

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

MANOELLA CHAMON

**ASSOCIAÇÃO VIA SOL-GEL, DE SILÍCIO EM POLIGLACTINA, COMO
ALTERNATIVA À POLIDIOXANONA NO REJUVENESCIMENTO FACIAL**

BELO HORIZONTE

2022

MANOELLA CHAMON

**ASSOCIAÇÃO VIA SOL-GEL, DE SILÍCIO EM POLI GLACTINA, COMO
ALTERNATIVA À POLIDIOXANONA NO REJUVENESCIMENTO FACIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Graduação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Hermes de Souza Costa

BELO HORIZONTE

2022

MANOELLA CHAMON

**ASSOCIAÇÃO VIA SOL-GEL, DE SILÍCIO EM POLIGLACTINA, COMO
ALTERNATIVA À POLIDIOXANONA NO REJUVENESCIMENTO FACIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Graduação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Assinado em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Hermes de Souza Costa - Orientador - DEMAT/CEFET- MG

Prof. Nilton da Silva Maia

Prof. Mayra Aparecida Nascimento

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me proporcionado essa caminhada, guiado todos os meus passos durante toda a minha trajetória até aqui, me dado discernimento para tomar as melhores decisões e resiliência para enfrentar todos os obstáculos.

Agradeço meus pais, meus maiores exemplos, Tarik e Katia, por terem investido na minha formação acadêmica e me proporcionado as melhores oportunidades. Obrigada por acreditarem, confiarem e investirem em mim!

À minha irmã, Jordanna, obrigada por todos os ensinamentos, conselhos e por sempre ter me falado que eu era capaz de chegar até o fim. À minha irmã Deborah, obrigada pelo colo, pelo cuidado e por sempre estar ao meu lado quando as coisas apertavam.

Agradeço ao meu namorado, Pedro, pelo carinho, incentivo e por sempre estar disposto a me ouvir, sendo calento aos momentos de choro, angústia e desespero. Obrigada por ser o meu lugar de paz.

Ao meu orientador Hermes, que aceitou de bom grado orientar este trabalho. Sou extremamente grata por todo o incentivo, suporte, e dedicação, os quais contribuíram para gerar clareza na execução do trabalho e o conduzir com competência e excelência.

À Doutora Luiza Mol pelo fornecimento do fio de polidioxanona.

Ao CEFET-MG, aos colegas de curso e aos professores do departamento de Engenharia de Materiais, que contribuíram para minha formação como pessoa, estudante e profissional.

RESUMO

O presente estudo apresenta uma caracterização química e morfológica de fios a base de poliglactina revestido com vidro bioativo, comparando-os com fios de polidioxanona utilizados em rejuvenescimento facial. A obtenção do vidro bioativo ocorreu via rota sol-gel, os 3 fios de poliglactina 910 foram imersos 3, 4 e 5 vezes na solução e foram caracterizados por Espectroscopia infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e Microscopia eletrônica de varredura (MEV), sendo comparados com o fio de polidioxanona. Foram realizadas análises qualitativas e quantitativas das imagens obtidas. Foram medidos os diâmetros de cada fio, com objetivo de verificar se os fios revestidos com vidro bioativo apresentam diâmetro semelhante com o fio de polidioxanona. Os fios de poliglactina revestidos apresentaram efetiva aderência do vidro bioativo na superfície, mesmo que tenha ficado craquelada, podendo ser pelo manuseio durante imersão e secagem. Os fios de poliglactina apresentaram diâmetros maiores que os de polidioxanona, mas por ser um fio trançado sugerem maiores áreas, capazes de gerar reações teciduais, o que pode favorecer a função de ancoramento e sustentação tecidual.

Palavras-chave: Polidioxanona; Poliglactina; Vidro Bioativo.

ABSTRACT

The present study presents a chemical and morphological characterization of polyglactin-based threads coated with bioactive glass, comparing them with polydioxanone threads used in facial rejuvenation. The bioactive glass was obtained via the sol-gel route, the 3 strands of polyglactin 910 were immersed 3, 4 and 5 times in the solution and were characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Scanning Electron Microscopy (MEV), being compared with the polydioxanone thread. Qualitative and quantitative analyzes of the images obtained were performed. The diameters of each wire were measured, with the aim of verifying whether the wires coated with bioactive glass had a similar diameter to the polydioxanone wire. The coated polyglactin threads showed effective adherence of the bioactive glass to the surface, even if it had become cracked, which could be due to handling during immersion and drying. The polyglactin wires had larger diameters than the polydioxanone wires, but because it is a braided wire, they suggest larger areas, capable of generating tissue reactions, which may favor the function of anchoring and tissue support.

Keywords: Polydioxanone; Polyglactin; Bioactive glass.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Processo de envelhecimento da pele
- Figura 2 – Polimerização, hidrólise e degradação da polidioxanona
- Figura 3 – Processo de Inserção de Fios de Polidioxanona
- Figura 4 – Etapas principais da interação de um biomaterial com um tecido hospedeiro
- Figura 5 – Silício com Glicosaminoglicanos e Proteoglicanos na estrutura dérmica
- Figura 6 – Fluxograma dos procedimentos realizados neste trabalho
- Figura 7 – Resumo do Processo de Imersão
- Figura 8 – Comparação dos fios de PGA imersos em vidro bioativo
- Figura 9 – Espectro de FTIR dos fios
- Figura 10 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de Polidioxanona
- Figura 11 – Microscopia Eletrônica de Varredura da seção transversal do fio de Polidioxanona
- Figura 12 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de Poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo
- Figura 13 – Microscopia Eletrônica de Varredura da Seção Transversal do fio de Poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo
- Figura 14 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de Poliglactina imerso 4 vezes em vidro bioativo
- Figura 15 – Microscopia Eletrônica de Varredura da Seção Transversal do fio de Poliglactina imerso 4 vezes em vidro bioativo
- Figura 16 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo
- Figura 17 – Microscopia Eletrônica de Varredura da Seção Transversal do fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo
- Figura 18 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Fio de Poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo
- Figura 19 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Fio de Poliglactina imerso 4 vezes em vidro bioativo
- Figura 20 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo
- Figura 21 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Polidioxanona
- Figura 22 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo

Figura 23 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Poliglactina imerso 4 vezes em vidro bioativo

Figura 24 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PDO – Polidioxanona

PGA – Poliglactina

H₂O – Água

CO₂ – Dióxido de Carbono

TEOS – tetraetilortosilicato

TEP – trietilfosfato

FTIR – Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivos Gerais	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 Bioamateriais Poliméricos.....	13
3.2 Rejuvenescimento Facial.....	13
3.2.1 Utilização do Fio de Polidioxanona no Rejuvenescimento facial	15
3.3 Suturas	19
3.3.1 Fio de Poliglactina 910	19
3.4 Vidros Bioativos	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 Visão Geral.....	22
4.1.1 Caracterização química do fio de polidioxanona por FTIR.....	22
4.1.2 Preparo da solução inicial para obtenção de vidro biotivo	23
4.1.3 Imersão do fio de polidioxanona na solução obtida.....	23
4.1.4 Caracterização Química do Fio de Poliglactina associado ao vidro bioativo por FTIR.....	26
4.1.5 Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1 Fase Exploratória	27
5.2 Espectroscopia na Região do Infravermelho por Transformada de Fourier.....	28
5.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	29
6. CONCLUSÕES	37
5. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a busca por intervenções corporais vem crescendo devido o envelhecimento ser uma das maiores preocupações, com destaque especial para o público feminino.

Por ser o maior órgão do corpo humano, a pele possui propriedades importantes para o organismo, como a função imunológica, função sensorial, monitoramento de temperatura e proteção de células de queratina e melanina. (OBAGI, 2004) A pele quando em bom estado se apresenta de forma suave, hidratada, com viço, lisa e firme. (OBAGI, 2004) O processo de envelhecimento altera a forma, textura, e cor do rosto. A forma do rosto é alterada pela descida irregular devido a frouxidão da pele e tecidos moles (SUH *et al.*, 2015).

Os fios de polidioxanona têm sido uma alternativa eficaz para o rejuvenescimento facial por ser um material biodegradável e seguro, gerando não apenas o efeito de sustentação (*lifting*), mas também melhora na textura e elasticidade da pele por induzir a produção de colágeno (AQUINO, 2021).

Acontece que, a aplicação dos fios de polidioxanona possui um valor elevado, e a substituição desse fio por fios que consigam exercer o mesmo papel seria de enorme credibilidade.

Nesse contexto, tem-se o fio de Poliglactina 910, que é um fio sintético, incolor, absorvível, multifilamentar, formado pela associação com 90% ácido glicólico e 10% de ácido láctico, de valor inferior ao fio de polidioxanona.(MEDEIROS, et al., 2016)

Paralelamente, tem-se o vidro bioativo, constituído em sua maioria por silício, que é um elemento indispensável no desenvolvimento e manutenção do tecido conjuntivo por induzir a síntese do colágeno e está presente em todas as células do corpo humano. Com o passar dos anos, a concentração de silício presente no organismo é diminuída, acarretando na desaceleração da produção das células de sustentação causando linhas de expressão e rugas (REBELLO, 2004).

A partir desse cenário, o presente estudo propõe avaliar a associação de vidro bioativo à fios de poliglactina 910 e comparar os efeitos dessa modificação com fios de polidioxanona, verificando se essa pode ser uma viável substituição para ser aplicada na obtenção do rejuvenescimento facial.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Estabelecer metodologia buscando a implementação de recobrimento à base de vidro bioativo em fios do polímero degradável poliglactina, como alternativa aos materiais utilizados em rejuvenescimento facial compostos de polidioxanona

2.2. Objetivos Específicos

- Preparar sol à base de silício partir de alcóxidos metálicos.
- Realizar procedimento de dopagem de fio de poliglactina 910.
- Realizar caracterização química de fios de poliglactina 910 após a dopagem.
- Realizar caracterização química do fio de polidioxanona.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Biomateriais Poliméricos

Os biomateriais podem ser definidos como dispositivos que entram em contato com sistemas biológicos, como por exemplos, os dispositivos biomédicos (próteses, tubos de circulação sanguínea, equipamentos de hemodiálise), os dispositivos para a liberação de drogas (na forma de filmes, implantes subdérmicos e partículas), os órgãos artificiais, curativos e materiais implantáveis. (RATNER *et al.*, 2013).

Por outro lado, polímeros são macromoléculas de alta massa molar formada pela ligação de unidades repetitivas (monômeros), orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas, ao longo da cadeia principal, esses monômeros ligam entre si através de ligações covalentes. (ARAÚJO, 2017)

Sendo assim, os biomateriais poliméricos são materiais que possuem aplicações para saúde, podendo ser produzidos a partir de polímeros sintéticos ou naturais, biodegradáveis ou não (WESSLER, 2007).

3.2. Rejuvenescimento facial

O aumento da expectativa de vida trouxe consigo a valorização da juventude, aumentando a preocupação das pessoas com a aparência facial e conseqüentemente os cuidados com a pele (CARRARO; COSTA, 2011). Isto é, o avanço do mercado estético está diretamente relacionado ao aumento da expectativa de vida, visto que os padrões de beleza reforçam cada vez mais a necessidade de desacelerar os sinais do envelhecimento, aumentando a busca por procedimentos estéticos (DUTRA, 2018).

O envelhecimento, por mais que seja um processo indesejado, é irreversível, lento e progressivo e pode ser influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos (SILVA; HANSEN; STURZENEGGER, 2012).

No livro “o fim das rugas” (2001), Perricone ressalta que o envelhecimento não ocorre aleatoriamente. Pelo contrário, trata-se de um processo programado que começa em nível celular. Para ele, dentre todas as teorias do envelhecimento, a mais aceita é a teoria do envelhecimento por radicais livres.

Radicais livres, por sua vez, são átomos ou moléculas que contêm um elétron desemparelhado, ou seja, falta em sua estrutura química um elétron para emparelhar. Por este motivo os radicais livres são tão instáveis e reativos (MOSCA; SANCHES, COMUNE, 2017). Entretanto, ao receber elétrons de outras moléculas estáveis, geram, nesse processo, novos radicais livres e que promovem em estruturas biológicas, eventos caracterizados como dano aos componentes células, sendo um processo cíclico (CHRISTOVAM, s.a).

Os principais sinais do envelhecimento são vistos através das rugas, aspecto ressecado da pele, perda de luminosidade e hiperpigmentações, conforme é possível perceber na Figura 1 (OLIVEIRA, 2016).

Figura 1 – Processo de envelhecimento da pele



Fonte: (RUIVO, 2014)

Esses aspectos estão relacionados com a diminuição da função dos componentes do tecido conjuntivo. Isso porque, as fibras de elastina perdem a sua elasticidade, há aumento da concentração de lipídios e o colágeno fica enrijecido causando a diminuição do número de fixação da estriação longitudinal e perda de moléculas de água. (OLIVEIRA, 2016).

Nesse contexto, os fios de polidioxanona não foram desenvolvidos para substituir ou competir com a ritidoplastia, eles complementam a cirurgia plástica ou a substituem somente quando a intervenção cirúrgica fica impossibilitada pelo estado de saúde geral do paciente (KUSZTRA, 2019).

A utilização de fios em cirurgias não é um conceito novo. O primeiro fio foi desenvolvido em 1964, embora não tenha sido com finalidade estética, era utilizado como fio de sutura (TAVARES; OLIVEIRA; TORRES, 2017).

A utilização de fios de sustentação com finalidade estética facial e corporal ganhou força no início dos anos 2000, com a introdução dos fios permanentes (fio russo farpado, fio búlgaro e fio de ouro). A inserção desses fios permanentes geraram muitos problemas porque são bastante rígidos, sendo passíveis de ruptura devido aos baixos índices de elasticidade, podendo

causar nódulos de caráter inflamatório, além serem passíveis de sofrer deslocamento ou causar deformidade (BAE, 2022). Esses efeitos indesejados de curto e longo prazo, fizeram com que o uso de fios de polidioxanona viesse a ser uma possibilidade (KUSZTRA, 2019).

Entretanto, o primeiro lifting facial com fios de PDO foi realizado somente em 2006, pelas mãos do cirurgião plástico DR. Kwon Han. A técnica acabou ficando famosa entre celebridades e ganhou destaque mundial (PEPINO, s.a).

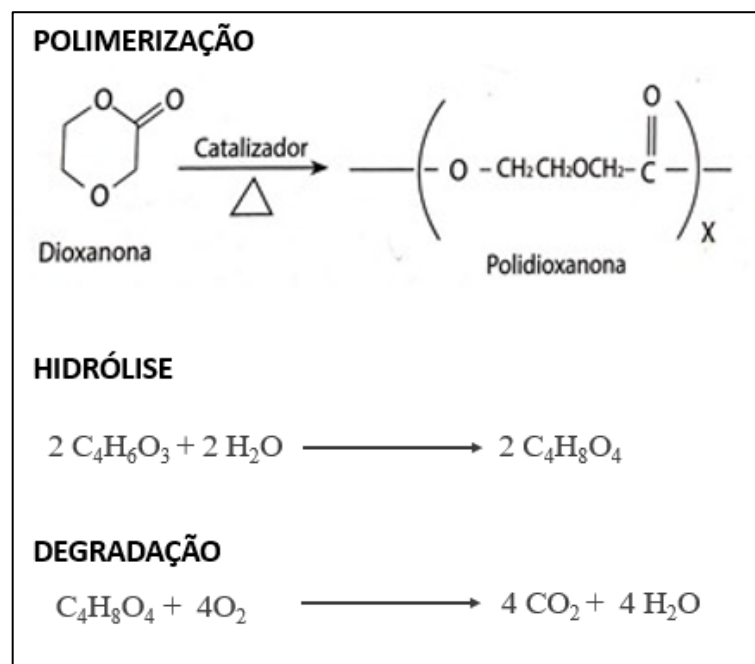
3.2.1 Utilização do Fio de Polidioxanona no Rejuvenescimento facial

A polidioxanona (PDO) ou poli-p-dioxanona é um polímero sintético biodegradável violeta ou incolor (MELO, 2020) e cristalino (GIRO; DUARTE, s.a). Sua fórmula empírica molecular é $C_4H_6O_3$. Por ser derivada do poliéster, quimicamente, a polidioxanona é um polímero de múltiplas unidades éter-éster se repetindo (MIDDLETON; TIPTON, 1998).

A polidioxanona é um biomaterial usado na preparação de suturas cirúrgicas e em processos de rejuvenescimento facial. (BOLAND; COLEMAN; BARNES; SIMPSON, 2005)

O comportamento desse fio em tecidos vivos é explicada pela sua composição química. A presença de ligações éster em sua estrutura tornam os poli(α -hidróxiácidos) hidroliticamente instáveis, podendo ocorrer degradação ao entrar em contato com os fluidos corpóreos, resultando em produtos que são reabsorvidos pelo organismo. (NAPOLI, 2020).

Figura 2 – Polimerização, hidrólise e degradação da polidioxanona



Fonte: Próprio Autor

A polidioxanona tem características não tóxicas, não alergênicas e não piogênicas, sendo um biomaterial de grande potencial (NAPOLI, 2020). A absorção do fio dá-se por hidrólise e pode durar até 180 dias. (BARROS *et al.*, 2011)

Com o crescimento dos estudos sobre o potencial bioestimulador da polidioxanona junto a essas características, sua grande resistência conferida ao seu poder de tração e por ser absorvível, os fios de PDO estão em constante evolução e estando cada vez mais presentes em procedimentos que visam o rejuvenescimento facial (NAPOLI, 2020).

Existem basicamente dois tipos de fios de Polidioxanona: os espiculados e os lisos. Os espiculados, conforme o nome já diz, possuem espículas, que são espécies de “ganchos” que promovem a tração. As espículas ajudam o fio a se estabilizar na derme e o mantém fixo na região aplicada (MELO, 2020). Logo, eles sustentam a pele no local necessário, promovem efeito lifting e estimulam o organismo a produzir colágeno (VARGAS, 2021). Isto é, além de apresentarem um efeito rejuvenescedor, são capazes de promover uma suspensão dos tecidos sem suporte (BAE, 2022)

Já os fios lisos são os fios mais simples, que atuam de forma mais superficial, apenas estimulando colágeno e melhorando a qualidade da pele, porém não são capazes de promover o lifting (BAE, 2022). Os filamentos são introduzidos em diversas direções, construindo uma rede de fios. Essa rede estimula o colágeno e melhora a distribuição de força de tração para manutenção e suporte do tecido facial, funcionando como uma espécie de malha embaixo da pele. O resultado é um rejuvenescimento mais natural, melhorando as linhas finas e o craquelado da pele (VARGAS, 2021).

O utilização dos fios de sustentação facial é minimamente invasiva e indolor, tendo anestesia local e efeito imediato. É uma das poucas opções de procedimentos alternativos aos mais invasivos com a capacidade de reposicionar os tecidos e com características tão benéficas. Os fios de PDO destacam-se por não gerarem traumas, por possuírem alta biocompatibilidade e bioatividade com os tecidos humanos, não apresentando caráter alergênico e piogênico (ALBURQUERQUE *et al.*, 2021).

Suas características possibilitam que o fio seja degradado em tempo suficiente para ocorrer a síntese de colágeno e cicatrização tecidual (ALBURQUERQUE *et al.*, 2021).

A realização do *lifting* facial com o fio de polidioxanona é feita em consultório com anestesia local e o procedimento dura em média 40 minutos (ZANATTI, 2015). O procedimento é feito com a introdução de uma agulha com o fio de PDO, de acordo com a demanda do paciente e permanecendo na pele em torno de 20 minutos. Posteriormente, a agulha é removida, e o fio fica na pele. A sua correta inserção gera efeitos imediatos e mesmo após a

absorção do fio o seu efeito permanece, devido a sua capacidade de estimular a formação de colágeno (SILVA, 2014).

Figura 3 – Processo de Inserção de Fios de Polidioxanona



Fonte: (AZEVEDO, 2019)

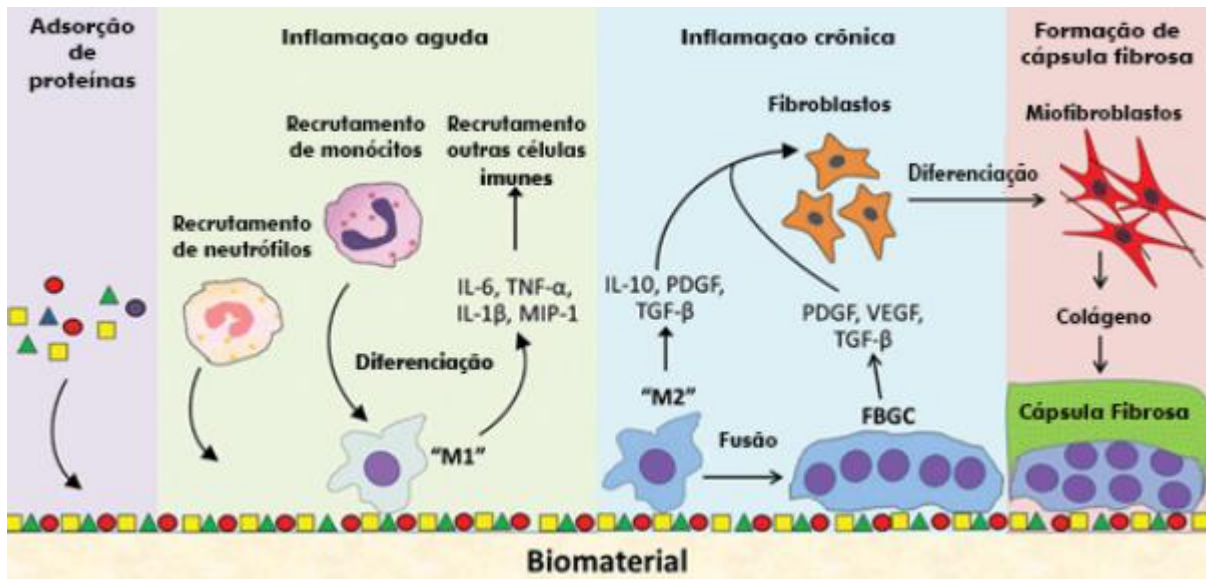
A inserção dos fios de PDO em derme ou subderme causa um trauma durante o percurso da agulha que contém o fio, levando a separação mecânica dos tecidos locais e lesão em pequenos vasos sanguíneos (KUSZTRA, 2019).

A lesão induzida pelo próprio procedimento dá início a uma fase inflamatória em resposta tanto ao trauma quanto ao corpo estranho que foi inserido (NAPOLI, 2020). Conseqüentemente, gera uma cascata de respostas do hospedeiro, iniciando pelo contato do biomaterial, adsorção de proteínas na superfície, seguida de coagulação sanguínea e ativação do sistema complemento (ZHOU; GROTH, 2018).

Devido a vasodilatação e a quimiotaxia de células de defesa, macrófagos residentes no tecido, ao detectarem a presença da pequena lesão, recrutam neutrófilos circulantes para o local lesado por meio de um processo chamado recrutamento leucocitário, esses neutrófilos são enviados para verificar a presença de infecção no local e são substituídos por macrófagos, quando não identificam um potencial infeccioso. Todo esse processo está representado na Figura 4. (KENNEDY; DELEO, 2009; KOBAYASHI; DELEO, 2009; BOGDAN, 2000).

A inflamação aguda pode levar, na melhor das hipóteses, à restauração da integridade do tecido ou pode evoluir para inflamação crônica e encapsulação fibrótica (ZHOU; GROTH, 2018).

Figura 4 – Etapas principais da interação de um biomaterial com um tecido hospedeiro



Fonte: (ROMERO; TRINDADE, 2019)

A extensão e a duração dessas respostas dependem de vários aspectos, como o tipo de lesão e a cirurgia realizada, o tipo de tecido ou órgão implantado com o biomaterial e a espessura e comprimento do fio inserido, que variam (KUSZTRA, 2019). A partir dessa resposta inflamatória localizada, ocorre um aumento de fibras colágenas pelos fibroblastos, sendo um passo importante na formação da neocolagênese (LIMA; SOARES, 2019).

Resumidamente, essa inflamação localizada provoca a hidrólise do fio de PDO, visando à desintegração do corpo estranho, o polímero forma dois monômeros de ácido 2-hidroxi-etoxi-acético ($C_4H_8O_4$), que depois são decompostos em H_2O e CO_2 e absorvidos pela pele (NAPOLI, 2020). No lugar do fio, forma-se um tecido cicatricial composto por fibrina, elastina e colágeno. A duração desse tecido formado, após a inserção do fio, é estimada entre 18 e 24 meses (KUSZTRA, 2019).

Os produtos finais da hidrólise são excretados principalmente na urina, sendo o restante eliminado por via digestiva ou exalado como CO_2 (TIBERIU, 2011).

Além dessa formação de tecido cicatricial, o fio de PDO polifilamentado, espiculado ou liso, consegue imobilizar suavemente os finos músculos envolvidos no aparecimento de rugas, através da própria tração física (KUSZTRA, 2019).

3.3. Suturas

Sutura é definida como a aproximação das bordas de tecidos seccionados ou ressecados por meio de um ou mais pontos, com finalidade de facilitar as fases iniciais do processo de

cicatrização de modo a evitar hemorragias e restabelecer a integridade anatômica e funcional das estruturas envolvidas (ARONHSHON et al., 1993).

Para realização da sutura, diversos fios são utilizados, e a escolha do material de cada tipo de sutura deve levar em conta os valores de esforços de tração a que os tecidos estão submetidos, a velocidade com que a cicatriz irá recuperar o padrão habitual de resistência à tração, o limite de resistência do material e a velocidade de decaimento da resistência do material frente ao processo degradativo associado associado as interações entre o material e o tecido. (NASSIF, 2005)

3.3.1 Fio de poliglactina 910

O fio de poliglactina 910 um fio sintético, incolor, absorvível, multifilamentar, formado pela associação com 90% ácido glicólico e 10% de ácido lático. (MEDEIROS *et al.*, 2016)

Este fio é absorvido num período de 60 a 80 dias, com boa resistência à tração e de fácil manuseio, além de não favorecer aderências e não desencadear reação inflamatória significativa em seu redor. Por todas essas qualidades, tem sido considerado um material excelente para qualquer tipo e plano de sutura, podendo ser empregada em suturas mais delicadas ou que requerem maior tempo de permanência (BARROS *et al.*, 2011)

A fabricante do fio Vycril à base de poliglactina 910 (Ethicon), afirma que esse fio é um material de sutura absorvível feito a partir de polímeros que são inertes, não-antigênicos, não piogênicos e provocam somente uma leve reação tissular durante a absorção.

3.4 Vidros Bioativos

Desenvolvidos por Hench, em 1969, os vidros bioativos são conhecidos por possuírem a capacidade de formar rapidamente uma ligação química com tecidos vivos duros e moles. Atualmente, estes vidros vêm sendo desenvolvidos na utilização clínica como biomateriais. (SOUZA, 2015)

Estes vidros são de uma classe de biomateriais baseados em compostos vítreos de silicatos, possuindo excelentes propriedades osteoindutoras e bioativas. (SOUZA, 2015)

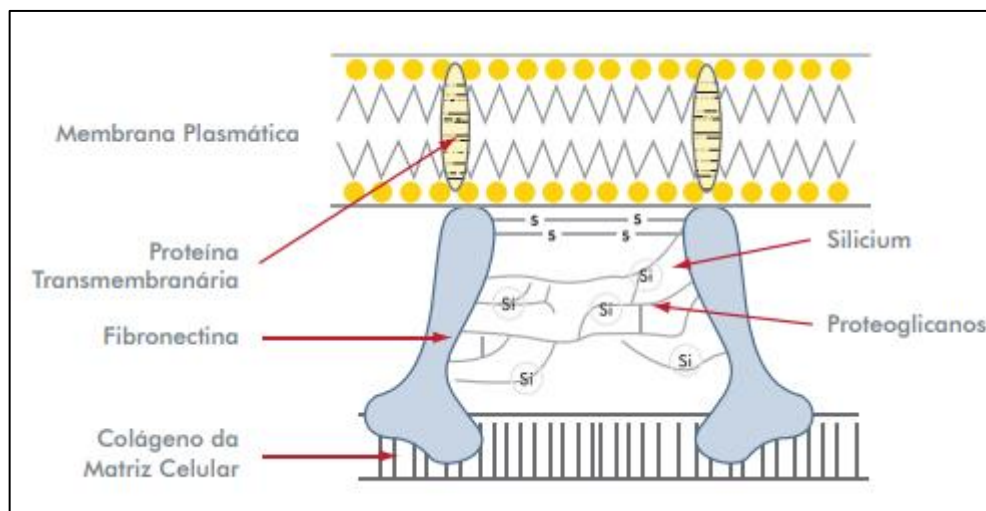
Em muitos casos, fases cerâmicas são utilizadas para serem responsáveis para além de reforçar a matriz polimérica, introduzir fibras de vidro em polímeros, para prover as características bioativas desejadas. (SILVA, ORÉFICE, 2001)

Grande parte dos vidros bioativos são sistemas à base de sílica, sendo, normalmente, compostos por SiO_2 , Na_2O , CaO e P_2O_5 . Entretanto, outros compostos podem ser introduzidos, como o CaF_2 , K_2O , MgO e B_2O_3 . (SOUZA, 2015)

O silício, por sua vez, é um elemento presente no organismo humano e está presente no vidro bioativo. Seu papel no organismo é de regeneração e reestruturação. É um oligoelemento que também possui a função remineralizadora dos ossos, sendo considerado um agente antienvhecimento natural para as paredes das artérias, pele e cabelos. Entretanto, com o passar dos anos, ocorre perda desse oligoelemento (LOPES, STEFANELLO, 2016).

Uma de suas principais funções é a síntese de colágeno que junto com a elastina e as glicoproteínas são responsáveis pela sustentação da derme (LIMA *et al.*, 2016). Essa sustentação é consequência das ligações de hidrogênio feitas entre o silício e glicosaminoglicanos e proteoglicanos, que determinam a formação estrutural da pele, como é possível perceber na Figura 5 (EXSYMOL, 2008).

Figura 5 – Silício com glicosaminoglicanos e proteoglicanos na estrutura dérmica



Fonte: (BERRA, 1998)

Como está ligado à produção de colágeno, a escassez de silício proporciona a diminuição da resistência periférica nas paredes dos vasos sanguíneos, levando a perda de sua elasticidade, e consequentemente influenciando a estrutura da derme e dos tecidos adjacentes, sendo comum no processo de envelhecimento (MEDEIROS *et al.*, 2020).

Como citado, os radicais livres tem grande influência no envelhecimento. O silício por sua vez, é capaz de neutraliza-los, por meio de reações de glicação, minimizando o processo de envelhecimento da pele. Além disso, o silício consegue manter a água ligada ao ácido hialurônico presente na pele e às proteoglicanas, o que também retarda o envelhecimento, uma vez que, com o passar do tempo, a quantidade de água na derme tende a aumentar e o silício

consegue fazer com que essas moléculas de água fiquem ligadas às estruturas dérmicas (EXSYMOL, 2008).

Vasconcelos (2017) em seu estudo, concluiu que o silício orgânico é muito utilizado como coadjuvante em produtos de tratamento na área dermatológica e cosmética devido sua capacidade de estimular a síntese de colágeno, sugerindo ter um papel importante no desenvolvimento terapêutico no tecido tegumentar.

A reposição desse oligoelemento pode ser feita, tanto topicamente quanto por via oral, uma vez que é totalmente benéfico ao corpo humano em quantidades ideais (CHRISTOVAM, s.a).

Sendo assim, a associação de um vidro bioativo rico em silício aos fios de PGA visa a estimulação de características semelhantes ao fio de polidioxanona.

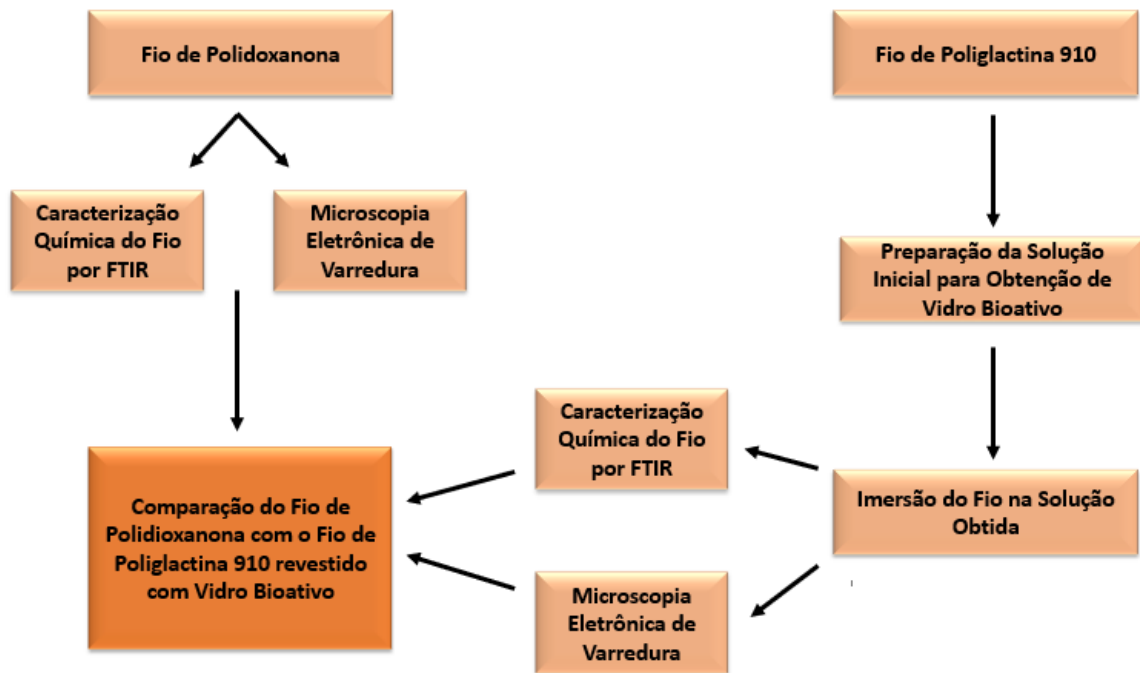
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Visão geral

Os materiais estudados são: fio de Polidioxanona e o Fio de Poliglactina 910 revestido com vidro bioativo.

Os fios foram submetidos aos procedimentos esquematizados na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma dos procedimentos realizados neste trabalho



Fonte: Próprio autor.

4.1.1 Caracterização química do fio de polidioxanona por FTIR

A espectroscopia de absorção na região do infravermelho (IR), é uma técnica que auxilia na determinação da estrutura molecular de um composto.

O registro gráfico da percentagem de radiação absorvida (ou transmitida) por uma amostra da substância, em função do número de onda (ou comprimento de onda) da radiação infravermelha incidente, é o que se chama espectro infravermelho.

Os espectos vibracionais na região do infravermelho das amostras dos fios de polidioxanona serão registrados na faixa de 400 a 4000 cm^{-1} utilizando-se o espectrômetro FTI PerkinElmer Frontier MIR single range, resolução 4cm^{-1} e 20 varreduras (scan).

4.1.2 Preparo da Solução Inicial para Obtenção de Vidro Bioativo

A solução inicial para obtenção do vidro bioativo via rota sol-gel, isto é rota de obtenção de óxidos inorgânicos a partir de reações de hidrólise e policondensação de precursores moleculares, foi feita apresentando composição de 58% p/p de SiO₂, 33% p/p de CaO, 9% p/p de P₂O₅ foi sintetizada utilizando uma mistura de TEOS (tetraetilortossilicato, 98% Aldrich Chemical Company Inc.), água destilada, TEP (triethylfosfato, Sigma Aldrich) e cloreto de calcio dihidratado. (COSTA, 2010)

Foi adotada uma razão molar H₂O/TEOS de 12:1 e o processo contemplou as etapas descritas a seguir:

- Foi adicionado 20,85 ml de água em béquer iniciando agitação lenta, ajustando o pH com solução de HCl 2MM para o valor $2,0 \pm 0,1$.

- Adicionou 21,53 ml de TEOS na solução e permaneceu agitando por mais 45 minutos. Em seguida, adicionou-se 2,17 ml de TEP e agitou por 30 minutos.

- Adicionou 8,65 g do precursor de cálcio na solução e manteve agitação por 1 hora.

4.1.3 Imersão do Fio de Polidioxanona na solução obtida

A solução preparada foi mantida em um recipiente raso para possível imersão e modificação uniforme da superfície do fio.

O fio de poliglactina, inicialmente de 45 centímetros foi dividido em 3 fios de 15 cm, foi imerso horizontalmente na solução com ajuda de duas pinças, sendo uma para cada extremidade.

A imersão foi realizada em uma velocidade de aproximadamente 10 mm.s^{-1} , de forma que o fio ficou imerso de forma uniforme.

Cada fio de 15 cm seguiu uma metodologia diferente. O primeiro foi imerso 3 vezes na solução precursora de vidro bioativo, o segundo foi imerso 4 vezes e o último 5 vezes.

Entre cada imersão, os fios eram submetidos à secagens em estufa na temperatura de $37 \pm 5^\circ\text{C}$ por 10 minutos.

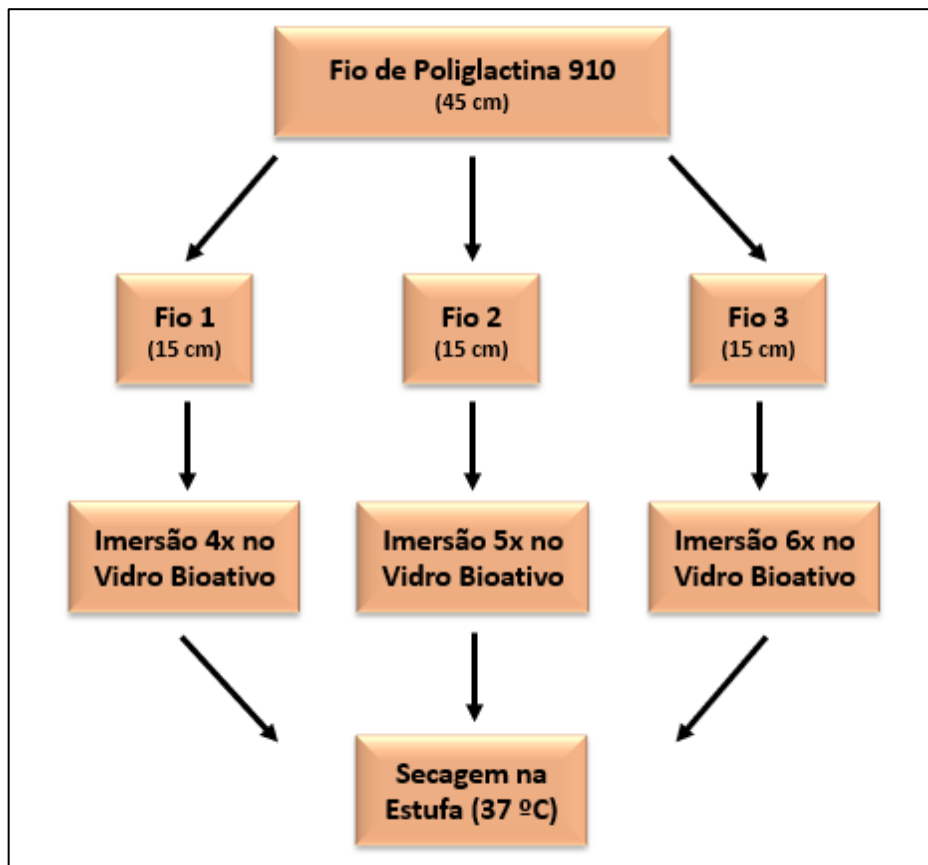
Após os fios terem sido imersos 2, 3 e 4 vezes no vidro bioativo respectivamente, foi adicionado ácido fluorídrico, diluído em H₂O na proporção de 1 para 100, para aumentar a viscosidade da solução de vidro e potencializar a adesão do mesmo nas superfícies dos fios, visto que inicialmente a solução apresentou viscosidade baixa.

Cada fio foi imerso mais uma vez na nova solução e colocado na estufa novamente por 10 minutos. Ou seja, os fios foram imersos, 3, 4 e 5, respectivamente.

Os fios foram colocados em um suporte para ficarem suspensos sem contato com nenhuma superfície.

A título de simplificação, a figura 7 resume o processo ocorrido para imersão dos fios.

Figura 7 – Resumo do Processo de Imersão



Fonte: Próprio autor.

4.1.4 Caracterização Química do Fio de Poliglactina associado ao vidro bioativo por FTIR

Foi utilizada a mesma metodologia utilizada para caracterização do fio de polidioxanona, seguindo as mesmas variáveis para caracterização dos 3 fios de Poliglactina 910.

4.1.5 Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Tanto o fio de polidioxanona, quanto os 3 fios de poliglactina imersos 3, 4 e 5 vezes no vidro bioativo foram analisados.

A morfologia dos fios, bem como a adesão do vidro bioativo, foi visualizada por MEV, utilizando o SSX-550 SuperScan- Scanning Electron Microscope da Shimadzu. Foram realizadas análises qualitativas e quantitativas dessas imagens. Os diâmetros dos fios foram medidos utilizando o software Image J, e os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de distribuição normal.

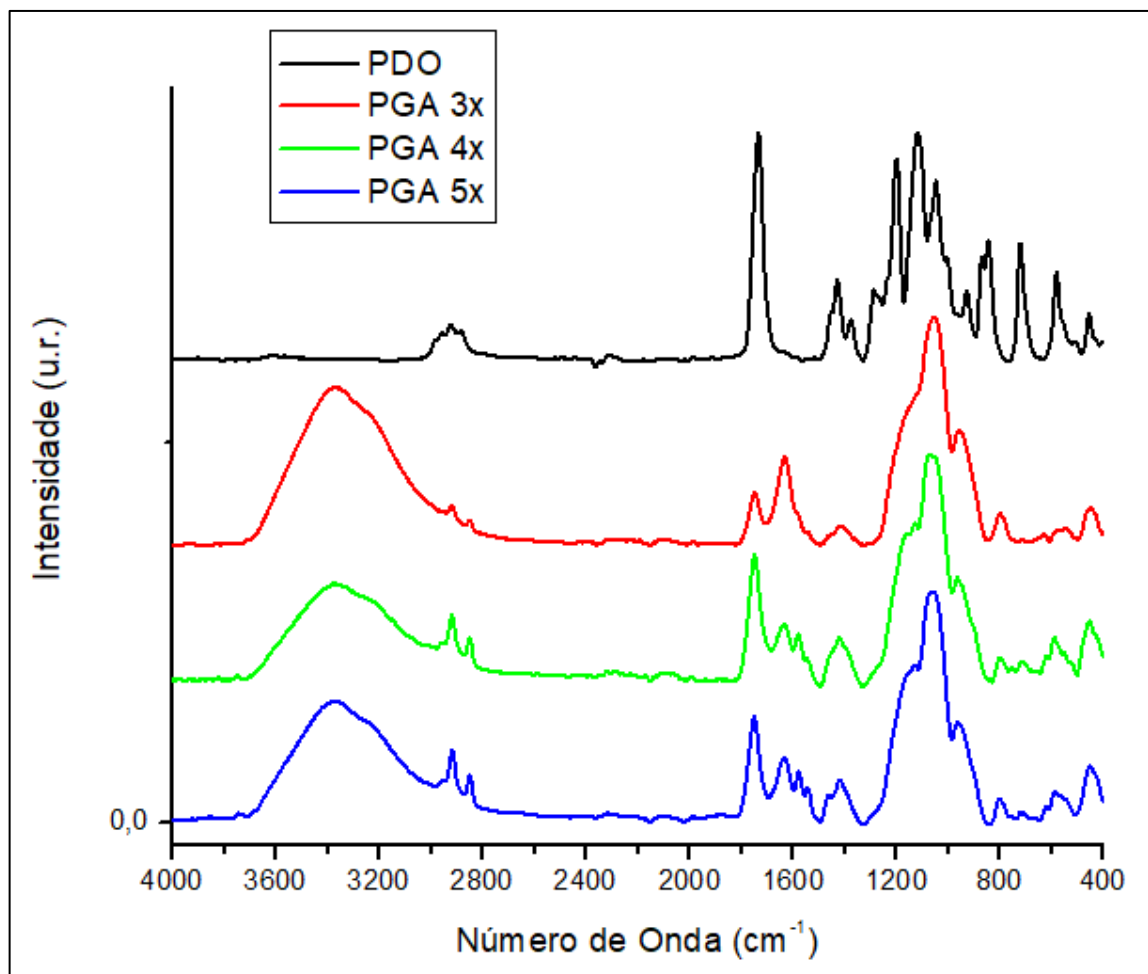
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar a superfície do material e as propriedades que foram modificadas, Ratner (2013) sugere algumas técnicas que analisam a morfologia, a composição química e as propriedades físico-químicas desses materiais, dentre elas a Espectroscopia na Região do Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e a Microscopia Eletrônica de Varredura, as quais foram realizadas e analisadas no presente estudo.

5.1 Espectroscopia na Região do Infravermelho por Transformada de Fourier

A técnica de FTIR foi utilizada para identificação de grupos funcionais característicos do fio de polidioxanona e do fio de poliglactina 910 revestido com o vidro bioativo (3, 4 e 5 vezes). A Figura 8 ilustra o resultado obtido para os 4 fios.

Figura 8 – Espectro de FTIR dos fios



Fonte: Próprio autor.

O resumo principais bandas é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Atribuições das bandas identificadas no espectro FTIR dos fios

Bandas/Picos (cm⁻¹)	Modos de Vibração
3550-3100	Estiramento O-H
3011-2842	Estiramento C-H
1732	Estiramento C=O
1182-1312	Deformação C-H
461	Estiramento Si-O-Si
1076	Estiramento Simétrico Si-O-Si

Fonte: Próprio autor.

Segundo Araújo (2017), o espectro para o PDO possui picos nos comprimentos de onda 3011-2842 cm referentes à presença de bandas de estiramento CH₂, uma intensa banda da carbonila C=O alifática à 1732 cm⁻¹ e uma banda 1182-1312 cm⁻¹ correspondente a deformação C-H alifático.

Os resultados obtidos para os fios de poliglactina 910 revestidos com vidro bioativo foram de encontro com o FTIR realizado por Hermes (2010) para os vidros bioativos, uma vez que o pico no comprimento de onda próximo de 461 cm⁻¹ representa o estiramento do Si-O-Si e o pico no comprimento de onda próximo de 1076 cm⁻¹ representa o estiramento simétrico do Si-O-Si, demonstrando que houve uma deposição de vidro bioativo efetiva na superfície dos fios.

É possível identificar nos fios de poliglactina 910 bandas de estiramento O-H à 3550-3100 cm⁻¹, demonstrando que o processo de secagem não foi tão eficaz e que, com o aumento da área superficial, a quantidade de água presente aumenta, visto que sobra espaço para as moléculas de água entrarem no revestimento de vidro bioativo feito no fio. Isto é, o fio imerso 3 vezes por ter uma área superficial maior, apresentou maior quantidade de água.

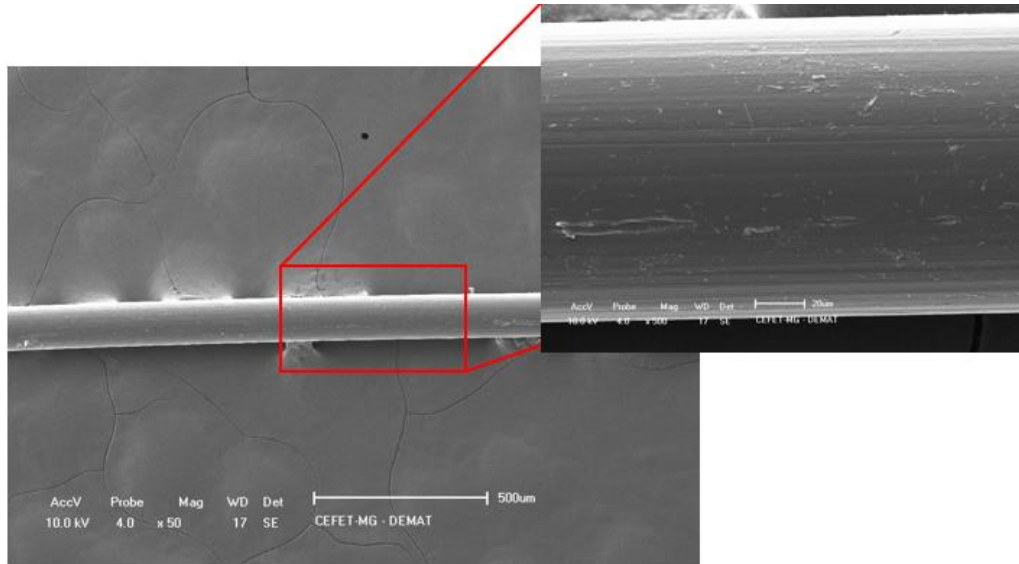
5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Este ensaio foi realizado com a finalidade de observar a morfologia das superfícies dos materiais estudados nesta pesquisa e compará-los.

Segundo Ratner e Colaboradores (2013), por se tratar de uma região fina e que apresenta pequenas quantidades de vidro bioativo, a contaminação indesejável pode ser facilmente introduzida durante as reações de modificação.

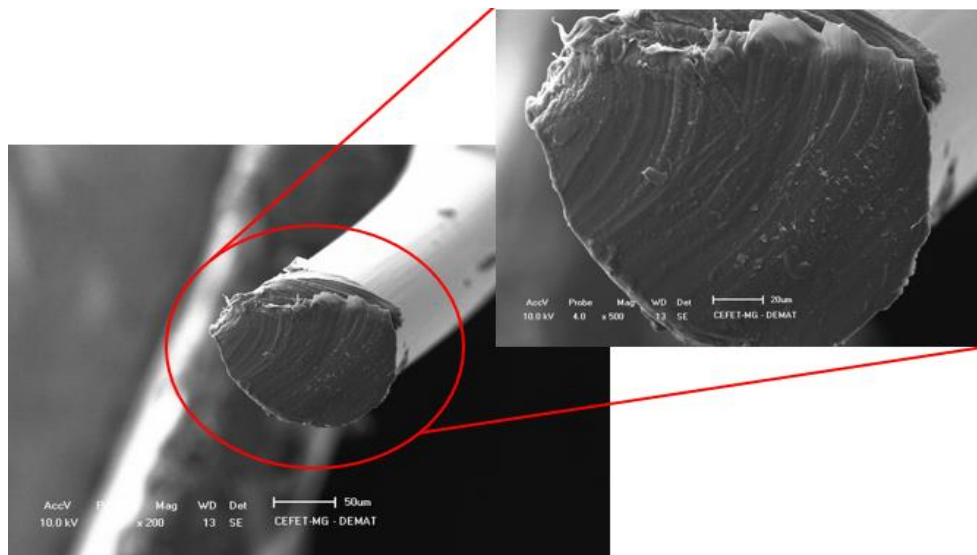
Nas Figuras 9 e 10 são apresentadas as imagens de MEV da superfície do fio de polidioxanona liso e da sua seção transversal, respectivamente.

Figura 9 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de polidioxanona



Fonte: Próprio autor.

Figura 10 – Microscopia Eletrônica de Varredura da seção transversal do fio de polidioxanona

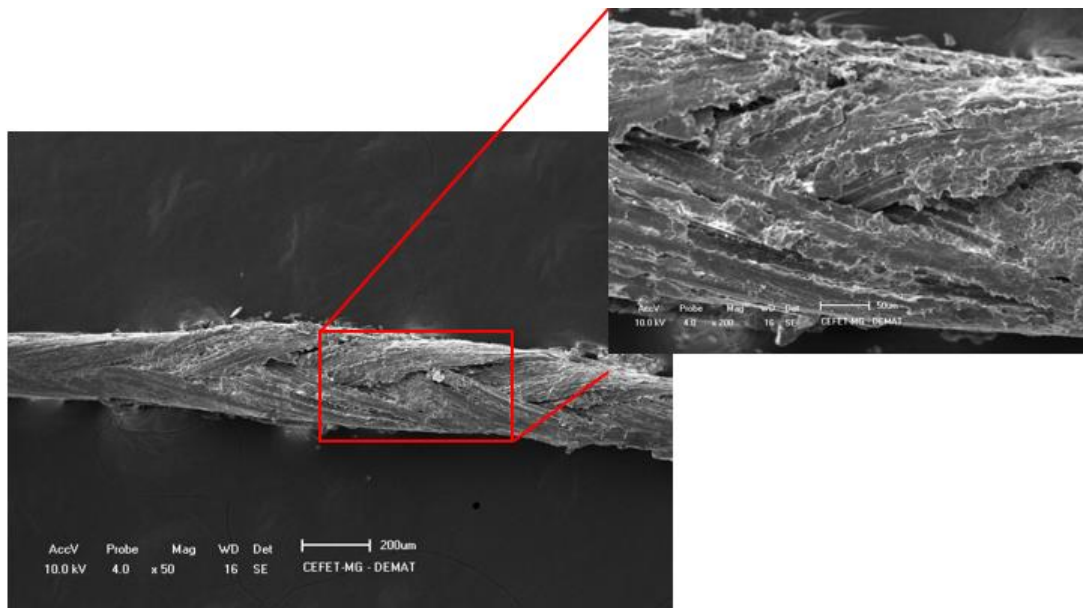


Fonte: Próprio autor.

Essas imagens evidenciam uma estrutura lisa, com pequenas rugosidades, densa e com uma certa orientação preferencial.

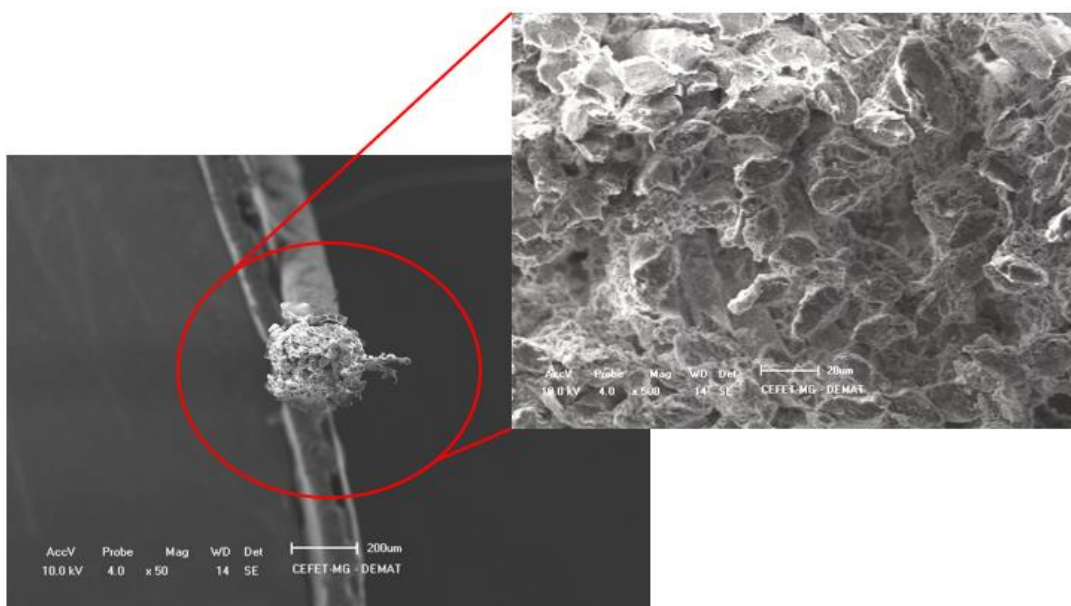
Nas Figuras 11 e 12 são apresentadas as imagens de MEV da superfície do fio de poliglactina imerso 3 vezes no vidro bioativo e da sua seção transversal, respectivamente.

Figura 11 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de Poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo



Fonte: Próprio autor.

Figura 12 – Microscopia Eletrônica de Varredura da Seção Transversal do fio de Poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo



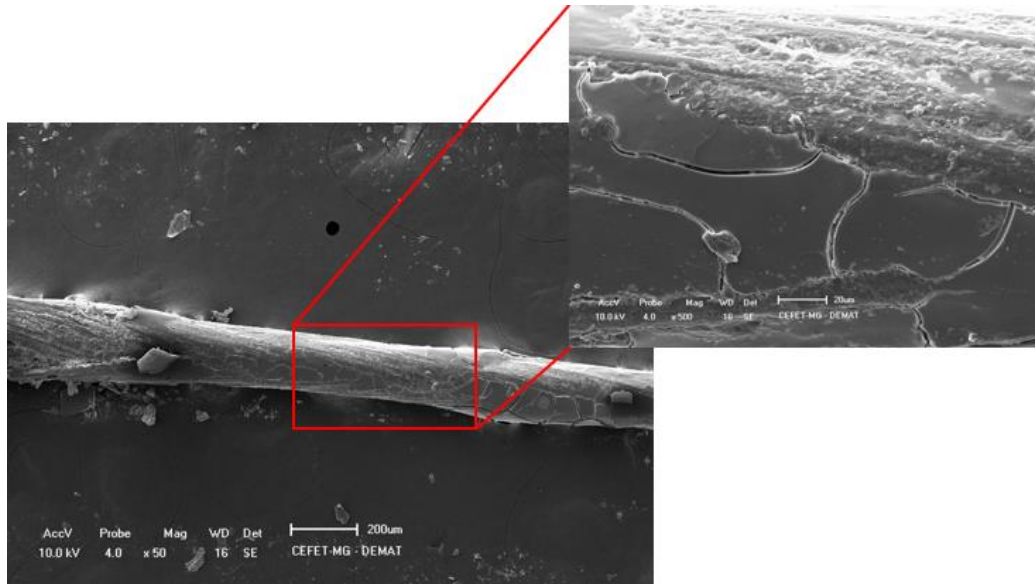
Fonte: Próprio autor.

Por meio dessas imagens é possível perceber que o fio é totalmente trançado, e a imersão em vidro bioativo fez com que sua superfície ficasse rugosa.

A imagem da seção transversal possibilita ver a composição do fio, formado por um conjunto de fios ainda mais finos, os quais formam a trança.

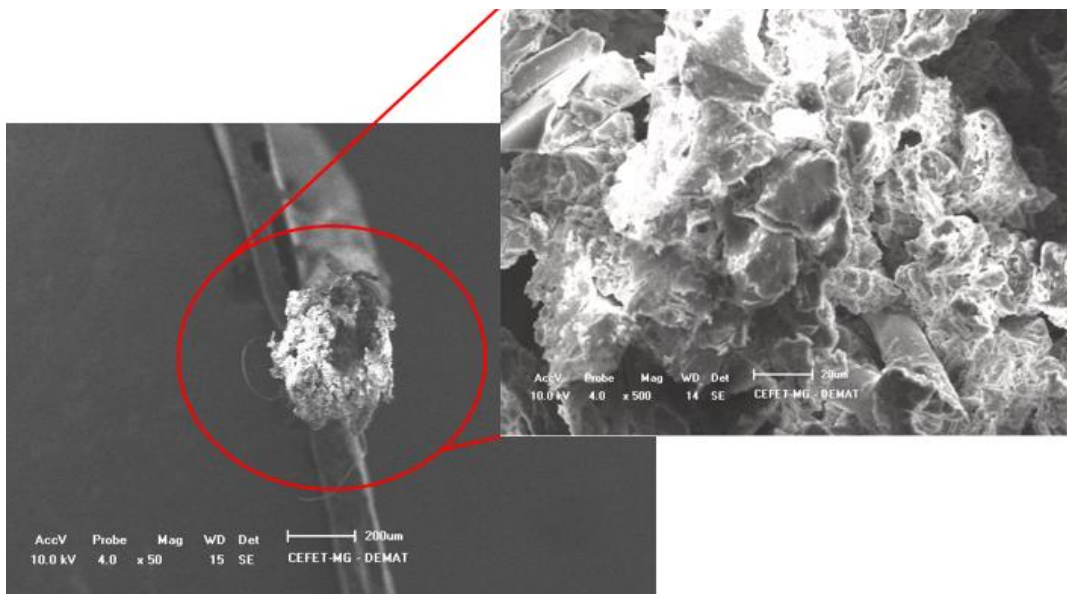
Nas Figuras 13 e 14 são apresentadas as imagens de MEV da superfície do fio de poliglactina imerso 4 vezes no vidro bioativo e da sua seção transversal, respectivamente.

Figura 13 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de Poliglactina imerso 4 vezes em vidro bioativo



Fonte: Próprio autor.

Figura 14 – Microscopia Eletrônica de Varredura da seção Transversal do fio de Poliglactina imerso 4 vezes em vidro bioativo



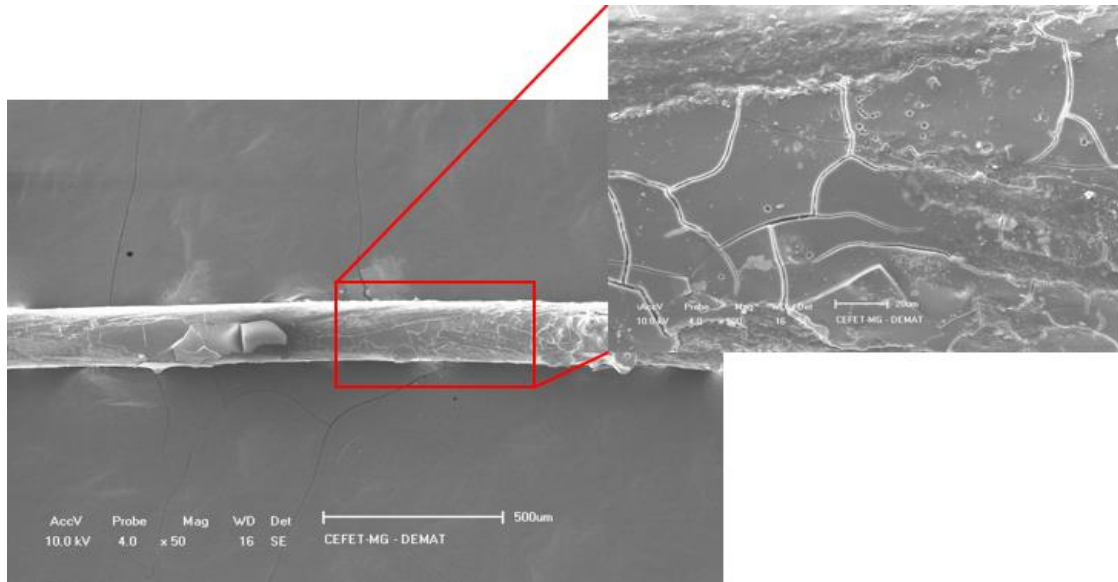
Fonte: Próprio autor.

A imagem 13 mostra nitidamente a adesão do vidro bioativo em torno do vidro e ao mesmo tempo o quão frágil o fio se torna devido a presença de trincas.

Analisando a seção transversal percebe-se que os pequenos fios que compõe o fio estão mais desorientados quando comparados ao fio que foi imerso 3 vezes no vidro bioativo.

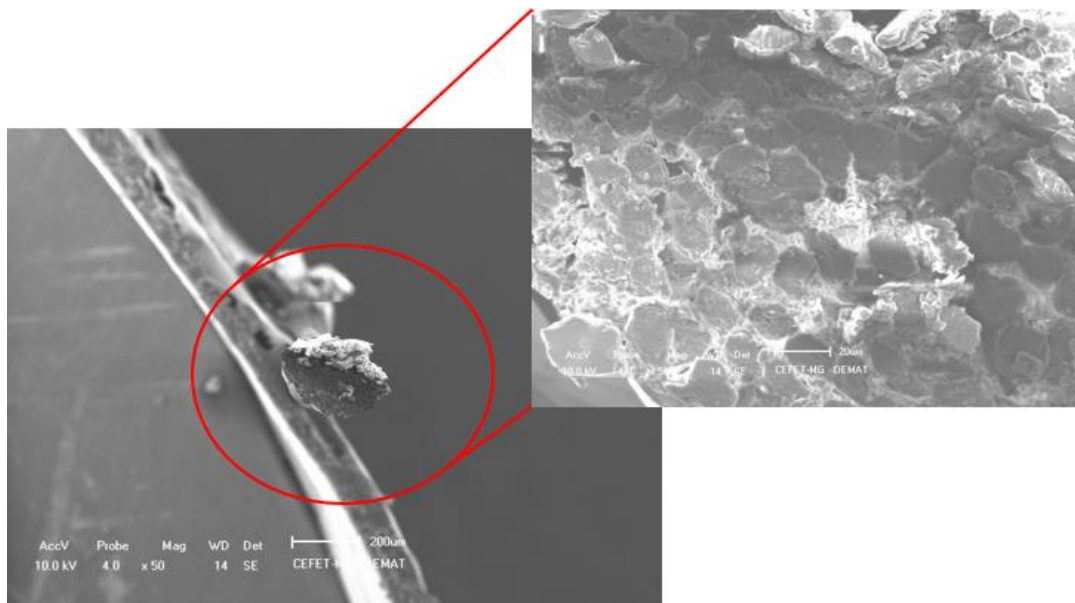
Nas Figuras 15 e 16 são apresentadas as imagens de MEV da superfície do fio de poliglactina imerso 5 vezes no vidro bioativo e da sua seção transversal, respectivamente.

Figura 15 – Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo



Fonte: Próprio autor.

Figura 16 – Microscopia Eletrônica de Varredura da seção Transversal do fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo



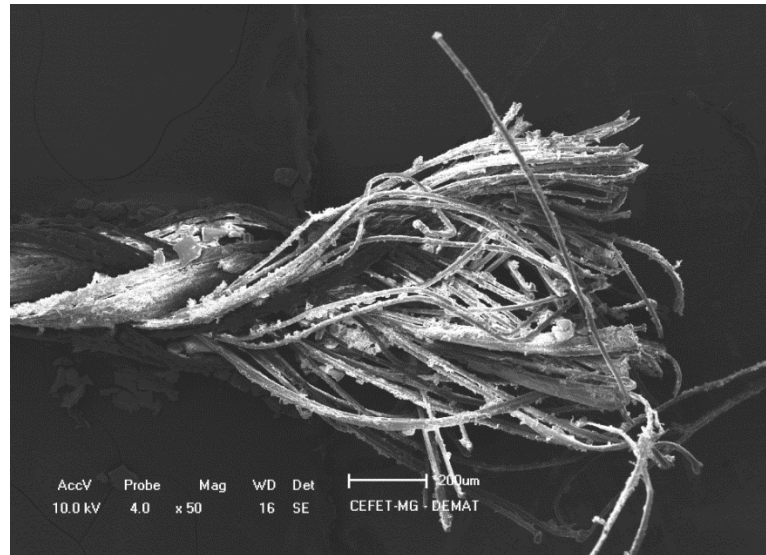
Fonte: Próprio autor.

A imagem da superfície do fio de poliglactina imerso em vidro bioativo 5 vezes demonstra que ele ficou mais frágil quando comparado com os outros, pela quantidade de trincas. Observou-se a presença de algumas partículas esbranquiçadas, as quais acredita-se que são provenientes da etapa de processamento pela formação do vidro.

A imagem da seção transversal, por sua vez, aparentou ter maior densidade.

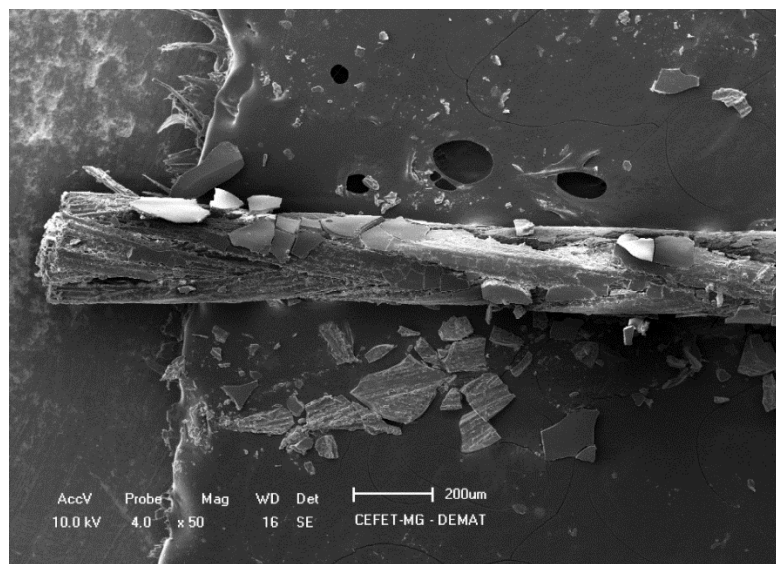
Além das características citadas de superfície e das seções transversais dos fios, foi possível perceber que as pontas dos fios de poliglactina 910 revestidos com vidro bioativo estavam com o revestimento totalmente quebrado, como é possível ver nas figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 – Microscopia Eletrônica de Varredura do fio de Poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo



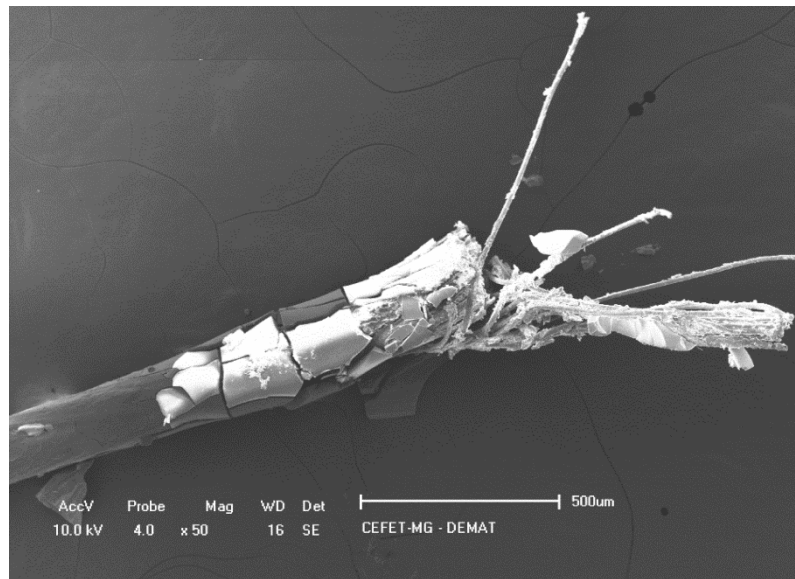
Fonte: Próprio autor.

Figura 18 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Fio de Poliglactina imerso 4 vezes em vidro bioativo



Fonte: Próprio autor.

Figura 19 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo

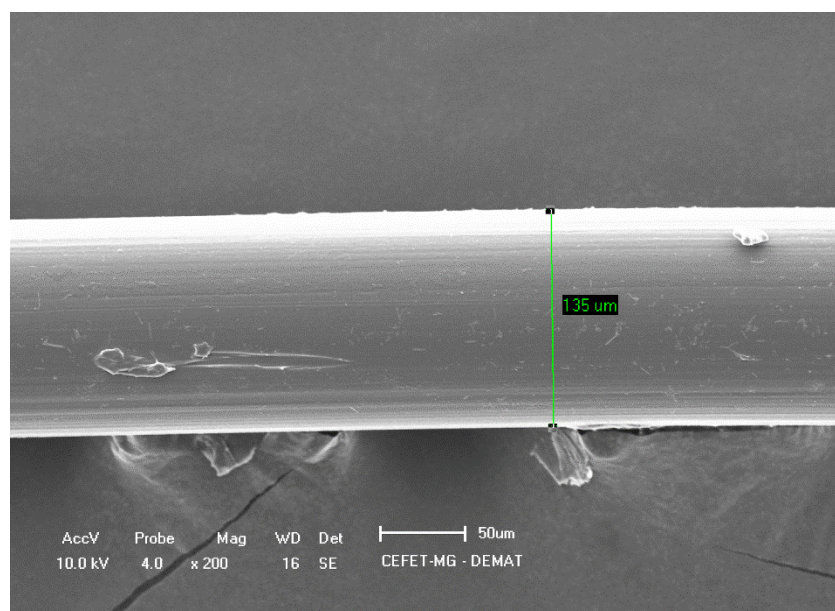


Fonte: Próprio autor.

Esse aspecto quebradiço foi constatado no estudo de Araújo (2017), na qual o fio de PDO foi revestido com quitosana, e afim de promover um revestimento adequado do fio, sem esse aspecto quebradiço, a autora, primeiramente, realizou uma modificação de superfície do fio com peróxido de hidrogênio e posteriormente revestiu o PDO com a quitosana, obtendo resultados mais satisfatórios, podendo ser realizado em trabalhos futuros.

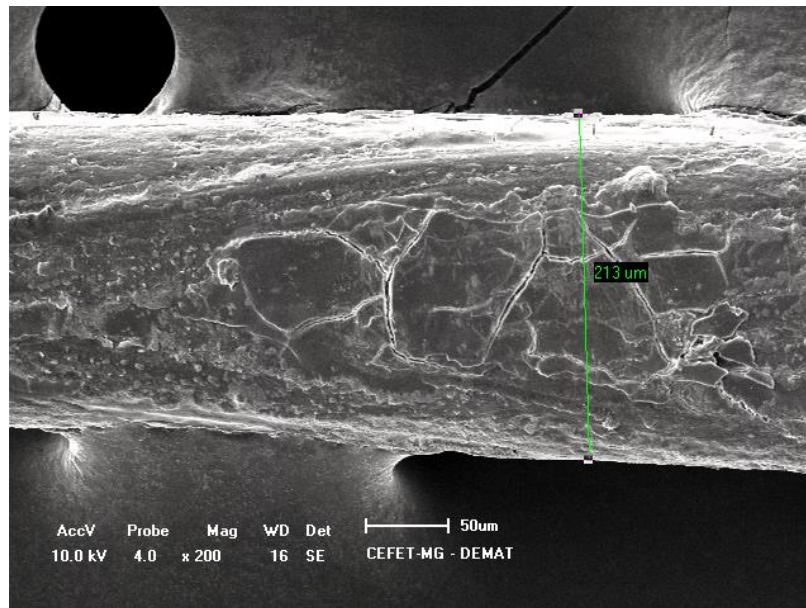
Por fim, foi realizada uma comparação entre os diâmetros dos fios, os quais serão apresentados nas figuras a seguir.

Figura 20 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Polidioxanona



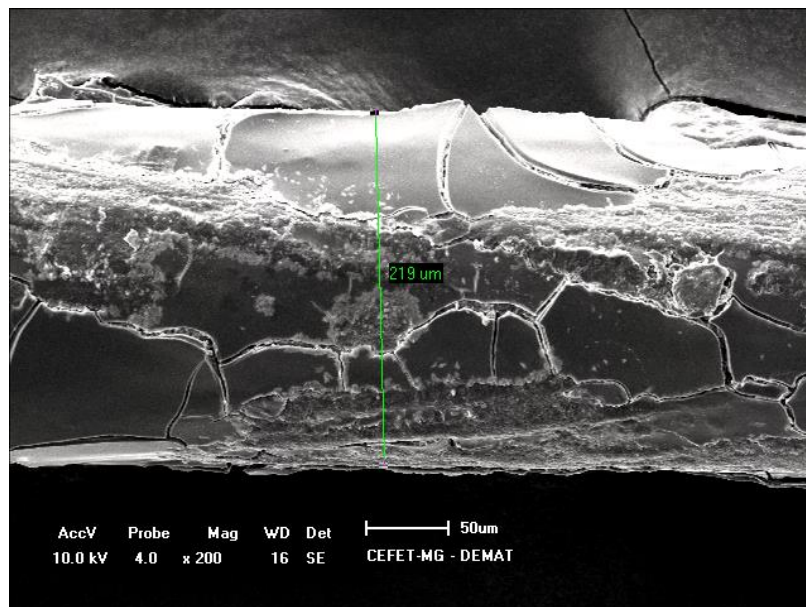
Fonte: Próprio autor.

**Figura 21 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Poliglactina
imerso 3 vezes em vidro bioativo**



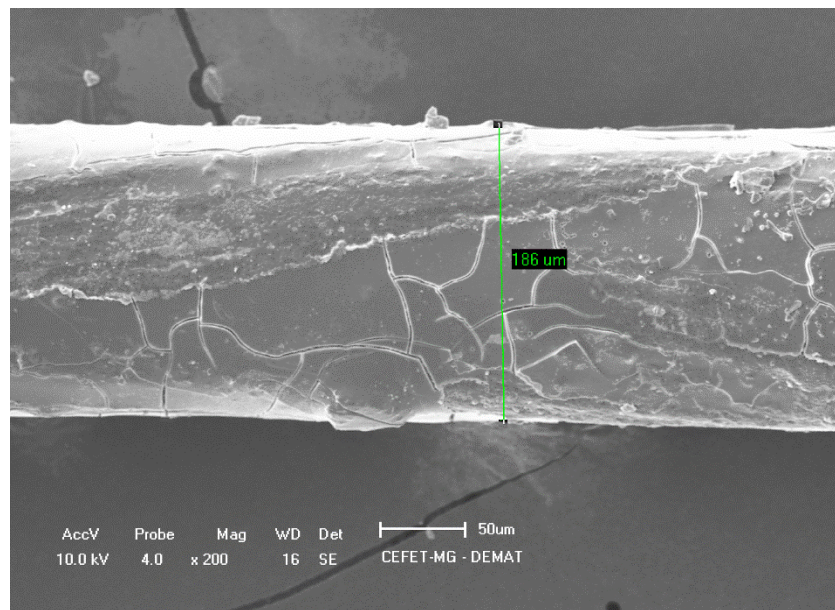
Fonte: Próprio autor.

**Figura 22 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Poliglactina
imerso 4 vezes em vidro bioativo**



Fonte: Próprio autor.

Figura 23 – Microscopia Eletrônica de Varredura do Diâmetro do Fio de Poliglactina imerso 5 vezes em vidro bioativo



Fonte: Próprio autor.

Foi possível perceber que o fio de poliglactina imerso 5 vezes no vidro bioativo apresentou diâmetro de 186 μm , mais próximo do fio de polidioxanona que possui diâmetro de 135 μm . Enquanto os fios de poliglactina imerso 3 e 4 vezes no vidro bioativo apresentaram diâmetros maiores, sendo de 213 e 219 μm , respectivamente.

Uma das possibilidades para que o fio de poliglactina imerso 5 vezes tenha apresentado diâmetro menor pode ser devido ao fato do fio ter sido amassado, ou a medição dos fios imersos 3 e 4 vezes ter sido feita em áreas com maior deposição de vidro, formando “poças” na superfície do fio.

Por apresentarem diâmetros maiores que os de PDO, os fios de poliglactinaa por serem trançados sugerem maiores áreas, capazes de gerar reações teciduais, o que pode favorecer a função de ancoramento e sustentação tecidual.

6 CONCLUSÃO

Diante das propriedades físicas do fio de polidioxanona, vemos que fios de poliglactina 910 podem ser imersos em solução de vidro bioativo com sua deposição efetiva na superfície, uma vez que os resultados de FTIR apresentam bandas significativas de silício.

Essa presença de silício, obtido via sol-gel é capaz de promover a característica bioativa com interação no tecido, estimulando a produção de colágeno, papel esse similar ao esperado para os fios de PDO.

Foi observado que o fio de poliglactina imerso 3 vezes em vidro bioativo apresentou uma quantidade de água superior aos fios imersos 4 e 5 vezes por possuir maior área superficial.

Além disso, observamos que apesar dos fios de PGA apresentarem diâmetros maiores que os de PDO as características de fio trançado sugerem maiores áreas, capazes de gerar reações teciduais, o que pode favorecer a função de ancoramento e sustentação tecidual.

Foi possível perceber que para manuseio dos fios são necessários alguns cuidados e que uma prévia preparação da superfície possivelmente evitaria o aspecto quebradiço no fio.

7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas oportunidades identificadas para trabalhos futuros são: realizar uma modificação de superfície do fio de poliglactina 910 com peróxido de hidrogênio antes de revesti-lo com vidro bioativo, estudar o processo e tempo de degradação dos fios recobertos com vidro bioativo e ajustar a degradação aos períodos demandados no processo cicatricial e avaliar a influência do diâmetro dos fios no processo degradativo.

REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, Leticia; RESENDE, Nathalia; MONTEIRO, Gabriela; DURÃO, Márcia. **Lifting facial não cirúrgico com fios de polidioxanona: revisão de literatura.** Recife, mar. 2021.

AQUINO, Gabriela. **Aplicações dos fios de polidioxanona (PDO) para rejuvenescimento.** PEBMED, [S.l.], 16 ago. 2021. Disponível em: <<https://pebmed.com.br/aplicacoes-dos-fios-de-polidioxanona-pdo-para-rejuvenescimento/>>. Acesso em 04 mai. 2022.

ARAÚJO, Clarissa. **Avalização físico-química e biológica de fio de polidioxanona revestidos com quitosana.** Campina grande: UFCG, 2017.

ARONSHON, M. Intestino grosso. In: SLATTER, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais.** 2. ed. São Paulo: Manole, 1993. v.1, p.743-759.

BAE, Julia. **Fios de sustentação, fios de PDO, lisos e espiculados,entenda tudo sobre esse maravilhoso tratamento.** Clinic, [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://www.clinicspa.com.br/post/fios-de-sustenta%C3%A7%C3%A3o-fios-de-pdo-lisos-e-espiculados-entenda-tudo-sobre-esse-maravilhoso-tratamento>>. Acesso em: 13 mai. 2022.

BARROS, Mônica; GORGAL, Rosário; MACHADO, Ana; CORREIA, Alda; MONTENEGRO, Nuno. **Princípios Básicos em Cirurgia: Fios de Sutura.** Acta Medica Portuguesa, [s.l.], p. 1051-1056, 2011.

BERRA, B. **Vitamins and minerals as skin nutrients.** J Appl Cosmetol, 1998. p. 93-102.

BOLAND, Eugene; COLEMAN, Branch; BARNES, Catherine, SIMPSON, David. **Electrospinning polydioxanone for biomedical applications.** Acta Biomater, 2005. p. 115-123.

BORTOLOZO, Fernanda; BIGARELLA, Roberto. **Apresentação do uso de fios de polidioxanona com nós no rejuvenescimento facial não cirúrgico.** Braz J Surg Clin Res, 2016;3(16):67-75.

CARRARO, Carolina.; COSTA, Mylena. **Fotoenvelhecimento: Bases Moleculares, Prevenção e Tratamento.** V CONGRESSO MULTIPROFISSIONAL EM SAÚDE. 5., 2011, Londrina. Anais do V Congresso Multiprofissional em Saúde – Atenção ao Idoso. Londrina: UniFil, 2011.

CHRISTOVAM, Cristiane. **Utilização tópica do silício orgânico no tratamento do envelhecimento facial.** Portal Biocursos: Belo Horizonte, [21--].

COSTA, Hermes. **Síntese, Caracterização e Avaliação do Comportamento Degradativo de Híbridos Porosos de Poli (Álcool Vinílico)/Vidro Bioativo.** 2010. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SUH, Dong; JANG, Hee; LEE, Sang; LEE, won; RYU, Hwa. **Outcomes of polydioxanone knotless thread lifting for facial rejuvenation.** Dermatol Surg. 2015 Jun;41(6):720-5.

EXSYNUTRIMENT, Exsymol. **Ácido Ortossilícico Estabilizado em Colágeno Marinho Hidrolizado**. BR. n. PI 9913062, 11 jan. 2018.

GARCI, Camila; AUTELIO, Tatiani; PIAZZA, Fátima. **Revitalização cutânea: uma análise do tratamento com a linha Revit Peel**. Santa Catarina: UFPE, [21--].

GIRO, Gabriela; DUARTE, Danilo. **Harmonização Facial: a outra face da odontologia**. Editora Napoleão, [S.l], [21--].

GUEDES, Neise. **Fios de polidioxanona contra a flacidez**. Revista Saúde, 2017. Disponível em: <<https://rsaude.com.br/videos/materia/fios-de-polidioxanona-contr-a-flacidez/11852>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

JUNQUEIRA, L. C; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12° ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

JUNIOR, Fernando. **Desenvolvimento da metodologia de síntese e purificação dos dímeros L-lactídeo e glicolídeo para produção do poli (ácido lático-co-ácido glicólico) para utilização na produção de fontes radioativas**. 2017. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

JUNIOR, Paulo; ORÉFICE, Rodrigo. Compósitos Bioativos Obtidos a Partir da Inserção de Vidro Bioativo em Matriz de Poli(Metacrilato de Metila). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Minas Gerais, v. 11, n. 3, p. 109-115, set. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/Q8yZhqG6YNGcXRKcwTmdrYN/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

KENNEDY, A. D.; DELEO, F. R. **Neutrophil apoptosis and the resolution of infection**. Immunologic Research, v. 43, n. 1-3, p. 25-61, jan. 2009.

KUSZTRA, Edward John. **Fios de polidioxanona (PDO) na flacidez da face: como usar?**. Revista Face, [S.l], 30 ago. 2019. Disponível em: <<https://facemagazine.com.br/o-uso-de-fios-de-polidioxanona-pdo-na-flacidez-da-face/>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

LIMA, Andresa de Souza; SOUZA, Nathalia; MAZONI, Nayara. **O uso do oligoelemento silício no rejuvenescimento facial**. LINS – SP: Revista Científica do Unisalesiano, 2016.

LIMA, Natalia; SOARES, Marília. **Utilização dos bioestimuladores de colágeno na harmonização orofacial**. LRD, 2020.

LOPANDINA, Irina. **Fios PDO: nova abordagem ao rejuvenescimento da pele**. 2. Ed. São Paulo: MultiEditora; 2018. Livro 50p.

LOPES, Alexandra; STEFANELLO, Betina. **Dermatologia: reposição de silício é a nova aposta da ciência contra o envelhecimento**. Clínica Les Peaux, [S.l], 31 out. 2016. Disponível em: <<https://lespeaux.com.br/blog/dermatologia-reposicao-de-silicio-e-a-nova-aposta-da-ciencia-contr-o-envelhecimento/>>. Acesso em 12 mai.2022.

MEDEIRO, A.C; FILHO, I. A; CARVALHO, M.D.F. **Fios de Sutura**. Natal: UFRN, 2016.

MEDEIROS, Tais; SUZUKI, Vanessa; LEITE, Jorge **Silício nos alimentos: uma revisão**. Advances in Nutritional Sciences. Setembro 2020. p. 41-48.

MELLO, F. S.; PINE, L. M.; CORREIA, M. P. **A Fisioterapia Demato-Funcional na Prevenção e no Tratamento do Envelhecimento Facial**. 2008. 59 f. Monografia (Pósgraduação) do centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Lins, 2008.

MIDDLETON, J.C.; TIPTON, A.J. **Synthetic biodegradable polymers as medical devices**. [S.l]: MDDI, 1998.

MOSCA, S.S.; SANCHES, R.A.; COMUNE, A.C. **A importância dos antioxidantes na neutralização dos radicais livres: uma revisão**. 9. ed. São Paulo: Revista Saúde em Foco, 2017.

NAPOLI, João. **Fios de polidioxanona e seus propriedades bioestimuladoras**. LAPIDARE, [S.l], 07 jun. 2020. Disponível em: <https://lapidareinstituto.com.br/fio-de-polidioxanona-e-suas-propriedades-bioestimuladoras/>. Acesso em 10 mai.2022.

NASSIF, Aissar. **Estudo comparativo da ação dos fios: catgut cromado, poliglactina 910 e polidioxanona na cicatrização de bexiga de ratos**. 2005. Tese (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

OBAGI, Z.E. **Restauração e rejuvenescimento da pele: incluindo classificação básica dos tipos de pele**. Rio de Janeiro: Revinter, c2004.

OLIVEIRA, T.S. **Rejuvenescimento da pele por meio da utilização do laser – uma revisão sistemática da literatura**. Brasília: UNICEUB, 2016.

PEPINO, Luciana. **Lifting com fios de Polidioxanona (PDO)**. Luciana Pepino, [S.l], [21--]. Disponível em: <<https://www.lucianapepino.com.br/procedimentos-esteticos/lifting-com-fios-de-polidioxanona-pdo/>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

PERRICONE, Nicholas. **O fim das rugas: um método natural e definitivo para evitar o envelhecimento da pele**. 10. ed. Rio de Janeiro, 2001.

PORTELA, D.P.B; DUTRA, Roberts. **Inovações terapêuticas para rejuvenescimento facial: uma abordagem biomédica**. Rev. Eletrônica Biociências, Biotecnologia e Saúde. Curitiba, 2018;23(12):27-38.

RATNER, B. D.; HOFFMAN, A. S.; SCHOEN, F. J.; LEMONS, J. E. (Ed.). **An introduction to materials in medicine**. San Diego: Academic Press, 3a Ed. 2013. 1600 p.

REBELLO, Tereza. **Guia de produtos cosméticos**. 7 ed. São Paulo: SENAC, 2004.

ROMERO, G.C; TRINDADE, J.A. **Aspectos da interação biomaterial-tecido: uma revisão**. São Bernardo do Campo, 2019.

RUIVO, A.P. **Envelhecimento Cutâneo: fatores influentes, ingredientes ativos e estratégias de veiculação.** Porto: UFP, 2014.

SILVA, G.A. **Harmonização facial com fios de polidioxinona (PDO), toxina botulínica, e ácido hialurônico.** 18º Congresso Nacional de Iniciação Científica, Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, 2018.

SILVA, M. V. R.; HANSEN, D.; STURZENEGGER, T. M. **Radiofrequência no Rejuvenescimento Facial.** XVII SEMINARIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO PESQUISA E EXTENSAO. 17., 2012, Cruz Alta. Anais do XVI Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. Cruz Alta: UNICRUZ, 2012.

SOUZA, Marina. **Desenvolvimento e caracterização de tecidos vítreos flexíveis altamente bioativos.** 2015. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

TAVARES, Joana; OLIVEIRA, Carlos; TORRES, Rodolfo; JUNIOR, Fayez. **Facial thread lifting with suture suspension.** Braz J Otorhinolaryngol. 2017;83(6):712-19.

TIBERIU, N. **Concepts in biological analysis of resorbable materials in oro-maxillofacial surgery.** [S.l]: Implantol, 2011. p. 33-38.

VARGAS, Bruno. **Fios de PDO: Como funciona essa tecnologia para estímulo de colágeno.** Clínica Bruno Vargas, [S.l], 2021. Disponível em: <<https://clinicabrunovargas.com.br/fios-de-pdo/>>. Acesso em 15 mai. 2022.

VASCONCELOS, Rosana. **Estudo sobre o uso do Silício Orgânico no combate ao envelhecimento precoce da pele.** São Lucas, 2017.

WESSLER, K. **Sistemas de PHB e PHBV com PCL-T: comportamento de fase, reologia, propriedades mecânicas e processabilidade.** Dissertação. Programa de pós graduação em ciência e engenharia de materiais. Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2007.

ZANATTI, D.M. **Harmonização orofacial: fios de sustentação.** Revista Saúde, 2015. Disponível em: <<http://rsaude.com.br/bauru/materia/harmonizacao-orofacial-fiosde-sustentacao/12278>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

ZHOU, G.; GROTH, T. **Host Responses to Biomaterials and Anti-Inflammatory Design-a Brief Review.** Macromolecular Bioscience. v. 18, n. 8, p.1800112- 1800125, 2018.