaltar que a evolução da ciência médica também está diretamente relacionada com a evolução da ciência e engenharia dos materiais. A intenção de tratar ou reparar algum tipo de trauma ou doença no corpo humano advém dos primórdios da civilização. Papiros datados de 4000 a.C. descreveram suturas e outros dispositivos para fechar feridas. Registros de 2000 a.C. confirmam a utilização de materiais metálicos para reparar ossos partidos. Ainda, há evidências de implantes dentários em múmias que datam de 600 a.C. (COSTA, 2016; AGRAWAL, 1998; CATALANI, 2011).

Em tempos mais recentes, a partir do século XVI, materiais mais nobres, como o ouro e o marfim, começaram a ser usados para a reconstrução bucal. Já, o latão e o ferro foram usados para transplante de fêmur, no século XVIII. E, em meados do século XX, válvulas e marcadores de ritmo cardíacos artificiais foram implantados em pessoas e estas levam uma vida normal (COSTA, 2016; AGRAWAL, 1998; CATALANI, 2011).

Diante desse contexto, é possível perceber que, desde antes de Cristo até os tempos atuais, existe uma busca incansável pela substituição ou reparação de partes do corpo humano doentes por materiais naturais e/ou sintéticos que exibem a estrutura, as propriedades e o desempenho semelhantes aos tecidos ou órgãos originais. Esses materiais são chamados de biomateriais (COSTA, 2016; AGRAWAL, 1998; CATALANI, 2011).

2. Definição e características dos biomateriais

Existem inúmeras definições para os biomateriais, no entanto, a mais aceita atualmente foi definida na Conferência do Instituto Nacional de Desenvolvimento de Consenso em Saúde, em 1982, e ela os descreve como: “quaisquer substâncias (que não são fármacos) ou combinação de substâncias, sintéticas ou naturais em origem, que possam ser usadas por um período de tempo, completa ou parcialmente como parte de um sistema que trate, aumente ou substitua qualquer tecido, órgão ou função do corpo”. Na Figura 2, estão apresentados alguns tipos de biomateriais já existentes (BERGMANN e STUMPF, 2013; SILVA, 2016).

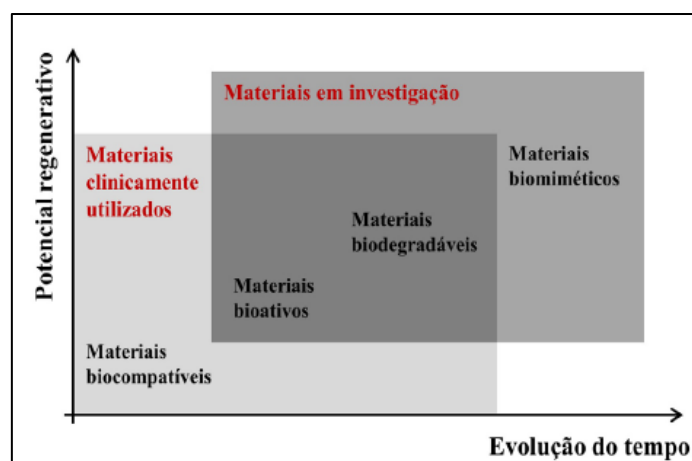


Fonte: Adaptado de Bergmann e Stumpf (2013)

Figura 1 – Alguns tipos de Biomateriais existentes

Uma das principais características de um biomaterial é ser isento de produzir respostas biológicas adversas, sejam elas locais ou sistêmicas. Por essa razão, os biomateriais devem ser: não tóxicos; não carcinogênicos; não antigênicos; não mutagênicos; e, em aplicações sanguíneas, eles devem ser não trombogênicos. Além disso, os materiais devem possuir propriedades físicas e mecânicas adequadas para servir como um aumento ou substituição de tecidos e devem ter um custo relativamente baixo e ser livremente disponíveis (BERGMANN e STUMPF, 2013; AGRAWAL, 1998).

Os biomateriais são definidos, também, como materiais biocompatíveis e, algumas vezes, biodegradáveis e/ou bioabsorvíveis (PIRES *et al.*, 2015). A Figura 3 exibe um gráfico representativo da evolução temporal na pesquisa dessas características.



Fonte: Pires *et al.* (2015)

Figura 2 – Evolução da funcionalidade e da capacidade regenerativa dos biomateriais

Os materiais biocompatíveis são aqueles que não induzem resposta inflamatória, possuem extrema imunogenicidade para as células nativas, tecidos ou órgãos vivos e os produtos extras resultantes do processo de degradação não possuem nenhum material e/ou elemento nocivo ao organismo. É importante destacar que as propriedades de superfície dos materiais desempenham um papel importante para regular a reação do corpo estranho nas primeiras duas a quatro semanas seguidas ao implante. O conhecimento da reação causada pelo corpo estranho pode impactar na biocompatibilidade do dispositivo médico, da prótese ou do biomaterial implantado (MAIA *et al.*, 2010).

Para que os materiais possam ser considerados biocompatíveis, eles ainda devem ser classificados como bioinertes, bioativos ou biotoleráveis, baseando-se na reação dos dispositivos com o corpo. Os materiais bioinertes (seu oposto é o material bioreativo) são materiais que possuem estabilidade química, podendo entrar em contato direto com o tecido a ser reparado. Os materiais bioativos são aqueles capazes de favorecer a formação de uma interface entre o tecido e os dispositivos. E os materiais biotoleráveis são aqueles que o organismo tolera, pois ele é responsável por criar um invólucro fibroso ao redor do dispositivo (BERGMANN e STUMPF, 2013; SIMONI e SILVA, 2013; FERNANDES, 2009).

Ainda existem os materiais biodegradáveis que são aqueles que podem ser decompostos naturalmente, mas seus produtos permanecerão dentro do corpo humano; os materiais biorreabsorvíveis, que são degradados após um período de tempo e os produtos resultantes são atóxicos para efeitos de eliminação gradativa e/ ou pelo metabolismo; e os materiais

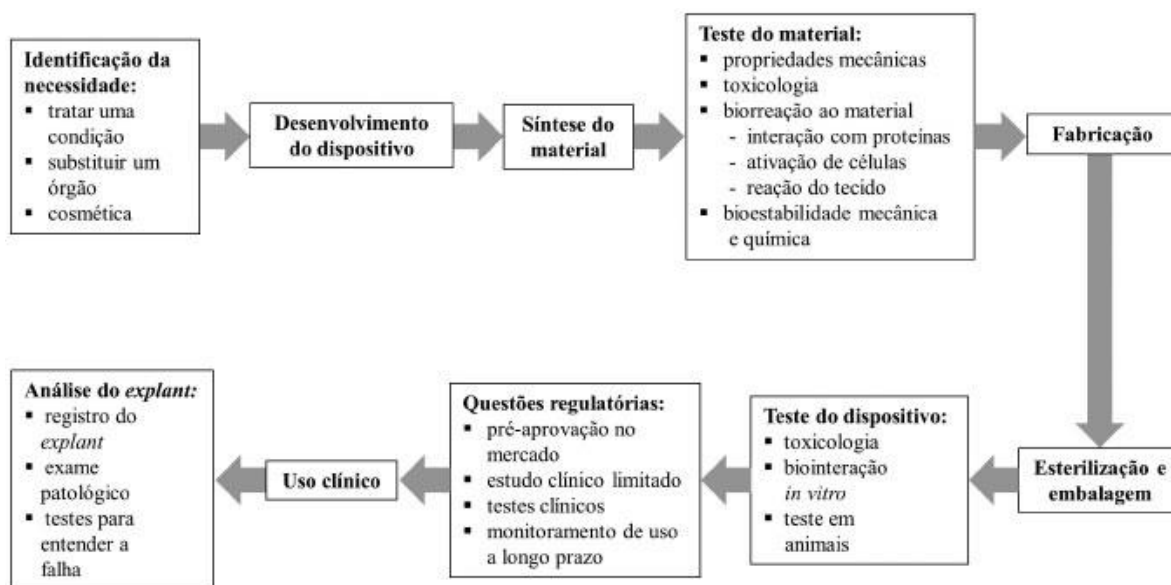
biomeméticos que visam imitar as propriedades dos tecidos onde serão colocados (ORÉFICE *et al.*, 2006; MAIA *et al.*, 2010; RAHMANY, 2012).

Assim, diante da complexidade dos sistemas que entrarão em contato com o corpo humano, fazem-se necessários conhecimentos oriundos de diversas áreas, que levam a escolher os materiais e desenvolver corretamente um determinado dispositivo, sempre avaliando as possíveis complicações que variam de acordo com a sua aplicabilidade (SILVA, 2016; AGRAWAL, 1988).

3. Seleção dos materiais

Para se selecionar qual é o tipo de biomaterial mais adequado, deve-se levar em consideração a região de aplicação deste e o material que se quer utilizar. Em relação à região de aplicação, os dispositivos são identificados como dispositivos que ficam em contato com o sangue que são: (i) dispositivos extracorpóreos que removem e retornam sangue do corpo; (ii) dispositivos que são inseridos em um vaso sanguíneo; (iii) dispositivos que ficam permanentemente implantados. Dispositivos de aplicações em tecidos moles, que são materiais que devem aumentar ou redefinir o tecido (ex.: implantes de seios e implantes faciais). Dispositivos de aplicações ortopédicas e odontológicas, que são componentes de implantes estruturais (ex.: próteses de juntas e implantes de raiz de dentes) ou são usados para reparar defeitos ósseos (ex.: parafusos e pinos inseridos em osso) (SILVA, 2016).

Para identificar o tipo do dispositivo médico que entrará em contato com as proteínas, células, tecidos, órgãos e sistemas orgânicos é necessário definir o tipo de material a ser utilizado, e estes podem ser: metais, cerâmicas, polímeros sintéticos e macromoléculas naturais (biopolímeros) ou combinação destes que são manufaturados ou processados para se adequarem à utilização como dispositivos (SILVA, 2016). A Figura 4 exibe o fluxograma do ciclo de vida de um biomaterial desde a sua necessidade até o uso clínico.



Fonte: Adaptado de Pires *et al.* (2015)

Figura 3 – Fluxograma do ciclo de vida de um biomaterial

3.1 Metais

Os metais são os materiais mais utilizados na tecnologia de implantes. Estes variam de fios simples, passando por parafusos de fixação placas, até próteses articulares totais (articulações artificiais) para quadris, joelhos, ombros, cotovelos, etc. No campo da ortopedia, os metais são populares principalmente devido à sua capacidade de suportar cargas significativas, suportar a carga de fadiga, e submeter-se a deformação plástica antes da falha. Além da ortopedia, implantes metálicos são bastante utilizados em cirurgia maxilo-facial e na cirurgia cardiovascular (AGRAWAL, 1988). Os principais metais utilizados como dispositivos de biomateriais estão listados na Tabela 1.

Materiais	Aplicações
Ligas cobalto-cromo, ligas níquel-cromo, ligas nitinol, (ligas efeito memória de forma), aços inoxidáveis, tântalo, titânio e suas ligas	Arames guias, válvulas de coração mecânico, orifícios e braços, válvula de coração biológico implantes ortopédicos e odontológicos, placas para fraturas, pregos e parafusos para reparo ósseo, coberturas para veia cava, suportes para corações artificiais, comandos para marca-passos e para estimuladores elétricos implantáveis.
Aço inox 316L	Fixação de fraturas, stents, instrumentos cirúrgicos.
CP-Ti, Ti-Al-V, Ti-Al-Nb, Ti-13Nb-13Zr, Ti-Mo-Zr-Fe	Substituição de ossos e articulações, implantes dentários, encapsulação de marca-passo.
Co-Cr-Mo, Cr-Ni, Cr-Mo	Substituição de ossos e articulações, restaurações e implantes dentários, válvulas cardíacas.
Ni-Ti	Placas ósseas, stents, fios ortodônticos*.
Ligas de ouro, amálgama de Hg-Ag-Sn	Restaurações dentárias
Prata	Agente antimicrobiano
Platina e Pt-Ir	Eletrodos

Fonte: Silva (2016); Pires *et al.* (2015)

Tabela 1 - Principais materiais metálicos e aplicações

3.2 Cerâmicos e metalocerâmicos

Os materiais cerâmicos são bastante visados na área odontológica para utilização como coroas, cimentos e dentaduras. Também são utilizados para substituir ou reparar tecido conjuntivo duro, tal como um osso. O osso é em si um composto, que compreende uma fase orgânica e uma fase cerâmica. Esta fase cerâmica é predominantemente hidroxiapatita de cálcio com uma relação Ca/P de 1,67. Assim, a hidroxiapatita de cálcio sintético é uma boa candidata para um biomaterial de sucesso. Vários implantes dentários e ortopédicos metálicos são revestidos com hidroxiapatita (AGRAWAL, 1998). Outro material cerâmico muito utilizado é a Zircônia, que exibe menor módulo de elasticidade e maior resistência. A Tabela 2 exibe os principais materiais cerâmicos utilizados nas áreas odontológicas e médicas.

Cerâmicos	Aplicações
Vidros bioativos	Ligação óssea, cirurgia reconstrutiva
Vitro-cerâmicas bioativas	Ligação óssea, cirurgia reconstrutiva
Alumina de alta densidade	Implantes odontológicos e ortopédicos
Hidroxiapatita	Ligação óssea, cirurgia reconstrutiva
Alumina monocristalina	Implantes ortopédicos e odontológicos
Fosfatos tricálcios	Reparo ósseo
Zircônia	Implantes ortopédicos e odontológicos

Fonte: Silva (2016)

Tabela 2 - Principais materiais cerâmicos e suas aplicações

Os materiais cerâmicos possuem algumas propriedades mecânicas desfavoráveis relacionadas com a fragilidade dos materiais, por isso, na grande maioria das vezes, eles são utilizados combinados com os polímeros ou com os metais, formando materiais compósitos, no intuito de melhorar a resistência mecânica dos dispositivos produzidos (AGRAWAL, 1988; SIMONI e SILVA, 2013).

Um exemplo dos compósitos cerâmicos são as próteses metalocerâmicas, as quais conferem as características mecânicas dos metais e a estética da cerâmica, usando metais, principalmente titânio, revestido por cerâmica. O sucesso clínico das ligas metalocerâmicas depende, além da qualidade da liga metálica e da cerâmica separadamente, da compatibilidade entre os dois materiais e de uma ligação estável entre eles. Para um fabrico de qualidade, a maioria dos processos de ligação engloba o aquecimento dos materiais em um processo de fusão da cerâmica ao metal, no qual este vai liberar uma camada de óxido que fará ligações químicas com o interior da cerâmica, gerando uma interface de contato mais íntimo e resistente (SIMONI e SILVA, 2013).

3.3 Polímeros e compósitos poliméricos

O uso de polímeros como biomateriais vai desde aplicações temporárias, como suturas e balões aórticos, a aplicações de caráter permanente, como enxertos vasculares, cirurgia plástica e reconstrutiva, válvulas cardíacas, articulações, etc. São inclusivamente usados em "aparelhos" mais complexos que desempenham certas funções fisiológicas — os órgãos artificiais — (coração, pulmão, rim, pâncreas). No entanto, qualquer que seja a sua aplicação, haverá de atender a certos requisitos dos quais se destacam: compatibilidade, não toxicidade, estabilidade no ambiente biológico, propriedades físicas apropriadas, possibilidade de ser esterilizado, possibilidade de ser fabricado (COSTA, 2016).

Diversos polímeros estão sendo utilizados como biomateriais. A Figura 5 exhibe os principais meros utilizados para a produção de biopolímeros. Dentre os polímeros sintéticos, destacam-se o polimetilmetacrilato (PMMA) que é um polímero de cadeia linear e é vendido sob os nomes comerciais: acrílico ou lucite, sendo utilizado extensivamente como um cimento ósseo. O polietileno de ultra peso molecular (UHMWPE) é usado como um material de rolamento para próteses articulares. O polifluoroetileno (PFE) também é bastante usado em próteses e apresenta a vantagem de ser degradado pelo organismo (AGRAWAL, 1998).

Os polímeros sintéticos possuem boas propriedades mecânicas e estabilidade térmica (na temperatura corpórea e nas temperaturas de preparo), mas podem conter resíduos de iniciadores e outros compostos (impurezas) que não permitem o crescimento celular. Assim, embora seja muito mais fácil usar polímeros sintéticos no campo biomédico, os polímeros naturais estão sendo cada vez mais requisitados devido às características de biocompatibilidade e biodegradabilidade. Dentre os polímeros naturais mais utilizados tem-se: o colágeno, a quitina, a quitosana, a queratina, a seda e a elastina, todos esses originados de animais. Também tem-se o amido, a celulose e a pectina, originados das plantas (SIONKOWASKA, 2011).

As principais desvantagens da utilização de alguns biopolímeros são a baixa resistência mecânica, a grande absorção de água e a instabilidade na temperatura de processamento. Visando minimizar esses efeitos, outra forma de se utilizar os polímeros consiste na mistura dos materiais naturais e sintéticos, criando blendas bioartificiais ou biossintéticos que garante a melhora das propriedades mecânicas associadas à biocompatibilidade quando comparados com os componentes individuais (SIONKOWASKA, 2011).

Polímero	Estrutura	Aplicação
Poli(etileno) (PE)		Tubos de drenagem e cateteres
Polipropileno (PP)		Suturas e reparo de hérnias
Poli(tereftalato de etileno) (PET)		Enxertos vasculares, reconstrução de ligamentos e fixação de implantes
Poli(ácido láctico-co-ácido glicólico) (PLGA)		Suturas e suporte para crescimento celular
Poli(ε-caprolactona) (PCL)		Dispositivo para liberação de drogas e suporte para crescimento celular
Poli(cloreto de vinila) (PVC)		Sacos para armazenamento de sangue
Poli(dimetilsiloxano) (PDMS)		Suporte para crescimento celular
Poli(2-hidroxietilmetacrilato) (poli(HEMA))		Lentes de contato
Ácido hialurônico		Carreador de células, substituto de fluido sinovial
Quitosana		Curativos, suporte para crescimento celular e dispositivo para liberação de drogas

Fonte: Pires *et al.* (2015)

Figura 5 – Estrutura de alguns meros utilizado como biomateriais

Além da formação das blendas poliméricas, pode-se utilizar o polímero para a formação de compósitos em que este seja reforçado por alguns minerais, simulando o tecido duro. Estes compósitos são também chamados de *scaffolds* (estrutura de reforço). Os *scaffolds* têm funções que consistem em prover uma matriz biocompatível com porosidade, rugosidade, estrutura tridimensional, degradabilidade, propriedades mecânicas e de transporte de massa adequadas, incluindo também a potencial estimulação do crescimento, migração, interação e diferenciação celular por meio de disponibilização às células de fatores de crescimento e outros sinais bioquímicos apropriados, que podem ser neles incorporados ou adsorvidos, de forma a propiciar um microambiente que remeta à matriz extracelular. Apenas no segmento de terapias baseadas no cultivo de células tronco estima-se que o mercado global atinja, no ano 2020, 330 milhões de dólares (SIONKOWASKA, 2011; PIRES *et al.*, 2015).

4. Biomateriais e o corpo humano

4.1 Aplicações dermatológicas

A fabricação de pele, em engenharia de tecidos, vem se desenvolvendo há mais de 25 anos, visando fornecer a cobertura e a substituição dos tecidos epidérmico e dérmico. A maioria dos biomateriais para utilização clínica é baseada em colágeno ou extraída naturalmente de outras regiões. Um dos polímeros mais utilizados para o crescimento celular é a N-isopropilacramida (PNIPAM). Esse polímero permite expandir a cultura de queratinócitos, que são responsáveis pelo crescimento celular da pele. Além desse, o ácido acrílico recoberto com silicone grau médico reticulado por plasma também permite o crescimento celular da pele (MACNEIL, 2008).

O maior problema de se substituir a pele consiste na neovascularização, pois nos tecidos novos, a vascularização ainda é lenta e as células podem acabar morrendo por falta de nutrientes. Assim, a busca por tecidos que facilitem a vascularização é um campo promissor para os estudos de biomateriais que envolvem crescimento celular, principalmente na pele (MACNEIL, 2008).

4.2 Aplicações ortopédicas

O tecido musculoesquelético, ossos e cartilagem estão sob extensa investigação em engenharia de tecidos. Uma série de materiais biodegradáveis e bioabsorvíveis, bem como projetos de *scaffolds*, têm sido experimentalmente e/ou clinicamente estudados (HUTMACHER, 2000).

Para o preparo dos *scaffolds* os materiais cerâmicos, especialmente a hidroxiapatita (HA), tem recebido considerável atenção quando utilizados em técnicas regenerativas ósseas. A sua biocompatibilidade, semelhança com componentes inorgânicos do osso, capacidade de não transmitir doenças, ser osteofílico e osteocondutor, permite que ele seja constantemente aplicado como biomaterial. Porém, devido a sua alta cristalinidade e demais propriedades mecânicas, sua aplicação não é indicada em locais sujeitos a tração. A degradação da HA no organismo depende de fatores como pH, composição e cristalinidade do biomaterial. Este mecanismo pode ser mediado por dissolução química, por ação dos osteoclastos ou por fragmentação de suas partículas, acompanhada de neoformação óssea no interior dos poros (ALMEIDA, *et al.*, 2014).

Outros biomateriais cerâmicos bastante promissores são os biovidros (BV). Estes foram desenvolvidos para aplicação médica no final da década de 60 e apresentam pouca ordenação em sua estrutura atômica; são amorfos, bioativos e osteocondutores. Os biovidros são compostos praticamente por fósforos e/ou sílica (silicatos). A sua principal característica é a capacidade de promover uma rápida e durável ligação química, através de uma interface, com

o tecido ósseo. Ao entrar em contato com fluídos corporais, estes materiais desencadeiam diversas reações químicas, seguidas por dissolução e formação de um gel recoberto por fosfato de cálcio, que posteriormente se cristaliza em hidroxicarbonato apatita (HCA) (ALMEIDA, *et al.*, 2014).

Atualmente, misturas de HA e biovidros estão sendo fabricados com o intuito de melhorar suas propriedades, aumentar a dissolução química e aumentar a bioatividade do biomaterial (ALMEIDA, *et al.*, 2014).

4.3 Aplicações odontológicas

A escolha do material que será utilizado para tratamento dentário deve suprir as expectativas do profissional e ser confortável ao paciente, seguindo os requisitos de tempo de trabalho, grau de plasticidade, alteração dimensional e morfológica, resistência à fratura, inocuidade aos tecidos bucais.

Dentre os materiais utilizados como agentes moldantes tem-se: os hidrocolóides irreversíveis (alginato), os materiais à base de borracha (elastômeros do tipo silicone de condensação, silicone de adição, poliéter e polissulfeto) e os anelásticos, como a pasta zincoenólica e a godiva de baixa fusão em bastão e em placas (OLIVEIRA, 2012).

Já em relação à substituição dentária, a reprodução de características dos dentes naturais, mais especificamente de cor e forma, sempre foi uma das intenções das técnicas e materiais restauradores. A partir do uso de microretenções mecânicas em estruturas dentais preparadas com tratamento ácido e o surgimento de resinas ditas compostas, uma evolução crescente foi presenciada nas possibilidades clínicas destes materiais. Estas melhorias se apresentavam não só no campo das características mecânicas como também nas ópticas (HIRATA *et al.*, 2001).

Mecanicamente as resinas poderiam, de forma simplificada, ser divididas em micropartículas e híbridas. As resinas de micropartículas, com partículas de carga de aproximadamente 0,04 micrômetros de diâmetro (sílica coloidal) e cerca de 50% de concentração por peso, se caracterizam por serem extremamente políeis, vítreas e estéticas, mas, com a impropriedade quanto à sua fragilidade e pequena resistência a fratura e desgaste em processo de fadiga. As marcas comerciais mais comuns seriam *Durafill VS* (Kulzer), *Silux Plus* (3M), *A 110* (3M) e *Renamel Microfill* (Cosmedent) (HIRATA *et al.*, 2001).

As resinas híbridas se caracterizam por possuírem uma maior quantidade de carga, sendo pelo menos uma delas a sílica coloidal, chegando a uma concentração de 70 a 90% (híbridas do tipo *flow* podem chegar a concentrações menores), por peso. Comportam-se mecanicamente com mais eficiência, sendo indicadas para situações de *stress* oclusal, mas pecam no quesito manutenção do polimento superficial (HIRATA *et al.*, 2001).

Deve-se agora dividir as resinas com relação ao comportamento óptico. Resinas de micropartículas possuem cargas extremamente pequenas e em baixa quantidade, o que resulta em comportamento de translucidez, pois os feixes de luz atravessam o corpo da resina entre as partículas de carga pela matriz orgânica. Exemplos comerciais de micropartículas convencionais são o *Durafill VS* (Kulzer), *Silux Plus* (3M). As híbridas podem se comportar como corpos parcialmente translúcidos como o *Charisma* (Kulzer), *Z-100* (3M), *Z-250* (3M) e *Tetric-ceram* (Vivadent), entre outros, sendo explicado pela forma extremamente regular das partículas e tamanho reduzido (HIRATA *et al.*, 2001).

4.4 Outras áreas de aplicação

Os biomateriais ainda podem ser utilizados para terapia celular, carreadores de fármacos, na oftalmologia, reconstrução da parede pulmonar, implantes de seios e glúteos, reconstrução

crânio-facial reconstrução da parede abdominal, cosméticos, cirurgias plásticas, rinoplastia, e aplicações avançadas como criação de nanorobôs para reparação do DNA (BANYARD *et al.*, 2015).

5. Conclusão

Os biomateriais incluem uma gama diversificada de produtos médicos que vão desde géis para matrizes a enxertos de células-tronco celulares e ao aprimorado de órgãos humanos. Com um número cada vez maior de empresas que aprimoram as tecnologias existentes, o foco deve mudar no design tridimensional para a função ideal, relacionando a sustentabilidade com a biomimética. Os altos custos de muitos dos materiais vai continuar a desafiar os pesquisadores a buscar mais soluções de baixo custo. Nesse meio tempo, os biomateriais já existentes podem servir como uma alternativa segura quando um tecido nativo estiver faltando (BANYARD *et al.*, 2015).

Referências

- AGRAWAL, C. M. *Reconstructing the human body using biomaterials*. Emerging Technologies Overview, p. 31-35, 1998.
- ALBERTI, E. A.; SILVA, L. J.; OLIVEIRA, A. S. S. M. *Manufatura aditiva: o papel da soldagem nesta janela de oportunidade*. Soldagem e Inspeção, São Paulo Vol. 19, n. 2, p. 190-198, 2014.
- ALMEIDA, R. S.; RIBEIRO, I. I. A.; SILVA, M. H. P.; ROCHA, D. N.; MIGUEL, F. B.; ROSA, F. P. *Avaliação da fase inicial do reparo ósseo após implantação de biomateriais*. Revista de Ciências Médicas e Biológicas Vol. 13, n. 3, p. 331-336, 2014.
- BANYARD, D. A.; BOUGEOIS, J. M.; WIDGEROW, A. D.; EVANS, G. R. D. *Regenerative Biomaterials: A review*. Regenerative Materials Vol. 135, n. 6, p. 1740-1748, 2015.
- BERGMANN, C. P.; STUMPF, A. G. *Biomaterials*. In: "Dental Ceramics Microstructure, properties and degradation". Ed. Elsevier, cap. 6, p. 9-14, 2013, Porto Alegre.
- BRASCHER, G. C.; SCALICE, R. K.; BECKER, D. *Metodologia para seleção de materiais baseada no QFD*. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2011.
- CATALANI, L. H. *A química dos polímeros a serviço da medicina*. 2011. Ciclo de conferências do ano internacional da química. Instituto de Química. Universidade de São Paulo.
- COSTA, V. S. *Os polímeros como biomateriais*. Disponível em <<http://www.spq.pt/magazines/BSPQ/548/article/3000289/pdf>>. Acessado em 25 de maio de 2016.
- FERNANDES, B. G. *Bioativação superficial de PEUAPM com hidroxiapatita*. 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Engenharia de Materiais.
- GENTILE, E. F.; ORTEGA, F. S.; FILHO, F. A.; PEREIRA, G. J.; KOLOSOSKI, J. *Curso de Engenharia de Materiais*. Projeto Pedagógico. 2009. Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana (FEI), São Bernardo do Campo.
- HIRATA, R.; AMPESSAN, R. L.; LIU, J. *Reconstrução de dentes anteriores com resinas compostas – uma sequência de escolha e aplicação de resinas*. Jornal Brasileiro de Estética e Odontologia Vol. 5, n. 25, p. 15-25, 2001.
- HUTMACHER, D. W. *Scaffold in tissue engineering bone and cartilage*. Biomaterials, v. 21, p. 2529-2543, 2000.
- MACNEIL, S. *Biomaterials for tissue engineering of skin*. Materials Today Vol. 11, n. 5, p. 25-35, 2008.
- MAIA, M.; Klein, E. S.; MONJE, T. V. G.; PAGLIOSA, C. *Reconstrução da estrutura facial por biomateriais: revisão de literatura*. Revista Brasileira de Cirurgia Plástica Vol. 25, n. 3, p. 566-572, 2010.
- OLIVEIRA, L. da S. *Moldagem em prótese total: uma revisão da literatura*. Monografia. 2012. Universidade Estadual de Londrina. Londrina.
- PIRES, A. L. R.; BIERHALZ, A. C. K.; MORAES, A. M. *Biomateriais: Tipos, aplicações e mercado*. Química Nova Vol 38, n. 7, p. 957-971, 2015.

QUIMITON. *Ciência dos Materiais.* Disponível em: <<http://quimiton.blogspot.com.br/p/ciencia-dos-materiais.html>>. Acessado em 25 de maio de 2016.

RANGEL, E. R.; GARCIA, J. A. R.; PEÑA, E. M.; HERNANDEZ, J. L. *Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza.* Investigación y Ciencia, n. 54, p. 56-61, 2012.

SILVA, M. H. P. *Apostila de Biomateriais. Materiais didáticos.* Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAfOo4AF/apostila-biomateriais>>. Acessado em 25 de maio de 2016.

SIMONI, G. M.; SILVA, A. W. *As características físico-químico-biológicas dos biomateriais e suas consequências na saúde humana em aplicações de próteses dentárias.* In: 2º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, p. 231-240.

SIONKOWSKA, A. *Current research on the blends of natural and synthetic polymers as new biomaterials: Review.* Progress in Polymer Science Vol. 36, p. 1254-1276, 2011.