

Biovidros

Monografia

CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO MÉDICA

DOCENTES:
CRISTINA RIBEIRO
JOÃO LOPES

REALIZADO POR:
MARIA JORGE SILVA | 1131291
TIAGO MONTEIRO | 1131198

Resumo

Com este trabalho de pesquisa bibliográfica serão estudados os materiais cerâmicos, Biovidros.

A escolha caiu sob este tema devido ao interesse do grupo em aprofundar o conhecimento neste material pois, após uma rápida pesquisa, descobriram-se vários exemplos do uso deste material na área médica. O facto de ambos os elementos do grupo não conhecerem este material ajudou na escolha.

O termo biovidro (bioglass em inglês) foi registado pela Universidade da Flórida como nome para a composição do 45S5. Logo, deve ser usado apenas como referência para o 45S5 e não como termo geral para os vidros bioativos. No entanto, no decorrer deste trabalho de pesquisa utilizaremos o termo biovidro como termo geral para vidros bioativos pois na seleção do tema de trabalho, o termo foi apresentado generalizado.

Este é um material bioativo, ou seja, possui a capacidade de interagir com o tecido ósseo através da formação de uma camada apatítica (HA), entre a prótese e o tecido, promovendo uma ligação química rápida e durável.

Os biovidros são materiais vítreos que, por possuírem biocompatibilidade e bioatividade com o organismo, não são rejeitados pelo mesmo, à semelhança do titânio, que é talvez o mais conhecido pela população. Este material está a ser utilizado principalmente como constituinte de aparelhos protéticos e como material de preenchimento para reparação de defeitos ósseos.

As porosidades interligadas dos biovidros adicionam vantagens para as próteses em tecido duro, pois a estrutura porosa suporta o tecido no seu crescimento e melhora a estabilidade do implante pela fixação biológica. A sua baixa resistência a fraturas faz com que este material seja mais usado em áreas em que não é aplicada muita carga.

O trabalho apresenta a caracterização de biovidros bioativos referente ao sistema $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$, visando o seu uso como substitutos ósseos, enxertos, ou preenchendo poros de outros biomateriais para facilitar o processo de osteocondução. A

sua caracterização é de grande importância para o estudo, porque através dela avalia-se as propriedades do biovidro sintetizado, sua composição e bioatividade.

O trabalho está organizado em resumo, estado da arte e conclusão. O estado da arte encontra-se dividido em 5 partes, Introdução, Propriedades do material, Características do material, Técnicas de Caracterização e Aplicações.

Palavras- Chave: biovidros; biomateriais;; caracterização;DRX;SEM;FRX.

Índice

Resumo	1
Índice de Figuras	4
Índice de Tabelas	5
Lista de Abreviaturas.....	6
1. Estado da Arte	7
1.1 Introdução	7
1.1.1. Descoberta dos Biovidros.....	8
1.2 Propriedades dos Biovidros	9
1.3 Características dos Biovidros.....	11
1.4 Técnicas de Caracterização.....	14
1.4.1 Espectrometria de fluorescência de raios-X.....	14
1.4.2 Análise Térmica	15
1.4.3 Difração de Raios-X.....	17
1.4.4 Microscopia Elétronica de Varrimento	18
1.5 Principais Aplicações na Área da Medicina.	22
2. Conclusão	23
3. Bibliografia.....	24

Índice de Figuras

Figura 1: Mandíbula com três pedaços de concha do mar implantadas	7
Figura 2: Composição dos Biovidros	8
Figura 3: Resultados obtidos com esta técnica de análise térmica.....	16
Figura 4: Difractograma de raio-X do biovidro após o choque térmico.....	17
Figura 5. Imagens obtidas pela técnica SEM de poros ou partículas de HA ocas	18
Figura 6. Imagens SEM que mostram a camada depositada de microesferas de HA.....	19
Figura 7. Imagens SEM de biovidros com diferentes composições de B4C.....	20

Índice de Tabelas

Tabela 1: Composição de Biovidros.....	7
Tabela 2: Exemplo da composição obtida com a técnica XPS.....	14

Lista de Abreviaturas

BV	Biovidros
HA	Hidroxiapatite
FRX	Espectrometria de fluorescência de raios- X
DRX	Difração de raios-X
SEM	Microscopia Eletrónica de Varrimento

1. Estado da Arte

1.1 Introdução

Desde há muito tempo, o homem tem procurado restaurar funções do corpo humano, danificado por trauma ou doença. Um material, para ser implantado, tem de possuir propriedades químicas e mecânicas semelhantes às do organismo, para não causar nenhum dano ao organismo, pois perderia a sua função. Materiais que apresentam essas propriedades são chamados de biomateriais.

A aplicação de biomateriais acontece desde a pré-história, como prova a descoberta de crânios com trepanações nas quais foram utilizadas placas de ouro e prata, a aplicação de implantes dentários, e a utilização de fios de sutura. O primeiro registo de um implante não orgânico enxertado num osso humano, data de 600 d.C. O primeiro implante endosteal aloplástico realizado com êxito provém das Honduras e data 1931. Trata-se de uma mandíbula na qual três fragmentos de concha do mar estavam no lugar dos incisivos inferiores. Descobriu-se que este implante terá sido feito num paciente vivo.

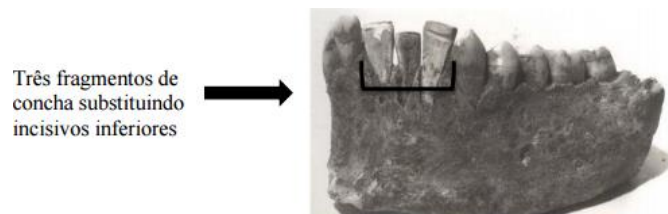


Figura 1. Mandíbula com três pedaços de concha do mar implantadas.

Uma breve análise à história faz-nos ver a evolução da composição de materiais no sentido de eles se tornarem cada vez mais inertes quimicamente e aceites pelo organismo. Nos anos 60, foi atingido um grande progresso na compatibilidade biológica e sobrevivência do material através da minimização da interação recetor-material. Por esta altura, os materiais eram principalmente compostos por metais, o que levava à sua corrosão devido à natureza agressiva dos fluidos corporais, daí a necessidade de se conseguir compor um material o mais inerte quimicamente possível.

Foi nos meados dos anos 70, que surgiu um novo conceito de implantes, sendo que estes eram produzidos de forma a imitar o tecido ósseo. Para isto, era usado a HA, composta por fosfato de cálcio cristalino.

A HA é um material bioativo e biocompatível muito usado mas que apresenta um módulo de young baixo e a tenacidade à fratura com a natureza frágil.

A procura de materiais que conseguem reparar tecidos danificados sem provocar danos ao paciente continua, mas agora, o objetivo não é apenas reparar danos causados por acidentes ou diminuir as implicações de uma deficiência, mas também aumentar a expectativa de vida.

É de realçar o facto dos biomateriais possuírem biocompatibilidade, ou seja, possuem a capacidade do material não apresentar nenhum dano ao organismo depois de implantado.

Os biomateriais tradicionais são materiais que não tinham o objetivo de ser utilizados no corpo humano e, por isso não são reconhecidos pelo organismo e causam reações indesejadas. Os novos biomateriais, como o biovidro, são desenvolvidos com o plano de serem utilizados no corpo humano.

1.1.1. Descoberta dos Biovidros

O Professor Larry Hench, da Universidade da Florida, em 1967 apontou um novo material biocompatível, o biovidro 45S5. Este material utilizava a sílica como material base e que depois era combinado com outros materiais consoante o objetivo pretendido, um exemplo é a mistura com cálcio para imitar o osso.

Uma vantagem da utilização desta composição em relação à HA, era a mais rápida estimulação da formação de osso no caso de uma fratura. E assim nasceu o BV sendo definido como um material que provoca uma reação biológica específica entre o organismo e o material. Outra vantagem é a fixação biológica e a capacidade de se ligar

tanto a tecidos moles como duros, enquanto que a hidroxiapatite além de se ligar apenas a tecidos duros, precisa de um suporte para tal.

O BV é um tipo de material biocerâmico com uma variedade de composições químicas. Os biovidros possuem a capacidade de estimular mais intensamente a regeneração óssea comparando com qualquer outra cerâmica bioativa. Estudos *in vivo* mostram que os biovidros se ligam mais facilmente ao osso que qualquer outra biocerâmica.

1.2 Propriedades dos Biovidros

Este biomaterial é bioativo logo, ocorrem ligações de natureza química entre o material e o tecido ósseo. A formação de uma camada policristalina de aglomerados de HA na superfície do BV atribui a bioatividade a este material. A HA é quimicamente e estruturalmente semelhante ao mineral fosfato de cálcio presente no tecido ósseo humano logo, os osteoblastos conseguem proliferar na camada de HA, ajudando na formação de um forte vínculo no osso circundante.

Pela similaridade química entre estes materiais e a parte mineral óssea, os tecidos ósseos ligam-se a eles, permitindo a osteocondução por meio do recobrimento por células ósseas.

Os biovidros são biocompatíveis, ou seja, apresentam a capacidade de resistir ao ataque dos sistemas biológicos sem sofrer degradação ou perda de função e sem liberar substâncias lesivas ao hospedeiro, ao mesmo tempo o hospedeiro não sofre problemas físicos ou químicos devido à presença do material.

São biodegradáveis pois dissolvem-se no corpo do organismo para permitir que retome o funcionamento natural.

Os biovidros apresentam boas propriedades mecânicas em exceção do módulo de young. Têm uma resistência à tração de 42 MPa, uma força compressiva de 500 MPa, um módulo de elasticidade de 35 GPa e uma tenacidade à fratura de $2 \text{ MPa.m}^{-1/2}$.

O biovidro possui uma densidade de $3,16 \text{ g/cm}^3$. A maioria dos biovidros comerciais possui um módulo de rutura entre 40 e 60 MPa, o que faz com que sejam impróprios para o uso em implantes estruturais, pois o valor máximo de tensão a que uma prótese é submetida pode atingir os 130 MPa.

Hench verificou que os biovidros, mesmo com todas as suas vantagens em relação à bioatividade, apresentavam dois problemas: as superfícies serem cortantes, uma característica dos vidros, e a sua fragilidade. Para contornar o problema da fragilidade foi sugerida a cristalização do material, tornando-o mais resistente. A combinação com materiais mais resistentes e a variação estequiométrica dos óxidos permitiu o desenvolvimento de novos materiais com inúmeras aplicações, observando que a capacidade de um vidro se ligar ao tecido ósseo, sofrer biodegradação e formar uma camada apatítica superficial, varia em função da sua composição e relação dos seus constituintes.

Estudos mostram que os biovidros conseguem ligar-se a certos tecidos conjuntivos através da formação de colagénio com a superfície vítrea. As porosidades dos biovidros são um fator importante para próteses em tecidos rígidos pois, a estrutura porosa suporta o crescimento de tecidos e melhora a estabilidade do implante. No entanto, a sua pouca resistência a fraturas faz com que sejam mais usadas em áreas onde existe pouca carga exercida. Desenvolveram-se então biovidros parcialmente cristalizados com resistência mecânica suficiente para permitir uma fácil usinabilidade, para aplicações cirúrgicas e dentárias. No entanto, a cristalização pode diminuir a bioatividade mas, como a formação de fases cristalinas aumenta as suas propriedades mecânicas, este processo tornou-se interessante.

1.3 Características dos Biovidros

O professor Hench decidiu produzir um vidro degradável com a composição Na_2O , CaO , SiO_2 e P_2O_5 , com alta composição em cálcio. Produziu então o BV 45S5 e descobriu que este BV formava uma ligação com o osso tão forte que não podia ser removida sem se partir o próprio osso. A composição molar do BV 45S5 é 45% sílica, 24.5% óxido de sódio, 24.5% óxido de cálcio e 6% pentóxido de fósforo. Este BV liga-se ao osso rapidamente e consegue, também, estimular o crescimento ósseo na zona do implante. Na [tabela 1](#), mostramos outros exemplos de composição de biovidros e as respetivas designações.

Tabela 1. Composição de diferentes biovidros.

Glass	SiO_2	P_2O_5	CaO	$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$	CaF_2	Na_2O	Others	Properties
Bioglass 42S5.6	42.1	2.6	29.0			26.3		Mol%
Bioglass 46S5.2	46.1	2.6	26.9			24.4		Mol%; best tissue bonding of bioglass formulas
Bioglass 49S4.9	49.1	2.6	25.3			23.8		Mol%
Bioglass 52S4.6	52.1	2.6	23.8			21.5		Mol %
Bioglass 55S4.3	55.1	2.6	22.2			20.1		Mol %
Bioglass 60S3.8	60.1	2.6	19.6			17.7		Mol%, no phosphate film formed
Bioglass 45S5	45	6	24.5			24.5		The original Bioglass formulation; binds with bone and soft tissues
Bioglass 45S5F	45	6	12.25		12.25	24.5		
Bioglass 45S5.4F	45	6	14.7		9.8	24.5		
Bioglass 40S5B5	40	6	24.5			24.5	5 B_2O_3	
Bioglass 52S4.6	52	6	21			21		
Bioglass 55S4.3	55	6	19.5			19.5		
Bioglass 8625	?	?	?			?	Fe_2O_3	Highly biocompatible, does not bind with tissues, fibrous encapsulation; absorbs infrared radiation, can be laser sealed, used for RFID tag encapsulation

O BV liga-se tão fortemente ao osso pois a proporção molecular do cálcio e dos óxidos de fósforo são semelhantes às existentes no próprio osso humano. A superfície do implante de BV, quando colocado nos fluídos corporais, é convertida para uma camada de gel que se mineraliza em hidroxicarbonato em poucas horas. Como a camada de gel

se assemelha à matriz da hidroxiapatite, os osteoblastos são diferenciados e, assim se deposita novo osso.

Como os biovidros apresentam a propriedade bioativa, em alguns testes mostraram-se superiores a outros materiais usados como implante, proporcionando a reparação total dos defeitos depois de implantados. Apresentam ainda a vantagem de não precisarem de ser substituídos após a implantação, ao contrário dos implantes metálicos. No entanto, quando são implantado na forma de particulado pode migrar pelo sistema linfático e quando implantado na forma sólida pode não ocorrer uma boa fixação do biovidro implantado com a matriz óssea.

O nível de bioatividade de qualquer material é dado pelo índice de bioatividade (I_B) e corresponde ao tempo necessário para que metade da interface se ligue. Um material com I_B superior a 8, como o 45S5, liga-se tanto a tecido mole como a tecidos mais rígidos. Materiais com I_B superior a 0 mas inferior a 8, apenas se ligam a tecidos rígidos.

Usando testes *in vitro* foi comprovada a bioatividade dos biovidros. Estes foram inseridos num meio aquoso. Neste meio, os biovidros perdem iões sódio (Na^+) para o meio, o que forma uma camada rica em SiO_2 na sua superfície. Esta camada estimula a formação de uma outra camada (em gel) de cálcio e fosfato, sendo que, o gel pode-se juntar ao colagénio. A combinação gel e colagénio impede a dissolução dos biovidros. Quando espalhadas num tecido, as pequenas partículas de biovidros fazem troca de iões com o mesmo, o que resulta na formação de uma camada de sílica. Esta camada é posteriormente recoberta com uma camada de cálcio e de fosforo, recuperando assim o tecido que foi danificado.

Como já fizemos referencia, os biovidros são constituídos principalmente por três compostos, sendo eles Na_2O , CaO e SiO_2 . Se alterarmos as proporções destes minerais, alteramos as propriedades do BV e, assim, provocamos que o BV seja inerte, reabsorvível ou até mesmo regenerativo, como mostra a [figura 2](#).

Biovidros

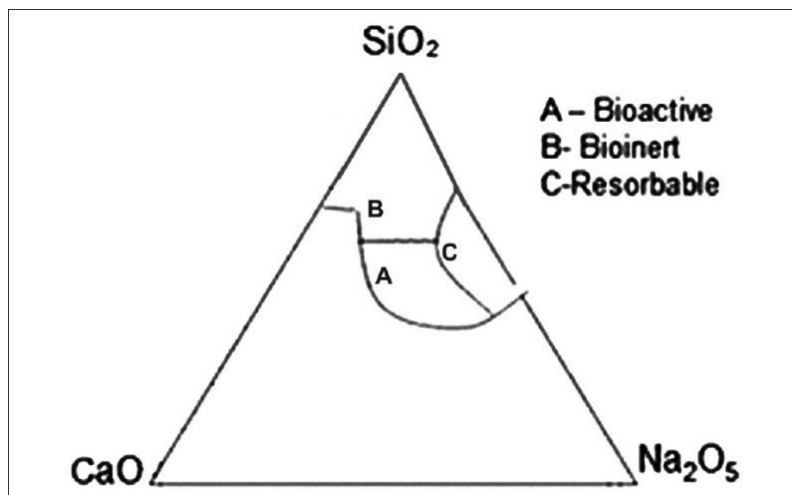


Figura 2. Composição dos biovidros

Como já fizemos referência, o termo Biovidros engloba vários modelos com diferentes composições. Dentro deste grande grupo, encontramos os convencionais silicatos (como o biovidro 45S5), os vidros à base de fosfatos, os vidros à base de borato, os vidros à base de sílica, entre outros. Cada um apresenta características distintas de modo a servirem um determinado propósito.

Por exemplo, os vidros à base de borato são cada vez mais procurados na área da saúde, pois revelaram resultados positivos para a cura de feridas crónicas que não se conseguia curar com tratamentos comuns. Esta resposta pode resultar de uma dissolução mais rápida que a dos vidros à base de sílica.

Outro tipo de biovidros, os vidros fosfatados têm sido intensamente investigados, podendo ser utilizados num amplo espectro de aplicações, tais como matrizes para a imobilização de rejeitos radioativos, hospedeiros de iões de terras-raras para vidros lasers, fibras e lentes óticas, elétrodos e dispositivos de lixiviação aplicados à agricultura. Além disso, estes materiais são fáceis de serem obtidos a temperaturas relativamente baixas (900 a 1200°C) e apresentam baixa temperatura de trabalho.

1.4 Técnicas de Caracterização

O estudo de qualquer material leva à necessidade de desenvolver técnicas de caracterização para assim, ocorrer a selecção adequada do material a ser usado.

A caracterização estuda as propriedades do material, ou seja, cada material tem as suas próprias características. Dependendo do uso do material ou característica requerida poderá abranger a avaliação de propriedades mecânicas, elétricas, bioatividade, imunogenicidade, eletrônicas, magnéticas, ópticas, químicas, térmicas e até mesmo a combinação de duas ou mais destas propriedades.

Uma caracterização microestrutural correta possui a determinação da estrutura cristalina, composição química, quantidade, tamanho, forma e distribuição das fases. A determinação da estrutura cristalina normalmente envolve técnicas de difração, tais como a difração de raios X. Para determinar a composição química das fases e das microrregiões são mais usadas as análises de raios X por comprimentos de onda ou por dispersão de energia. A quantidade, tamanho, morfologia e distribuição das fases e defeitos cristalinos são características estudadas com auxílio de microscopia óptica, da microscopia eletrónica de varredura e microscopia eletrónica de transmissão.

1.4.1 Espectrometria de fluorescência de raios-X

A espectrometria de fluorescência de raios-x é um método analítico utilizado com o objetivo de determinar a composição química de qualquer amostra orgânica ou inorgânica. Para realizar este método, a amostra pode estar em vários estados, sólido, líquido ou até mesmo em pó.

Nesta técnica, a excitação é geralmente provocada por irradiação da amostra com o feixe de raios X proveniente de um tubo de raios-X ou até de uma fonte radioativa. Este feixe conduz à excitação dos elementos presentes na amostra, emitindo as suas próprias linhas características de fluorescência de raios-X. A FRX é então utilizada para

determinar rapidamente a quantidade de todos os elementos da amostra (com excepção para elementos mais leves), para identificar qualitativamente os elementos que possuem um numero atómico superior ao do oxigénio (> 8) e também para fazer uma análise quantitativa e semi-quantitativa.

O facto desta técnica não ser destrutiva, permite a sua realização com baixas quantidades de amostra, mantendo, no entanto, a sua alta precisão. No que diz respeito ao tempo que esta técnica demora a ser realizada, representa mais uma vantagem pois tanto pode demorar apenas segundos como trinta minutos dependendo do numero de elementos, concentrações e valores de exatidão pretendidos.

A utilização desta técnica nos biovidros tem o objetivo de determinar a composição do BV, tanto os compostos como as respectivas quantidades. A tabela seguinte mostra um possível resultado desta técnica:

Tabela 2. Exemplo da composição obtida com a técnica FRX.

Substâncias	% em massa
Na₂O	12,1
CaO	20,2
SiO₂	61,2
P₂O₅	6,2

Com base nesta informação e cruzando informação com os valores dados para a bioatividade, conseguimos determinar que, para este caso, o material é realmente um biovidro pois a sua composição está dentro da região delimitada como sendo bioactiva.

1.4.2 Análise Térmica

A análise térmica, tal como o próprio nome indica, é uma técnica na qual uma propriedade física ou química de uma determinada substância ou dos seus produtos de reacção, é monitorizada em função do tempo ou temperatura, enquanto que a temperatura da amostra é submetida a alterações controladas sob um ambiente também controlado em variáveis como a pressão ou a humidade.

Com o intuito de definir o intervalo de temperaturas em que ocorre a decomposição, nucleação ou a cristalização dos reagentes do biovidro, é realizada uma análise térmica por calorimetria diferencial de varrimento (DSC).

A calorimetria diferencial de varrimento é uma técnica térmica onde a diferença entre a temperatura da amostra e a temperatura de referencia é registada em função da temperatura a que se encontra o sistema, à medida que a amostra é aquecida ou arrefecida a velocidades constantes.

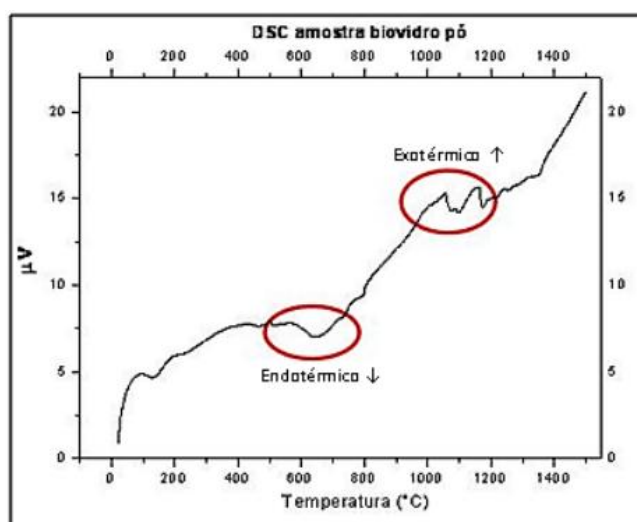


Figura 3. Resultados obtidos com esta técnica de análise térmica.

A figura acima representa um possível resultado da análise por calorimetria diferencial de varrimento. Como podemos observar, facilmente se identifica a existência de uma região endotérmica e outra exotérmica. A região endotérmica, representa o intervalo de temperatura em que os reagentes se decompõem, enquanto que, a região exotérmica, representa o intervalo de temperatura onde ocorre a cristalização dos reagentes.

Este resultado foi obtido em <http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2012/MEQ12040.pdf>.

1.4.3 Difração de Raios-X

Esta técnica é utilizada com o objetivo de determinar a composição mineralógica dos biovidros.

A DRX é um dos principais métodos usados para determinar estruturas cristalinas. É aplicável a materiais inorgânicos e orgânicos e baseia-se na interação dos raios-X com os eletrões dos átomos. A partir das figuras resultantes da DRX podemos obter informações sobre a rede cristalina, pois esta provoca a difração.

Nesta técnica, os raios-X ao atingirem um material podem ser espalhados elasticamente, sem perda de energia pelos eletrões. O fóton de raios-X após a colisão com o eletrão muda a sua trajetória, no entanto, mantém a mesma fase e energia do fóton incidente.

A confirmação de que o BV é um material amorfo foi feito no experimento <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1083/1/Finalpdf2.pdf>, onde se utilizou a difração de raios-X.

A natureza amorfa do biovidro (pó) antes ser sinterizado foi confirmada pela ausência de picos cristalinos definidos pelo espectograma da figura 4. Esta natureza amorfa já era esperada devido à composição selecionada pois os biovidro possuem modificadores de rede, tais como o sódio e o potássio, o que permite a formação de materiais vítreos devido à ocupação dos iões alcalinos de locais aleatórios na estrutura de sílica, o que consente a formação de uma estrutura que não apresenta periodicidade e estes iões usufruem da capacidade de aumentar o poder de desvitrificação da amostra.

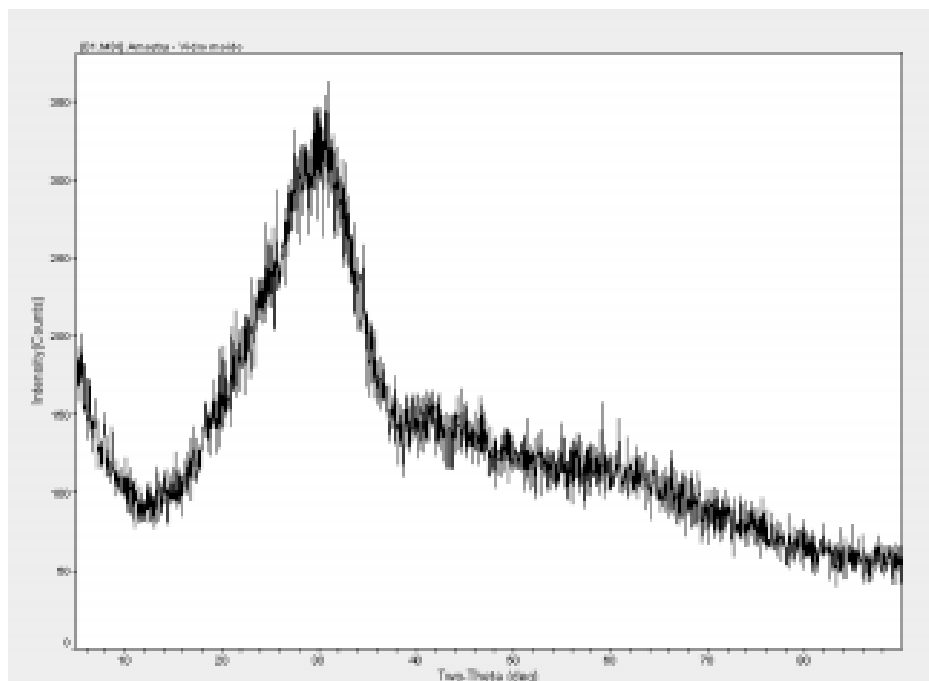


Figura 4. Difractograma de raio-X do biovidro após o choque térmico.

1.4.4 Microscopia Elétronica de Varrimento

Esta técnica de caracterização permite a caracterizar a microestrutura de amostras como metais, cerâmicos, compósitos e biomateriais.

O princípio de funcionamento desta técnica baseia-se na incidência de um feixe de eletrões num ponto da superfície da amostra-alvo, e a recolha dos sinais emitidos por este material aquando da incidência do feixe. As imagens são construídas com base na deteção das radiações em cada ponto respeitando a correspondência ponto imagem - ponto objeto e brilho - intensidade do sinal.

A técnica SEM tem uma resolução entre 1,2 e 10 nm, uma energia do feixe eletrónico entre 0,1 e 30 keV. Permite obter imagens com ampliação desde 10x até 18000x superior às obtidas por microscopia ótica de reflexão. Tem uma profundidade de campo de 30µm.

Num experimento publicado em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3085647/>, analisou-se imagens SEM de BV.

O produto da conversão de BV consiste, usualmente numa estrutura mesoporosa de partículas com uma área de superfície elevada. Macroscopicamente, depende da composição de BV. O produto pode ser parcialmente convertido, quando consiste numa camada de HA e um núcleo não convertido (usual em vidros de silicato, tais como 45S5 e 13-93), ou totalmente convertidos em HA (usual em vidros de borato 13-93B3). Como a quantidade de HA formado num material completamente convertido depende da quantidade de Ca no vidro de partida, e uma vez que a reacção de conversão é pseudomórfica, pode ocorrer a formação de poros ou de produtos de HA ocas.

A figura seguinte mostra imagens, obtidas pela técnica SEM, da secção transversal de poros ou de partículas de HA ocas, preparadas através da conversão de partículas de BV de borato com diferentes concentrações de CaO.

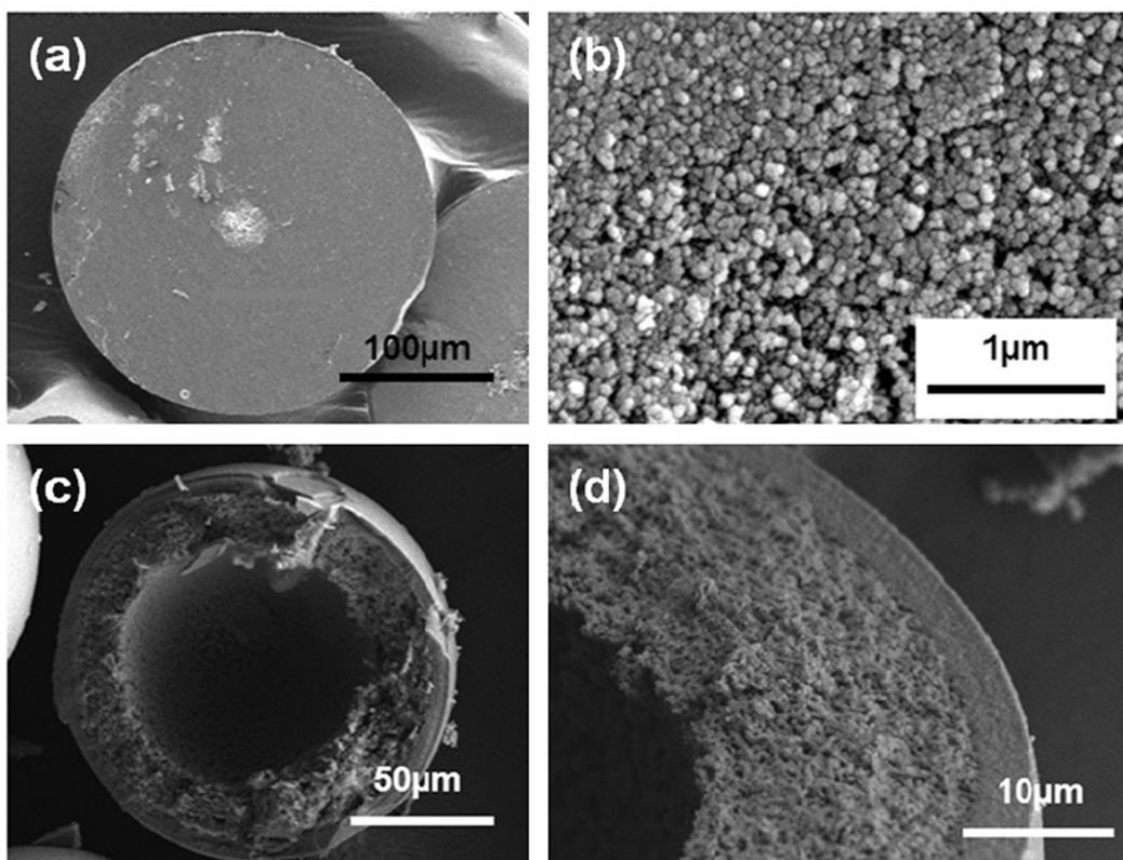


Figura 5. Imagens obidas pela técnica SEM de poros ou partículas de HA ocas.

Estas imagens mostram que, em alguns estudos, a microestrutura não é homogénea pela secção transversa. Como é mostrado na figura 6, existe uma estrutura depositada que pode ser complexa, dependendo da composição do vidro inicial. Uma possível explicação para a ocorrência desta camada depositada, assenta que a reação de conversão não acontece de modo contínuo. Para e arranca de acordo com a concentração dos iões do vidro e da solução.

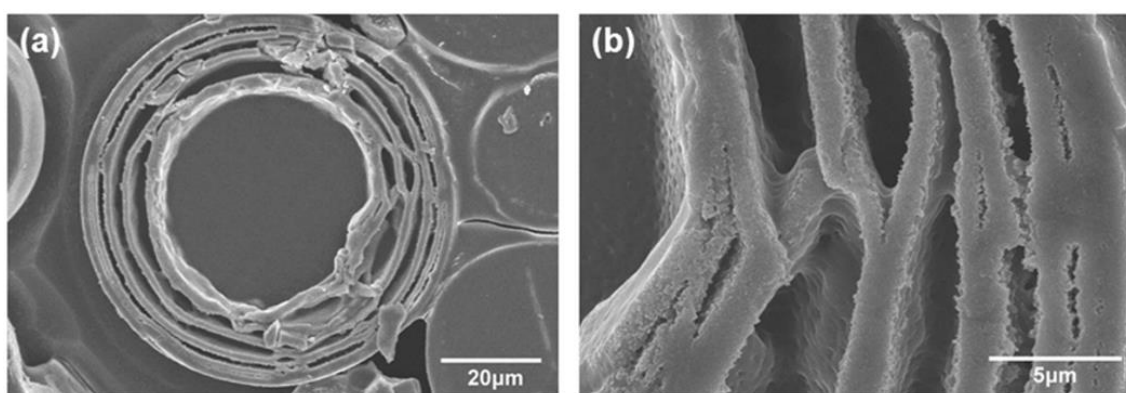


Figura 6. Imagens SEM que mostram a camada depositada de microesferas de HA.

Outro estudo publicado em <http://web-resol.org/textos/Biovidros.pdf> mostra as microestruturas porosas das amostras.

Os poros observados na figura 7, e são interconectados e de vários tamanhos. Isto não nega a hipótese destes biovidros possuírem poros fechados. O mecanismo de formação de poros na estrutura do BV é explicado pela evolução de gases, que levam à formação de bolhas, deixando o material poroso.

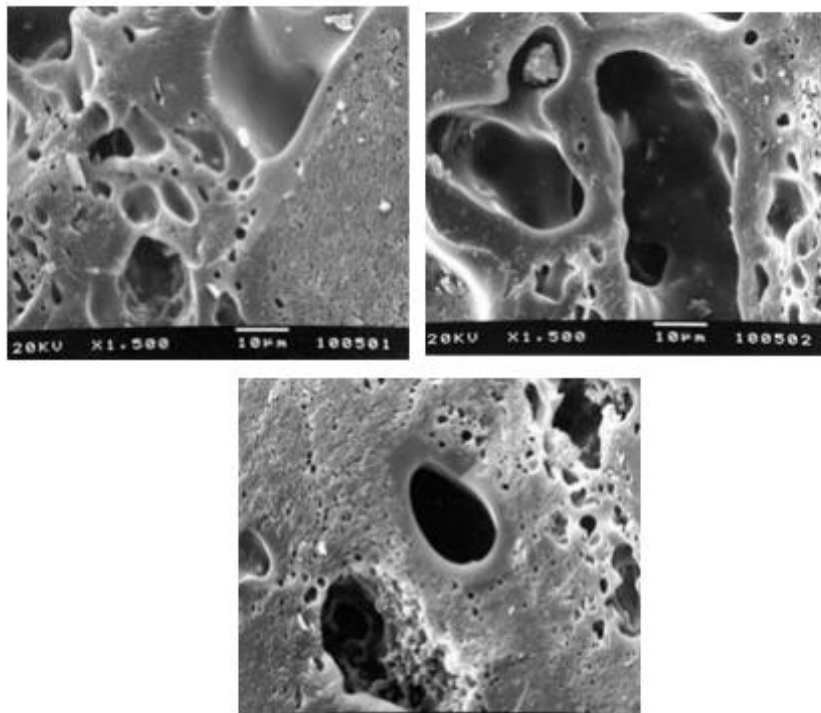


Figura 7. Imagens SEM de biovidros com diferentes composições de B₄C.

Soluções aquosas de carbonatos de metais polivalentes são usadas na produção de materiais porosos pois são de fácil descarbonização. A diminuição da densidade do BV pode também ser explicada pela entrada do boro nas redes cristalinas de silicatos e fosfatos.

1.5 Principais Aplicações na Área da Medicina.

Os biovidros têm uma vasta gama de aplicações médicas e dentárias, sendo muito utilizados nas áreas de reparação e regeneração óssea através da engenharia de tecidos.

São usados em materiais de enxerto ósseo sintético para reparação ortopédica, craniofacial, maxilofacial e periodontal, osteomielite crônica (o BV capaz de inibir o crescimento bacteriano é o S53P4). Estes estão disponíveis para os cirurgiões em uma forma particulada. São também utilizados em implantes cocleares, como excertos ósseos ou como material de revestimento de implantes dentários.

O BV 45S5 é frequentemente utilizado em excertos ósseos tal como já referimos nos capítulos anteriores. No entanto, recentes pesquisas mostraram a capacidade do BV em promover a angiogénese (criação ou reparação de vasos sanguíneos a partir de vasos já existentes), o que é crítico para diversas aplicações de ordem regenerativa como a regeneração de feridas em tecido mole.

O BV também tem sido associado ao fortalecimento da neocartilagem durante o desenvolvimento *in vitro* de culturas de hidrogéis de condrócitos-cultivados (termo em inglês: *chondrocyte-seeded hydrogels*) e para servirem com um substrato na construção osteocondral.

Wilson et al. foram os primeiros a demonstrar que o BV 45S5 também exibia interação com o tecido conjuntivo, desde que a interface estivesse imóvel. Estes autores mostraram também que apenas os vidros com taxas rápidas de reação superficial são capazes de interagir com o tecido conjuntivo, restringindo de maneira considerável as composições que exibem essa propriedade. Essa constatação serviu de base para o uso do BV 45S5 em procedimentos cirúrgicos destinados à reconstituição da cadeia ossicular, conhecido como ossiculoplastia, e também na sua aplicação para a preservação do rebordo alveolar em pacientes submetidos à exodontia (extração dos dentes) e posterior colocação de implantes.

2. Conclusão

Com este trabalho de monografia, conseguiu-se mostrar que os biovidros são materiais pouco investigados mas com um futuro promissor.

O primeiro biovidro levou a uma abertura do pensamento, quando se descobriu que este formava uma ligação com o osso tão forte que não podia ser removida sem se partir o próprio osso e que estimulava o crescimento ósseo na zona do implante. Como, ao contrário da hidroxiapatite, é capaz de se ligar tanto a tecidos moles como duros.

A espectrometria de fluorescência de raios x é usada para determinar a composição do BV, onde se mostrou a bioatividade deste. A calorimetria diferencial de varrimento mostra que existe uma região endotérmica e outra exotérmica. A região endotérmica, representa o intervalo de temperatura em que os reagentes se decompõem, enquanto que, a região exotérmica, representa o intervalo de temperatura onde ocorre a cristalização dos reagentes. A DRX confirmou que o BV é um material amorfo. A SEM mostra que ocorreu a formação de poros ou de produtos de HA ociosos.

3. Bibliografia

1. Alisson. E., 2015. NOVO BIOVIDRO REDUZ RISCO DE FALHAS EM IMPLANTES DE TITÂNIO. Disponível em: http://agencia.fapesp.br/novo_biovidro_reduz_risco_de_falhas_em_implantes_de_titanio/20807/ [acedido a 10 de Junho de 2016].
2. Bellon.P., 2012. SÍNTESE DO BIOVIDRO E SUA CARACTERIZAÇÃO. Disponível em: <http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2012/MEQ12040.pdf/> [acedido a 10 de Junho de 2016].
3. Chen.Q., Zhu.C., Thouas.G., 2012. PROGRESS AND CHALLENGES IN BIOMATERIALS USED FOR BONE TISSUE ENGINEERING: BIOACTIVE GLASSES AND ELASTOMERIC COMPOSITES. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1186/2194-0517-1-2/> [acedido a 10 de Junho de 2015].
4. Costa.E, Novaki.L, Tsai.H., Pereira.L., Andrade.A., Santos.C., Borges.C., Marques.M., Cruz.A., Santos.F., Silva.J., 2003. BIOVIDROS. Disponível em: <http://www.resol.com.br/textos/Biovidros.pdf/> [acedido a 5 de Abril de 2016].
5. Rahaman,M., Day,D., Bal.B., Fu.Q., Jung.S., Bonewald.L., Tomsia.A., 2011. BIOACTIVE GLASS IN TISSUE ENGINEERING. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3085647/> [acedido a 19 de Maio de 2016].

6. Ribeiro.C., 2003. PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CERÂMICAS À BASE DE HIDROXIAPATITA E FOSFATO-TRICÁLCICO. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Christiane%20Ribeiro_M.pdf/ [acedido a 5 de Abril de 2016].

7. Stephanie.S. 2012. DESENVOLVIMENTO E SUPORTES POROSOS DE BIOVIDRO PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS. Disponível em: <https://ubiblorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1083/1/Finalpdf2.pdf> [acedido a 10 de Junho de 2016].

8. Gonçalves.M.,CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E TÉCNICA DE MATERIAIS. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573924298/DSC2010.pdf> [acedido a 10 de Junho de 2016].