

COLÉGIO FÊNIX

OS IMPACTOS POSITIVOS DA BIOIMPRESSÃO NA MEDICINA

Guaratinguetá

2020

Orientador: Luanda Maria Abreu Silva Campos

Autores: Beatriz Machado Campos (nº 2) 2º ano
A

Leticia Montemor Rodrigues (nº 17) 2º ano A

Raissa Menezes Bustamante (nº 30) 2º ano A

Dedicamos este trabalho a todas as pessoas que aguardam esperançosamente há anos na fila do Sistema Único de Saúde (SUS) por um transplante de órgão e não recebem um atendimento adequado as suas necessidades.

AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais, que nos deram todo o apoio e incentivo emocional.

À nossa professora orientadora Luanda Maria, por todo incentivo, suporte e atenção.

À coordenadora do projeto Ana Carolina Carvalho, por todo o apoio e disponibilidade para retirar nossas dúvidas.

Ao corpo docente e coordenação do Colégio Fênix, que nos deram a oportunidade de obter conhecimentos além dos já fornecidos pelo próprio.

À bióloga Janaína Dernowsek, por nos dar a honra em entrevistá-la e fornecer as principais informações necessárias para realização do presente projeto.

Ao Gabriel Linguori, por prover informações essenciais e determinantes para a conclusão do trabalho.

A todos os demais colaboradores do trabalho, como os demais entrevistados, alunos que responderam ao questionário, indivíduos que curtiram e compartilharam a página do Instagram que fizemos para distribuir os conhecimentos adquiridos desta área e as pessoas que compartilharam conosco suas experiências ao aguardarem na fila do SUS.

RESUMO

O trabalho proposto pretende identificar e descrever os impactos positivos da bioimpressão na medicina, aspirando a diminuição da fila do SUS, composta por pessoas que aguardam um órgão. Além disso, o projeto visa que a partir do desenvolvimento dessa tecnologia, será possível o auxílio nos treinamentos de estudantes de medicina, na agilidade dos médicos, além de possibilitar a utilização do tecido impresso para substituir os testes que são feitos em animais, por exemplo. O trabalho apresenta os conceitos da bioimpressão e dos materiais utilizados para a execução dessa tecnologia. Embora, essa inovação evidencie desafios, com o investimento necessário e progresso nesse âmbito, a bioimpressão será uma nova perspectiva para pacientes que carecem de transplantes. No entanto, essa inovação é classificada como uma realidade de médio- longo prazo, ou seja, em um futuro próximo será uma nova concepção em relação as filas do SUS.

Palavras chave: bioimpressão, órgão, transplante.

ABSTRACT

The proposed work intends to identify and describe the positive impacts of bioprinting in medicine, aiming at reducing the SUS line, composed of people waiting for an organ. In addition, the project aims that from the development of this technology, it will be possible to assist in the training of medical students, in the agility of doctors, in addition to enabling the use of printed tissue to replace the tests that are done on animals, for example. The work presents the concepts of bioprinting and the materials used to implement this technology. Although, this innovation highlights challenges, with the necessary investment and progress in this area, bioprinting will be a new perspective for patients who need transplants. However, this innovation is classified as a medium- to long-term reality, that is, in the near future it will be a new conception in relation to SUS queues.

Keywords: bioprinting, organ, transplantation.

GLOSSÁRIO

1) BIOMATERIAIS

São materiais biológicos que tem o intuito de reparar ou substituir tecidos danificados. Eles podem ser naturais do próprio corpo, ou manuseados em laboratório.

2) BIOMOLÉCULAS

Moléculas presentes nas células dos seres vivos, onde as mesmas passam por processos bioquímicos no próprio corpo do ser vivo. Elas têm em sua composição vários elementos químicos, oxigênio, hidrogênio, carbono, nitrogênio, enxofre e fósforo, eles são denominados bioelementos.

3) BLASTÓCITO

O desenvolvimento embrionário passa por numerosas fases, entre elas, a blástula. Blastômeros são as células advindas das divisões que ocorrem. Ao formar de 12-32 blastômeros, as células se unem e integram a mórula. Quando a mórula chega ao útero inicia-se o estágio de blastocisto, neste ocorre o desenvolvimento do embrião, assim, representado pela implantação na parede do útero materno, no tecido do endométrio.

4) CARDIOMIÓCITOS

São as células que integram o tecido muscular, caracterizadas por um aspecto cilíndrico, ramificadas e com extremidades irregulares, ou seja, fibras musculares cardíacas. É fundamental ressaltar que estas não se dividem, assim, não há capacidade de regeneração.

5) ESCAFOIDE OU SCAFFOLDS

O escafoide é o principal osso do corpo, vista de lateral para medial na superfície palmar, de um total de 8 ossos. Este exerce uma função essencial na biomecânica do

punho, atua como um elo de conexão entre as fileiras proximal e distal dos ossos do corpo.

6) ESFEROIDES

São agregados esféricos de células em cultura que sustenta a arquitetura tridimensional e funções específicas de tecidos. Além disso, representam um modelo *in vitro* para estudos da biologia de células. Regularmente, a capacidade de formar esferoides é uma característica das células malignas derivadas de tumores sólidos, embora as células dos tecidos normais também possam formar esferoides.

7) HIDROGEL, BIOINK OU BIOTINTA

Classificado como uma rede de cadeias poliméricas hidrofílicas, geralmente, vistas como um gel coloidal, neste a água é o meio de dispersão. Desse modo, o hidrogel é um sólido tridimensional, o qual resulta das cadeias hidrofílicas de polímero sendo mantidas de forma compacta por reticulações. Em razão das reticulações inerentes, a integridade estrutural da rede de hidrogel não se dissolve na alta concentração de água. Ademais, os hidrogéis são absorventes (podem conter mais de 90% de água) de redes poliméricas naturais ou sintéticas.

8) SUBSTRATO

Uma enzima opera sobre o substrato, combinando-se com ele e ativando-se, desse modo, o substrato apresenta uma reação de alteração química posterior, enquanto este deixa de se combinar com a enzima. Consequentemente, a enzima não se consome na reação, portanto, no final do processo desta, está de novo livre para atuar sobre mais substrato.

9) VOXEL

É como uma unidade de medida tridimensional, semelhante a um pixel de computador que representa de forma mais fiel anormalidades do corpo humano. Eles são

comumente encontrados em aparelhos médicos como tomografia computadorizada e ressonância magnética.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 Bioimpressão.....	11
2.2 A Bioimpressora.....	11
2.3 Coleta de Células Tronco.....	12
2.4 Conceito de Órgão.....	13
2.5 Fila de Espera por um Transplante.....	14
2.6 A Eficácia de um Órgão Transplantado.....	17
2.7 Questão Ética.....	18
2.8 Empresas que aderem à Bioimpressão.....	20
2.9 Brasil e a Bioimpressão.....	21
2.10 Aplicabilidades Diversas.....	22
2.11 Bioimpressão á laser para Reparo ósseo.....	25
2.12 Projetos Futuros.....	26
2.13 Coronavírus e a Bioimpressão.....	27
3 METODOLOGIA.....	28
3.1 Tipo de Pesquisa.....	28
3.2 Instrumentos Necessários.....	29
3.4 Procedimentos para análise e seleção de dados.....	34
4 ANÁLISE DE DADOS.....	35
4.1 Análise dos questionários.....	35
4.2 Análise dos questionários do SUS.....	38
4.3 Análise da entrevista.....	39
4.4 Análise do Instagram.....	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

Assunto de grande inovação, porém pouco reconhecida, a bioimpressão é uma tecnologia revolucionária que surgiu no ano de 2000 permitindo a produção de *scaffolds*, tecidos e órgãos através de uma impressora 3D. Cabe ainda acrescentar que através dessa modernização, é possível imprimir um órgão que irá executar as mesmas funções e terá a mesma eficiência de um órgão natural, elaborado a partir das próprias células do paciente. Segundo a professora, empreendedora e pesquisadora no domínio de bioimpressão de tecidos Janaína Dernowsek, essa tecnologia possui grandes chances de futuramente apresentar muitos benefícios à sociedade (DERNOWSEK, 2020).

Todavia, o presente trabalho procura analisar os impactos positivos ao qual a bioimpressora 3D pode privilegiar a sociedade, visando uma redução no número de pessoas que aguardam por um transplante e consequentemente, diminuindo as filas. Além disso, pode auxiliar nos treinamentos aos estudantes de medicina, na agilidade dos médicos e por último, mas não menos importante, também pode ser utilizado para imprimir tecidos com o objetivo de substituir os testes que são feitos em animais, pelas indústrias de cosméticos, por exemplo.

A análise da efetividade e acessibilidade da impressão 3D voltada como melhoria social é a base da pesquisa e é fundamental nesse contexto pois envolve valores importantes, como a possibilidade de continuação de uma vida e igualdade de direitos sociais.

Assim sendo, tendo em vista que a Impressora 3D é uma realidade, mas há longo prazo, pode-se dizer que para ser realmente efetiva nos ambientes clínicos precisa-se de mais estudos, análises e por fim aprovações. Por outro lado, já foram realizados transplantes com um órgão impresso em 3D, porém esta unidade era de uma dimensão ínfima, o que facilitou para que esse transplante já tenha sido feito em humanos.

Dessa forma, os benefícios que a Impressora 3D pode trazer para a vida da população, a eficiência de um órgão impresso e todo o processo para se obter este, tornou o tema ainda mais atraente. Para isso, espera-se contribuir para a existência real dessa tecnologia em nosso meio, trazendo cada vez mais melhorias e mais desenvolvimento.

A motivação para a realização do presente estudo encontra-se na importância do presente tema sobre as filas do Sistema Único de Saúde (SUS) voltadas para pessoas carentes de algum órgão e assim, visando trabalhar o lado positivo da bioimpressão na medicina, esta poderá colaborar para a redução dessas filas. Sabendo então, que há em média 45 mil pessoas na lista dessa espera, essa tecnologia inovadora poderá colaborar para a aceleração desse processo e inclusive, poderá melhorar a qualidade de vida dos usufruidores.

Assim, a problemática principal desse estudo tem como base a forma com que a bioimpressão pode contribuir com o avanço da medicina e como ela pode colaborar com os respectivos pacientes citados anteriormente, os que carecem de transplantes. No que diz a respeito à contribuição com a medicina, a discussão é a de que a Impressora 3D pode ajudar na agilidade dos médicos ao fazerem cirurgias, pois estes especialistas terão a oportunidade de fazer a cirurgia que precisa mas em um órgão impresso antes, o que reduz os riscos quando o médico for executar a cirurgia em seu paciente. É de se considerar também se os médicos brasileiros e hospitais são preparados para esse tipo de procedimento. Deste modo, o objetivo principal deste trabalho é verificar os impactos positivos da bioimpressão na medicina.

Para isso, o grupo aplicou questionários anônimos, de modo a verificar a opinião de um grupo de pessoas sobre o assunto, além de realizar entrevistas com especialistas da área de interesse para maior esclarecimento do tema. Também, foi feita uma profunda pesquisa em livros e na literatura científica sobre ele.

Posterior a presente introdução, será apresentado uma fundamentação teórica a respeito do tema para um maior conhecimento do assunto. Em sequência a metodologia usada apresentando o tipo da pesquisa e outros. E por último, as considerações finais e referencias dos artigos científicos, livros e sites utilizados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Bioimpressão

Produção de órgãos e tecidos sob medida para pacientes nas quais enfermidades necessitam de transplante parece algo distante, no entanto, esta tecnologia, está, progressivamente, desenvolvendo-se e tornando-se uma realidade. Um grande avanço neste caminho foi apresentado no artigo publicado pela revista científica *Nature Medicine*. Um grupo de pesquisadores da Universidade San Diego produziu, com uma impressora 3D, um pedaço de medula espinhal que pode ser feita de acordo com a lesão do paciente. Este trabalho é uma novidade na bioengenharia, pois o tecido de bioimpressão 3D foi empregado em organismos vivos (ratos de laboratório). Além disso: as células feitas em laboratório conseguiram atingir, de fato, toda medula espinhal lesionada e recuperar parte do movimento dos animais (MURPHY, 2014)

A impressão em 3D na área da saúde começou a ser usada para a produção de reconstrução óssea na década de 80, conforme citado no artigo publicado pela *Bioemfoco*, 2017 (DERMATINI, 2017; SAVAGE, 2017). Atualmente, é possível a fabricação de tecidos das cartilagens e pele. Órgãos também começaram a ser impressos, mas até hoje apenas como protótipos para auxílio em cirurgias.

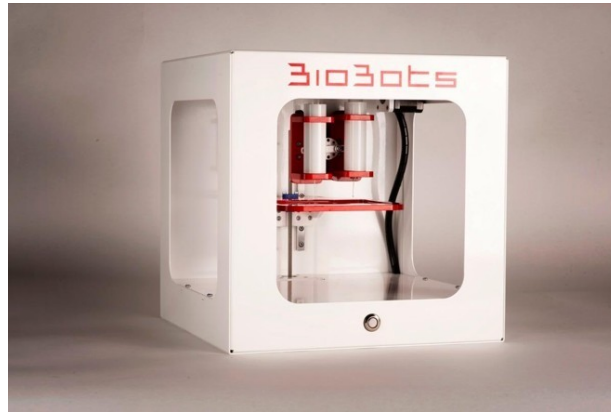
Vários especialistas estão trabalhando e pesquisando para aperfeiçoar essa tecnologia e ter a capacidade de imprimir órgãos em 3D que sejam 100% funcionais e sob medida para cada necessidade dos pacientes. Os órgãos são feitos de tintas biológicas, essas tintas são produzidas por células e a impressora 3D despeja essa tinta em uma superfície e inicia o desenvolvimento do órgão (DERMATINI, 2017; SAVAGE, 2017).

2.2 A Bioimpressora

Para ocorrer a bioimpressão de tecidos é necessário de uma bioimpressora, a qual possui etapas para a produção de órgãos. Em primeiro há uma etapa de pré-processamento, esta requer de um projeto do sob medida do tecido requerido para a bioimpressão. Após, segue-se para o processamento, no qual é utilizado componentes, como por exemplo, esferoides ou células, hidrogéis, biomoléculas e biomateriais. A última etapa é denominada como pós-processamento, nesta, ocorre a maturação do tecido bioimpresso, para que isso aconteça é essencial o emprego dos biorreatores, que são equipamentos capazes de

transformar (chamada de processo fermentativo) a matéria prima em produto, ou seja, o uso desse equipamento torna-se primordial para o desenvolvimento de um tecido bioimpresso. Abaixo a imagem de uma bioimpressora.

Figura 1: A bioimpressora



Fonte: Gazeta do povo

2.3 Coleta de Células Tronco

As células-tronco são um tipo de célula que carrega como característica a capacidade de auto renovação, além de poder se multiplicar ou se transformar em um outro modelo de célula. Elas foram descobertas e classificadas pelo vencedor do Prêmio Nobel de medicina, Yamanaka (2012), este classificou as células em três tipos:

- **Células-tronco Embrionárias:** Possuem a capacidade de se alterar, formando qualquer tipo de célula adulta. A mesma pode ser encontrada na fase de blastocisto do embrião (4 a 5 dias após o processo de fecundação).
- **Células-tronco Adultas (multipotentes):** São encontradas em todo nosso corpo para estarem e serem renovadas durante a vida, porém, elas se concentram principalmente na área da medula óssea e no sangue do cordão umbilical dos bebês e gestantes.
- **Células-tronco Pluopotentes Induzidas:** são obtidas através de um processo, que começou em 2007, junto da teoria de que seja qual for o tecido do corpo ele pode ser reprogramado. O processo se dá a partir da introdução de um vírus com 4 genes a uma célula adulta. Os genes reprogramam o código genético, fazendo com que as células voltem à um estágio como o das células-tronco embrionárias.

As formas de coleta das células tronco variam de acordo com o local de onde a célula será retirada. O REDOME (Registro Nacional de Doadores de Medula Óssea) apresenta diferentes métodos. Como por exemplo, o processo de coleta efetuado por meio da própria

medula óssea é feito a partir de uma cirurgia pequena, onde são feitas de 4 a 8 perfurações no osso da bacia, nessas perfurações são introduzidas agulhas que retiram um volume de medula equivalente a 15ml para cada quilo do paciente. O REDOME também ressalta que o procedimento dura cerca de 90 minutos (anestesiados) e que não causa danos à saúde do paciente (INCA, 2012)

Existe também outro método chamado aférese, onde o paciente efetua o uso de um medicamento durante 5 dias, o qual aumenta os níveis de célula-tronco na corrente sanguínea. Depois desse período, o indivíduo passa pela máquina de aférese, que coleta o sangue e separa as células tronco que serão coletadas. O procedimento não requer o uso anestesia.

Já a coleta de células embrionárias se dá por meio do cordão umbilical, que é pinçado e separado do recém-nascido, cortando as relações com a placenta da mãe. A quantidade de sangue restante permanece no cordão e ocorre uma drenagem na placenta onde as células são coletadas.

É muito importante, para o bom funcionamento das células, que as mesmas sejam guardadas de forma adequada. Após a coleta elas devem ser separadas corretamente, multiplicadas e congeladas com a ajuda do nitrogênio líquido à -196°C.

O Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco (CEGH-CEL) já conseguiu desenvolver um mini fígado a partir da recombinação de genes de células-tronco e transformando-as em células hepáticas. O processo durou apenas 90 dias (tempo muito menor do que as filas de transplante de órgãos e ainda com pouquíssimo risco de rejeição) e foi feito por meio da bioimpressão.

2.4 Conceito de Órgão

Os órgãos do corpo humano são constituídos pelo agrupamento dos tecidos, os quais são compostos por células semelhantes, que agem para desempenhar uma mesma função, estes estão sempre inter-relacionando para formar um órgão ou sistema. A fim do funcionamento de nosso organismo, os órgãos do corpo humano integram um sistema, exercendo, de acordo com sua área, suas específicas funções. Deste modo, o conjunto de sistemas, os quais atuam em harmonia para manter o equilíbrio do corpo humano, formam o organismo.

Primeiramente, é primordial enfatizar o maior órgão do corpo humano, a pele, caracterizada por ser a proteção externa do homem por completo, esta é instituída por 3

camadas sendo elas: a hipoderme, derme e epiderme. Outrossim, há uma diversidade de órgãos que compõem o corpo humano, conceituados em díspares funcionalidades, dessarte, estes possuem associação com o processamento do nosso alimento, a circulação de nutrientes, absorção de oxigênio, entre várias outras atribuições.

Entre os principais sistemas do corpo humano, são classificados como, respiratório (composto pelas cavidades nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios, pulmões), digestivo (integrado pela boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, fígado, pâncreas), circulatório (formado pelo coração e vasos sanguíneos), nervoso (instituído pelo cérebro, cerebelo, tronco encefálico, medula espinal), excretor (composto por rins, ureteres, bexiga urinária, uretra), sistema reprodutor feminino (desenvolvido a partir dos ovários, útero, vagina, vulva) e masculino (pênis, testículos, ductos genitais), sistema endócrino (integrado pela hipófise, tireoide e suprarrenais).

Portanto, os órgãos desempenham um papel crucial direto no desenvolvimento e sobrevivência dos seres humanos, deste modo, quando um destes apresenta falhas ou sintomas degenerativos interfere no funcionamento do sistema, dessarte, em certos casos precisa-se de transplante de órgão.

2.5 Fila de Espera por um Transplante

De acordo com informações publicadas pelo site do Ministério da Saúde:

O transplante de órgãos é um procedimento cirúrgico que consiste na reposição de um órgão (coração, fígado, pâncreas, pulmão, rim) ou tecido (medula óssea, ossos, córneas) de uma pessoa doente (receptor) por outro órgão ou tecido normal de um doador, vivo ou morto (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2008).

O Brasil desfruta do maior programa público de transplante de órgãos no mundo. O processo para esse ser realizado é complexo. O primeiro passo é encargo do hospital, o qual avisa à Central de Notificação, no aguardo de que a Coordenação Intra Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos Humanos (CIDOTH) entre em contato com a família. Após, os órgãos são oferecidos às equipes, que comunicam seus receptores, com o objetivo de averiguar a disponibilidade e condições clínicas. Segundo o Ministério da Saúde: “Caso os receptores não estejam aptos para o órgão do doador, a central repassa a proposta para outra área (Central Nacional de Transplantes - CNT), o qual concede o órgão de acordo com a regionalização e os critérios estipulados para seleção de receptores.” Além disso, entram na lista apenas

pacientes que possuem uma doença dificilmente erradicada ou casos que não exista mais tratamentos para recuperar a função perdida. Ademais, para que seja realizado o transplante é necessário ser efetuado os exames necessários, a fim de averiguar a compatibilidade do órgão doado com quem está recebendo.

Há uma série de exames que são feitos para testar a compatibilidade do doador e do receptor, para que não haja rejeição. O primeiro exame é o de Tipo sanguíneo, para avaliar se os sangues são compatíveis. O segundo é a Compatibilidade HLA (Antígeno Leucocitário Humano). O nosso sistema imune atua por meio de diversos mecanismos, de modo a proteger o nosso corpo de substâncias invasoras. Um desses mecanismos é o HLA, que está presente no nosso código genético e promove à produção de proteínas, as quais realizam a diferenciação de nossas células de células estranhas. Dessarte, as células de defesa não atingem o próprio organismo e o melhor receptor é aquele que tem o HLA mais similar com o do doador, sendo necessário uma combinação deve estar entre 90% e 100%. O último exame é o Cross-match, que é a mestiçagem dos dois sangues e averigua-se se o receptor possui anticorpos contra o doador. É como uma simulação do transplante antes da cirurgia, verificando as possibilidades de rejeição. Depois de exercidos todos os exames, os órgãos são enviados aos receptores ideais evitando deste modo rejeições.

Para a doar órgãos há dois tipos de doadores, o vivo e o já falecido, por morte encefálica. Na circunstância de um doador vivo a doação é feita somente entre membros de mesma família. Nos casos de transplante de medula óssea o doador, que será mantido no anonimato, tem que ser cadastrado no REDOME, Registro Nacional de Doadores Voluntários de Medula Óssea, s banco de dados financiado pelo Ministério da Saúde. Medidas essas tomadas para que não ocorra algum tipo de favorecimento na fila de transplante. Na circunstância do doador falecido, que em geral são vítimas de acidentes de morte encefálica, para a oficialização da doação é preciso que a família autorize. Dependendo da situação, um doador poder salvar até oito vidas.

Os principais órgãos transplantados são os rins, pulmões, fígado, córneas, pâncreas, coração, peles, ossos e a medula óssea. Após efetuado o transplante, o paciente pode realizar suas atividades cotidianas sem implicações. Nas primeiras semanas, são necessários outros exames e medicamentos imunossupressores, como por exemplo: Azatioprina, Tacrolimo, Tarfic, Tacrofort e Sirolimo, os quais devem ser ingeridos para o resto da vida, evitando deste modo a rejeição.

Sabemos que o primeiro transplante foi realizado no século II na Índia. Foi um transplante de uma região de pele para outra região da mesma pessoa, era um tratamento de

queimaduras e ferimentos graves. No entanto, o transplante com pessoas diferentes só ocorreu em 1954, em Boston, entre irmãos gêmeos idênticos. Esse transplante foi um sucesso e se tornou um marco na medicina internacional (ROCHA, 1993).

Além disso, levando em conta que todo indivíduo possui um conjunto de órgãos no interior de seu organismo, mas que alguns fatores podem levar à carência de um órgão, como a obtenção de uma doença que leve à falta de funcionalidade do mesmo.

Nesses casos, os indivíduos recorrem a um transplante de órgão, pois muitas vezes é a única esperança ou oportunidade de recomeço. Assim, a maioria se inscreve na fila de transplante de órgãos do Sistema Único de Saúde (SUS), um dos mais complexos sistemas de saúde, que garante acesso integral, universal e gratuito para toda a população do país. Esse sistema de saúde permite que cerca de 87% dos transplantes de órgãos sejam feitos com recursos públicos permitindo uma melhoria de vida da qualidade das pessoas.

Para que um transplante de órgão ocorra, é necessário que haja uma compatibilidade de tipo sanguíneo e de algumas características físicas, como o tamanho, sendo este um fato que impede muitas vezes que esse transplante ocorra efetivamente. Além disso, devido a uma longa demora para que ocorra a doação de um órgão, muitos pacientes têm o risco de falecerem nesse período.

Levando em conta também que, transplante de órgãos ou transplantação é um procedimento cirúrgico no qual colhe-se um órgão ou tecido de um indivíduo e repõe em outro, podemos dizer que gera-se uma relação entre um doador que pode ser vivo (se for autorizado) ou morto (após ter passado por uma morte encefálica e se a família autorizar) e o paciente. Assim, se houvesse uma maior distribuição de informações sobre a importância de doar órgãos, possivelmente a própria população ajudaria aqueles que carecem de um.

De acordo com o Ministério da Saúde (2019), podemos citar os seguintes órgãos como os mais necessitados da lista de espera: rim com 30.766 mil pessoas na lista, fígado com 1.949 mil pessoas na lista, pâncreas rim com 498 pessoas na lista, coração com 351 pessoas na lista, pulmão com 204 pessoas na lista, pâncreas com 69 pessoas na lista, multivisceral com 5 pessoas na lista e intestino com 3 pessoas na lista. Resultando em 33.845 mil órgãos precisando ser doados. Além desses, podemos citar a Córnea, com 12.226 mil pessoas na lista de espera. Logo, somente no Brasil, há em média 30 mil pacientes na lista de espera para um transplante. Segundo a Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos (ABTO), São Paulo é o estado que possui um maior número de pacientes na lista de espera por rim, coração, pulmão e córnea.

Outro fator importante a ser observado é a isquemia, que é o tempo aceitável entre a retirada de um órgão e transplantação em outra pessoa. De acordo com o Ministério da Saúde este tempo é de 4 horas para o coração, 4 a 6 horas para o pulmão, 48 horas para o rim e 12 horas para o fígado e pâncreas. Logo, além de ser difícil encontrar um órgão compatível ao do paciente, também há riscos de rejeição se o tempo de isquemia estiver decorrido por completo.

Dessa forma, a bioimpressão pode trazer a alternativa solucionável para as longas e demoradas esperar nas filas de transplantes de órgãos do SUS e à isquemia. Através das impressoras 3D que esse método utiliza, é possível criar um órgão tão funcional quanto ao órgão natural. Embora já tenham sido feitos alguns procedimentos para se produzir órgãos; segundo a doutora Janaína Dernowsek, esse procedimento deve ser considerado de longo prazo, devido a futuras melhorias que essa tecnologia poderá ter, logo imagina-se que ocorrerá efetivamente somente daqui 20 ou 30 anos (DERNOWSEK, 2020).

2.6 A Eficácia de um Órgão Transplantado

Um estudo realizado por cientistas da universidade de Tel Aviv, em Israel, e com o uso da tecnologia das impressoras 3D, produziu um coração com tecido humano que continha átrios, vasos, ventrículos, e que também era composto por partes biológicas e não biológicas. A equipe utilizou células-tronco humanas, com a capacidade de serem manipuladas e transformadas em células específicas de cada tecido do coração (ESCHENHAGEN, 2016). De acordo com os cientistas responsáveis pela pesquisa, o coração bioimpresso é capaz de realizar contrações, porém não consegue bombear o sangue pela falta dos vasos sanguíneos. Já, em um coração não impresso, o fluxo de sangue é mais rápido, eficaz e por ter funções direcionadas a fisiologias cardíaca, o qual apresenta um maior fluxo de sangue. No entanto, pesquisadores e cientistas relatam que, em até dez anos, órgãos bioimpressos poderão ser criados e utilizados em transplantes nos melhores hospitais do mundo, salvando milhares de pessoas. (DVIR, 2019).

O transplante de órgãos é uma ideia extremamente antiga, tendo relatos desde aproximadamente 700 a.C, em que algumas tentativas, principalmente, em animais já tinham sido realizadas. Porém, o primeiro transplante efetivo ocorreu em 1954 quando se realizou um transplante de rim entre irmãos gêmeos idênticos tendo como intenção evitar uma possível rejeição (ROCHA, 1993). O maior progresso em transplantes, até hoje, ocorreu a partir do desenvolvimento dos denominados imunossupressores, os quais são drogas que atuam na

divisão celular e possuem especialidades anti-inflamatórias. Desse modo, são exigidos na prevenção de rejeição de transplantes, também utilizados no tratamento das doenças autoimunes e inflamatórias crônicas.

Com o desenvolvimento da impressão 3D e engenharia de tecidos na área da saúde, durante a década de 80, começou a ter início o seu uso na produção de próteses para a reconstrução óssea. Hoje, já é possível perceber um número relativamente grande na fabricação de tecidos da pele e cartilagens. Alguns órgãos também começaram a ser impressos, mas por enquanto apenas como protótipos e para o auxílio em cirurgias, permitindo tamanhos variados, texturas e rigidez idênticos ao órgão natural. Vários especialistas estão trabalhando duro para aprimorar as técnicas e tecnologia para poder imprimir órgãos em 3D que sejam totalmente funcionais, sob medida para cada um dos pacientes e ainda evitando riscos de rejeição por possuir suas próprias células. Isso mudaria completamente o cenário dos transplantes no mundo, salvando milhares de vidas. (DEMARTINI, 2017)

Pesquisadores espanhóis registraram o uso de uma impressora 3D capaz de produzir tecido idêntico a pele humana constituída de um tecido que possui a mesma camada de epiderme, a qual age como proteção para a produção de colágenos. Jose Luis Jorcano um dos autores dessa pesquisa, explica como é o processo de criação de uma pele impressa, que é dividida em três módulos. O primeiro módulo é um computador, que comanda a impressora conforme o tamanho e espessura do tecido a ser impresso, o segundo módulo são as biotintas e o terceiro é o módulo de impressão em si, onde as biotintas são colocadas ordenadamente para a criação do tecido. A pesquisa espanhola é apenas uma das diversas pesquisas que mostram como a bioimpressão poderá um dia substituir os órgãos “naturais” em transplantes (JORCANO, 2017).

Essa técnica apresentou resultados bastante positivos em testes com animais, e com isso muitos cientistas acreditam que tecidos completos impressos em 3D estarão prontos para serem transplantados em humanos num futuro próximo, porém estudos e melhorias ainda precisam ser realizados.

Um estudo publicado na revista Nature, em 2016, revelou que pesquisadores da América do Norte conseguiram implantar tecidos impressos em impressora 3D em animais, onde fizeram impressões estruturais cartilaginosas ósseas e musculares. O dispositivo usado para criar esses tecidos é denominado de sistema integrado de impressão de tecido e órgão (Itop), que utiliza materiais plásticos e biodegradáveis para projetar a forma de um órgão

desejado. Assim, cientistas afirmam que esses implantes são tão resistentes quanto os tecidos humanos, porém ainda estão em análise de modo a verificar a sua duração.

2.7 Questão Ética

O fato de ser necessário o uso de células vivas para o processo da bioimpressão pode fazer com que existam alguns obstáculos técnicos, como uma falta de compatibilidade celular. Além disso, este processo levanta questões políticas, éticas e regulatórias de cada etapa e logo, cada questão levantada possui seus focos principais. A questão ética destaca como será avaliado o fato de as fontes das células serem vivas, a proteção da saúde e segurança dos envolvidos no processo e o uso pretendido de materiais bioprintados. (GODDARD, 2020; DODDS,2020)

Diante das etapas já conhecidas para bioimpressão, são geradas questões éticas que coagem as empresas fazerem muitas pesquisas e testes para um real desenvolvimento de um produto bioimpresso. Logo, foram criados regulamentos e protocolos de fiscalização a serem seguidos para reduzir as chances de problemas no processo e para reduzir também as possibilidades de que algum envolvido (tanto os pesquisadores, como pacientes e doadores de células) saia prejudicado.

Levando em conta os aspectos avaliados, para a criação de um regulamento foi necessário avaliar quais pontos mais estavam sendo discutidos e o que foi desenvolvido para estes questionamentos, dentre eles:

a) Uso de Humanos em Pesquisas

Para se obter algum produto bioimpresso, são necessários de células tronco que o tornará vivo. Porém para se obter estas células, elas devem ser retiradas de um ser humano, o que causa certas complicações éticas pelas dúvidas se será um tratamento seguro, confiável e eficaz aos pesquisadores e pacientes.

Diante disso, foi criado um órgão mundial, o Conselho das Organizações Internacionais de Ciências Médicas (CIOMS) que conduz os pesquisadores a seguirem o protocolo gerado ao doador de células, garantindo: um consentimento informado, privacidade, minimização de danos e justiça na distribuição de benefícios e ônus da pesquisa. (GODDARD, 2020; DODDS,2020)

b) Fonte das células

Para selecionar as células é necessário avaliar alguns pontos, como: proliferação e técnicas celulares, capacidade de impressão, degradação do material, propriedades mecânicas e confiabilidade de fornecimento celular. Estes são os instrumentos regulatórios de cada pesquisa que pode ser caracterizado por uma fonte humana, não-humana (animal) e outras, que também geram questionamentos éticos.

c) Fonte Humana das Células

A utilização desse tipo de fonte pode se dar pelo uso de embriões humanos que não conseguem se desenvolver na placenta da mãe por algum motivo, pelo uso de células em terapia aos pacientes que sofrem de mutações (que futuramente se tornam cancerígenas), pelo uso de tecidos doados, pelo uso de células de doadores que sofreram morte encefálica sendo questionada por poder conduzir alguma doença ou problema imunológico deste. Estes usos são altamente abordados devido ao envolvimento de células que são vivas e adquiridas de seres humanos, assim, é necessário seguir o protocolo da CIOMS que envolve métodos voltados à segurança do doador.

d) Fonte Animal das Células

A utilização desse tipo de fonte pode se dar por linhas celulares de animais para desenvolver técnicas (como a viabilidade de células em diferentes processos e/ou interação das células em diferentes materiais bioimpressos) que futuramente serão associadas em tratamentos humanos. Uma questão ética importante a ser considerado é a preocupação com a aceitabilidade desse tipo de fonte de células e redução dos riscos de transmitirem doenças entre espécies (maior risco de zoonoses).

É importante ressaltar também que o CIOMS garante o direito do paciente poder recusar a receber terapias que circundem o uso de células animais por motivos religiosos, apropriação de animais em pesquisas etc.

e) Outras Fontes de Células (como vírus, bactéria ou plantas)

A utilização desse tipo de fonte pode se por uso de células de vírus, bactéria ou plantas para desenvolvimentos de medicamentos, limiar de um vírus ou melhoria em cultivos. Sendo assim, essa fonte de células está voltada mais para a área de pesquisas na saúde e segurança da população e não para desenvolver de um órgão ou tecido, fazendo com que não haja protocolos a essa fonte.

2.8 Empresas que aderem à Bioimpressão

De acordo com o conceito levantado pela PEA, Projeto Esperança Animal, pode-se classificar testes em animais como:

Todo e qualquer experimento com animais cuja finalidade é a obtenção de um resultado seja de comportamento, medicamento, cosmético ou ação de substâncias químicas em geral. Geralmente os experimentos são realizados sem anestésicos, podendo ou não envolver o ato da vivisseção (dissecação de animais vivos para estudos) (Projeto de Esperança Animal, 2006).

É primordial realçar que 80% dos países ainda aceitam a execução dessas práticas. Mas afinal, como realizam essa prática? Geralmente, as empresas utilizam ratinhos, cachorros e coelhos, nos quais despejam produtos em seus olhos, pele ou até mesmo os fazem ingerir substâncias. Além dessa atividade causar muito sofrimento aos animais, empresas que concordam com o desempenho, aplicam essas substâncias sem anestésico, o que piora a situação. Entre as consequências desse ato, os animais podem desenvolver alergias, cegueira, chegando até a morte.

A PETA (*People for the Ethical Treatment of Animals*) é uma organização que defende o uso de técnicas alternativas para abolir o teste em animais, entre elas, podemos destacar a pele produzida em impressora 3D. Um exemplo de empresa que aderiu esse conceito foi a L'Óreal, a qual cria cinco metros quadrados de pele por ano. Diante desse contexto, a companhia busca inovar mais e realizou uma parceria com a Organovo – uma startup americana a qual usa a bioimpressão para confeccionar tecidos conjuntivos, que são transformados em células, estas habitam um ambiente similar ao corpo humano. Enquanto, a pele original é doada para pacientes que precisam de transplantes. A pele produzida tem exatamente 0,5 cm² de largura e um milímetro de espessura e o processo de produção leva em torno de uma semana.

Ainda falando sobre a Organovo, localizada em San Diego, esta iniciou um projeto de impressão 3D de um fígado. É importante ressaltar que este órgão regenera, sendo o ideal para essa atividade. No início, o fígado resistiu apenas cinco dias, e sua última conquista foi de 40

dias, aumentando 700% da resistência. A ausência de fluxos sanguíneos, os quais são gerados pelos vasos, é um desafio, sendo esta a razão da morte do órgão após os quarenta dias. Sua função é a mesma, filtra toxinas e drogas e mantém nutrientes. O objetivo desse projeto é prover fatias de fígados para empresas, como a Merck, para realizar teste de drogas, conforme o site da Organovo (MODIFIED, 2018).

2.9 Brasil e a Bioimpressão

O centro de pesquisas voltado para bioimpressão do Brasil se localiza em Campinas, estado de São Paulo. Desenvolvida por uma das unidades do Ministério da Ciência, conhecida como Divisão de Tecnologias Tridimensionais (DT3D), do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), o qual dispõe de modernas impressoras, estas são referentes à bioimpressão, com o intuito de buscar um aperfeiçoamento neste âmbito, participando de eventos mundiais, implementando palestras, contribuindo para a evolução da aplicação de tecnologia da informação e impressão 3D.

O avanço em investimentos nessa área tem crescido gradativamente, principalmente em países como: EUA, Japão, Reino Unido, Coreia do Sul, China e Holanda. Além disso, países da América Latina realizaram uma fundação da *Society for Biofabrication* em 2010, com destaque para o Brasil, o qual participou como membro. Foi executado no CTI uma moderna tecnologia em parceria com os países da Lituânia, Grécia e Áustria, chamada de *lockyball*, o qual tem como principal função abrigar os esferoides teciduais (elementos construtores básicos), os quais possuem a capacidade de se fundirem uns aos outros. Esses esferoides são obtidos da célula do próprio paciente e ficam mantidos na impressora, proporcionando-lhes assistência mecânica e maior aptidão de interconexão, pois permitem que os órgãos ou tecidos sejam construídos camada por camada. Ademais, essa estrutura também é capaz de garantir uma maior duração de hospedagem dos esferoides teciduais, no local em que for introduzido no organismo humano (IPCT, 2018)

Já, quando se trata dos casos das chamadas terapias celulares, nas quais é necessário a manutenção de células específicas em uma determinada região, estas atuam como um ‘carrapicho’, prendendo-se umas às outras, produzindo uma estrutura 3D com grande concentração de células. Os esferoides teciduais como as terapias celulares se ligam como “bloco de montar”, provendo uma estrutura 3D com grande concentração de células.

Um grupo de pesquisadores da USP produziu um mini fígado, o qual efetuava as mesmas funções do órgão, como produzir proteínas, secreção e armazenamento de

substâncias. Todavia, o prazo para a produção do tecido se estende até noventa dias, devido à perda progressiva do contato entre as células, a qual não permite a formação de um tecido. De acordo com Goulart, 2012: “Fizemos em uma escala mínima, mas com investimento e interesse é muito fácil de escalonar”. Portanto, com uma aplicação de verba nas pesquisas relacionadas a bioimpressão teríamos um crescente avanço nessa área, até alcançar órgãos inteiros.

2.10 Aplicabilidades Diversas

A impressora 3D se aplica desde coisas relativamente mais simples como enxertos de pele, indo até para lados bem mais complexos, como sua aplicação na cardiologia. O uso da bioimpressão pode parecer uma realidade muito distante, mas o uso dessa tecnologia está chegando mais perto do que imaginamos. Esta tecnologia já conseguiu auxiliar um rato que passou por um ataque cardíaco não letal (SCHIMIDT, 2019).

A técnica funciona como um tipo de “remendo”, que é feito com as próprias células-tronco de um coração humano que já havia passado por um ataque cardíaco anteriormente. As células proteicas introduzidas foram normalmente e rapidamente absorvidas pelo órgão do rato e, após 4 semanas foi constatado que ocorreu um aumento muito significativo nas funções cardíacas do roedor, em relação à atividade anterior à implantação do material produzido pela bioimpressora.

Os estudos ainda estão em fase experimental, porém, a professora de Engenharia Biomédica da Universidade de Minnesota, Ogle afirma: “Sentimos que poderíamos escalar isso para reparar corações de animais maiores e, possivelmente, até seres humanos dentro dos próximos anos” (OGLE, 2017).

A Universidade de Johns Hopkins desenvolveu uma outra maneira de auxiliar na regeneração de corações que sofreram infarto. No estudo, utilizou-se um tipo de célula denominado cardiomiócito (são células musculares que pertencem ao músculo cardíaco). O estudo se baseia em esferoides de células (células que passam por um processo de “empilhamento”, assim tornando-as tridimensionais) que foram extraídos sem a assistência de biomateriais (dispositivos que entram em contato com sistemas biológicos). Os pesquisadores envolvidos perceberam que os esferoides se uniram, formando uma pequena camada de tecido cardíaco. Após 3 dias dessa fusão, o tecido apresentou uma contração totalmente espontânea. Esse tecido formado é utilizado da mesma forma que o anterior, como um tipo de “remendo”

para pacientes que enfrentaram um infarto do miocárdio (processo de necrose de uma parte pertencente ao músculo cardíaco, acarretado pela falta de irrigação sanguínea ao coração).

A Universidade de Harvard também segue os mesmos conceitos e técnicas utilizados pela Universidade de Johns Hopkins, porém eles acrescentam em seus estudos a bioimpressão de um hidrogel que contém um tipo de células aglomeradas, chamadas células epiteliais. Após o procedimento da impressão são colocadas as células do músculo cardíaco, o que originam em um miocárdio enodotizado (que passou por um processo de endotelização, ou seja, um desenvolvimento do tecido que ocasiona na formação de vasos sanguíneos, auxiliando na vascularização do tecido gerado). Esse método tem como intenção contribuir na medicina regenerativa, se estendendo para diversos tipos de tecido e aplicações variadas. Como testes farmacêuticos a fim de melhorar os tratamentos já existentes para doenças cardiovasculares variadas (BOMBALDI,2018).

Outra aplicação bastante interessante da bioimpressão é a BioMask, ela é fruto de um experimento do Instituto Wake Forest para Medicina Regenerativa (WFIRM) liderado pelo professor de medicina regenerativa da WFIRM, Dr. Sang Jin Lee (LEE, 2019). Essa máscara promete reduzir o processo de cicatrização de feridas e queimaduras. Nossos ossos, músculos e tendões fazem com que haja definição em nossa face, e que assim, nos tornemos uns diferentes dos outros. Pelo mesmo motivo citado anteriormente é difícil fazer com que nosso rosto se adapte igual à forma que ele era antes das queimaduras, fraturas e feridas. Para algumas situações é indicado o enxerto. O grande problema é que ele pode causar uma série de efeitos colaterais não esperados, podem ser geradas cicatrizes, rejeição, infecções e aspectos visuais nem sempre positivos. A BioMask vem com outra proposta muito inteligente. Ela é moldada perfeitamente no rosto do paciente, sua estrutura contém as mesmas células que sua pele, o que acelera o processo de cura e regeneração da mesma. Sua estrutura também contém: uma camada de poliuretano poroso que envolve outras 2 camadas formadas de hidrogel, sendo uma delas carregada de células epidérmicas chamadas de queratinócitos e a outra repleta de fibroblastos, células dérmicas.

Cerca de 14 dias após a aplicação e foram feitos testes que apresentaram um aumento das células dérmicas e epidérmicas, além de uma diminuição bastante significativa no tamanho das feridas. O diretor da WFIRM, Atala declara: “A BioMask pode ter um grande impacto clínico para os pacientes, proporcionando uma restauração eficaz e rápida da pele facial após queimaduras graves ou ferimentos” (ATALA, 2018).

Além disso, a Revista Nature publicou os resultados de uma pesquisa inovadora. De acordo com Roston (2017) um rato de laboratório deu à luz a um grupo de filhotes nascidos

graças ao desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D, os ratinhos foram reproduzidos em ovários impressos, os quais são artificiais e foram criados a partir de gelatina em camadas. O uso da gelatina foi premeditado, tendo em vista, que a substância é rica em colágeno, encontrado em grande quantidade, tanto em camundongos, quanto em humanos. Logo, ovários feitos por impressão 3D foram introduzidos no lugar dos ovários naturais a partir de um procedimento cirúrgico e, para o espanto de todos, após três semanas os cientistas analisaram a formação de vasos sanguíneos.

Os cientistas chamaram o órgão de "ovário bioprotésico", e os ratos foram, eventualmente, colocados para acasalar. Três das fêmeas deram à luz, com um ou dois filhotes. Portanto, tudo indica, que a produção de hormônios dos camundongos ocorreu naturalmente, sem nenhuma falha, e eles foram capazes de amamentar os filhotes sem dificuldades.

A expectativa é de que as pesquisas envolvendo animais avancem para que um dia, possa oferecer uma opção para que mulheres com problemas de fertilidade tenham a possibilidade de gerar seus filhos. O motivo para o fracasso de tantos medicamentos é que, apesar de um novo medicamento funcionar positivamente nos animais, seus efeitos não são habilitados necessariamente nos seres humanos. Deste modo, indica uma diferença entre a fisiologia humana dos sujeitos de teste, alegando, assim, que o que funciona para um rato não é aplicável em todas as situações para uma pessoa. A partir do tecido bioimpresso, os cientistas podem originar o tipo de tecido humano complexo encontrado em órgãos como o coração, fígado, rins, e ver imediatamente os efeitos que um medicamento terá nos tecidos dentro de um corpo humano.

2.11 Bioimpressão a laser para Reparo ósseo

O método se baseia em uma técnica de lasers, chamada *laser-induced forward transfer* (LIFT). Para entender como ocorre seu processo, precisamos primeiramente entender quem são seus quatro componentes e os passos que antecedem a impressão, sendo eles: (1) um laser pulsante, (2) uma estrutura base a partir da qual o material biológico será impresso, (3) um substrato receptor que irá coletar o material produzido e (4) um tipo de computador denominado *computer-assisted design* (CAD), que guia e define a pulsação do laser.

Antes de se efetuar o processo de impressão, é necessário passar por um estágio orgânico denominado bioink. A bioink consiste em biomoléculas e/ou células que ficam suspensas em um líquido viscoso chamado hidrogel, semelhante ao colágeno. Após o

manuseio da bioink passa-se para o próximo segmento, a bioimpressão em união com o processo do LIFT.

Esta funciona como uma forma de gravação (assim como impressoras convencionais) porém ao invés de imprimir em um papel, a bioimpressora distribui a bioink com uma altíssima resolução e com uma vasta variedade de materiais estruturais e funcionais, criando o produto 3D.

O procedimento se inicia utilizando um feixe de luz do próprio laser que será guiado pelo CAD, fazendo com que esse laser pulse e esteja direcionado no local exato, assim projetando uma fina camada de bioink encima de um filme metálico levemente vaporizado, formando uma gotícula de material depositado no substrato e, por fim, sendo denominado como um voxel.

Essa tecnologia é bastante promissora, podendo principalmente fabricar estruturas semelhantes a tecidos e com a capacidade de imitar a funcionalidade fisiológica de seus tecidos correspondentes. Além de ser compatível com a fabricação de construções 3D com tamanhos relevantes.

O método apresentado anteriormente já foi testado e aprovado em um modelo de defeito ósseo de calvária (é a parte superior do crânio, ela envolve a cavidade craniana que contém o cérebro, composto por vários ossos) em camundongos, e demonstrou favorecer a regeneração óssea.

2.12 Projetos Futuros

A bioimpressão é uma tecnologia sensacional que pode auxiliar e mudar permanente muitas vidas, daqui alguns anos. A técnica surgiu no final do século XX, sendo assim bastante recente. Portanto, ainda existem centenas de descobertas a serem feitas para que ela se torne totalmente efetiva.

Quando assistimos matérias sobre o tema precisamos conter as expectativas e tentar visualizar que irá acontecer, em um futuro próximo. A mídia cria um paradigma de que em pouquíssimo tempo teremos órgãos bioimpressos com a maior facilidade, sendo assim, a empresa de capacitação BioEdTech, fundada pela doutora Janaina Dernowsek, divide de forma cronológica os próximos passos e projetos futuros:

- **Curto prazo (1-5 anos):** Carne bioimpressa (fabricação em laboratório; uma inovação para o veganismo; redução dos gases do efeito estufa); Hidrogéis (aumentar a compatibilidade entre o hidrogel e o paciente; estudo de novas formulas); Introdução

nas áreas de educação (treinamento cirúrgico; tecidos e órgãos muito semelhantes aos naturais para o meio de ensino; reconhecimento da técnica na formação de profissionais); Aprimoramento do desenvolvimento (parte mecânica).

- **Médio prazo (5- 10 anos)** : Tratamento veterinário (substituição de tecidos comprometidos; liberação controlada de fármacos através de modelos bioimpressos) Área de cosméticos (já está em andamento; testes de cosméticos por meio de peles bioimpressas; menos testes em animais) Industria farmacêutica (também minimiza os testes em animais; avaliação dos medicamentos realmente em contato com o organismo).
- **Longo prazo (tempo indeterminado):** Engenharia de tecidos (introdução de tecidos totalmente funcionais); Medicina regenerativa (transplante a partir de órgãos bioimpressos; menos risco de rejeição devido ao uso das próprias células do paciente para a produção dos órgãos).

Para que os projetos acima se concretizem os profissionais da área também tem que enfrentar uma série de desafios: dificuldades tecnológicas; técnicas difíceis de se aplicar, acarretando em pequenos erros; desafios éticos e legais, aceitação sobre o tema e falta de regulamentação principalmente aqui no Brasil.

2.13 Coronavírus e a Bioimpressão

Com o início da pandemia do coronavírus, a arte da adaptação e criatividade foram fundamentais, em vista que, em razão do isolamento social setores da economia foram compelidos a permanecerem fechadas. Deste modo, a procura para a solução dessa doença é inevitável, visando que a economia dos países afetados não sustentará essa situação, como por exemplo, a redução de movimentos comerciais, prejudicando a economia. Há a necessidade imediata de a comunidade científica avançar nas pesquisas do novo coronavírus e seus alvos terapêuticos. No entanto, tem-se realizado estudos em culturas bidimensionais tradicionais, porém as células sujeitas àquele microambiente se distinguem, quando comparadas as do epitélio pulmonar. Essa é uma das razões para testes do COVID-19 não terem sucesso. A Tissue Labs conduziu sua equipe para um desenvolvimento de um estudo in vitro da SARS-COV-2 no epitélio pulmonar, está sendo a área mais afetada pela doença. Baseado nessa decisão, surgiu a MatriWell, seu conceito é fundado em uma matriz extracelular dos pulmões, estes são impressos em uma impressora 3D, e melhor, análogo ao ambiente que seria

encontrado. Esta mesma iniciativa será distribuída gratuitamente aos estudos sobre o novo coronavírus. (TISSUELABS, 2020)

3 METODOLOGIA

O intuito do presente estudo foi analisar possíveis soluções para a redução da fila de transplantes do SUS, a partir da tecnologia inovadora, tal qual, bioimpressão. Nesse parâmetro estudos científicos e didáticos no mote, desperta cada vez mais o foco e interesse da medicina. Assim, tendo como função, informar as pessoas dos progressos científicos, os quais, consequentemente, abalam o contexto atual e futuro. Este capítulo está dividido para apresentar o método de pesquisa aplicada e suas características, os instrumentos utilizados, a participante da entrevista para constituição desse trabalho.

3.1 Tipo de Pesquisa

Essa pesquisa se classifica como aplicada, utilizamos todo o conhecimento que estava à disposição. De acordo com um artigo publicado pela biblioteca da Fundação Getúlio Vargas: “Assim, a pesquisa aplicada pode ser definida como atividades em que conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados, e se gerar impacto.”(FLEURY, Maria; WERLANG, Sérgio; pág.2; 2017) Esse exemplo de pesquisa resultou em algo mais aparente, uma solução para um problema, como nessa pesquisa um desses problemas é a fila do SUS. Todavia, o transplante, em certos casos, não é sinônimo de qualidade de vida, visto que há chances que incompatibilidade entre o par doador/transplantado, o que ao invés de cumprir seu papel homeostático, agrava ainda mais seu quadro clínico.

Esta pesquisa foi realizada de maneira quantitativa e qualitativa. Somado a isso, a pesquisa quantitativa dimensiona os dados para a resposta de certo questionamento, em que utilizamos as informações obtidas do questionário on-line e o resultado no gráfico, quantificando o número de pessoas que possuem consciência do uso da bioimpressão para medicina. A pesquisa qualitativa apresenta análise abrangente, na qual os entrevistados puderam expressar com maior profundidade suas dúvidas e opiniões, dessarte um estudo que não é quantificável. Através dessas pesquisas obtivemos a perspectiva de entendimento de diversas realidades distintas.

O trabalho com características exploratórias envolve um levantamento bibliográfico, o qual teve base em estudos nacionais e internacionais. Como essa tecnologia da bioimpressão é muito recente há um déficit na esfera nacional, há alguns profissionais da bioquímica focados na impressão de órgãos e tecidos. Com o decorrer do trabalho, foram realizadas pesquisas

com profissionais da saúde e o público alvo, pessoas que precisam de um transplante. Com a finalidade de um maior entendimento do mote.

3.2 Instrumentos Necessários

a) Entrevista Semiestruturada:

Esta pesquisa contou com resultados da entrevista concedida Janaína Dernowsek, fundadora da startup BioEdTech, voltada à qualificação e ao desenvolvimento e bioimpressão de tecidos. Cofundadora da startup Bio.Inn, ao desenvolvimento de bioprocessos e bioprodutos utilizando bioimpressão de tecidos. Posteriormente entrevistamos o Alessandro Queiroz, estudante de engenharia de computação e fundador da Combtech, startup voltada para área de inovação em impressão 3D. E por último mais não menos importante o Doutor em Cirurgia Torácica e Cardiovascular formado pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo em cotutela com a Universidade de Groningen (Holanda), fundador da startup Tissue Labs, Gabriel Ligouri.

Essas entrevistas tiveram como características a atenuação de dúvidas sobre o tema, com questões predefinidas, no entanto, sem roteiro fixo, as perguntas foram sanadas de acordo com teorias e hipóteses. Além disso, estas possuem o foco investigador-entrevistador. De acordo com Triviños (1987) e Manzini (1990/1991), em relação com a entrevista semiestruturada, atenção se dá à formulação de perguntas que seriam básicas para o tema a ser investigado (TRIVINOS, 1987; MANZINI, 2003).

b) Instagram:

Foi criado um usuário no Instagram (@tcc_bioimpressao) com o intuito de informar e interagir com pessoas interessadas na bioimpressão, discutimos a cada post com um assunto relacionado ao tema. Abaixo a imagem do perfil no Instagram que foi criado:

Figura 2: Instagram



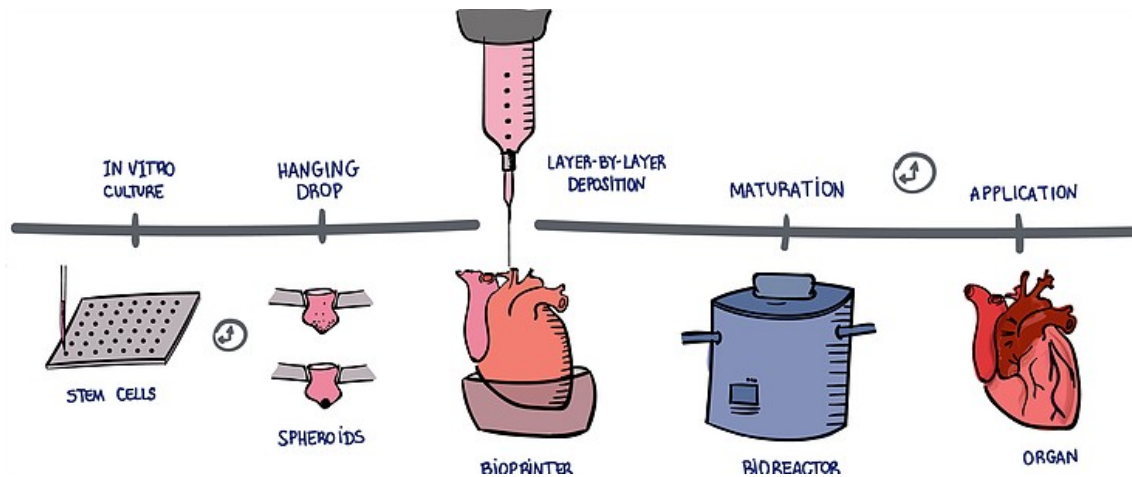
c) Questionários:

Para a coleta de dados, utilizamos a aplicação de questionários digitais, produzidos pelos próprios autores do trabalho. De acordo com as pesquisas, os questionários reuniram grande quantidade de informações, tanto factuais quanto subjetivas, juntamente de um número importante de indivíduos (224 respostas), conhecendo assim, suas opiniões, duvidas e conhecimentos sobre a tecnologia inovadora. Foram coletadas informações de alunos e familiares. Deste modo, nós aplicamos dois questionários, com a finalidade de receber opiniões divergentes. O principal objetivo do questionário é descobrir por meio de perguntas objetivas e abertas, o que os indivíduos de nossa amostra ouviram falar sobre a impressora 3D, caso fosse preciso, elas usariam um órgão impresso, ou até mesmo se conhecessem alguém que estivesse na fila dos SUS. A seguir, os questionários realizados.

OS IMPACTOS POSITIVOS DA BIOIMPRESSÃO NA MEDICINA (alunos)

A bioimpressão é uma tecnologia inovadora com grande potencial na saúde que surgiu da impressão 3D e permite a produção de suportes ou microtecidos com uma distribuição homogênea de células, materiais e moléculas ao longo da estrutura.

IMPRESSÃO 3D



Data:

Gênero:

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Prefiro não dizer

Idade:

- ☐ 13-14
- ☐ 15-16
- ☐ 17-18
- ☐ maiores de 18

Qual série você estuda?

- ☐ 9º ano
- ☐ 1º ano
- ☐ 2º ano
- ☐ 3º ano

Você já ouviu falar sobre Impressora 3D?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Você sabia que uma impressora é capaz de produzir um órgão?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Caso fosse preciso, você usaria esses órgãos?

- ☐ Sim

- ☐ Não
- ☐ Talvez

Você acha que os órgãos 3D são capazes de diminuir a fila de espera por um transplante de órgãos do SUS?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

Você conhece alguém que está na fila de espera por um transplante de órgãos do SUS?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Você acha que seria possível uma impressora 3D realizar transplante em animais?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

Quais dúvidas ou curiosidades você tem sobre o tema?

OS IMPACTOS POSITIVOS DA BIOIMPRESSÃO NA MEDICINA (FAMÍLIAS)

A bioimpressão é uma tecnologia inovadora com grande potencial na saúde que surgiu da impressão 3D e permite a produção de suportes ou microtecidos com uma distribuição homogênea de células, materiais e moléculas ao longo da estrutura.

IMPRESSÃO 3D

Data:

Gênero:

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Prefiro não dizer

Idade:

- ☐ menores de 18
- ☐ 18-30
- ☐ 30-40
- ☐ 40-50
- ☐ maiores de 50

Você já ouviu falar sobre Impressora 3D?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Você sabia que uma impressora é capaz de produzir um órgão?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Caso fosse preciso, você usaria esses órgãos?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

Você acha que os órgãos 3D são capazes de diminuir a fila de espera por um transplante de órgãos do SUS?

- ☐ Sim

- Não
- Talvez

Você conhece alguém que está na fila de espera por um transplante de órgãos do SUS?

- Sim
- Não

Você acha que seria possível uma impressora 3D realizar transplante em animais?

- Sim
- Não
- Talvez

Quais dúvidas ou curiosidades você tem sobre o tema?

Além disso, para analisar diferentes pontos de vista sobre o SUS (Sistema Único de Saúde) e a fila de transplantes. Assim, contatamos duas pessoas que aguardavam um determinado órgão e precisavam do SUS para cirurgia. O objetivo é entender quais procedimentos eles estão executando enquanto aguardam sua vez nas consultas, o grau de risco do caso, atrasos e se vêem a bioimpressão como uma alternativa para resolver estas questões da fila.

3.4 Procedimentos para análise e seleção de dados

Os dados serão analisados principalmente por meio do questionário feito pelo grupo. Define-se questionário como "instrumento de pesquisa largamente utilizado para coleta de dados em áreas diversas tais como as ciências sociais, economia, educação e administração" (VASCONCELLOS, Lilian). Para Silva et al (1997, p. 410) "questionário seria uma forma organizada e previamente estruturada de coletar na população pesquisada informações adicionais e complementares sobre determinado assunto sobre o qual já se detém certo grau de domínio."

Para exemplificar este procedimento tenhamos como hipótese que com o desenvolvimento da bioimpressão no mundo, visando o lado positivo desse processo tecnológico, seria possível uma diminuição das filas de espera no SUS, levando em conta que, de acordo com a Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos foi divulgado 45 mil pessoas na fila. Portanto, essa nova tecnologia proporcionaria uma melhoria na qualidade de vida dos usuários. Diante disto, tomando como base o que expõe Liliana Vasconcellos (2007), a aplicação de questionários on-line facilita no controle das respostas, possibilitando a

tabulação de gráficos para que não seja necessário o desenvolvimento e criação, baixo custo de aplicação e quesito de resposta completa.

4 ANÁLISE DE DADOS

Nessa seção iremos apresentar e comentar os dados adquiridos a partir dos métodos do trabalho. Vale ressaltar que os resultados cabem única e exclusivamente à nossa amostra, não podendo abranger todo o universo acadêmico.

4.1 Análise dos questionários

Durante o mês de março, único período na qual o questionário ficou aberto para retornos, foram obtidas 125 respostas de alunos das diversas escolas de Guaratinguetá e 99 de familiares dos participantes do grupo. Levando em conta que as 9 questões levantadas em ambos os questionários eram obrigatórias, alcançamos diversas opiniões que serão avaliadas nesta seção do trabalho.

De acordo os 125 alunos que compartilharam suas opiniões, 64% são do gênero feminino, 34,4% são do gênero masculino e 1,6% preferiu não dizer. Enquanto de acordo com os 99 familiares, 47,5% são do gênero feminino e 52,5% do gênero masculino. É valido ressaltar, que avaliando no geral, atingimos respostas de indivíduos de 13 anos á diante.

Com relação à primeira questão realmente voltada ao tema, questionamos se o público já havia escutado falar sobre a Impressora 3D. Dessa forma, 97,6% dos alunos afirmou já ter escutado e 2,4% negou; enquanto 50,5% dos familiares afirmou já ter escutado e 49,5% negou. Dessa forma, foi possível observar uma grande maioria de alunos e familiares tem conhecimento de uma área que une a engenharia com a biologia, o que nos chamou a atenção por serem respostas bem diferentes.

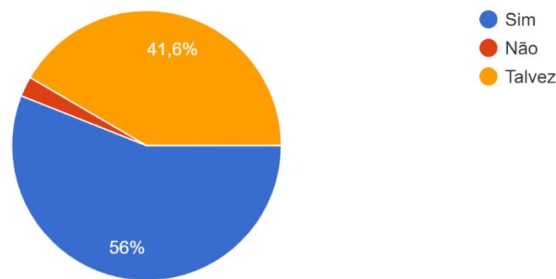
Com relação à segunda questão, questionamos se o público tinha conhecimento que a impressora 3D é capaz de produzir um órgão e a partir disso, 61,6% dos alunos afirmaram e 38,4% negaram. Enquanto 50,5% dos familiares afirmaram e 49,5% negaram. Esses dados nos apresentam que por conta de os alunos estarem mais vinculados com a área dos estudos e seus desenvolvimentos, a maior parte tem consciência da capacidade dessa tecnologia, indicando que estes por sua vez, estão bem conectados com as inovações tecnológicas. Por outro lado, não houve uma diferença percentual muito significativa entre as respostas afirmativas de alunos e familiares, indicando que os adultos também estão bem conectados com as inovações tecnológicas, mas não tanto quanto os alunos. Além disso, é importante destacar que os familiares dos participantes do grupo que responderam o questionário

possuem boas condições financeiras, o que nos indica que eles possuem meios de estarem conectados com as diversas inovações no mundo.

Com relação à terceira questão, questionamos a possibilidade de uso de um órgão impresso, caso fosse necessário. A partir disso 56% dos alunos disseram que sim e 44% estavam em dúvida entre talvez ou não. Enquanto 60,6% dos adultos disseram que sim e 39,4% também estavam em dúvida entre talvez e não. A partir disso, foi possível perceber que tanto os alunos como os familiares acreditaram na capacidade que a Impressora 3D possui em imprimir um órgão e também na funcionalidade deste, como pode ser observado nas figuras 3 e 4.

Figura 3: Possibilidade de uso de um órgão bioimpresso (alunos)

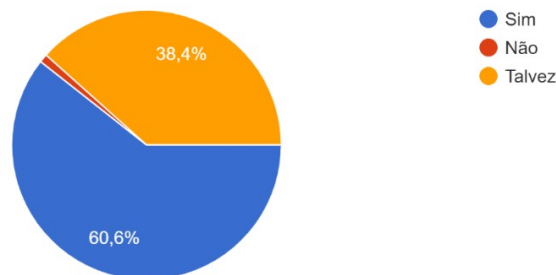
Caso fosse preciso, você usaria esses órgãos?
125 respostas



Fonte: Autoria Própria

Figura 4: Possibilidade de uso de um órgão bioimpresso (família)

Caso fosse preciso, você usaria esses órgãos?
99 respostas



Fonte: Autoria Própria

Devido ao fato de a impressora 3D utilizar materiais bioprintados e diversas fontes de células, ao montarmos o questionário pensamos que a maioria respondesse que não ou nunca usariam órgãos bioimpressos. Dessa forma, quando obtivemos uma resposta contrária ao nosso pensamento, ficamos surpreendidos. Sendo então possível dizer que a bioimpressão futuramente não passará muito desafios éticos para a aceitação de um órgão bioimpresso.

Com relação à quarta questão, questionamos se, na opinião do público, os órgãos impressos seriam capazes de diminuir a fila de espera por um transplante do Sistema Único de Saúde (SUS). Dessa forma, 76,8% dos alunos opinaram que sim e 23,2% ficaram em dúvida entre não e talvez; enquanto 62,6% dos familiares opinaram que sim e 37,4% ficaram em dúvida entre não e talvez. Esses dados ressaltam ainda mais que, tanto os alunos como os familiares, valorizam o trabalho da bioimpressão. Acreditando na capacidade de reduzir ou solucionar a fila de transplante de um dos melhores sistemas de saúde no mundo, mesmo havendo parcela que não acredite ou duvide deste trabalho.

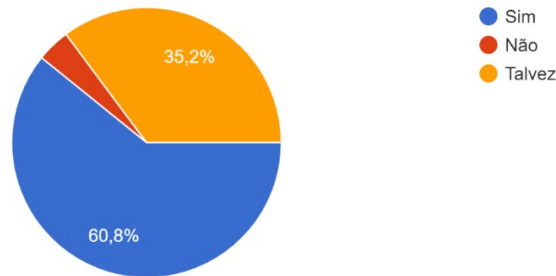
Com relação à quinta questão, perguntamos se eles conheciam alguém que estivesse aguardando por um transplante de órgãos do SUS e infelizmente só 12% dos alunos e 21,2% dos familiares afirmaram que conheciam. Mas fomos atrás desses indivíduos e conseguimos aplicar um questionário diferente deste, para avaliar suas opiniões sobre o SUS e também sobre a bioimpressão, análise deste questionário na próxima seção deste seguimento.

E por fim, com relação a sexta e última questão, perguntamos se, na opinião do público, os órgãos impressos seriam capazes de realizar transplantes em animais. Dessa forma, 60,8% dos alunos acharam que sim e 39,2% ficaram em dúvida entre não e talvez; enquanto 56,5% dos familiares acharam que sim e 43,4% ficaram em dúvida entre não e talvez. Isso nos mostra que o nosso público também confia na capacidade da bioimpressão em melhorar a vida dos animais. Além disso, é importante levar em conta que em nossas pesquisas e entrevistas, nos deparamos com diversas empresas e indivíduos que trabalham através das Impressoras 3D com o propósito de melhorar a vida dos animais, principalmente aqueles que sofreram acidentes ou nasceram com alguma deficiência.

Dessa forma, a quarta e a sexta questão confirmou que os indivíduos acreditam realmente na futura capacidade que este trabalho terá no mundo, tanto para os seres humanos como para animais, como pode ser observado nas figuras 5 e 6.

Figura 5: Possibilidade de transplante de órgão bioimpresso em animal (alunos)

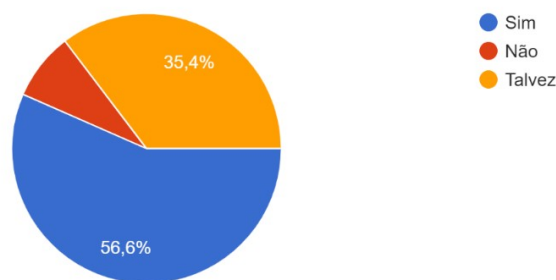
Você acha que seria possível uma impressora 3D realizar transplante em animais?
125 respostas



Fonte: Autoria Própria

Figura 6: Possibilidade de transplante de órgão bioimpresso em animal (família)

Você acha que seria possível uma impressora 3D realizar transplante em animais?
99 respostas



Fonte: Autoria Própria

4.2 Análise dos questionários do SUS

Após interrogarmos alunos e familiares, decidimos fazer um segundo tipo de questionário para pessoas que aguardam um transplante na fila do SUS (Sistema Único de Saúde). Nosso intuito com o questionário foi tentar visualizar a experiência dos indivíduos que passam por esse longo processo no estado de São Paulo, tendo como maior procura para transplante os rins. De acordo com o portal de informações G1, em 2018 haviam 32.716 indivíduos aguardando um transplante de órgãos, sendo 21.962 aguardando um rim em todo o Brasil e 11.495 apenas no estado de São Paulo.

Depois de uma demorada busca, encontramos dois indivíduos dispostos a respondê-lo, uma mulher de 24 anos e um homem de 36 com experiências bastante diferentes sobre o SUS.

Iniciamos nosso questionário com uma breve explicação sobre o nosso grupo e sobre o tema escolhido para o nosso projeto de pesquisa. Questionamos primeiramente onde eles residiam, a representante feminina respondeu que reside no Potim e o representante masculino respondeu que reside em Pindamonhangaba, ambos no estado de São Paulo. Perguntamos os órgãos que estavam aguardando, ambos responderam que aguardam rins. Questionamos sobre há quanto tempo eles aguardavam um órgão para o transplante, a mulher respondeu que já estava aguardando a cerca de 5 anos, já o homem respondeu que estava na fila a cerca de 6 meses. Perguntamos se já ocorreu de terem encontrado um doador, a mulher disse que não; já o homem passa por uma situação diferente, ele tem seu irmão que é compatível e será um possível doador, assim utilizando o SUS apenas para questão cirúrgica. Interrogamos se faziam algum tipo de tratamento para auxiliar durante o tempo em que aguardavam um transplante, ambos responderam que fazem hemodiálise. Questionamos sobre a satisfação ou insatisfação que sentem em relação ao SUS, a representante feminina se diz super insatisfeita e que há muita demora; já nosso representante masculino se diz mais satisfeito quanto seu tratamento, mas afirma que o tempo entre as consultas médicas poderiam ser mais rápidas e que seu problema se fosse algum tipo de doença crônica, o SUS não teria estrutura.

Após fazermos essas perguntas mais pessoais, enviamos um pequeno vídeo demonstrando a tecnologia da bioimpressão. Posteriormente, interrogamos se já haviam ouvido falar da tecnologia e se ela já fosse totalmente eficaz para a produção de órgãos se à usariam como uma outra opção ao transplante tradicional, ambos afirmam que com certeza usariam e que nunca ouviram falar sobre a tecnologia. Ambos os participantes não apresentaram dúvidas sobre o tema.

4.3 Análise da entrevista

Foi realizada uma entrevista em Abril de dois mil e vinte, via vídeo chamada, com Janaína Dernowsek, fundadora da BioEdtech, este classificado como um centro de capacitação e desenvolvimento de bioimpressão, o objetivo foi investigar a opinião de uma profissional sobre os aspectos positivos da bioimpressão na medicina, as funções e história dessa nova tecnologia.

Com relação ao aspecto histórico, foi perguntado sobre a origem das bioimpressoras, as quais foram apresentadas nos anos dois mil. No entanto, as primeiras impressoras 3D estavam

presentes no mercado desde 1983, pontuando, assim, um salto tecnológico marcado pela revolução técnico-científico-informacional. Além disso, Janaína acrescentou que até o presente momento não houve transplantes de órgãos bioimpressos, apenas em ratos, este efetuado como uma célula da glândula da tireoide, o que indica um desafio biológico neste ramo, segundo a profissional, o qual será superado em torno de vinte anos.

No que concerne às funções dessa inovação, foi questionado sobre a eficácia para a redução das filas de transplante do Sistema Único de Saúde. Janaína assegurou que se, associado à ética, poderá ocorrer sim, uma atenuação. Além disso, Janaína afirmou que o papel exercido pela bioimpressão é principalmente para suprir doenças, como por exemplo, o câncer, retirando o local que possui tumor e produzindo um novo órgão ou tecido.

Outrossim, esse progresso tem a finalidade de capacitar e treinar estudantes de medicina, conforme a especialista. Desta forma, a tecnologia se associa à área educacional com o objetivo de constarem conhecimento anatômico. Por último, Janaína fundamenta os conceitos da bioimpressão com base nos impactos apresentados anteriormente, assim, classificando o progresso como uma ferramenta de automação, produtividade e rapidez.

Quando equiparado com perspectivas positivas na medicina, a profissional ressaltou sobre falta de riscos de rejeição, caso ocorra um transplante, devido as células serem do próprio corpo. Assim, sendo qualificado como uma solução para os pacientes que decorrem de problemas após a transplantação de um órgão do doador. De acordo com Janaína, todos podem receber o órgão bioimpresso. Tendo em vista que, as estruturas serão produzidas igualmente, não é classificado como um tecido artificial. São órgãos de células, as quais seguem um ciclo celular, crescem, se duplicam e morrem. Com exceção de pacientes com doenças genéticas, como por exemplo, os portadores da Síndrome de Down, considerando que estes possuem um distúrbio cromossômico que provocam divisões celulares atípicas. Dessa maneira, a bioimpressão não se torna uma tecnologia excludente, impactando positivamente para solucionar problemas identificados na medicina.

Uma segunda entrevista foi realizada com Gabriel Linguori, formado em medicina na Universidade de São Paulo, e que atualmente exerce pesquisas na área de vasos sanguíneos bioimpressos na Tissue Labs, empresa brasileira de biotecnologia. O objetivo foi contatá-lo para coletar informações sobre o MatriWell, produzido pela sua corporação. Este se classifica como uma réplica de microambiente do tecido pulmonar. Neste caso, as células estão em

contato com o ar e com a matriz extracelular, imitando o funcionamento do pulmão. Logo, foi possível sanar as dúvidas que surgiram no decorrer do trabalho.

4.4 Análise do Instagram

Com a página @tcc_bioimpressão criada na rede social *Instagram* no dia quatro de maio de 2020, conseguimos em menos de três meses cerca de 600 seguidores, sendo eles 85% do Brasil, 1% dos Estados Unidos da América, 1% da Argentina, 1% do Chile, 1% do México e os outros 11% de países diversos. O público é composto de 62% mulheres e 38% homens. A faixa etária varia dos 13 anos a mais de 65 anos, sendo a faixa etária predominante dos 18 anos aos 34 anos.

Foram postadas até o presente momento cerca de 22 postagens sobre diversos assuntos relacionados a bioimpressão e impressão 3D, essas postagens renderam 6724 visualizações em nosso perfil e 865 curtidas em nossas publicações. Também utilizamos um recurso do *Instagram* denominado enquete onde perguntamos: “Você acha que existem alternativas para o uso de animais em pesquisas?” 88% das pessoas responderam sim e 12% não, a resposta correta era sim e foi explicada posteriormente em uma postagem. Também perguntamos “Qual tecnologia você acha que é a mais antiga?” entre as alternativas estavam as opções “internet” e “impressora 3D”, 54% marcou a alternativa incorreta, a internet e os outros 46% marcaram a alternativa correta, impressão 3D. Recebemos algumas perguntas de telespectadores sobre o tema, onde buscamos saber mais para passar uma resposta correta e coerente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento do presente estudo foram consideradas informações mediante a análise de dados de nossa amostra em união com as informações obtidas a partir de entrevistas como a Doutora Janaina Dernowsek, esta pesquisa se propôs a analisar os impactos positivos da bioimpressão na medicina. Dessa forma, obteve-se resultado por meio de informações concretas e válidas sobre a amplitude do tema.

Visamos a partir do presente trabalho, compreender o quanto nossa amostra conhecia sobre o tema, suas aplicações, o mercado no Brasil, empresas que aderiram a bioimpressão, sobre ser uma possível solução para transplante de órgãos e fila do SUS. Por intermédio de nossas pesquisas e entrevistas acabamos por descobrir que a tecnologia pode se tornar cada vez mais convencional, evoluindo para diversas áreas e possivelmente evoluindo para questões globais.

Ademais, tendo em vista os aspectos analisados, há um grande desfalque de elementos concretos em relação aos conhecimentos presente nos participantes de nossa amostra. Identificamos também uma glorificação da mídia, em que esta muitas vezes apresentava o tema de forma idealizada, conseqüentemente, depositando extrema expectativa em uma área de estudos que está em desenvolvimento.

Após atingirmos com sucesso nossos objetivos iniciais, buscamos ir a fundo, assim, criamos nossa página no *Instagram*, no qual providenciamos postagens variadas, tencionando transmitir o máximo de informações sobre o tema, responder dúvidas, atrair simpatizantes do tema e adquirir informações com profissionais da área.

A repercussão dos esforços do grupo fora extremamente satisfatória, ampliamos nossos conhecimentos, obtivemos um *feedback* extremamente positivo, conduzimos as informações que julgamos necessárias para passar ao público e realizamos entrevistas com profissionais reconhecidos mundialmente que iremos levar para a vida.

REFERÊNCIAS

- 3D PRINTING INDUSTRY. **The Top 15 Bioprinters**. Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/news/top-10-bioprinters-55699/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRANSPLANTE DE ÓRGÃOS. Brasil tem mais de 30 mil pacientes em lista de espera para transplante- São Paulo- 2019
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRANSPLANTE DE ÓRGÃOS. Rim, fígado e coração são os órgãos mais transplantados no Brasil - São Paulo- 2019
- AYRES, Nathalie. Células-tronco presentes em dentes de leite contribuem para a saúde. Minha Vida, 13/06/2016. Disponível em: <<https://www.minhavidade.com.br/saude/materias/20931-celulas-tronco-presentes-em-dentes-de-leite-contribuem-para-a-saude>> Acesso em: 17/03/2020.
- BBS. Students. Organovo: bioprinting tissue to speed up drug development. Technology and Operations Management, 13/11/2018. Disponível em: < <https://digital.hbs.edu/platform-rctom/submission/organovo-bioprinting-tissue-to-speed-up-drug-development/>>. Acesso em: 03/05/2020.
- BOMBALDI, Fernanda. Bioimpressão 3D (2): Aplicações de células-tronco em pesquisas relacionadas a esta tecnologia. Tudo sobre células-tronco, 20/12/2018. Disponível em: <<http://tudosobreclulastronco.com.br/bioimpressao-3d-2-aplicacoes-de-celulas-tronco-em-pesquisas-relacionadas-a-esta-tecnologia/>>. Acesso em: 15/04/2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Transplante de órgãos. Dicas de saúde, janeiro de 2008**. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/dicas/142transplante_de_orgaos.html>. Acesso em: 04/05/2020.
- CANALTECH. **Ovários feitos por impressão 3D permitem que ratos tenham filhotes**. Canal Tech, São Paulo, BR, 18/05/2017. Disponível em :<<https://canaltech.com.br/amp/ciencia/ovarios-feitos-por-impressao-3d-permitem-que-ratos-tenham-filhotes-93898/>>Acesso:< 14/04/2020
- CATRACA LIVRE. **Teste com bioimpressão de células-tronco poderá ajudar enfartados**. Catraca Livre, 24/04/2017. Disponível em: <<https://catracalivre.com.br/saude-bem-estar/teste-com-bioimpressao-de-celulas-tronco-podera-ajudar-enfartados/>>. Acesso em: 02/06/2020.
- CELULASTRONCORS. A bioimpressão e a engenharia de tecidos. IPCT, 29/05/2018. Disponível em: <<http://celulastroncors.org.br/a-bioimpressao-e-a-engenharia-de-tecidos/>>. Acesso em: 04/03/2020.
- CROOK, Jeremy. **3D Bioprinting: Principles and Protocols**. 1.ed. New York, USA: Human Press, 2020. Cap.8. p. 135

DAVIS, Bonnie. **Facial Skin Injury Could Be Healed with Bioengineered BioMask**. Wake Forest Baptist Health. 19/11/2018. Disponível em: <<https://newsroom.wakehealth.edu/News-Releases/2018/11/Facial-Skin-Injury-Could-Be-Healed-with-Bioengineered-BioMask>>. Acesso em: 25/05/2020.

DEMARTINI, Mariana. Órgãos impressos 3D poderão ser usados por humano em breve, Super, 30/01/2017. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/orgaos-impressos-em-3d-poderao-ser-usados-por-humanos-em-breve/>>. Acesso em: 10/03/2020.

DERNOWSEK, Janaína. Bioimpressão de pele. BioEdtech, 30/ 03/2019. Disponível em: <https://www.bioedtech.online/amp/_pele>. Acesso em: 04/03/2020.

DERNOWSEK, Janaína. Bioimpressora. Biofabricação, 22/10/2018. Disponível em: < <https://www.biofabricacao.com/bioimpressao-3d#:~:text=Uma%20segunda%20etapa%20chamada%20de,de%20matura%C3%A7%C3%A3o%20do%20tecido%20bioimpresso.>>. Acesso em: 04/03/2020.

DERNOWSEK, Janaína. **Desafios da Bioimpressão**. Biofabricação, 22/10/2018. Disponível em: <<https://www.biofabricacao.com/single-post/2018/10/22/Desafios-da-Bioimpress%C3%A3o>>. Acesso em: 20/06/2020.

DERNOWSEK, Janaína. **O que são bioinks (biotintas). Biofabricação**. Disponível em: <<https://www.biofabricacao.com/single-post/2018/11/04/O-que-s%C3%A3o-Bioinks-biotintas-Conceitos-importantes-da-Bioimpress%C3%A3o-de-tecidos>>. Acesso em: 09/03/2020.

DERNOWSEL, Janaína. **O que é a bioimpressão?** Disponível em: “<<https://www.biofabricacao.com/bioimpressao-3d/>”. Acesso em 10/03/2020.

DIAS, Matheus. **Pesquisa quantitativa**. OPUS, dez./2018. Disponível em: < <https://www.opuspesquisa.com/blog/tecnicas/pesquisa-quantitativa/> >. Acesso em: 28 mar. 2020.

DUQUE, Nathalia. **Anatomia: Órgãos do Corpo Humano**. Estudo Prática, ago./2018. Disponível em: < <https://www.estudopratico.com.br/orgaos-do-corpo-humano-conheca-quais-sao-e-detalhes/> >. Acesso em: 7 março. 2020.

FLEURY, M. T. L; WERLANG, Sérgio. **Pesquisa aplicada: Reflexões sobre conceitos e abordagens metodológicas**. Biblioteca Digital, p. 2, dez./2017. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18700/A_pesquisa_aplicada_conceito_e_abordagens_metodol%C3%B3gicas.pdf?sequence=6&isAllowed=y> Acesso em: 28 mar. 2020.

GAO, Ling. et al. **Myocardial Tissue Engineering With Cells Derived From Human-Induced Pluripotent Stem Cells and a Native-Like, High-Resolution, 3-Dimensionally Printed Scaffold**. 8.ed. Circulation Research, 2017. p. 1298

GARCIA, Gabriel. L'Oréal faz parceria para imprimir pele humana em 3D. **Exame**, 19/05/2015. Disponível em: <<https://exame.com/tecnologia/l-oreal-faz-parceria-para-imprimir-pele-humana-em-3d/>>. Acesso em: 04/03/2020.

INCA. **Como são Obtidas as Células para o Transplante**. REDOME. Disponível em: <<http://redome.inca.gov.br/medula-ossea/como-sao-obtidas-as-celulas-para-o-transplante/>>. Acesso em: 17/03/2020

LAWRENCE, Jonathan. **Laser-Induced Forward Transfer Techniques and Applications**. 2.ed. Covery, Reino Unido: Woodhead Publishing, 2017. p. 339

LIGOURI, Gabriel. **Bioimpressão em Cirurgia Cardíaca**. Polyteck, 06/03/2016. Disponível em: <<https://medium.com/polyteck/bioimpressao-em-cirurgia-cardiaca-ae33342bf533>>. Acesso em: 05/06/2020.

LITTLE, Melissa. Printing the future: 3D bioprinters and their uses. **Australian Academy of Science**. Disponível em: <<https://www.science.org.au/curious/people-medicine/bioprinting#:~:text=Bioprinting,blood%20vessels%20or%20skin%20tissue.>>. Acesso em: 28/04/2020.

MAGALHÃES, Lana. **Anatomia e Fisiologia Humanas: Órgãos do Corpo Humano**. Toda Matéria, out./2019. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/orgaos-do-corpo-humano/>> Acesso em: 7 mar. 2020.

MAGALI, Cleide. Metodologia e técnicas de pesquisa. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/cleidemagalisanos/aula-2-metodologia-mtodo-e-tnicas-conceitos-bsicos.>>. Acesso em: 07/04/2020.

MISAWA, Mônica. O que são os biomateriais?. Disponível em: <<https://www.geistlich.com.br/pt/pacientes/o-que-sao-os-biomateriais/#:~:text=Biomateriais%20s%C3%A3o%20materiais%20que%20podem,interagir%20com%20o%20corpo%20humano.>>

MTC. **O que são células-tronco?**. Rede Nacional de Terapia Celular. Disponível em: <<http://www.rntc.org.br/ceacutelulas-tronco.html>>. Acesso em: 18/03/2020.

NEVES, José Luís. **Pesquisa Qualitativa: Características, usos e possibilidades**. Caderno de pesquisas em administração, São Paulo, v. 1, n. 3. Set./1996. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54648986/PESQUISA_QUALITATIVA_CARACTERISTICAS_USO.pdf?1507379912=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPESQUISA_QUALITATIVA_CHARACTERISTICAS_USO.pdf&Expires=1593702969&Signature=VJjU0KdnWqm-y1HiaEe1nbXf865LFI5L3dQTDDnCtlp4xqJE101AZhlNgaJCoqy33BfWlt9QuTNBX-xt797XoXVy72AimdQBJA6E7YABw9WwqMPjSBenp~bCn1vAhaN~vQo-v0R4uNOhzrKomstRx782N0ov5SX~xiMjRUgaGjOPxcqDeDd0d-8vz-0TMS18kDW88o3wFUN6O6QVoyLjaPe3rJwiNxMR5yeen3iYn6cYxjwOJSqJkNsh8FM5kNxDeGrAuhMxHidBkRpcY~AnmwgEB~u8pGV~kQkEGCl6RGdcwIcI->

14HA4J4n2kU7KTNPRqB6e1FRkw9N-GIMRu0iA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA >. Acesso em: 28 mar. 2020.

NORONHA, Junior. Organovo produz fígado impresso em 3D que sobrevive por 40 dias. MeioBit, 02/06/2012. Disponível em: <<https://meiobit.com/271117/organovo-produz-figado-impresso-em-3d-que-sobrevive-por-40-dias/>>. Acesso em: 04/03/2020.

PANORAMA FARMACÊUTICO. **Bioimpressão de órgãos perto de virar realidade.** Panorama Farmacêutico, 09/12/2019. Disponível em: <<https://panoramafarmaceutico.com.br/2019/12/09/bioimpressao-3d-de-orgaos-esta-perto-de-virar-realidade/>>. Acesso em: 18/03/2020.

PIRES, Ana; BIERHALZ, Andréa; MORAES, Ângela. **Biomateriais: tipos, aplicações e mercado.** Quím. Nova vol.38 no.7. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422015000700957>. Acesso em 25/05/2020.

SANTOS, Vanessa Dos. **Anatomia Humana: Pele.** Brasil Escola, jan./2020. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/biologia/pele.htm>>. Acesso em 7 mar. 2020.

SCHIMIDT, Christine. **Bioengenheiros criam órgãos e medula com impressora 3d; entenda como.** Disponível em: <<https://bluevisionbraskem.com/inovacao/bioengenheiros-criam-orgaos-e-medula-com-impressoras-3d-entenda-como/>>. Acesso em: 04/03/2020.

SEOL, Y. et. al.: **Biomask bioprint 3D para reconstrução da pele facial**, Bioprinting, 2018. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/bioprinting/news/biomask-3d-bioprinting-new-facial-skin>>. Acesso em 05/06/2020.

SILVEIRA, Angélica. **Aplicações da Cultura Celular 3D.** LabNetwork, 22/05/2018. Disponível em: <<https://www.labnetwork.com.br/noticias/aplicacoes-da-cultura-celular-3d/>>. Acesso em 28/05/2020.

SPHEROIDS. **Biology.** Disponível em: <<https://www.biologyonline.com/dictionary/spheroids#:~:text=Spheroids,both%20normal%20and%20malignant%20cells.>>. Acesso em: 28/04/2020.

VALIM. Paulo. O avanço da medicina: orãos impressos podem substituir os transplantes. Bayer jovens. Disponível em: <<https://www.bayerjovens.com.br/pt/colunas/coluna/?materia=o-avanco-da-medicina-orgaos-impressos-podem-substituir-os-transplantes->>. Acesso em: 09/03/2020.

VASCONCELLOS, Liliana. **Vantagens e Limitações dos Questionários Eletrônicos via Internet no Contexto da Pesquisa Científica.** Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/10semead/sistema/resultado/trabalhosPDF/420.pdf/>>. Acesso em 02/07/2020.

WELLE, Deutsche. Coração é impresso em 3D a partir de tecido humano. G1, 15/04/2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2019/04/15/coracao-e-impresso-em-3d-a-partir-de-tecido-humano.ghtml>>. Acesso em: 09/03/2020.

WOODRUFF, Teresa. **Roedores dão a luz com ovários impressos em 3D**. Disponível em: <https://amazonasatual.com.br/roedores-dao-a-luz-filhotes-com-ovarios-impressos-em-3d/>> Acesso em: 15/04/2020

YUHAS, Daisy. **What's a Voxel and What Can It Tell Us? A Primer on fMRI**. Scientific American, 21/06/2012. Disponível em: <<https://blogs.scientificamerican.com/observations/whats-a-voxel-and-what-can-it-tell-us-a-primer-on-fmri/>>. Acesso em 27/05/2020.