

# USO DE BIOPOLÍMERO SINTÉTICO NA ORTOPEDIA VETERINÁRIA (CÃO, GATO E OVELHA): REVISÃO SISTEMÁTICA

LIMA, Thays Victoria Moraes<sup>1</sup>  
WEBER, Saulo Henrique<sup>2</sup>  
MINTO, Bruno Watanabe<sup>3</sup>  
VILLANOVA JÚNIOR, José Ademair<sup>4</sup>

## RESUMO

Com o intuito de que a utilização de biomateriais passe a ser rotina na prática ortopédica veterinária, vários estudos ainda precisam ser realizados para comprovar a segurança e a eficácia de tais materiais. Buscando este progresso, o presente estudo, objetiva revisar quais são os biomateriais usados na ortopedia veterinária especificamente nos cães, gatos e ovelhas de maneira sistemática. A revisão sistemática é essencial pois auxilia no direcionamento para tomada de decisões, além do benefício da atualização do profissional que a lê. Para a presente pesquisa foi usado o método PRISMA como suporte de orientação. Para delimitar a extensão da pesquisa foi analisada a população, intervenção, comparação, desfecho e tipo de estudo (PICOS). Durante as buscas nas plataformas de pesquisa online foram encontrados ao total 757 estudos incluindo (cão, gato e ovelha) no idioma inglês. Apenas três estudos no idioma português foram encontrados. Do total de registros encontrados, 221 eram duplicados, restando 520 estudos para análise de título, por meio desta verificação, 467 artigos foram excluídos pelo título e 53 estudos possuíam potencial de atingirem os critérios de inclusão na revisão sistemática. Entre esses, 15 foram excluídos pelo resumo, restando um total de 38 registros para leitura integral do estudo e assim conclusão de elegibilidade. O estudo serviu para compreender sobre a aplicação dos biopolímeros sintéticos na ortopedia veterinária, bem como os seus benefícios para o tratamento de diversas afecções. Sabendo que a medicina veterinária está em constante evolução, há a necessidade de que as pesquisas estejam alinhadas com esse progresso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Procedimentos ortopédicos, Próteses, Implantes, Bioplástico, Biomaterial.

## USE OF SYNTHETIC BIOPOLYMER IN VETERINARY ORTHOPEDICS (DOG, CAT, AND SHEEP): A SYSTEMATIC REVIEW

## ABSTRACT

In order for the use of biomaterials to become routine in veterinary orthopedic practice, several studies still need to be conducted to prove the safety and efficacy of such materials. Seeking this progress, the present study aims to systematically review which biomaterials are used in veterinary orthopedics specifically in dogs, cats and sheep. Systematic reviews are essential because they help guide decision-making, in addition to the benefit of updating the professional who reads them. For this research, the PRISMA method was used as guidance support. To delimit the scope of the research, the population, intervention, comparison, outcome and type of study (PICOS) were analyzed. During the searches on online research platforms, a total of 757 studies were found including (dog, cat and sheep) in english. Only three studies in Portuguese were found. Of the total records found, 221 were duplicates, leaving 520 studies for title analysis. Through this verification, 467 articles were excluded based on the title and 53 studies had the potential to meet the inclusion criteria in the systematic review. Of these, 15 were excluded based on the abstract, leaving a total of 38 records for full reading of the study and thus eligibility conclusion. The study served to understand the application of synthetic biopolymers in veterinary orthopedics, as well as their benefits for the treatment of various conditions. Knowing that veterinary medicine is constantly evolving, there is a need for research to be aligned with this progress.

**KEYWORDS:** Orthopedic procedures, Prosthetics, Implants, Bioplastic, Biomaterial.

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Email: [thaysvictoriaml@gmail.com](mailto:thaysvictoriaml@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente do PPGCA da PUCPR. E-mail: [saulo.weber@pucpr.br](mailto:saulo.weber@pucpr.br)

<sup>3</sup> Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus Jaboticabal. E-mail: [bruno.minto@unesp.br](mailto:bruno.minto@unesp.br)

<sup>4</sup> Docente do PPGCA da PUCPR. E-mail: [jose.villanova@pucpr.br](mailto:jose.villanova@pucpr.br)

## 1. INTRODUÇÃO

As lesões ou afecções ortopédicas correspondem aproximadamente a um terço de todos os casos clínicos da rotina de animais de companhia. As causas mais comuns relacionadas as lesões ortopédicas são traumas de alta energia, como o atropelamento, queda de alto impacto, brigas ou feitas criminosamente como os ferimentos por arma de fogo (ALI, 2013; CHITOLINA *et al.*, 2022).

Os métodos de estabilização de fraturas apresentam as suas desvantagens, com relação as placas metálicas podemos citar, distúrbios de crescimento, migração de placas, sobreposição dos implantes, risco de reabsorção óssea como no caso do *stress protection*, e a necessidade de segunda intervenção cirúrgica para remoção dos implantes. Já nos enxertos ósseos temos como limitação, o alto investimento em banco de ossos, modos de conservação complexos, risco de contaminação infectocontagiosa e traumas iatrogênicos (MELLER *et al.*, 2007; MACHADO, 2016; DIPP, 2018).

Diante de tais limitações a utilização de biomateriais vem sendo uma alternativa viável, versátil e com possibilidades de obtenção de maiores desenvolvimentos. Dessa maneira temos como vantagens a biocompatibilidade, que reduz resposta imunológica negativa, permite a degradação de forma gradual quando absorvíveis, e proporciona transmissão lenta de carga do implante para o osso e tecidos adjacentes, ajudando para que novas intervenções cirúrgicas não sejam realizadas para remoção desses implantes (DAVIM, 2019).

Estudos com bioimplantes ainda são exíguos na medicina veterinária, entretanto, o uso destes materiais já vem sendo reconhecido na medicina e odontologia, principalmente em cirurgias odontológicas e ortopédicas. Os primeiros testes com os biomateriais acontecem em ambiente controlado *in vitro*, e o avanço nessas experiências possibilitam a realização de testes *in vivo*, nos quais são utilizados inicialmente animais como biomodelo de experimentação para validar e obter resultados mais concretos. Os animais mais comuns para esses testes são ratos, cães, ovelhas e porcos, sendo avaliadas diversos parâmetros, como a compatibilidade dos implantes, as propriedades de manipulação e a resistência mecânica. (ELIAS *et al.*, 1997; RODRIGUES, 2013; SILVA e CARDOSO, 2013; LENO *et al.*, 2017; FESTAS *et al.*, 2019).

Com o intuito de que a utilização de biomateriais passe a ser rotina na prática ortopédica veterinária, vários estudos ainda precisam ser realizados para comprovar a segurança e a eficácia de tais materiais. Buscando este progresso, o presente estudo, objetiva revisar quais são os biomateriais usados na ortopedia veterinária especificamente nos cães, gatos e ovelhas de maneira sistemática, optou-se por essas espécies porque os cães e gatos são os animais de companhia mais numerosos, e a ovelha por ela ser modelo de estudo animal na medicina.

## 2. METODOLOGIA

Para a presente pesquisa foi usado o método PRISMA como suporte de orientação, e foi analisada a população, intervenção, comparação, desfecho e tipo de estudo (PICOS).

Figura 1 – PICOS (população, intervenção, comparação, desfecho e tipo de estudo).



Fonte: Organizado pelos autores.

Essas perguntas ajudaram a moldar o método de pesquisa, foi conseguido dessa forma montar as nossas palavras-chave e eleger os melhores estudos. Foi usado o DeCS – Descritores em Ciências da Saúde (<https://decs.bvsalud.org/>), para averiguar o potencial das possíveis palavras-chave, e para compilação dos conceitos foi usado Microsoft Excel® (Microsoft Corporation) com o desígnio de organizar todas as informações levantadas em planilha, conforme modelo preconizado por Galvão, Pansani e Harrad (2015).

### 2.1 BUSCA E DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS

Inicialmente foi realizada a pesquisa geral afim de gerar o maior número de dados e assimilar mais informações relacionadas à pesquisa. Para tal, empregamos os idiomas português e inglês, com a delimitação de faixa de pesquisa dos últimos 10 anos. Os estudos foram selecionados segundo os critérios de inclusão e exclusão:

- Idiomas: português ou inglês
- Plataforma online: Scholar, Pubmed e Portal Capes

- As buscas foram feitas por meio das palavras-chave, preferencialmente com auxílio do DeCS.

Os termos de busca foram pensados de maneira que conseguisse abranger o maior número de variáveis com o intuito de responder à pergunta inicial: de forma sistemática quais as evidências disponíveis relacionadas aos biomateriais usados na ortopedia veterinária (cão, gato e ovelha)? Os resultados encontrados estão presentes nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Google Scholar

| GOOGLE SCHOLAR                          |                                      |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| PORTUGUÊS                               | INGLÊS                               |
| +biopolímero +osso intitle: canino      | +biopolymer +bone intitle: canine    |
| +biopolímero +osso intitle: cachorro    | -                                    |
| +biopolímero +osso intitle: cão         | +biopolymer +bone intitle: dog       |
| +biopolímero +osso intitle: gato        | +biopolymer +bone intitle: cat       |
| +biopolímero +osso intitle: felino      | +biopolymer +bone intitle: feline    |
| +biopolímero +osso intitle: ovino       | +biopolymer +bone intitle: ovine     |
| +biopolímero +osso intitle: ovelha      | +biopolymer +bone intitle: sheep     |
| +biopolímeros +ossos intitle: caninos   | +biopolymers +bones intitle: canines |
| +biopolímeros +ossos intitle: cachorros | -                                    |
| +biopolímeros +ossos intitle: cães      | +biopolymers +bones intitle: dogs    |
| +biopolímeros +ossos intitle: gatos     | +biopolymers +bones intitle: cats    |
| +biopolímeros +ossos intitle: felinos   | +biopolymers +bones intitle: felines |
| +biopolímeros +ossos intitle: ovinos    | +biopolymers +bones intitle: sheeps  |
| +biopolímeros +ossos intitle: ovelhas   | +biopolymers +bones intitle: ovines  |

Fonte: Organizado pelos autores.

Tabela 2 – Pumed e Portal Capes

| PUBMED                                       | PORTAL CAPES               |
|----------------------------------------------|----------------------------|
| INGLÊS                                       |                            |
| biopolymer AND bone AND (dog OR canine)      | biopolymer E bone E canine |
| biopolymer AND bone AND (cat OR feline)      | biopolymer E bone E dog    |
| biopolymer AND bone AND (sheep OR ovine)     | biopolymer E bone E cat    |
| biopolymers AND bones AND (dogs OR canines)  | biopolymer E bone E feline |
| biopolymers AND bones AND (cats OR felines)  | biopolymer E bone E sheep  |
| biopolymers AND bones AND (sheeps OR ovines) | biopolymer E bone E ovine  |

Fonte: Organizado pelos autores.

Após realizar a compilação quantitativas de todos os artigos encontrados nas bases de dados passamos para uma segunda avaliação, que se dá pela exclusão por título, seguida da exclusão por resumo com objetivo de sanar as seguintes perguntas:

1. O artigo está relacionado com cães, gatos ou ovelha?

2. O artigo fala sobre o uso de biomaterial?

3. Quais são os biomateriais descritos?

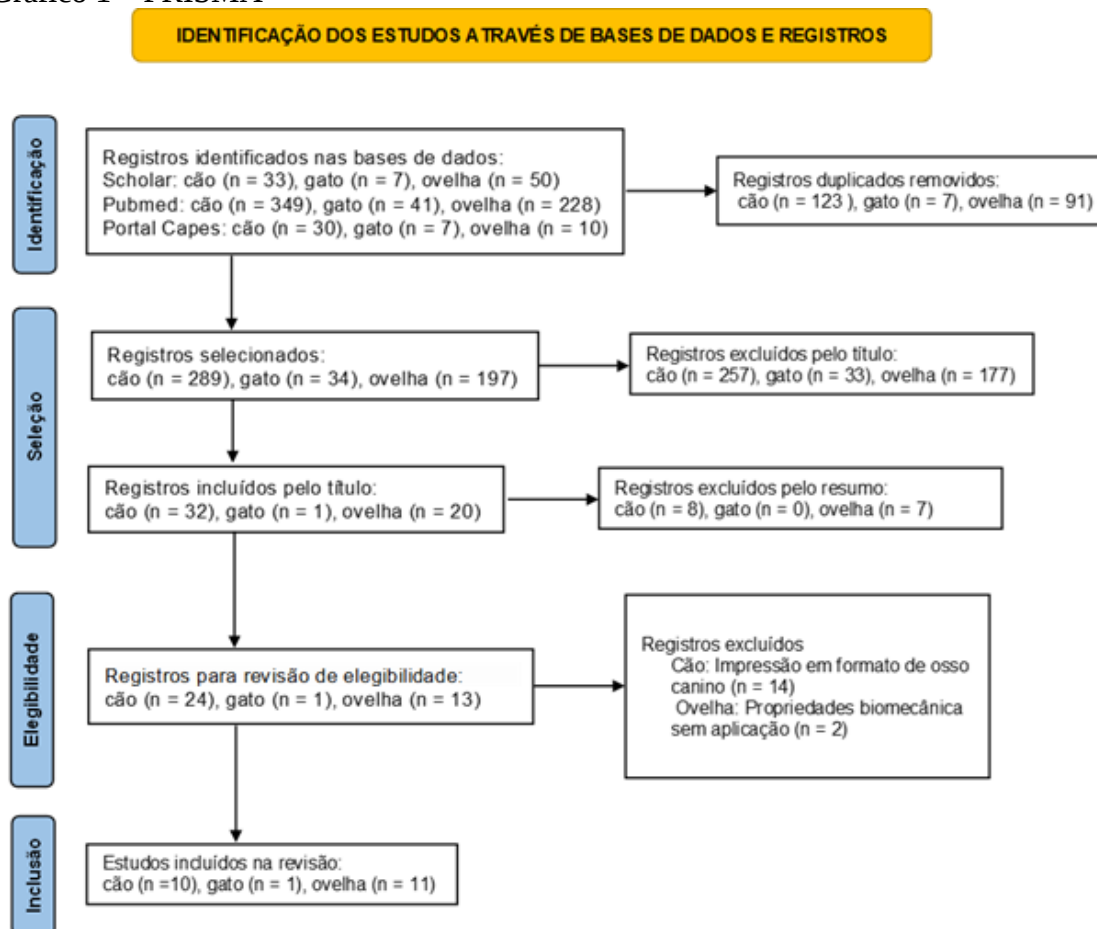
Se a resposta para essas perguntas for sim, então os artigos se encontrarão dentro dos critérios de inclusão. Para que houvesse a identificação dos estudos foram registrados alguns dados, com intuito de auxiliar nos processos futuros foi elaborado uma tabela com as seguintes informações:

- Título
- Revista e ano de publicação
- Espécie
- Idade, Raça e Peso
- Local
- Tipo de estudo
- Biopolímero
- Objetivo
- Resultados

## 2.2 EXTRAÇÃO DOS RESULTADOS

Para representação dos dados, foi confeccionado um esquema PRISMA, representado pelo Gráfico 1 abaixo, unindo todas as seleções realizadas.

Gráfico 1 – PRISMA



Fonte: Organizado pelos autores.

### 3. RESULTADOS

Durante as buscas nas plataformas de pesquisa online foram encontrados ao total 757 estudos incluindo cão, gato e ovelha no idioma inglês. Apenas três estudos no idioma português foram encontrados com base nas palavras-chave da Tabela 1, porém, esses artigos não passaram para as outras etapas, pois, não cumprem os critérios de inclusão.

Do total de registros encontrados, 221 eram duplicados, restando 520 estudos para análise de título, por meio desta verificação 467 artigo foram excluídos pelo título e 53 estudos possuíam potencial de atingirem os critérios de inclusão na revisão sistemática. Entre esses, 15 foram excluídos pelo resumo, restando um total de 38 registros para leitura integral do estudo e assim conclusão de elegibilidade.

Dos 38 artigos que foram lidos integralmente, 16 foram retirados dos registros elegíveis, 14 falavam sobre o desenvolvimento de biopolímeros e suas propriedades biomecânicas, com testes em

formato de osso canino, porém, sem comparação com o osso íntegro, ou seja, os estudos apenas queriam validar o estudo sobre os biomateriais específicos, dentre eles: ácido polilático (PLA); poli(hidroxibutirato) (PHB) + (PLA); acrilonitrila butadieno estireno (ABS) + (PLA); poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxihexanoato) (PHBH); óleo de soja epoxidado (ESO), polietileno glicol (PEG) e glicerol nas propriedades mecânicas e térmicas de filamentos de (PLA) preenchidos com grãos secos destilados com solúveis (DDGS); nanopartículas de prata e timol com (PLA); compósitos (PLA) + madeira; polietileno (PE) + aminosilano ou polietileno maleado (MA-g-PE); ácido polilático/poli-amida 11 (PLA/PA11); polimetilmetacrilato-b-polibutilacrilato-co-ácido 2-acrilamido-2-metil-1-propanossulfônico (PMMA-b-P(BA-co-AMPS)); epóxi a partir de lignina organossolve glicosilada e bisfenol A; poli(ácido láctico)/fibra de cânhamo curta branqueada como substituição de polipropileno/fibra de vidro.

Os outros dois estudos abordavam o desenvolvimento de biopolímeros e suas propriedades biomecânicas a partir: da hidroxiapatita (Hap) obtida a partir de ossos de ovelhas que foi sintetizada, localmente obtida e sílica extraída das cinzas de casca de arroz (RHA) foram reforçadas com nanopartículas de poli-caprolactona (PCL); e da celulose microcristalina (MCC) com aditivo em matriz de policaprolactona (PCL).

Em suma, 23 estudos entraram nos critérios de inclusão entre os anos de 2013 e 2023 no idioma inglês, esses resultados foram compilados em formato de tabela para melhor visualização dos dados.

Tabela 3 – Artigos incluídos

| TÍTULO                                                                                                                                                                                | REVISTA<br>ANO                                | ESPÉ<br>CIE | IDADE<br>RAÇA<br>PESO      | LOCAL                                    | TIPO<br>DE<br>ESTUD<br>O | BIOPOLÍMERO                                                                                  | OBJETIVO                            | RESULTADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|----------------------------|------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3d printing of lithium osteogenic bioactive composite scaffold for enhanced bone regeneration (WANG <i>et al.</i> , 2023)                                                             | Composites Part B: Engineering<br>2023        | Cão         | Beagle                     | Tecido mole (Osteogênes e heterotópica ) | In vitro<br>In vivo      | Ácido polilático (pla), nano-hidroxiapatita (n-ha) e estrutura de tecido ósseo de lítio (li) | Resistência mecânica                | Boa capacidade de impressão, biocompatibilidade, degradabilidade e indução osteogênica, e possui potencial de aplicação na reparação personalizada de grandes defeitos ósseos.                                                                                                                                          |
| 3D-printed bi-layered polymer/hydrogel construct for interfacial tissue regeneration in a canine model (JAMALPOUR <i>et al.</i> , 2022)                                               | Dental Materials<br>2022                      | Cão         | 20-25kg                    | Tíbia                                    | In vitro<br>In vivo      | Membrana de poliéster policaprolactona (PCL) e gelatina de hidrogênio                        | Regeneração Óssea                   | As membranas são biocompatíveis, mecanicamente estáveis e podem melhorar a osteogênese e a regeneração de defeitos ósseos.                                                                                                                                                                                              |
| Bending strength and biological properties of PLA-HA composites for femoral canine bone fixation plate(SADUDEETHANA KUL <i>et al.</i> , [s.d.])                                       | Materials Science and Engineering<br>2019     | Cão         | -                          | Fêmur                                    | In vivo                  | Ácido polilático (PLA) e biocerâmica hidroxiapatita (HÁ)                                     | Propriedades mecânicas e biológicas | A propriedade de biodegradação da amostra mostrou que ela pode se degradar a uma taxa de 0,0175 g/dia, o que equivale a uma média de 15 anos. Além disso, a biocompatibilidade também mostrou uma viabilidade celular de 88,97%, o que permite concluir que essa amostra é apropriada para uso no osso femoral de cães. |
| Controlled-release of tetracycline and lovastatin by poly (D,L-lactide-co-glycolide acid)-chitosan nanoparticles enhances periodontal regeneration in dogs.(LEE <i>et al.</i> , 2016) | International Journal of Nanomedicine<br>2016 | Cão         | Beagle<br>1,5 anos<br>10kg | Dente (periodontite )                    | In vitro<br>In vivo      | PLGA (poli (d,l-lactídeo-co-glicolídeo ácido)) -lovastatina-citosina-tetraciclina            | Regeneração periodontal             | Boa biocompatibilidade, atividade antibacteriana e aumento da atividade da fosfatase alcalina. A microtomografia revelou um aumento significativo na neoformação óssea em defeitos.                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                         |                                                       |     |                         |           |                     |                                                                                                                       |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Effect of Attapulgit-Doped Electrospun Fibrous PLGA Scaffold on Pro-Osteogenesis and Barrier Function in the Application of Guided Bone Regeneration (XIE <i>et al.</i> , 2020)         | International Journal of Nanomedicine 2020            | Cão | Beagle 2 anos           | Mandíbula | In vitro<br>In vivo | Poli (ácido láctico-co-glicólico) (PLGA) dopada com atapulgita (ATT)                                                  | Regeneração Óssea Guiada (GBR)                               | Os resultados da rotulagem fluorescente sequencial, tomografia computadorizada microscópica e análise histológica sugerem que o uso das estruturas PLGA/ATT para reparar a deiscência bucal em forma de V em uma raiz de dente de cachorro melhorou a regeneração óssea. |
| Effect of flapless ridge preservation with two different alloplastic materials in sockets with buccal dehiscence defects- volumetric and linear changes (NAENNI <i>et al.</i> , [s.d.]) | Clinical Oral Investigations 2017                     | Cão | Beagle 1 ano 10-20kg    | Mandíbula | In vivo             | Enxerto de partículas de fosfato de cálcio bifásico revestido com poliácido láctico-co-glicólico (PLGA)               | Alterações volumétricas e lineares na preservação do rebordo | Ambos os procedimentos de preservação de rebordo minimizaram a perda de volume em comparação com a cicatrização espontânea.                                                                                                                                              |
| Effects of 3D-Printed Polycaprolactone/ $\beta$ -Tricalcium Phosphate Membranes on Guided Bone Regeneration (SHIM <i>et al.</i> , [s.d.])                                               | International Journal of Molecular Science 2017       | Cão | Beagle 3 anos 13-15kg   | Mandíbula | In vivo             | Membranas de policaprolactona (PCL) e policaprolactona/fosfato tricálcico $\beta$ (PCL/ $\beta$ -TCP)                 | Regeneração Óssea Guiada (GBR)                               | A membrana de PCL/ $\beta$ -TCP 3D demonstrou desempenho melhor na regeneração óssea do que a membrana de colágeno e maior estabilidade estrutural.                                                                                                                      |
| Evaluation of 3D printed PCL/PLGA/ $\beta$ -TCP versus collagen membranes for guided bone regeneration in a beagle implant model (YAO; KANG; LI, 2016)                                  | Biomedical Materials 2016                             | Cão | Beagle 1,5 anos 10kg    | Mandíbula | In vitro<br>In vivo | Membranas de poli(caprolactona)/poli(ácido láctico-co-glicólico)/ $\beta$ -tricálcio fosfato (PCL/PLGA/ $\beta$ -TCP) | Regeneração Óssea Guiada (GBR)                               | Os resultados demonstram in vitro e in vivo que as membranas de PCL/PLGA/ $\beta$ -TCP possuem níveis similares de biocompatibilidade e regeneração óssea em comparação com as membranas de colágeno.                                                                    |
| Influence of biodegradable polymer membrane on new bone formation and biodegradation of biphasic bone                                                                                   | Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery 2020 | Cão | Beagle 5-6 meses 8-10Kg | Mandíbula | In vivo             | Membrana de policaprolactona (PCL) biodegradável                                                                      | Formação óssea Biodegradação Óssea                           | A membrana de biopolímero contribui para a biodegradação precoce de substitutos ósseos bifásicos no defeito da mandíbula, mas não afeta a capacidade de formação óssea do enxerto ósseo.                                                                                 |

|                                                                                                                                                              |                                      |        |                            |           |                     |                                                                                                                             |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------|----------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| substitutes: an animal mandibular defect model study(KU; KIM; YUN, [s.d.])                                                                                   |                                      |        |                            |           |                     |                                                                                                                             |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Use of a self-curing resorbable polymer in vertical ridge augmentations - a pilot study in dogs (SCHLIEPHAKE <i>et al.</i> , 2014)                           | Clinical Oral Implants Research 2014 | Cão    | Beagle 18-22 meses 32-41Kg | Maxila    | In vivo             | Tricálciofosfato/ hidroxiapatita (TCP/HA) com hidrogel de poloxâmero                                                        | Formação Óssea                                     | O uso de um gel de poloxâmero para a estabilização de material de enxerto ósseo particulado em aumentos de crista vertical não ofereceu vantagens em comparação com a cobertura dos materiais de enxerto com uma membrana de colágeno.                                                                                  |
| Poly(3-hydroxybutyrate): Promising biomaterial for bone tissue engineering (DARIŠ; KNEZ, 2020)                                                               | Acta Pharmaceutica 2020              | Gato   | -                          | Fêmur     | In vitro<br>In vivo | Poli(3-hidroxibutirato) com Hidroxiapatita (HA)                                                                             | Bioatividade Biocompatibilidad e                   | Observaram uma resposta inflamatória local crônica. Avaliações de biocompatibilidade realizadas em diferentes condições experimentais e com diferentes linhagens celulares destacaram a boa biocompatibilidade in vitro e in vivo do PHB. Portanto, a conclusão foi que as estruturas de PHB/HA promovem a osteogênese. |
| 3D-Printed Osteoinductive Polymeric Scaffolds with Optimized Architecture to Repair a Sheep Metatarsal Critical-Size Bone Defect(GAROT <i>et al.</i> , 2023) | Advanced Healthcare Materials 2023   | Ovelha | -                          | Metatarso | In vitro<br>In vivo | Ácido polilático (PLA) com revestimento de polieletrólítico que libera a proteína morfogenética óssea osteogênica 2 (BMP-2) | Otimização Biocompatibilidad e Biodegradabilidad e | Foi comprovado que o PLA revestido por filme carregado com BMP-2 é biocompatível, tanto in vitro quanto in vivo, além de provocar regeneração óssea personalizada.                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                          |                                                                            |        |                           |                        |         |                                                                                                                                                                                                |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------|------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A prospective study comparing tendon-to-bone interface healing using an interposition bioresorbable scaffold with a vented anchor for primary rotator cuff repair in sheep (EASLEY <i>et al.</i> , 2020) | Journal of Shoulder and Elbow Surgery 2020                                 | Ovelha | Columbia Cross Ovis Aries | Tendão infra espinhoso | In vivo | Microfibras de PLGA alinhadas (poli(L-lactídeo-co-glicosídeo))                                                                                                                                 | Propriedades biomecânicas e histológicas | Houve a melhora das propriedades histológicas do reparo do manguito rotador em um modelo ovino, se relacionando com o aumento da resistência final da estrutura. O uso de uma âncora ventilada em combinação com um suporte interposicional de PLGA pode melhorar a cicatrização e a resistência do tendão no reparo do manguito rotador. |
| Biphasic calcium phosphate and polymer-coated bovine bone matrix for sinus grafting in an animal model(SHEFTEL <i>et al.</i> , [s.d.])                                                                   | Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials 2020 | Ovelha | 3-4 anos 70Kg             | Maxila                 | In vivo | Colágeno equino com partículas de fosfato de cálcio bifásico (CC-BCP) e matriz óssea bovina desproteínizada (BBM) revestido com ácido polilático e copolímero de poli-ε-caprolactona (BBM-PCC) | Avaliação do potencial                   | Resulta em uma cicatrização óssea equivalente ao Bio-Oss® em um modelo ovino de seio maxilar para enxerto.                                                                                                                                                                                                                                |
| Comparison of sheep scapula models created with polylactic acid and thermoplastic polyurethane filaments by three-dimensional modelling (KURT <i>et al.</i> , 2022)                                      | Anatomia, Histologia, Embryologia 2021                                     | Ovelha | -                         | Escápula               | Ex vivo | Ácido polilático (PLA) e poliuretano termoplástico (TPU)                                                                                                                                       | Resistência mecânica                     | O modelo da escápula criado com filamentos de PLA era mais resistente a impactos do que o osso real, e que o modelo criado com filamentos de TPU era mais flexível, com fragilidade muito baixa em comparação com PLA e o osso real.                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                     |                                                  |        |                                    |                                                                   |                     |                                                                                   |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Osteosynthesis-screw augmentation by ultrasound-activated biopolymer - an ovine in vivo study assessing biocompatibility and bone-to-implant contact (NEUMANN <i>et al.</i> , 2015) | Journal of Orthopaedic Surgery and Research 2015 | Ovelha | Ovis Aries 2 anos 60Kg             | Fêmur                                                             | In vivo             | Ácido polilático ativado por ultrassom (PLDLA)                                    | Avaliação do potencial Biocompatibilidade                           | O polímero se espalhou bem a partir dos parafusos para as lacunas. Não foram observadas evidências de inflamação ou infecção. A biocompatibilidade foi comprovada no exame histopatológico.                                                                                                             |
| Partial Meniscus Replacement with a Collagen-Hyaluronan Infused Three-Dimensional Printed Polymeric Scaffold (GHODBANE <i>et al.</i> , [s.d.])                                      | Tissue Engineering Part A 2019                   | Ovelha | Dorset Finn Cross 2-3 anos 49-80kg | Articulação femorotibial                                          | In vitro<br>In vivo | Colágeno e hialuronano                                                            | Avaliação macroscópica, e microscópica                              | Não foi observada degeneração significativa na cartilagem articular circundante em nenhuma condição. Este estudo demonstrou que o suporte induz a colonização por tecido fibrocondrocítico, integra-se robustamente e continua a amadurecer até 24 semanas, e a cartilagem articular não é prejudicada. |
| PHB/CHIT Scaffold as a Promising Biopolymer in the Treatment of Osteochondral Defects—An Experimental Animal Study (PETROVOVA <i>et al.</i> , 2021a)                                | Polymers 2021                                    | Ovelha | Merino e Valáquia 1,5-2 anos 60Kg  | Cartilagem do joelho (medial a tróclea e côndilo medial do fêmur) | In vitro<br>In vivo | Polihidroxibutirato quitosana (PHB/CHIT)                                          | Avaliação da qualidade do tecido recém-formado no local do defeito. | Promoveu principalmente a regeneração osteocondral por meio da formação de cartilagem semelhante à hialina. O processo de cicatrização ocorreu sem inflamação e alterações significativas na densidade da cartilagem.                                                                                   |
| Plasma immersion ion-implanted 3D-printed PEEK bone implants: In vivo sheep study shows strong osseointegration (KRUSE <i>et al.</i> , 2022)                                        | Plasma Processes and Polymers 2021               | Ovelha | 7-8 anos 70-80Kg                   | Escápula                                                          | In vitro<br>In vivo | Poli(éter-éter-cetona) (PEEK) com implantação iônica por imersão em plasma (PIII) | Resistência mecânica                                                | Impressões PIII-PEEK incubadas com células ósseas in vitro apresentam resistência de extração 9 a 14 vezes maior, em comparação com implantes não tratados. Os implantes tratados in vivo requerem um torque sete vezes maior para serem liberados da escápula da ovelha.                               |

|                                                                                                                                                                                             |                                                 |        |                            |                                                                   |                     |                                                                                                                                              |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Polyhydroxybutyrate/Chitosan 3D Scaffolds Promote In Vitro and In Vivo Chondrogenesis (GIRETOVA <i>et al.</i> , 2019)                                                                       | Applied Biochemistry and Biotechnology 2019     | Ovelha | 2 anos 45-50Kg             | Cartilagem do joelho (medial a tróclea e côndilo medial do fêmur) | In vitro<br>In vivo | Polihidroxibutirato/quitosana (PCH)                                                                                                          | Avaliação da qualidade do tecido recém-formado no local do defeito. | Os resultados demonstraram que os andaimes de PCH apoiaram a diferenciação condrogênica de células tronco mesenquimais in vitro. Andaimes acelulares de PCH foram utilizados com sucesso in vivo para reparação de defeitos de cartilagem de joelho, apoiaram a cicatrização de feridas e a formação de tecido semelhante a cartilagem hialina. |
| Polylevolysine and Fibronectin-Loaded Nano-Hydroxyapatite/PGLA/Dextran Based Scaffolds for Improving Bone Regeneration: A Histomorphometric in Animal Study (CANCIANI <i>et al.</i> , 2023) | International Journal of Molecular Science 2023 | Ovelha | -                          | Tíbia                                                             | In vitro<br>In vivo | Nano-hidroxiapatita (nano-HA)/PGLA/dextrana carregada com polilevolisina (PLL) e fibronectina (FN)                                           | Avaliação da qualidade do tecido recém-formado no local do defeito. | Formação de novo osso nos defeitos corticais de tamanho crítico. A presença de PLL (polilisina) e FN (fibronectina) resultou em suportes com maior porosidade e melhorou a regeneração óssea. Aos 6 meses, os suportes carregados com PLL e FN foram significativamente mais reabsorvidos e substituídos por osso regenerado.                   |
| The efficacy of poly-D, L-lactic acid- and hyaluronic acid-coated bone substitutes on implant fixation in sheep (ANDREASEN <i>et al.</i> , 2017)                                            | Journal of Orthopaedic Translation 2017         | Ovelha | Merino/Gotland 4 anos 78Kg | Fêmur                                                             | In vivo             | Ácido poli- d, l -lático (PDLLA) e do ácido hialurônico (HyA), revestidos sobre grânulos de hidroxiapatita/beta-tricálcio fosfato (HA/βTCP). | Eficácia do enxerto                                                 | Este estudo demonstra que os grânulos de HA / βTCP revestidos com PDLLA e HyA têm crescimento ósseo e fixação de implante semelhantes aos do aloenxerto, e com propriedades mecânicas semelhantes às do aloenxerto antecipado, podem ser considerados como materiais substitutos alternativos para a formação óssea em ovinos.                  |

Fonte: arquivo pessoal, 2023

#### 4. DISCUSSÃO

O estudo teve como objetivo revisar em bases de dados os biopolímeros sintéticos relatados para o tratamento de diversas doenças de cunho ortopédico em cães, gatos e ovelhas dos últimos 10 anos, se concentram no tipo de estudo *in vitro* e *in vivo*, com apenas um estudo sendo relatado em formato *ex vivo*. Foi possível analisar que os dados semiológicos como raça, idade e peso não seguem uma linha padronizável. Outra observação a ser realizada é que a localização das possíveis afecções encontradas no cotidiano clínico-cirúrgico é variada, abrangendo desde alvéolos dentários, fêmur, tíbia, metatarso, mandíbula, maxilar, espaço articular, cartilagem articular, tendão infraespinhal e outros tecidos moles, esses com caráter de osteogênese heterotópica (formação de tecido ósseo em outros tecidos).

Este estudo conseguiu relatar uma grande quantidade de resultados por meio de palavras-chave, devido ao planejamento intrínseco por meio dos protocolos de busca e a exclusão dos registros que não se encontravam dentro dos critérios de inclusão pré-estabelecidos. Mesmo que haja o detalhamento das possibilidades de busca, não tem como afirmar que todos os artigos relacionados ao nosso tema foram encontrados, até porque existem muitas variáveis dentro de uma plataforma de dados e as palavras-chave se ramificam através dos sinônimos, isso poderia ser considerado uma limitação (MARCONDES; SILVA, 2022).

Um biomaterial pode ser descrito como um material natural ou sintético, devidamente adequado para interagir com sistemas biológicos, tendo como função tratar, aumentar ou substituir qualquer tecido ou órgão. Os biopolímeros também tem origem natural ou sintética com propriedades específicas como biodegradabilidade e a biocompatibilidade, podendo ser utilizado em contato íntimo com tecidos vivos, sendo assim, essencial que o material implantado não cause quaisquer efeitos nocivos (DARIŠ; KNEZ, 2020). Os bioimplantes podem ser impressos por meio de equipamento 3D e cada vez mais estão sendo utilizados na engenharia de tecidos, a partir de suas vastas características podem ser associados às atividades celulares do indivíduo. Para que haja esse progresso são necessários alguns requisitos para a validação deste biopolímero, como a resistência mecânica; biocompatibilidade; osteoindutividade; porosidade; bioabsorção e biodegradação. (CHEN; THOUAS, 2015; DARIŠ; KNEZ, 2020; GAROT *et al.*, 2023).

Foi notório que na grande maioria dos estudos, os biopolímeros sintéticos foram usados com associações com os biopolímeros não sintéticos e outros biomateriais, objetivando a potencialização dos resultados através da complementação, ou seja, juntando os pontos fortes de cada composto, melhorando dessa maneira as propriedades histológicas, a regeneração e cicatrização óssea, além da

osteointegração, osteoindução, bioabsorção, regeneração óssea guiada, biocompatibilidade, biodegradação e neoformação tecidual tanto óssea, como também cartilaginosa e tendínea. Alguns biopolímeros foram impressos e usados isoladamente, assim como o (PLA) e (TPU) para servirem como método de comparação ao osso íntegro, buscando entender sobre a resistência biomecânica que esses biomateriais sintéticos possuem (ANDREASEN *et al.*, 2017; EASLEY *et al.*, 2020; KURT *et al.*, 2022).

Os achados desta pesquisa são de grande valia, pois contemplam por meio dos resultados revelados na Tabela 3, os vários benefícios atrelados à utilização dos biopolímeros na ortopedia veterinária. Além de impulsionar novos estudos com a mesma temática, uma vez que, houve afirmação em vários artigos citados na presente revisão sistemática, certamente impulsionará a educação da temática por possuir caráter tecnológico promissor (KURT *et al.*, 2022; PETROVOVA *et al.*, 2021).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo serviu para compreender sobre a aplicação dos biopolímeros sintéticos na ortopedia veterinária, bem como os seus benefícios para o tratamento de diversas afecções. Sabendo que a medicina veterinária está em constante evolução, há a necessidade de que as pesquisas estejam alinhadas com esse progresso. Portanto, é de extrema relevância tanto para a comunidade acadêmica quanto para o setor comercial que novas pesquisas sejam conduzidas em diversas áreas, a fim de aumentar o número de resultados e dessa maneira possibilitar os avanços contínuos.

## REFERÊNCIAS

- ALI, L. M. BEN. Incidence, Occurrence, Classification and Outcome of Small Animal Fractures: A Retrospective Study (2005-2010). **International Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 7, n. 3, p. 191–196, 27 mar. 2013.
- ANDREASEN, C. M. *et al.* The efficacy of poly-d,l-lactic acid- and hyaluronic acid-coated bone substitutes on implant fixation in sheep. **Journal of Orthopaedic Translation**, v. 8, p. 12–19, 1 jan. 2017.
- BARTH, F. R. Ligas metálicas empregadas no tratamento de fraturas de fêmur em cães e gatos. 2016.
- CANCIANI, E. *et al.* Polylevolysine and Fibronectin-Loaded Nano-Hydroxyapatite/PGLA/Dextran-Based Scaffolds for Improving Bone Regeneration: A Histomorphometric in Animal Study. **International journal of molecular sciences**, v. 24, n. 9, 1 maio 2023.

- CHEN, Q.; THOUAS, G. A. Metallic implant biomaterials. **Materials Science and Engineering: R: Reports**, v. 87, p. 1–57, 1 jan. 2015.
- CHITOLINA, T. *et al.* fraturas apendiculares em cães e gatos: casuística. **Ciência Animal**, v. 32, n. 1, p. 45–54, 17 nov. 2022.
- DARIŠ, B.; KNEZ, Ž. Poly(3-hydroxybutyrate): Promising biomaterial for bone tissue engineering. **Acta pharmaceutica (Zagreb, Croatia)**, v. 70, n. 1, p. 1–15, 1 mar. 2020.
- DIPP, G. estudo comparativo da resistência mecânica de placas bloqueadas absorvíveis de diferentes espessuras e placas bloqueadas metálicas utilizadas em osteotomias em fêmur canino. p. 48–48, 2018.
- EASLEY, J. *et al.* A prospective study comparing tendon-to-bone interface healing using an interposition bioresorbable scaffold with a vented anchor for primary rotator cuff repair in sheep. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v. 29, n. 1, p. 157–166, 1 jan. 2020.
- ELIAS, N. *et al.* Fixação interna das fraturas do tornozelo com parafusos biodegradáveis \*. **Rev Bras Ortop**, v. 32, 1997.
- FESTAS, A. J.; RAMOS, A.; DAVIM, J. P. Medical devices biomaterials – A review. <https://doi.org/10.1177/1464420719882458>, v. 234, n. 1, p. 218–228, 20 out. 2019.
- FLÔRES, L. N. Osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) sem radiografias transoperatórias no tratamento de fraturas em ossos longos de cães e gatos. 2013.
- GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. DE S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335–342, jun. 2015.
- GAROT, C. *et al.* 3D-Printed Osteoinductive Polymeric Scaffolds with Optimized Architecture to Repair a Sheep Metatarsal Critical-Size Bone Defect. **Advanced Healthcare Materials**, p. 2301692, 2023.
- GHODBANE, S. A. *et al.* Partial Meniscus Replacement with a Collagen-Hyaluronan Infused Three-Dimensional Printed Polymeric Scaffold. [s.d.].
- GIRETOVA, M. *et al.* Polyhydroxybutyrate/Chitosan 3D Scaffolds Promote In Vitro and In Vivo Chondrogenesis. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 189, n. 2, p. 556–575, 1 out. 2019.
- JAMALPOUR, M. R. *et al.* 3D-printed bi-layered polymer/hydrogel construct for interfacial tissue regeneration in a canine model. **Dental Materials**, v. 38, n. 8, p. 1316–1329, 1 ago. 2022.
- KEMPER, B.; DIAMANTE, G. A. C. Estudo Retrospectivo das Fraturas do Esqueleto Apendicular de Cães Atendidos no Hospital Veterinário da Universidade Norte do Paraná (Unopar) no Período de Janeiro de 2007 a Março de 2009. **Journal of Health Sciences**, v. 12, n. 2, p. 23–29, 2010.
- KRUSE, H. V. *et al.* Plasma immersion ion-implanted 3D-printed PEEK bone implants: In vivo sheep study shows strong osseointegration. **Plasma Processes and Polymers**, v. 19, n. 7, p. 2100244, 1 jul. 2022.

KU, J.-K.; KIM, Y.-K.; YUN, P.-Y. Influence of biodegradable polymer membrane on new bone formation and biodegradation of biphasic bone substitutes: an animal mandibular defect model study. [s.d.].

KURT, S. *et al.* Comparison of sheep scapula models created with polylactic acid and thermoplastic polyurethane filaments by three-dimensional modelling. **Anatomia, histologia, embryologia**, v. 51, n. 2, p. 244–249, 1 mar. 2022.

LEE, B. S. *et al.* Controlled-release of tetracycline and lovastatin by poly(D,L-lactide-co-glycolide acid)-chitosan nanoparticles enhances periodontal regeneration in dogs. **International Journal of Nanomedicine**, v. 11, p. 285–297, 18 jan. 2016.

LENO, M. B. *et al.* Comparison of functional outcomes and patient-reported satisfaction between titanium and absorbable plates and screws for fixation of mandibular fractures: A one-year prospective study. **Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery**, v. 45, n. 5, p. 704–709, 1 maio 2017.

MACHADO, H. N. Enxertos ósseos : uma alternativa no tratamento de animais de companhia. 2016. MARCONDES, R.; SILVA, S. L. R. DA. O protocolo prisma 2020 como uma possibilidade de roteiro para revisão sistemática em ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 18, n. 39, p. 1–19, 11 set. 2022.

MELLER, M. *et al.* Implante ósseo cortical alógeno conservado em mel na reconstrução de falha óssea diafisária em fêmur de cães: avaliação clínica e radiográfica. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 450–457, 2007.

NAENNI, N. *et al.* Effect of flapless ridge preservation with two different alloplastic materials in sockets with buccal dehiscence defects-volumetric and linear changes. [s.d.].

NEUMANN, H. *et al.* Osteosynthesis-screw augmentation by ultrasound-activated biopolymer-an ovine in vivo study assessing biocompatibility and bone-to-implant contact. 2015.

PETROVOVA, E. *et al.* PHB/CHIT Scaffold as a Promising Biopolymer in the Treatment of Osteochondral Defects—An Experimental Animal Study. **Polymers** 2021, v. 13, p. 1232, v. 13, n. 8, p. 1232, 11 abr. 2021a.

PETROVOVA, E. *et al.* PHB/CHIT Scaffold as a Promising Biopolymer in the Treatment of Osteochondral Defects—An Experimental Animal Study. **Polymers** 2021, v. 13, p. 1232, v. 13, n. 8, p. 1232, 11 abr. 2021b.

RODRIGUES, L. B. Environmental Management of Agroindustrial Process View project. 2013. SADUDEETHANAKUL, S. *et al.* Bending strength and Biological properties of PLA-HA composites for femoral canine bone fixation plate. [s.d.].

SCHLIEPHAKE, H. *et al.* Use of a self-curing resorbable polymer in vertical ridge augmentations – a pilot study in dogs. **Clinical Oral Implants Research**, v. 25, n. 4, p. 435–440, 1 abr. 2014.

SHEFTEL, Y. *et al.* Journal Article Accepted Version. [s.d.].

SHIM, J.-H. *et al.* Molecular Sciences Effects of 3D-Printed Polycaprolactone/ $\beta$ -Tricalcium Phosphate Membranes on Guided Bone Regeneration. [s.d.].

SILVA, R. M. S. F. DA; CARDOSO, G. F. Uso do ácido poli-L-láctico como restaurador de volume facial. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 28, n. 2, p. 223–226, jun. 2013.

WANG, W. *et al.* 3D printing of lithium osteogenic bioactive composite scaffold for enhanced bone regeneration. **Composites Part B: Engineering**, v. 256, p. 110641, 1 maio 2023.

XIE, X. *et al.* Effect of Attapulgit-Doped Electrospun Fibrous PLGA Scaffold on Pro-Osteogenesis and Barrier Function in the Application of Guided Bone Regeneration. 2020.

YAO, H.; KANG, J.; LI, W. Evaluation of 3D printed PCL/PLGA/ $\beta$ -TCP versus collagen membranes for guided bone regeneration in a beagle implant model You may also like Novel-TCP/PVA bilayered hydrogels with considerable physical and bio-functional properties for osteochondral repair. 2016.