



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Campus Duque de Caxias Professor Geraldo Cidade
Mestrado Profissional em Formação em Ciências para
Professores



**ENGENHARIA DE TECIDOS E ÓRGÃOS PARA EDUCAÇÃO BÁSICA:
ELABORAÇÃO DE UM *E-BOOK***

Duque de Caxias

2022

Valesca Bitencourt Marques

ENGENHARIA DE TECIDOS E ÓRGÃOS PARA EDUCAÇÃO BÁSICA:
ELABORAÇÃO DE UM *E-BOOK*

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Duque de Caxias Professor Geraldo Cidade, Programa de Pós-Graduação em Formação em Ciências para Professores – PROFICIÊNCIAS, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Leandra Santos Baptista

Duque de Caxias

2022

Ficha catalográfica

CIP - Catalogação na Publicação

M357e Marques, Valesca Bitencourt
Engenharia de Tecidos e Órgãos para Educação
Básica: Elaboração de um E-book / Valesca Bitencourt
Marques. -- Rio de Janeiro, 2022.
63 f.

Orientadora: Leandra Santos Baptista.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Campus Duque de Caxias Professor
Geraldo Cidade, Programa de Pós-Graduação em Formação
em Ciências para Professores, 2022.

1. Educação Básica. 2. Engenharia de tecidos e
órgãos. 3. Bioimpressão. 4. Biotecnologia. I.
Baptista, Leandra Santos, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Campus Duque de Caxias
Mestrado Profissional em Formação em Ciências para Professores

“Engenharia de tecidos e órgãos para Educação Básica: elaboração de um e-book”

Valesca Bitencourt Marques

DISSERTAÇÃO DE Mestrado SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO VISANDO A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS PARA PROFESSORES.

Duque de Caxias, 13 de dezembro de 2022.

APROVADO POR:

Leandra S. Baptista

DR^a. LEANDRA SANTOS BAPTISTA - UFRJ/ DUQUE DE CAXIAS
ORIENTADORA E EXAMINADORA

Danielle Pereira Cavalcanti

DR^a. DANIELLE PEREIRA CAVALCANTI - INMETRO
EXAMINADORA

Rodrigo Alvarenga Rezende

DR. RODRIGO ALVARENGA REZENDE - UNIARA
EXAMINADOR

Duque de Caxias

2022

*Dedico esta dissertação a minha filha
Manuella, que é o meu maior incentivo, além de
me proporcionar as maiores alegrias da vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a minha família, principalmente minha filha Manuella, por todo incentivo e paciência durante o curso, nem sempre foi fácil, muitas vezes troquei a saída, a praia, o cinema, para estar em casa estudando e escrevendo esta dissertação. Muito obrigada pelo apoio sempre.

A minha mãe Sueli, por sempre estar me incentivando e desejando o melhor, ao meu pai Hipper, que não está mais presente, mas com certeza foi o meu maior incentivador na vida, muito obrigada.

A minha orientadora, Dra. Leandra Santos Baptista, por acreditar na minha pesquisa, e me auxiliar ao longo desta jornada, sempre incentivando e cobrando na medida certa. Orgulho de ter sido sua orientanda. Muito Obrigada.

A todos os professores do programa de pós-graduação, mestrado profissional para professores de Ciências – PROFICIÊNCIAS, por todo ensinamento e embora a maior parte do curso tenha sido remota, sentimos com certeza o carinho e o apoio de vocês. Grande orgulho de fazer parte deste corpo discente. Obrigada.

Gostaria de acrescentar meu agradecimento ao professor Dr. Robson Roney, por cada incentivo que me proporcionou, como o próprio dizia, “vou fazer umas provocações e você pensa sobre isso”. Obrigada professor, o Senhor foi de grande auxílio na minha pesquisa, assim como a Professora Dra. Daniele Cavalcanti, por me auxiliar na escrita e fazer parte da minha banca de qualificação, me incentivando e dando dicas sempre interessantes.

A Dra. Paula Matos, por aceitar participar da minha banca de qualificação e ser tão cordial em suas considerações, muito obrigada. Ao Dr. Rodrigo Rezende por aceitar o convite e fazer parte da minha banca de defesa.

Agradeço também ao Matheus e a Tathiana do laboratório de bioimpressão, por me auxiliarem nos vídeos e fotos, foi uma manhã muito agradável. Obrigada.

*“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”*
Paulo Freire

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”
Nelson Mandela

RESUMO

MARQUES, Valesca Bitencourt. **Engenharia de tecidos e órgãos para Educação Básica: Elaboração de um *E-book***. Rio de Janeiro, 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação em Ciências para Professores) – Programa de Pós-graduação em Formação em Ciências para Professores, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Propõe-se com este estudo um levantamento bibliográfico nos livros adotados na disciplina de Biologia de acordo com o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), para investigar se a bioimpressão de tecidos e órgãos está inserida nos temas abordados em biotecnologia. Observa-se que nos livros didáticos analisados o tema não é citado em nenhum dos sete livros escolhidos, dentro dos dez que são sugeridos pelo PNLD. As técnicas empregadas na biotecnologia possuem um avanço muito rápido e nem sempre os livros didáticos conseguem acompanhar, desta forma o professor fica preso aos conteúdos que o material didático adotado aborda, perdendo a oportunidade de trazer para sala de aula técnicas mais inovadoras. A bioimpressão de tecidos e órgãos é uma técnica muito interessante, que mostra uma realidade muito promissora para a impressão de tecidos lesionados, recuperação de partes de órgãos que sofreram uma lesão, e pode ser visto também como uma nova abordagem para substituir testes de cosméticos em animais, através da produção de pele artificial bioimpressa. Diante de toda a informação acerca, das técnicas biotecnológicas, percebe-se que o ensino não consegue acompanhar esses avanços, logo se faz necessário trazer para sala de aula informações que não constam nos livros didáticos, de forma mais lúdica e com a participação dos alunos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar um *e-book* que traga essa informação pronta, para que o professor possa aplicar em suas aulas, se assim desejar, pois com a demanda diária que os professores possuem, não há tempo livre para buscarem informações além do material didático adotado.

Palavras-Chave: Biotecnologia, Medicina Regenerativa, Bioimpressão 3D.

ABSTRACT

MARQUES, Valesca Bitencourt. **Engenharia de tecidos e órgãos para Educação Básica: Elaboração de um *E-book***. Rio de Janeiro, 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação em Ciências para Professores) – Programa de Pós-graduação em Formação em Ciências para Professores, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

This study proposes a bibliographic survey in the books adopted in the Biology discipline according to the National Textbook Program (PNLD), to investigate whether the bioprinting of tissues and organs is included in the topics covered in biotechnology. It is observed that in the textbooks analyzed, the theme is not mentioned in any of the seven books chosen, among the ten that are suggested by the PNLD. The techniques used in biotechnology have advanced very quickly and textbooks are not always able to keep up, in this way the teacher is stuck to the contents that the adopted didactic material addresses, losing the opportunity to bring more innovative techniques to the classroom. Bioprinting of tissues and organs is a very interesting technique, which shows a very promising reality for the printing of injured tissues, recovery of parts of organs that have suffered an injury and can also be seen as a new approach to replace cosmetic tests in animals, through the production of bioprinted artificial skin. In view of all the information about biotechnological techniques, it is clear that teaching cannot keep up with these advances, so it is necessary to bring to the classroom information that is not included in textbooks, in a more playful way and with the participation of students. In this way, the objective of this work was to elaborate an *e-book* that brings this information ready, so that the teacher can apply it in their classes, if they wish, because with the daily demand that teachers have, there is no free time to seek information beyond of the teaching material adopted.

Keywords: *Biotechnology, Regenerative Medicine, 3D Bioprinting.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Breve histórico sobre biotecnologia

Figura 2: Pilares da Engenharia de Tecidos

Figura 3: Histórico da Bioimpressão

Figura 4: Técnicas de Bioimpressão

Figura 5: Análise dos temas nos livros didáticos de acordo com o PNLD – 2018

Figura 6: Bioimpressora por extrusão

Figura 7: Polímero biodegradável

Figura 8: Construção dos arcabouços

Figura 9: Seringa e êmbolo

Figura 10: Calibração da bioimpressora

Figura 11: Deposição da cultura celular pela bioimpressora

Figura 12: Células depositadas no suporte/arcabouço

Figura 13: Arcabouço contendo a cultura de células depositada na placa

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação do conceito de Biotecnologia em livros didáticos adotados no Ensino Médio

Tabela 2: Análise da relação de Livros PNLD-2018 e os temas mais abordados

Tabela 3: Análise nas bases de dados

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista dos livros didáticos escolhidos para análise

Quadro 2: Análise dos conteúdos nos livros adotados pelo PNLD - 2018

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

E-Book – *Eletronic Book* (Livro eletrônico)

iPS ou iPSC – *induced pluripotent stem cell* (Célula de pluripotência induzida)

OGMs – Organismos Geneticamente Modificados

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 O Ensino De Biotecnologia	14
1.2 Biotecnologia e a Base Nacional Comum Curricular	18
1.3 Medicina Regenerativa	19
1.4 Engenharia de Tecidos	20
1.4.1 Bioimpressão 3D.....	23
1.5 Células-Tronco	25
1.5.1 Células-Tronco Embrionárias	27
1.5.2 Células-Tronco Adultas	27
1.5.3 Células-Tronco de Pluripotência Induzida	28
1.6 Delimitando o Problema de Pesquisa	29
1.7 Elaboração do <i>E-book</i> como Produto Pedagógico	30
1.8 Justificativa	30
2 OBJETIVOS	31
2.1 Objetivo Geral	31
2.2 Objetivos Específicos	31
3 METODOLOGIA	32
3.1 Levantamento Bibliográfico nos Livros Didáticos	33
3.2 Levantamento Bibliográfico nas Bases de Dados	35
3.3 Elaboração do Material Paradidático	36
4 RESULTADOSE DISCUSSÃO	36
4.1 Análise dos Livros Didáticos	39
4.2 Análise nas Bases de Dados	49
4.3 Análise da coleta do material para elaboração do <i>E-book</i>	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
BIBLIOGRAFIA	60
APÊNDICE - Capítulos do <i>E-book</i>	63

1 INTRODUÇÃO

A Biotecnologia é um ramo da Biologia que atualmente ganha muito espaço e cada vez mais rápido. Na contramão dessa velocidade, encontra-se a educação básica que, por sua vez, não consegue acompanhar essa celeridade. As técnicas empregadas na Biotecnologia apresentam-se como uma forma de agregar conceitos e métodos inovadores, para diversos setores como agricultura, indústrias, medicina, bioinformática, nanotecnologia e que podem e devem ser aplicados também dentro da educação básica (FERRO, 2010).

Apesar de ser uma área em crescente destaque, existem estudiosos que acreditam que a Biotecnologia é um ramo perigoso e nada natural da Biologia, pois os resultados de algumas pesquisas biotecnológicas podem suscitar debates sobre questões religiosas e éticas na sociedade, possibilitando que o medo e a insegurança gerados pela desinformação da população façam com que uma parcela da sociedade não apoie as pesquisas e progressos na área biotecnológica. Diante disso, uma atualização contínua dos docentes nos temas relacionados ao progresso da Ciência, em especial da Biotecnologia, poderia trazer informações atuais, seguras e confiáveis para estes profissionais, o que refletiria em sua prática docente, e traria como benefício a formação de estudantes mais informados e críticos em relação aos avanços científicos (MALAJOVICH, 2017).

Acredita-se que trazer para sala de aula técnicas atuais, como a fabricação de vacinas gênicas, a bioimpressão de tecidos e órgãos, e a utilização da impressão digital do DNA, mostrando uma realidade que o aluno desconhece, possa ser um diferencial para despertar o interesse e melhorar o ensino e aprendizagem, assim como a atuação dos docentes deve ser baseada em problemas, pois, dessa forma, ele será capaz de propor aos estudantes a construção do conhecimento em sala de aula, a partir de experiências que ocorrem fora dela (PERRENOUD *et al.*, 2002).

Atualmente muito se fala sobre metodologias ativas para melhorar os processos de ensino e aprendizagem. Essas metodologias buscam inserir o aluno no processo de aprendizagem, ou seja, o aluno passa a se envolver de forma mais

proativa, deixando de ser apenas ouvinte, para ser o protagonista, dialogando e desenvolvendo o conhecimento. Avaliando situações apresentadas, e criando soluções através de desafios propostos (MORAN, 2015).

Percebe-se uma situação na qual o aluno e professor se encontram, muitas vezes, desgastados física e emocionalmente, o que se acentua quando, utiliza-se uma metodologia de ensino tradicional para a abordagem dos conteúdos programáticos das disciplinas. Assim, a utilização de aulas mais dinâmicas e práticas, colocando o aluno como protagonista do processo de ensino-aprendizagem, pode estimular os estudantes a questionar e interagir com o professor (DELIZOICOV, 2002).

Quando o aluno se torna um agente participativo nos processos de ensino-aprendizagem, ele dialoga, questiona, estimula a prática educativa e demonstra interesse em aprender. Isso faz com que o professor reflita cotidianamente sobre sua prática educacional, tentando cada vez mais inovar a prática pedagógica. Um dos maiores desafios do professor está em elaborar projetos que estimulem os alunos a frequentar as aulas e cumprir uma carga horária extensa de estudo, assim como tornar o ensino mais atrativo e mais próximo da realidade do aluno (FRANCO, 2016).

Considerando as adversidades sociais, entende-se que a escola pode fazer suas contribuições para melhorar o processo de obtenção de conhecimentos do indivíduo de forma mais prática, despertando no aluno interesse sobre os conteúdos aprendidos, rompendo o estigma de que o professor está cada vez mais sobrecarregado e o aluno cada vez mais distante.

É necessário refletir sobre o ensino de Biologia, analisar os conteúdos curriculares e encontrar a melhor forma de abordá-los, desta forma diminui-se a lacuna que existe entre os conteúdos abordados e a realidade dos alunos (CACHAPUTZ, 2005). Utilizando a vivência do grupo com a proposta de elaborar aulas mais práticas, empregando-se mais diálogos, conceitos como mapas mentais, e até mesmo tornando as aulas mais lúdicas com a participação de jogos como

ferramentas para tornar o processo mais dinâmico e agradável, despertando o interesse dos alunos pelos conhecimentos abordados (DELIZOICOV, 2002).

A articulação ensino-pesquisa vem sendo amplamente discutida nos últimos anos e alguns autores acreditam que, quando o objeto de ensino é transformado em objeto de reflexão, possibilita-se uma melhor e mais eficaz construção do conhecimento. Paradoxalmente, o que se percebe na atualidade é uma atuação do docente em sala de aula desarticulada do ensino-pesquisa, o professor acaba por atuar transmitindo os conceitos apenas e, preso a um conhecimento desatualizado, perdendo a oportunidade de transformar o aluno em um cidadão mais reflexivo e crítico na sociedade (VELLOZO; MARTINS; NASCIMENTO, 1999).

1.1 O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA

Embora o termo Biotecnologia pareça ser algo novo, de difícil acesso e entendimento, algumas de suas técnicas são consideradas milenares e são empregadas desde 4.000 aC para a produção de pão, cerveja e vinhos, como é o caso da fermentação, técnica utilizada por muitos, e por longos anos, ou seja, já ocorriam mesmo sem a humanidade ter uma boa compreensão da Biologia (BORÉM; SANTOS, 2008). Mas, somente no ano de 1919 o termo Biotecnologia ficou conhecido, proposto pelo engenheiro húngaro Karl Ereky, embora oficialmente reconhecido apenas em 1992 em uma Convenção sobre Diversidade Biológica (Figura 1) (FERRO, 2010).

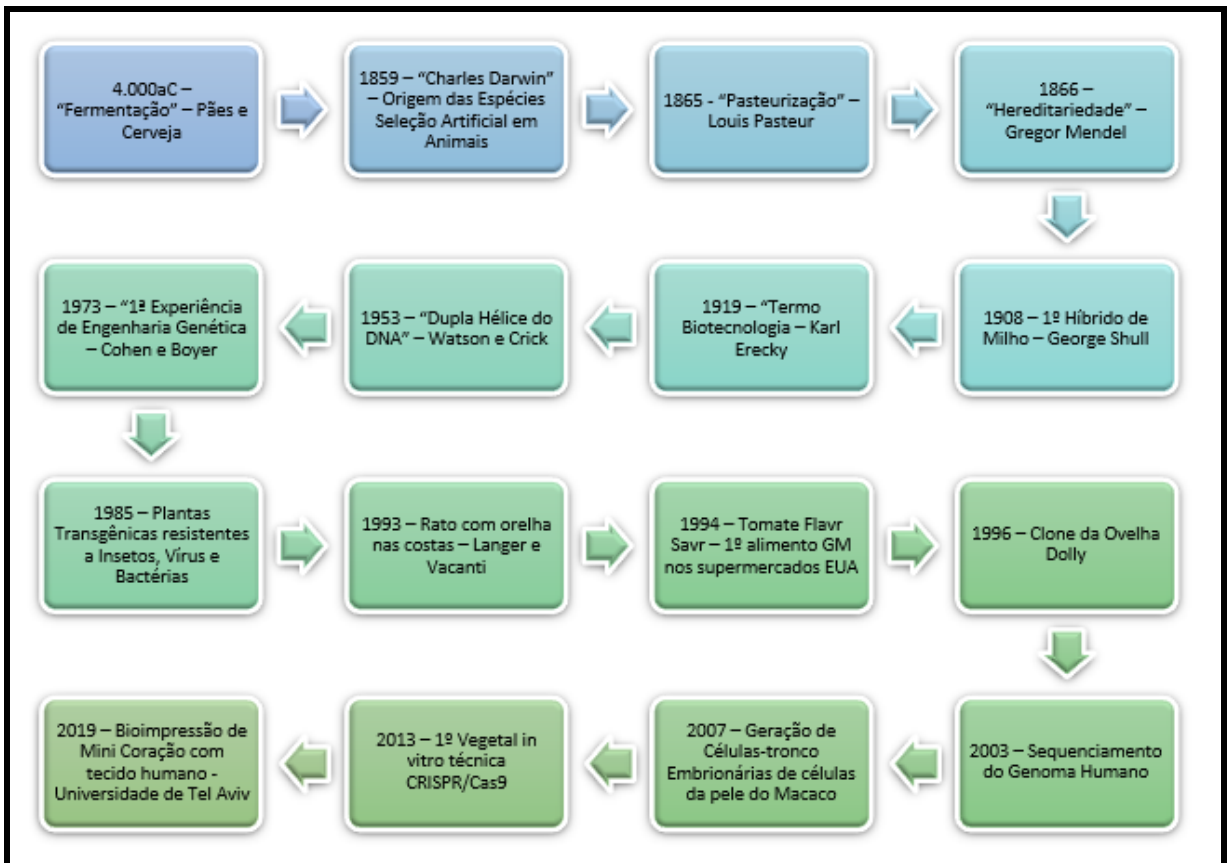


Figura 1. Breve histórico sobre biotecnologia

Fonte: Autora

As inovações na área biotecnológica são evidenciadas principalmente nas divulgações e aplicações das técnicas empregadas, é uma ciência inovadora e busca sempre melhorar processos já conhecidos, assim como desenvolver técnicas para produção de novos produtos comercializados como medicamentos, desenvolvimento de vacinas entre outros. Desta forma, percebe-se que as técnicas utilizadas estão no nosso cotidiano, buscando sempre aprimorar e desenvolver (FERRO, 2010).

Atualmente, temas como a clonagem de animais, o uso de células tronco, os transgênicos, as terapias celulares e, mais recentemente, a bioengenharia de tecidos, têm sido discutidos em Biotecnologia (PEDRANCINI *et al.*, 2007). A abordagem destas temáticas, são consideradas polêmicas e até mesmo conflitantes, a relação entre Biotecnologia e sociedade está muito longe de seguir o mesmo

caminho, portanto o ensino e debate destas técnicas se fazem necessários, já que são abordadas questões sociais e, especialmente, éticas (BORÉM; SANTOS, 2008). Além disso, assistimos a uma necessidade da sociedade em compreender o assunto, muitas vezes influenciada pela mídia que apresenta informações sobre a temática por vezes equivocada e desvinculada do saber científico (PEDRANCINI *et al.*, 2007).

De acordo com Bobrowski e Fonseca (2015) “Devido ao grande desenvolvimento da Biotecnologia e ao notável reflexo na sociedade e no meio ambiente, é indispensável a sua inserção no currículo escolar, principalmente na disciplina de Biologia” (2015, p. 499).

Percebe-se que há uma necessidade de difundir o emprego das técnicas de Biotecnologia, assim como o estímulo da divulgação e da alfabetização científica, por meio da educação básica, um ensino contextualizado pode ser abordado de maneira mais ampla no ambiente escolar, levando os conteúdos produzidos pela Ciência com a devida adequação de linguagem, para que os estudantes consigam aprender estes conteúdos e ter uma visão mais crítica nas discussões dos avanços científicos que interferem diretamente no seu dia a dia, tornando-os desta forma, mais participativos (DOS SANTOS *et al.*, 2015).

Na prática acadêmica, o termo Biotecnologia pode ser compreendido de diferentes maneiras. Os próprios livros didáticos utilizados no Ensino Médio conceituam de forma diferenciada o termo em questão, e o abordam em diferentes momentos. No geral, pode-se entender a Biotecnologia como sendo uma técnica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos ou até mesmo parte deles para produzir produtos ou melhorar processos pré-existentes (DIAS; CERDA, 2016).

A divulgação do ensino de Ciências/Biologia, deve estar o mais próximo possível da realidade do aluno e da sociedade. Desta maneira é imprescindível discutir, por exemplo, as aplicações da Biotecnologia como no emprego das vacinas e medicamentos, que são temas mais próximos dos estudantes, que podem despertar o interesse e o ensino mais problematizado e eficaz (LEAL; MEIRELLES, 2018).

Como já mencionado nesta pesquisa, entende-se que a escola pode trazer contribuições significativas para a melhoria no ensino e na obtenção de conhecimentos do indivíduo de forma mais prática, para que sejam despertados interesses sobre os conteúdos abordados (CACHAPUTZ, 2005). De modo geral, os alunos possuem certo interesse pelos temas abordados na Biotecnologia, desta forma o docente deve aproveitar a temática em questão e tornar os alunos mais participativos e ativos em sala de aula, a experiência prática dos alunos é fundamental para o processo do aprendizado científico, despertando o interesse dos mesmos pelos conhecimentos abordados e até mesmo mudanças de comportamento (DELIZOICOV, 2002).

O emprego de células-tronco, por exemplo, é um grande avanço na medicina regenerativa, mas provoca grande inquietação por parte do público em geral, principalmente os leigos no assunto. Desmistificar conceitos equivocados é de extrema importância, discutir temas considerados tecnologias de ponta em sala de aula pode acarretar um ensino mais atualizado e estimular o interesse dos alunos. O debate de questões consideradas polêmicas no ambiente escolar pode ser uma forma de levar o conhecimento da realidade a um público que possa, em algum momento, ser capaz de interpretar os conceitos de forma correta e não mais se influenciar pelas mídias que levam a informação de maneira errônea para a sociedade (PINHEIRO; PANTOJA; VANDERLEY, 2017).

Da mesma forma que o emprego das técnicas de Biotecnologia está cada vez mais presente na atualidade, os avanços tecnológicos estão mais constantes nas técnicas empregadas em diversos setores como saúde, meio ambiente, alimentação e indústrias. A Biotecnologia abrange conteúdos biológicos, engloba áreas transversais como a química e até mesmo a engenharia. Atualmente sabe-se que é possível, através das técnicas de engenharia genética, criar um tipo de pele artificial, conhecida como pele 3D, que utiliza uma bioimpressora e pode ser utilizada para fins na medicina regenerativa, assim como, testes em cosméticos na indústria e produzir partes de tecidos lesionados para fins terapêuticos (VASCONCELOS, 2016).

1.2 BIOTECNOLOGIA E A BASE NACIONAL CURRICULAR COMUM (BNCC)

Atualmente os avanços tecnológicos e a aplicação de novas técnicas caminham em uma velocidade inesperada. Assim, entende-se que a Biotecnologia é uma área do saber diversa, que utiliza recursos naturais, a fim de obter produtos em escalas industriais. Trata-se, portanto, de uma área que explora múltiplos setores, bioenergia e biocombustíveis; medicina e saúde; saúde animal; diferentes setores de serviços; setores industriais e agrícolas; e setores ambientais (BORÉM; SANTOS, 2008).

Os conteúdos de Biotecnologia encontram-se inseridos no currículo escolar da disciplina de Biologia para alunos do Ensino Médio, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018). No Capítulo de Ciências da Natureza, na competência específica três, e em habilidades (EM13CNT304):

Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (BRASIL, 2018, p.559).

A abordagem dessa temática pode ter início já no ensino fundamental, através da disciplina de Ciências, porém na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino fundamental, apenas cita-se as relações da sociedade com as tecnologias, principalmente as digitais, mas não há nenhuma relação direta com a Biotecnologia. Desta forma acaba por existir uma lacuna muito grande dentro do ensino da Biotecnologia entre ensinos fundamental e médio, pois por se tratar de um tema muito abrangente e que envolve técnicas muito avançadas, seria essencial iniciar esse estudo já nos anos finais do ensino fundamental.

É fundamental que os professores de Biologia que se encarregam de trazer o tema abordado para sala de aula, busquem atualização constante e ampliem seus conhecimentos nesta área, e se baseiam na BNCC para uma estrutura mais elaborada, com ensino mais investigativo para o ensino médio. Percebe-se um

avanço tecnológico e científico intenso, a utilização das técnicas que empregam a manipulação do DNA e o emprego das células-tronco, por exemplo, podem gerar conflitos, discussões e opiniões divergentes no âmbito da sociedade, logo se faz necessária uma discussão constante do tema (BRASIL, 2018).

A medicina regenerativa e a bioimpressão de tecidos e órgãos, por exemplo, são pouco citadas até mesmo nos livros didáticos. São áreas dentro da Biotecnologia que vêm crescendo muito e que podem despertar nos discentes um interesse sobre o tema em questão. O uso de células vivas, ou até mesmo parte delas, com a finalidade de manter ou melhorar a função de um determinado tecido ou órgão, mostra-se muito interessante e inovador (LEVIN *et al.*, 2019).

Na contramão dessa necessidade, percebe-se que os profissionais da rede básica de ensino não possuem formação, nem atualização contínua que os preparem para trabalhar com a Biotecnologia. Com isso, perde-se a possibilidade de formar estudantes críticos, reflexivos e capazes de desenvolver interesse por essa área, tão abrangente. Existe significativa dificuldade em encontrar ferramentas facilitadoras que estimulem a construção de estratégias educativas para o ensino da Biotecnologia, percebe-se que uma atualização para o ensino de Biologia na área da Biotecnologia com ênfase na medicina regenerativa, se torna essencial na formação de professores (LEMES *et al.*, 2011).

1.3 MEDICINA REGENERATIVA

Na atualidade, é possível produzir tipos diferentes de células em laboratórios, que podem ser utilizadas para recuperar tecidos e futuramente um órgão ou parte dele. A medicina regenerativa é um ramo da medicina que utiliza métodos e técnicas para regenerar, restaurar tecidos e até mesmo órgãos que passaram por algum trauma ou que não estão com seu funcionamento normal (ACERO, 2015; TANIOS *et al.*, 2021).

A medicina regenerativa é uma excelente perspectiva de tratamento e possível regeneração para tecidos e órgãos que passaram por trauma ou sofreram uma lesão. A engenharia de tecidos é a técnica de construção destes tecidos em uma matriz extracelular artificial que tem a função de apoiar as células e auxiliar na regeneração, já que estas estão interligadas pela matriz extracelular. É importante salientar que a matriz é específica para cada tipo de tecido estudado, a reconstrução dela vai depender das culturas celulares específicas. Observa-se a matriz extracelular como uma espécie de cola, pois ela é a responsável pela ligação e estruturação celular (TANIOS, 2021).

O principal objetivo de um tecido que foi manipulado em laboratório é melhorar ou reparar a função de um tecido que se encontra lesado por um trauma e até mesmo por uma determinada doença. Desta forma, pode-se pensar no futuro em transplantes destes tecidos que passaram por toda essa engenharia, como uma perspectiva funcional para substituir a espera por tecidos e quem sabe até mesmo órgãos a serem transplantados, e de certa forma, diminuir a rejeição por parte dos pacientes que recebem esses tecidos e órgãos, pois a intenção é manter a funcionalidade do tecido em questão mais próximo do seu desempenho normal no paciente, utilizando-se células do próprio paciente para produzir essa engenharia tecidual (LEVIN *et al.*, 2019).

1.4 ENGENHARIA DE TECIDOS

Dentro da medicina regenerativa encontra-se a engenharia de tecidos, que utiliza técnicas como a produção de tecidos *in vitro* que podem ser utilizados para restaurar uma lesão em algum tecido corporal e até mesmo um órgão. A engenharia de tecidos tem como principal objetivo construir parte de um tecido específico, por exemplo, fora do corpo, para que possa ser implantado, enxertado em uma lesão tecidual, a fim de restaurar a funcionalidade daquele tecido. Pode-se citar como exemplo, o uso de pele artificial em pacientes que passaram por um trauma, como queimaduras. Essa pele artificial é produzida *in vitro*, passa por um processo de

bioimpressão, para depois ser utilizada, para fins terapêuticos (GIORNO *et al.*, 2018).

De acordo com Baptista *et al.* (2018), biofabricação de tecidos pode ser estabelecida como:

Biofabricação pode ser definida como a geração automatizada de produtos biologicamente funcionais com organização estrutural de células vivas, moléculas bioativas, biomateriais, agregados celulares, como micro-tecidos, ou construções de material celular híbrido, por meio de bioimpressão ou biomontagem e subsequentes processos de maturação de tecidos (2018, p.8, apud GROLL, 2016).

Para realizar a engenharia de um novo tecido, devem ser considerados três componentes principais, conhecidos como os pilares da Engenharia de Tecidos, as células, os “*scaffolds*”, ou seja, o arcabouço que irá sustentar essas células e por fim os fatores de crescimento deste novo tecido, considerando a interação destes três componentes, com o tipo celular e os fatores para que haja sucesso na produção do novo tecido (LEVIN *et al.*, 2019).

Com relação aos pilares da Engenharia de Tecidos (Figura 2), as células são consideradas o componente principal. As células-tronco, também chamadas de células progenitoras, merecem destaque, já que possuem alta capacidade de regeneração, e servem de modelo para medicina regenerativa. Os biomateriais, aqui descritos como arcabouços, são utilizados para dar suporte as células, eles devem auxiliar os processos de regeneração, geralmente são polímeros biocompatíveis e biodegradáveis que podem ser absorvidos pelo organismo, e possuem características muito semelhantes com a matriz extracelular e função de suporte temporário, já que os tecidos do corpo necessitam de uma sustentação. Por fim, os fatores ou mediadores de crescimento, estimulam a integração tecidual, que irá depender do tipo de tecido a ser gerado, mas, no geral são biomoléculas proteicas, que estimulam a proliferação celular (BOROJEVIC, 2008).

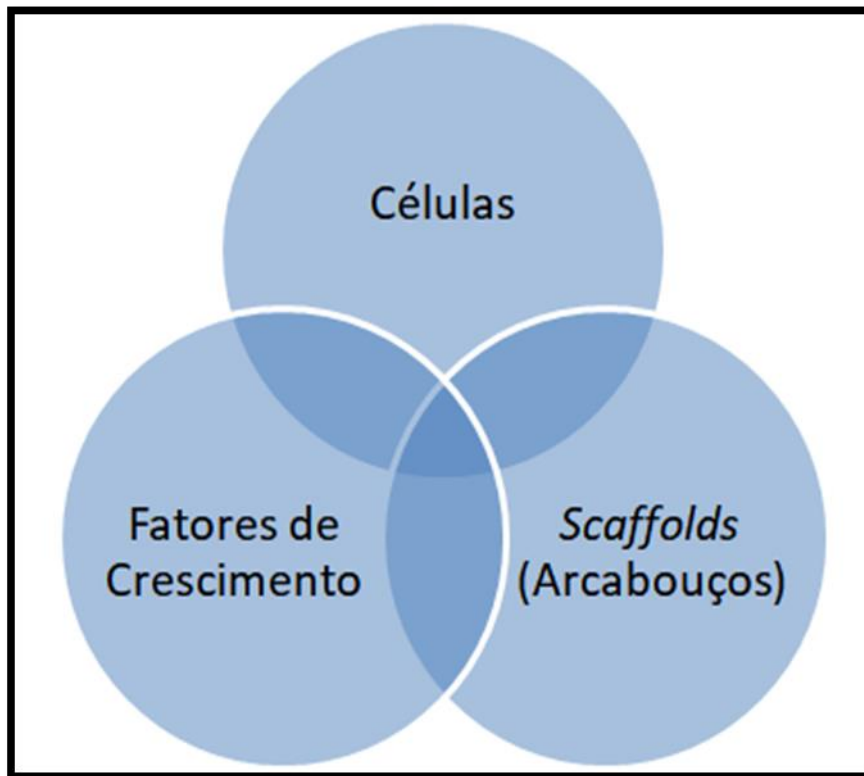


Figura 2. Pilares da Engenharia de Tecidos

Fonte: Autora

Espera-se obter meios alternativos para realizar terapias, ajustando soluções tecnológicas com a biologia de um organismo vivo, utilizando ferramentas que ajustem essas técnicas na reconstrução de tecidos ou parte destes, e até mesmo um órgão que não está em seu funcionamento normal, ou que sofreu uma lesão e se encontra danificado (KARZYNSKI *et al.*, 2018).

Atualmente, são descritas técnicas como a bioimpressão 3D, que visa produzir tecidos e órgãos artificiais como uma possibilidade de criar estruturas que possam ser utilizadas de forma funcional. Ainda com algumas limitações, essa técnica é um avanço na medicina regenerativa, assim como na engenharia tecidual, quem sabe até uma solução para a escassez de órgãos, levando em consideração a baixa disponibilidade de doadores e o alto índice de rejeição (KUMAR, 2019).

1.4.1 BIOIMPRESSÃO 3D

Embora seja uma tecnologia muito nova e ainda em estudo, a técnica de impressão 3D foi descrita pela primeira vez em 1981 por Hideo Kodama, que propôs um modelo sólido empilhado por camadas tridimensionais, seguido por Charles Hull em 1984, que em 1986 patenteou o método estereolitográfico. Em 2003, Thomas Bolland propôs a bioimpressão 3D utilizando jato de tinta, assim como Vladimir Mironov, também em 2003, propôs a bioimpressora 3D utilizando a técnica extrusão com esferoides (KARZYNSKI *et al.*, 2018).

Comparando-se a impressão 3D e bioimpressão 3D, nesta última, há a utilização de células vivas, limitando ainda mais sua aplicabilidade, assim como a necessidade de criação de um suporte para sustentar o tecido a ser bioimpresso, além dos fatores de crescimento e dos esferoides, que são agregados celulares que podem ser empilhados em uma estrutura tridimensional. A Figura 3 apresenta uma breve linha do tempo da bioimpressão.

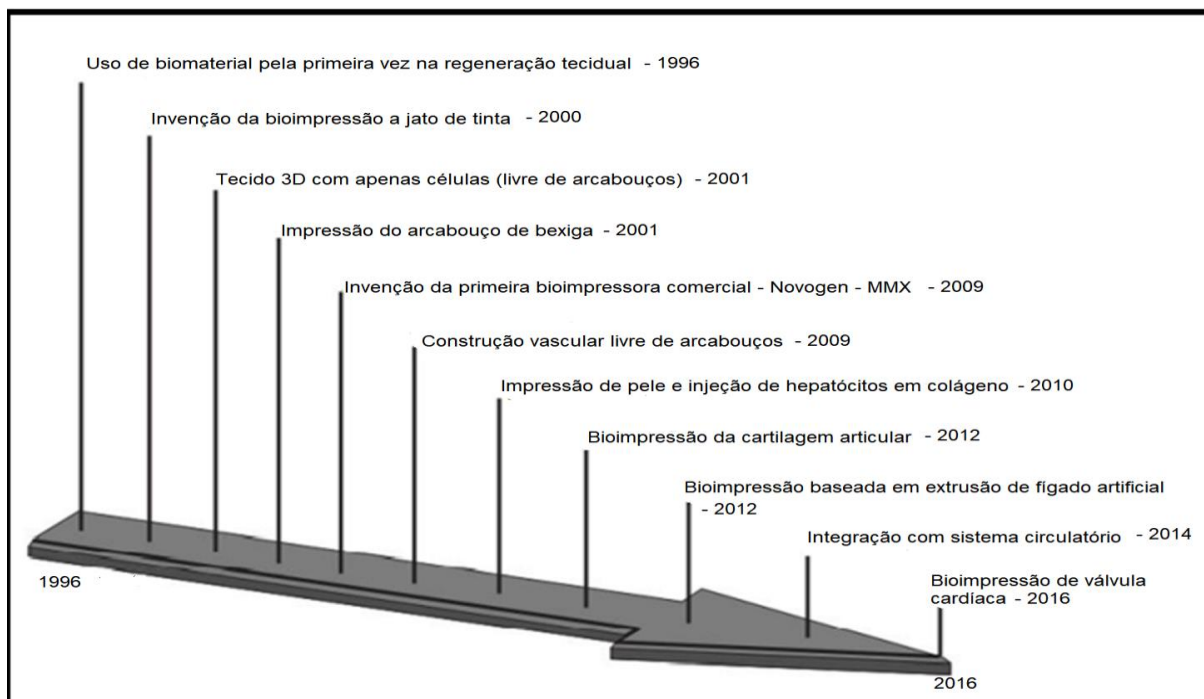


Figura 3. Linha do tempo Bioimpressão

Fonte: Adaptado de KARZYNSKI, *et al.*, 2018

Existem três principais processos de bioimpressão, como mostrados na Figura 4.

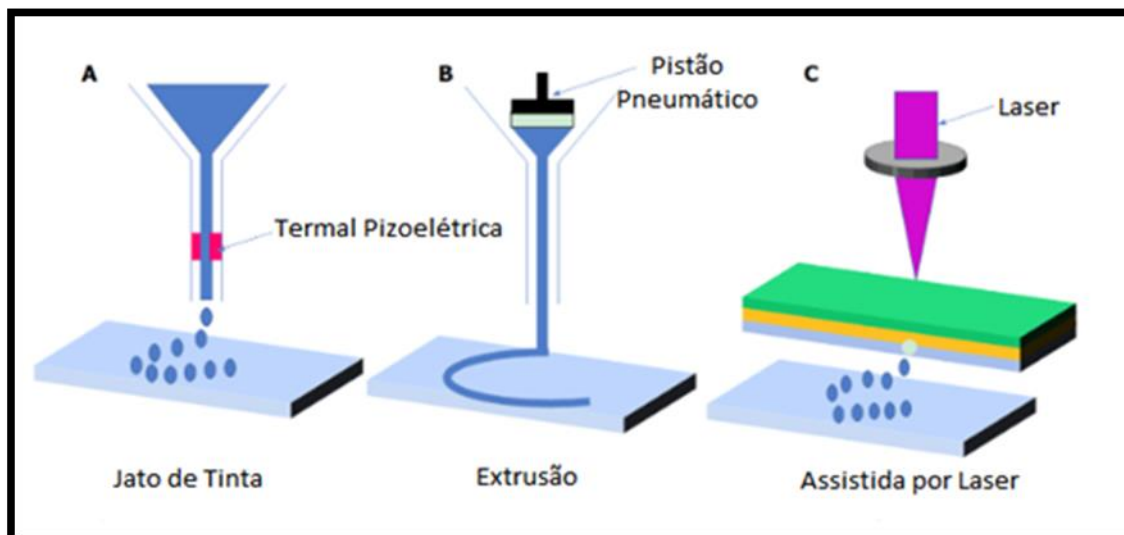


Figura 4. Classificação de técnicas de bioimpressão. A: Impressão baseada em jato de tinta, que pulsa pressão de ar que força gotículas do bocal aquecendo o cabeçote de impressão; B: Impressão baseada em extrusão, utilizando sistemas de dispensação pneumática ou mecânica para extrusão de contínuas de materiais e/ou células; C: Bioimpressão baseada em laser que usa lasers focados em um substrato absorvente para gerar pressão que obriga a biotinta a ser extrudada em um substrato coletor.

Fonte: Adaptado de KUMAR et al., 2019.

Mesmo com diferentes tipos de bioimpressoras 3D e até mesmo, métodos para bioimprimir, é muito importante a escolha do método mais adequado e mais viável para o tecido a ser bioimpresso, por ser uma técnica ainda imatura, muito se discute sobre as técnicas utilizadas para a bioimpressão de tecidos. As duas mais utilizadas na área de engenharia de tecidos são: “*top-down*” e “*bottom-up*” (MASS, 2020).

A técnica conhecida como “*top-down*” é mais tradicional, logo é a técnica mais utilizada. Nesta técnica os biomateriais são conhecidos como (*Scaffolds*) que traduzido para o português ficam conhecidos como arcabouços. Espera-se que esses arcabouços propiciem um microambiente o mais favorável possível para o

crescimento das células, sendo o uso destes arcabouços muito promissor para a engenharia de tecidos (BAPTISTA, 2018; MAAS, 2020).

Já a técnica descrita como “*bottom-up*” é menos tradicional do que a “*top-down*”, mas se mostra muito inovadora. Esta técnica é livre de arcabouços, uma tecnologia mais atual de cultivo celular 3D – as células são cultivadas *in vitro*, estas se agrupam, se unem e formam várias camadas. Essa técnica pode ser empregada para enxertos a partir da bioimpressão 3D, associadas com hidrogéis e biotintas – estas possuem esferoides ou moléculas de associação e até mesmo células isoladas, que associadas ao hidrogel podem produzir um enxerto ósseo, por exemplo, projetado em 3D. Nos esferoides, as moléculas são espalhadas de forma mais homogênea, o que tende a melhorar o processo de diferenciação celular (BAPTISTA, 2018; MAAS, 2020).

Mais recentemente, discute-se a possibilidade de união entre os arcabouços e os esferoides, que foram abordados acima de forma individualizada. A união destas duas técnicas é uma abordagem interessante, até mesmo inovadora para a engenharia de tecidos. Os arcabouços recriam o microambiente da matriz extracelular e as células em esferoides podem aderir mais facilmente, proliferar e diferenciar. Essa união entre os esferoides e arcabouços propicia uma melhor organização espacial, pois os arcabouços promovem um suporte para os esferoides, que apresentam grande capacidade angiogênica e vasculogênica que se mostram eficientes em superfícies porosas na engenharia de tecidos ósseos por exemplo. Os arcabouços podem ser projetados em diferentes materiais, como por exemplo, os polímeros naturais ou sintéticos, materiais metálicos também são muito utilizados. Essa integração entre arcabouços e esferoides têm se mostrado promissora e já está sendo descrita em alguns estudos (BAPTISTA *et al.*, 2018).

1.5 CÉLULAS-TRONCO

A célula é conhecida como a unidade estrutural e fundamental que constitui todo ser vivo. A célula, foi descoberta em 1665 pelo matemático Robert Hooke,

provém do latim *cella*- pequena cavidade (LOPES, 2008). Uma das particularidades interessantes das células, é que elas possuem divisão de trabalho entre si, essa função provém da diferenciação que as células possuem, onde são especializadas para exercer funções específicas, o que depende de dois fatores basicamente, a diferenciação que pode ser entendido como o grau de especialização celular e sua potencialidade, que é a capacidade da célula em originar outros tipos de célula (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2011).

Paradoxalmente sabe-se que, quanto maior for o grau de diferenciação, menor será sua potencialidade e vice-versa. As células embrionárias como os blastômeros, por exemplo, podem diferenciar-se em qualquer tipo de célula e são chamadas de totipotentes, sua potencialidade é infinita, pois possuem pouca ou nenhuma diferenciação. Outros tipos de células como as do sistema nervoso, são consideradas células com alto grau de diferenciação, logo não possuem mais o potencial de se diferenciar em qualquer outro tipo de célula, porém é sabido que a maioria das células possui mesmo que pouco, certa capacidade de diferenciação e de potencialidade (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2011).

As células-tronco, também chamadas de células progenitoras, são conhecidas por sua capacidade de diferenciação e auto renovação, são células que se diferenciam em diferentes tipos celulares no organismo. Por possuírem essa capacidade de renovação e diferenciação celular, são, portanto, consideradas células especiais. São basicamente divididas em três tipos: as células tronco embrionárias e adultas, cujas fontes são naturais e as células pluripotentes induzidas (iPS), (do inglês *induced pluripotent stem cell*), células estas que em 2007, foram obtidas em laboratório (BOROJEVIC, 2008).

As células-tronco possuem uma capacidade incrível de se diferenciar em outros tipos de células, geralmente elas são estimuladas a produzir outras células, de acordo com a local que se encontram, e pela expressão de genes específicos, como é o caso das células-tronco do tecido epitelial, que se diferenciam em células da epiderme que constituem a pele (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2011). Mas recentemente, estudos demonstraram que as células-tronco podem ser manipuladas em laboratório, e utilizadas para formar células especializadas como os neurônios,

principal célula do sistema nervoso (AHUJA *et al.*, 2018). É importante salientar que as células que terão possível regeneração são os neurônios, que sempre foram reconhecidos por não serem capazes de se regenerar nem proliferar, portanto cultivar células *in vitro* que se assemelham às funções neuronais seria um grande avanço na medicina regenerativa (TANIOS, 2021).

1.5.1 CÉLULAS-TRONCO EMBRIONÁRIAS

As células-tronco embrionárias são conhecidas por (ES) do inglês (*embryonic stem cells*) estas possuem a capacidade de se transformar em qualquer tipo de célula adulta, são então consideradas pluripotentes. Foram inicialmente isoladas em roedores, manuseadas *in vitro*, e posteriormente utilizadas para formar novos roedores geneticamente manipulados. Uma característica muito interessante deste tipo de célula, é que elas podem proliferar de forma indefinida *in vitro*, sem se diferenciar, mas se as condições de cultivo forem alteradas elas podem seguir com a diferenciação. Podem ser encontradas no embrião em um estágio bem inicial de seu desenvolvimento, por volta do quinto dia após ocorrer a fecundação, em um estágio embrionário denominado de blastocisto (CARVALHO, 2001; BOROJEVIC, 2008). O corpo humano possui cerca de duzentos e dezesseis diferentes tipos de células, o que torna em particular as células tronco embrionárias tão especiais são a sua capacidade de se diferenciar, em todos esses tipos, ou pelo menos todos os tecidos humanos (ZURRON, 2016).

O emprego de células-tronco embrionárias para finalidade terapêutica é ainda um grande tabu, até mesmo no século atual. Mas, seu estudo é de grande importância, pois são capazes de originar as células reprodutoras que são estudadas a fim de identificar alterações genéticas que podem induzir determinadas doenças humanas (CARVALHO, 2001; BOROJEVIC, 2008).

1.5.2 CÉLULAS-TRONCO ADULTAS

As células tronco-adultas são assim chamadas por possuírem a capacidade de divisão celular menos eficiente que as tronco-embrionárias. São conhecidas por células-tronco multipotentes, possuem a capacidade de gerar novas células idênticas e diferenciadas, são geralmente obtidas do sangue do cordão umbilical e na medula óssea, e mais recentemente foi descoberto que o tecido adiposo, também é uma fonte clássica deste tipo de célula (CARVALHO, 2001; BOROJEVIC, 2008; COSTA; BAPTISTA, 2014).

Alguns tecidos adultos estão em constante regeneração, como acontece com os tecidos da epiderme e da derme que formam a pele e a formação das células sanguíneas que estão sempre sendo produzidas. O processo de renovação das células sanguíneas é denominado de Hematopoiese, onde no interior dos ossos longos encontra-se a medula óssea, rica em células-tronco multipotentes, isto é, capazes de se diferenciar em células sanguíneas, ou seja, células do tecido de origem.

No caso das células sanguíneas, estas possuem capacidade de se diferenciar apenas em células sanguíneas, pois possuem um maior estágio de diferenciação, perdendo um pouco a capacidade de proliferar-se em outros tipos celulares (CARVALHO, 2001; BOROJEVIC, 2004). É importante ressaltar que não são apenas as células sanguíneas e da pele que estão em constante renovação. As células intestinais, do fígado, do tecido adiposo e do sistema nervoso possuem células-tronco adultas, mas que mesmo com uma capacidade mais limitada, são capazes de sofrer regeneração.

1.5.3 CÉLULAS-TRONCO DE PLURIPOTÊNCIA INDUZIDA

Estas células são o grande alvo da medicina regenerativa, conhecidas como (iPS ou iPSC) -do inglês (*induced pluripotent stem cell*), são células adultas que sofreram uma reprogramação genética, e que, após essa reprogramação, passaram a possuir a capacidade de se diferenciarem em todos os tipos celulares, sendo assim, pluripotentes, foram produzidas em laboratório no ano de 2006, pelo

pesquisador Shinya Yamanaka, a partir de células de camundongos e em 2007, geradas a partir de células humanas. O grande avanço deste tipo de células se dá pelo fato de não necessitarem de células-tronco embrionárias. São obtidas de células adultas do próprio paciente, o que diminui de forma significativa a rejeição do paciente (LEVIN *et al.*, 2019).

1.6 DELIMITANDO O PROBLEMA DE PESQUISA

Diante de todo cenário, onde as tecnologias avançam de forma muito rápida e a educação básica não consegue acompanhar esses avanços, assim como, a falta de capacitação e atualização constante dos docentes da educação básica para apresentar temas que não são abordados nos livros didáticos, perde-se a oportunidade de permitir que ensino-pesquisa estejam também dentro das escolas da educação básica e não somente vinculado aos núcleos de pesquisa das universidades, estimulando a construção de indivíduos que desenvolvam um pensamento mais crítico.

É importante que os docentes em suas práticas pedagógicas explorem uma aprendizagem baseada em problemas, ou seja, propor aos estudantes uma forma de construir conhecimento em sala de aula, a partir de experiências que ocorrem fora dela, para que eles possam articular suas próprias observações, e assim, avaliar uma determinada situação problema e construir seus saberes, elaborando assim um modelo de ensino e aprendizado mais significativo (PERRENOUD *et al.*, 2002).

Desta forma, seria possível auxiliar a prática docente, através da construção de um livro eletrônico, que pudesse difundir informações mais inovadoras, técnicas mais atuais sobre o tema Biotecnologia, trazendo conhecimento científico gerado nos laboratórios de pesquisa nas universidades, contribuindo para a criação de uma identidade professor-pesquisador?

Ou seja, é possível construir um *E-book* como exemplo de uma ferramenta pedagógica, a ser utilizada pelo docente, com uma abordagem mais interativa, que seja capaz de auxiliar o professor da educação básica, facilitando o ensino da Biotecnologia com ênfase na medicina regenerativa?

1.7 ELABORAÇÃO DO *E-BOOK* COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA

A palavra *e-book* originada da língua inglesa, abreviação de *eletronic book*, que traduzido para a língua portuguesa, significa livro eletrônico, é um dispositivo digital que possui função semelhante aos livros, porém de forma mais interativa e atual. Sendo hoje em dia, muito usual a utilização de diferentes tecnologias como suporte para sala de aula. É sabido que as tecnologias estão cada vez mais inseridas na realidade dos alunos, desta forma as aulas podem ser mais atrativas e facilitadoras do processo de ensino aprendizagem, criando diálogo mais próximo entre os docentes e os alunos (MORAN, 2000).

Assim, considera-se que a elaboração de um *e-book* com atividades interativas, pode ser uma ferramenta facilitadora do processo de ensino aprendizagem, pois pode ser acessada por professores e até mesmo pelos estudantes, em qualquer momento do processo de ensino durante as aulas. Os formatos podem variar, diferentemente dos livros comuns, esses dispositivos eletrônicos podem conter: podcasts, animações, vídeos, jogos, atividades interativas e muitos elementos gráficos, que tornam a utilização dele, mais atrativa. Vale a pena citar que, deve-se tomar um certo cuidado para que não haja confusão entre, *e-books* e digitalização de livros, pois a forma visual deve ser diferenciada para que se desperte no leitor a interação com o material proposto (AZEVEDO, 2012).

1.8 JUSTIFICATIVA

Existe significativa dificuldade em encontrar ferramentas facilitadoras que estimulem a construção de estratégias educativas para o ensino da Biotecnologia. Além disso, o tema engenharia de tecidos é pouco ou quase nunca citado em sala de aula, não sendo também descrito nos livros didáticos adotados pelos docentes. Logo, trata-se de uma temática que não é enfatizada nem divulgada para os alunos, existindo certa dificuldade dos docentes em apresentar algo fora dos livros escolhidos, perdendo-se, assim, a oportunidade de demonstrar técnicas inovadoras bem como construir uma aprendizagem mais atualizada.

Trazer a bioimpressão de tecidos e órgãos para sala de aula é uma maneira de aproximar e divulgar os avanços da Ciência promovidos nos Centros de pesquisa, para a educação básica, promovendo Educação e letramento científico para formação de indivíduos críticos que saibam se posicionar diante das descobertas que influenciam diretamente suas vidas.

Diante disto, o objetivo deste trabalho é produzir um material paradidático, mais precisamente um *e-book*, como ferramenta facilitadora, para auxiliar os docentes da educação básica no ensino das técnicas de Biotecnologia com ênfase na medicina regenerativa e na bioimpressão de órgãos e tecidos, trazendo uma perspectiva de ensino mais eficaz e mais participativa dos docentes e dos alunos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um *E-book* que possa ser utilizado no Ensino Médio para divulgar a temática da engenharia de tecidos e órgãos, aproximando os avanços científicos da Educação Básica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Realizar levantamento bibliográfico nos livros didáticos de Biologia de acordo com PNLD-2018 adotados no ensino médio, sobre o tema Biotecnologia;
- * Analisar os conteúdos abordados e investigar se a temática engenharia de tecidos está sendo retratada;
- * Elaborar um *E-book* a ser utilizado por docentes do ensino médio, com atividades interativas e enfoque na engenharia de tecidos.
- * Divulgar o *E-book* nos sites das escolas escolhidas e posteriormente na Plataforma de Recursos Educacionais do MEC e na Plataforma Escola Digital.

3. METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa do tipo bibliográfica, de natureza descritiva e exploratória, com abordagem qualitativa, que geralmente são descritas na forma de análise e coleta de dados de acordo com a fonte escolhida, com a intenção de criar uma explicação para um determinado fenômeno, de um modo geral, sem apresentar dados quantitativos (GIL, 2017).

Dentro dos estudos descritivos, uma relação entre as variáveis precisa ser estabelecida de acordo com as características do fenômeno analisado, e os estudos exploratórios buscam criar uma relação mais aprofundada do problema analisado, ou seja, estudos exploratórios possibilitam melhor conhecimento sobre determinado problema de pesquisa, o que favorece a construção de estratégias de intervenção. Desta forma, classificam-se a pesquisa com base nos objetivos propostos, que no presente trabalho serão observados os critérios descritivos, cuja finalidade é delinear determinadas características em um grupo, e exploratória que pretende buscar maior compreensão de um dado problema e coletar maiores informações sobre o assunto (GIL, 2017; CRESWELL; CRESWELL, 2021).

Com a finalidade de investigar como a Biotecnologia é apresentada em livros didáticos de Biologia, direcionados ao ensino médio, foi realizada uma revisão de literatura a fim de levantar os conteúdos abordados nos livros adotados de acordo com o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do ano de 2018 que se estende até o ano de 2021. Assim como realizou-se um levantamento bibliográfico em algumas bases de dados para coletar informação sobre o tema para elaboração do produto pedagógico. Após o levantamento dos dados, foi aplicado uma análise de conteúdo de dados qualitativos com toda a informação coletada, com o intuito de organizar e categorizar as informações para realizar o próximo passo da pesquisa, sendo a análise de conteúdos um método muito eficaz nas pesquisas qualitativas (BARDIN, 2011).

3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO NOS LIVROS DIDÁTICOS

Com o intuito de investigar os conteúdos nos livros didáticos adotados nas escolas particulares e públicas na disciplina de Biologia no Ensino Médio da Educação Básica, para realizar um levantamento sobre os conceitos abordados no tema Biotecnologia, foram escolhidos livros de acordo com o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) – 2018, que podem ser adotados até o ano de 2021.

Para este levantamento bibliográfico, foram selecionados sete livros didáticos, dentre os dez estabelecidos pelo PNLD – 2018, onde foi efetuada uma leitura do capítulo referente ao tema Biotecnologia para investigar se a proposta Bioimpressão de tecidos e órgãos está sendo retratada dentro da medicina regenerativa como uma das técnicas biotecnológicas, através de uma análise de conteúdo.

O levantamento dos conteúdos programáticos inseridos no tema biotecnologia são apresentados em livros didáticos que fazem parte do PNLD e utilizados no Ensino Médio para a disciplina de Biologia, os livros escolhidos foram: Biologia Hoje (Ática), Biologia (AJS), Ser Protagonista Biologia, (Edições SM),

Biologia Moderna (Moderna), Conexões com a Biologia, (Moderna), Biologia, (Saraiva), BIO (Saraiva).

Abaixo segue quadro com os livros escolhidos, destacando os autores, a editora, o ano e a edição. Cada livro selecionado recebeu uma numeração para facilitar análise posterior (Quadro1).

Livro e Volume	Editora	Número do Livro	Edição/Ano	Autor(es)
Biologia Hoje (v.3) 	Ática	L 1	3ª / 2016	Linhares, S. Gewandszajde, F.; Pacca, H.
Biologia (v.3) 	AJS	L 2	3ª / 2016	Mendonça, V. L.
Ser Protagonista - Biologia (v.3) 	Edições SM	L 3	3ª / 2016	Bandouk, <i>et al.</i>
Biologia Moderna (v.3)	Moderna	L 4	1ª / 2016	Amabis, J.M.; Martho, G.R.

				
Conexões com a Biologia (v.2) 	Moderna	L 5	2ª / 2016	Thompson, M.; Rios, E.C.
Biologia (v.3) 	Saraiva	L 6	11ª / 2016	César, da S. J.; Cezar, S.; Caldini, N.J.
BIO (v.3) 	Saraiva	L 7	3ª / 2016	Lopes, S.; Rosso, S.

Quadro 1 – Lista dos livros didáticos escolhidos para análise

Fonte: Autora.

3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO NAS BASES DE DADOS

Posteriormente foi realizado um levantamento bibliográfico em títulos e resumos dos artigos que têm relação com a temática abordada nas Bases de Dados, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Portal Periódico Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e MEDLINE/ *PubMed*, pesquisando-se publicações acerca da temática bioimpressão de órgãos e tecidos.

A pesquisa foi realizada utilizando-se as palavras-chave: Biotecnologia, Medicina Regenerativa e Bioimpressão 3D e *Keywords: Biotechnology, Regenerative Medicine, 3D Bioprinting.*

A seleção dos artigos foi por basicamente por ano de publicação (2015 até 2021) e por artigos de revisão de literatura

3.3 ELABORAÇÃO DO MATERIAL PARADIDÁTICO

O material paradidático produzido foi um livro eletrônico, *e-book*, que poderá ser utilizado como uma ferramenta pedagógica digital pelos docentes, com uma abordagem mais inovadora e diferenciada, aproximando a sala de aula com as tecnologias mais interativas, explorando ao máximo os recursos que um *e-book* possui.

O material paradidático contém fotos da bioimpressora, assim como ilustrações que foram desenvolvidas com o programa Canva, além de vídeos mostrando como a bioimpressora funciona, a forma como ocorre sua calibração, assim como, a construção dos arcabouços e o depósito dos agregados celulares nos arcabouços.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Posteriormente ao levantamento do tema em bases de dados nacionais e internacionais com as palavras chaves selecionadas, a seleção de artigos para a realização do produto pedagógico, o levantamento bibliográfico nos livros didáticos de Biologia sobre o tema, pode-se levantar as principais dificuldades enfrentadas pelos professores sobre o tema proposto. Através de todo esse material coletado, e das análises qualitativas, partir para a condução do material didático, um *E-book*, com uma linguagem clara e objetiva de fácil entendimento e compreensão, já que, trata-se, de um tema quase não conhecido e pouco ou nada divulgado na educação básica.

Em virtude das recentes mudanças nos processos de trabalho, decorrentes de novos modelos organizacionais e de inovações tecnológicas, os padrões de ensino em sala de aula, são impactados de forma significativa. A Biotecnologia abrange conhecimentos científicos e tecnológicos e vêm avançando ao longo dos anos, onde pode-se perceber o emprego destas técnicas na produção de biofármacos, na engenharia genética, na produção de vacinas, na fertilização *in vitro*, entre outras técnicas (PEDUZZI, 2002).

O docente possui um papel muito importante na mediação da construção do conhecimento. A educação básica, mais precisamente o Ensino Médio, passou por muitas modificações nos últimos anos, desta forma, atualmente, não se aspira apenas preparar o aluno para ingressar na educação superior, e sim, formar um indivíduo capaz de ter um pensamento mais crítico.

Portanto, a busca por atualização dos docentes é de extrema importância. Mas, essa melhoria na prática pedagógica é um desafio para o docente, já que na maioria das vezes, há falta de tempo para dedicar a cursos de especialização, levando-se em consideração que, muitas vezes o docente trabalha em diversas escolas, assim como, falta de verba para direcionar parte do salário mensal aos cursos, e muitas vezes dificuldade em acessar artigos. Percebe-se então que, o docente acaba se acomodando com o conhecimento que chega pelo material didático, perdendo assim a oportunidade de ser aperfeiçoar e trazer para sua prática pedagógica conhecimentos mais atualizados (BENEDICTO; SILVA, 2017).

De acordo com os objetivos específicos desta pesquisa, a compreensão do ensino da Biotecnologia inserida na disciplina de Biologia, está longe de trazer as percepções de um futuro mais próximo da realidade dos alunos. Sendo assim, foi realizado um breve levantamento bibliográfico, sobre como o tema Biotecnologia é conceituado nos livros adotados no Ensino Médio, como mostra a tabela abaixo (Tabela 1).

Livro	Conceito de Biotecnologia retirado na íntegra	Autores
Biologia (Volume Único)	“De maneira simplificada, podemos dizer que se trata do conjunto de técnicas que utilizam organismos vivos ou parte deles para obtenção de produtos - ou processos – que interessam a espécie humana”	(CÉZAR; CESAR; CALDINI, 2011, p.203).
BIO (Volume 3)	“A Biotecnologia corresponde a técnicas que têm permitido ao ser humano utilizar organismos para obter produtos de interesse”.	(LOPES; ROSSO, 2016, p. 213).
Biologia (Volume 3)	“A biotecnologia utiliza seres vivos para produzir substâncias importantes para o ser humano, como medicamentos; para melhorar as características de animais e plantas ou para obter organismos com características novas”.	(LINHARES; GEWANDSZNAJDE; PACCA, 2016, p. 93).
Biologia Moderna (Volume 3)	“Novos campos de pesquisa biológica, como a Biotecnologia e a Engenharia Genética, têm proporcionado à humanidade certo poder de modificar a natureza”.	(AMABIS; MARTHO, 2016, p. 18).

Tabela 1 – Comparação do conceito de Biotecnologia em livros didáticos adotados no Ensino Médio

Fonte: Autora

Assim, percebe-se que há uma diferença na forma como o termo Biotecnologia é conceituado, desta maneira pode-se provocar um entendimento errôneo por parte dos estudantes, a interpretação do conceito não se mostra de forma uniforme.



É necessário refletir sobre o aprendizado, analisar os conteúdos curriculares e encontrar a melhor forma de abordá-los, para que não se torne um ensino monótono e apenas teórico. A criação de um *e-book* que apresente as técnicas mais inovadoras dentro da medicina regenerativa, pode ser um indicador de melhoria do processo ensino-aprendizagem e despertar interesse nos alunos pela disciplina, além de aproximar essas inovações da educação básica.



É importante ressaltar que a elaboração do *e-book* voltado para a medicina regenerativa a fim de auxiliar os professores da educação básica sobre o tema proposto está de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na sua competência três e na habilidade EM13CNT304 (BRASIL, 2018). No Capítulo de Ciências da Natureza, cita-se a aplicação da tecnologia do DNA recombinante, a identificação do DNA, o emprego de células-tronco, herança biológica entre outros, a BNCC elucida a importância de o aluno ser capaz de analisar diversos debates sobre as aplicações das tecnologias que envolvem o uso do DNA e os tratamentos com as células-tronco (BRASIL, 2018).


4.1 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS



Mediante a análise dos conteúdos abordados nos capítulos destinados ao tema Biotecnologia nos livros didáticos adotados no ensino médio de acordo com o PNL D 2018, foi elaborado um quadro com os livros escolhidos e o conteúdo programático em cada livro analisado, vale ressaltar que os livros receberam numeração, a fim de, facilitar a compreensão do leitor (Quadro 2).

*

Livro	Unidade / Capítulo	Conteúdos (Títulos e Subtítulos)	Páginas
<p>1</p> 	<p>Unidade 2</p> <p>Capítulo 7 – As aplicações da Genética Molecular</p>	<p>* Aplicações da Genética Molecular;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A tecnologia do DNA recombinante; 2. Análise do DNA; 3. Diagnóstico e tratamento de doenças genéticas; 4. Sequenciamento de genomas; 5. Organismos Geneticamente Modificados; <p>* Atividades</p> <p>* Sugestões de aprofundamentos</p>	<p>93 – 109</p>
<p>2</p> 	<p>Unidade 2 – Genética</p> <p>Capítulo 10 – Biologia Molecular do Gene: Síntese proteica e engenharia genética</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução; 2. Síntese de proteínas; 3. Mutações no Material Genético; 4. Biotecnologia e Engenharia Genética; <ol style="list-style-type: none"> 4.1 – Organismos geneticamente modificados 4.2 – Projeto Genoma 4.3 – Terapia Gênica 4.4 – Clonagem <p>* Vamos criticar o que estudamos?</p> <p>* Leitura</p> <p>* Atividades</p>	<p>200 – 217</p>
<p>3</p>	<p>Unidade 1 – Genética</p>	<p>* Biologia e História;</p>	<p>98 – 119</p>

	<p>Capítulo 8 – Biotecnologia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoramento Genético • Engenharia Genética • Organismos Geneticamente Modificados • Organismos Transgênicos • Clonagem • Terapia Gênica <p>* Ciência, Tecnologia e Sociedade;</p> <p>* Questões Globais;</p> <p>* Vestibular e ENEM;</p> <p>* Projeto: Biotecnologia na mídia: exposição e análise de reportagens sobre biotecnologia;</p>	
<p>4</p> 	<p>Módulo1 – Fundamentos da genética</p> <p>Capítulo 4 – Genética e Biotecnologia na atualidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> * A manipulação dos genes; * A importância do assunto; 4.1. O controverso conceito de gene; 4.2. Melhoramento Genético; 4.3. Engenharia Genética; *Ciência e cidadania: A identificação de pessoas pelo DNA; 4.4. Clonagem do DNA; 4.5. Misturando Genes entre espécies: transgênicos; 4.6. Desvendando o Genoma Humano; * Ciência e cidadania: Mais difícil do que imaginado; * Atividades; 	<p>76 – 99</p>

<p>5</p> 	<p>Unidade 8 – Biologia Molecular: Introdução e Aplicações</p>	<p>1. O código genético;</p> <p>2. Mutações e alterações cromossômicas Humanas;</p> <p>3. Engenharia genética;</p> <ul style="list-style-type: none"> * Técnicas do DNA recombinante; * Organismos Geneticamente Modificados; * Impressão digital do DNA; * Clonagem de organismos multicelulares; <p>4. As eras genômicas e pós-genômicas;</p> <ul style="list-style-type: none"> * Sequenciamento do DNA; * Projeto Genoma; * Projeto Genoma Humano; * Genômica funcional; * Bioética; - Ciência e saúde; * Mapeamento Genético; - Uma profissão; * Perito Criminal; - Fique por dentro; - Atividades práticas; * Teste de paternidade; 	<p>188 – 219</p>
<p>6</p>	<p>Unidade 2 – Genética</p> <p>Capítulo 13 - Biotecnologia</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Biotecnologia; * A tecnologia do DNA recombinante; * As células-tronco: 	<p>148 – 163</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - O que são células tronco? - Células tronco Embrionárias e adultas; - Células tronco embrionárias; - Células tronco adultas; * Os Genomas; * A identificação individual por meio do DNA; * Clones e Clonagem; * Leitura: Deu na mídia; * Para recapitular; * Desenvolvendo habilidades; * Biologia nos vestibulares e no ENEM; * Projeto interdisciplinar: Diferentes olhares sobre a saúde humana – Câncer e influência genética; 	
<p>7</p> 	<p>Unidade 2 – Genética</p> <p>Capítulo 9 - Biotecnologia</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Introdução; * DNA recombinante; * Clonagem de DNA; * Identificação de pessoas; * Técnicas em Reação em Cadeia da Polimerase (PCR); * Mapeamento de variabilidade humana; 	<p>212 - 233</p>

		<ul style="list-style-type: none"> * Terapia Gênica; * Vacinas Gênicas; * Programa de triagem populacional; * Proteoma: o desafio para o Século XXI; * Clonagem; * Organismos transgênicos; * Biologia sintética; * Recuperação de espécies em extinção; * Aconselhamento genético; * Diagnóstico pré-natal; * Tema para discussão: Bioética como Ética Aplicada e Genética; 	
--	--	---	--

Quadro 2 – Análise dos conteúdos nos livros adotados pelo PNLD - 2018

Fonte: Autora

Livro 1 – Biologia Hoje da Editora Ática. É um material didático que não elucida um capítulo para o tema Biotecnologia, apenas aborda o tema em questão no capítulo sete, que possui o título Aplicações da Genética Molecular, dentro do capítulo então, mostra algumas das técnicas utilizadas em Biotecnologia, argumentando a sua importância para produção de substâncias e suas aplicabilidades, como as tecnologias e análises ligadas ao DNA recombinante. No capítulo cita-se os tipos de clonagem, tema muito discutido quando se fala em Biotecnologia, assim como os organismos geneticamente modificados e os transgênicos, mas não há citações além do que é descrito nos demais livros analisados.

Livro 2 – Biologia da Editora AJS, é uma coleção de livros didáticos divididos em três volumes para o ensino médio. No volume 3 encontramos a divisão: Ser Humano, Genética e Evolução, inserido na parte destinada a Genética, no capítulo dez com o título Biologia Molecular do Gene: síntese proteica e engenharia genética, no subtema quatro encontra-se a Biotecnologia e a engenharia genética como subtítulo. O capítulo descreve o conceito de Biotecnologia, assim como aborda algumas técnicas sobre a terapia gênica, novamente há destaque para DNA recombinante, organismos geneticamente modificados, transgênicos, mas não cita nada referente a bioimpressão, assim como todos os livros analisados.

Livro 3 - Biologia - Ser protagonista da Editora SM. É uma coleção dividida em três volumes, o volume três da coleção é subdividido em três unidades. A Unidade um – Genética, Unidade dois – Evolução e a Unidade três – Ecologia. Na Unidade dois – Genética, no capítulo oito do livro com o título Biotecnologia, explica as questões mais básicas dos principais temas abordados em biotecnologia. Porém, durante a análise do livro, percebe-se que é citado de forma bem sucinta as técnicas empregadas, mostra de maneira bem reduzida técnicas sobre melhoramento genético, clonagem, entre outras.

Livro 4 - Biologia Moderna da Editora Moderna. Possui a coleção didática dividida em três volumes. O volume três, é dividido em três módulos. Módulo um – Fundamentos da genética, Módulo dois – A evolução Biológica, Módulo três – Fundamentos da Ecologia. No Módulo um – Fundamentos da genética, em seu capítulo quatro, cujo título é Genética e Biotecnologia na atualidade, aborda de forma mais aprofundada as técnicas biotecnológicas, dá um enfoque maior para a importância do assunto em questão, demonstra com eficiência as questões ligadas ao DNA dentro da engenharia genética, os testes de paternidade, transgênicos, embora como já citado neste trabalho, não apresenta a temática bioimpressão, assim como os demais livros didáticos.

Livro 5 – Conexões com a Biologia da Editora Moderna. É uma coleção dividida em volumes, no volume dois, na Unidade oito – Biologia molecular: Introdução e aplicações. De maneira curiosa, diferente dos demais livros analisados, é o único que trata o tema em seu volume dois, todos os demais trazem a

biotecnologia no volume três. O Tema três - Engenharia genética, abrange as técnicas ligadas à Biotecnologia. É um material que enfatiza a Biologia Molecular, trazendo as mutações e alterações cromossômicas humanas com certo destaque, assim como os demais livros, aborda temas como clonagem, projeto genoma humano, organismos geneticamente modificados.

Livro 6 – Biologia da Editora Saraiva. A coleção possui três volumes, no volume três, o capítulo treze, possui o título Biotecnologia, que é bem interessante, pois a maioria dos demais livros, abordam este tema junto com outro, não destina um capítulo único para tratar do tema em questão. Dentro do capítulo mostra as principais técnicas empregadas, é interessante mencionar que possui um subtítulo elucidando as células-tronco, agregando conhecimento e as diferenças entre elas, o que não foi evidenciado nos demais livros analisados, o que é bem curioso, já que as células-tronco merecem destaque nas terapias gênicas. No geral, aborda as mesmas técnicas descritas nos livros anteriores.

Livro 7 – BIO, da Editora Saraiva. No volume três, Unidade dois – Genética, o capítulo nove possui o título Biotecnologia, e mostra de forma um pouco mais aprofundada as técnicas empregadas, possui mais subtítulos que os livros já analisados e mencionados, mas como esperado, também não mostra o tema bioimpressão em nenhum de seus subtítulos. Assim como os demais, argumenta sobre temas como clonagem, organismos geneticamente modificados, terapias gênicas, entre outros, talvez seja importante salientar que é um livro que fala sobre diagnóstico pré-natal, tema que não foi citado nos demais livros analisados.

Durante a análise dos conteúdos abordados sobre o tema Biotecnologia nos livros adotados no Ensino Médio pelas escolas da Educação Básica, de acordo com o PNLD – 2018, percebe-se que temas como clonagem, técnicas do DNA recombinante, organismos geneticamente modificados, transgênicos, identificação de pessoas através do DNA, são os temas mais abordados nos livros didáticos, por serem temas mais divulgados e reconhecidos, conforme mostra o gráfico abaixo (Figura 5).

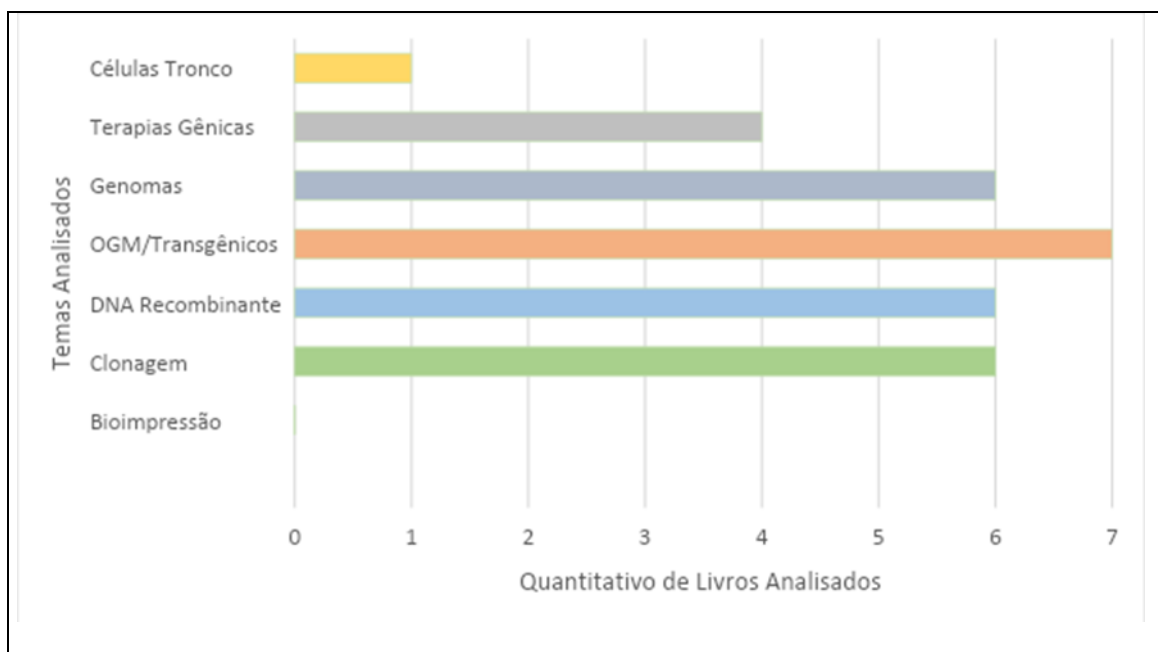


Figura 5. Análise dos temas nos livros didáticos de acordo com o PNLD – 2018.

Fonte: Autora

Observou-se durante o levantamento desta pesquisa, que o tema células-tronco está sendo abordado como um capítulo, ou subtema, em apenas um dos sete livros analisados. Os temas como Genomas, técnicas do DNA recombinante e clonagem, seja ela terapêutica ou reprodutiva estão sendo retratados em seis, dos livros analisados. Organismos geneticamente modificados e transgênicos estão presentes nos sete livros analisados, sendo desta forma o termo em destaque, ou seja, o tema mais abordado dentro da Biotecnologia.

O tema bioimpressão de tecidos e órgãos está completamente ausente dos livros didáticos, conforme mostra a tabela abaixo (Tabela 2). Provavelmente, por ser um tema abordado dentro das pesquisas realizadas nas universidades, ou até mesmo devido à velocidade que os avanços biotecnológicos seguem e a educação básica não consegue acompanhar. Desta forma não é um tema muito divulgado e com isto, não é retratado em sala de aula. Nenhum dos livros adotados aborda essa temática tão importante e contemporânea, o que poderia ser um avanço para citar técnicas mais inovadoras dentro da educação básica, e mostrar os caminhos que a ciência está seguindo, trazendo uma realidade mais promissora e interessante para os alunos (LEAL; MEIRELLES, 2018).

Temas	Livro 1	Livro 2	Livro 3	Livro 4	Livro 5	Livro 6	Livro 7
Bioimpressão	-	-	-	-	-	-	-
Clonagem	-	+	+	+	+	+	+
DNA Recombinante	+	+	-	+	+	+	+
Organismos Geneticamente Modificados/Trangênicos	+	+	+	+	+	+	+
Genomas	+	+	-	+	+	+	+
Terapias Gênicas	-	+	+	-	+	-	+
Células Tronco	-	-	-	-	-	+	-

Tabela 2. Relação de Livros PNLD-2018 e os temas analisados

Legenda: (-) Ausente (+) Presente

Fonte: Autora

O livro didático é a maior ferramenta e recurso que o professor possui para ministrar as suas aulas, principalmente os docentes da educação básica (MOREIRA, 2017). A ressalva, é que muitas vezes ele é a única alternativa utilizada pelos docentes, para auxiliar os alunos no processo de ensino aprendizagem. Sendo assim, o que não consta como informação no material, não é discutido, nem apresentado aos discentes. Desta forma é necessário fazer uma análise criteriosa sobre os conteúdos abordados, é interessante que este material traga informações mais inovadoras, porém, de forma mais acessível e próximo da compreensão dos alunos (MOREIRA, 2017).

O PNLD está sempre realizando análises criteriosas, mas, essas análises nem sempre conseguem acompanhar a velocidade dos avanços que as tecnologias sofrem, o que acarreta uma lacuna no ensino, como ocorre na temática Biotecnologia, que atualmente já possui muitas técnicas, mas, que ainda não chegaram na educação escolar básica. Trazer técnicas mais inovadoras para a didática da sala de aula pode ser um diferencial para tornar o ensino mais prazeroso

e participativo, assim como mostrar novas possibilidades de estudos (DELIZOICOV, 2002).

4.2 ANÁLISE NAS BASES DE DADOS

Nesta etapa da pesquisa, foi realizada uma análise de conteúdos em títulos e resumos nas bases de dados nacionais e internacionais com as palavras-chave selecionadas e já descritas. Realizou-se uma leitura informativa de forma seletiva, a fim de, compilar os conteúdos que mais se aproximavam da temática em questão, e que pudessem ser transcritos para um material pedagógico sobre o tema bioimpressão de tecidos e órgãos, mas, de forma adaptada para o segmento do ensino médio da educação básica, analisando desta forma os conteúdos e as ideias que poderiam ser interessantes para a elaboração do *e-book* a ser utilizado pelos docentes em suas práticas pedagógicas.

Para facilitar a visualização dos dados analisados, foi elaborada uma tabela, contendo as palavras-chave e *Keywords*, e o quantitativo de artigos que foram encontrados nas bases de dados selecionadas para pesquisa (Tabela 3).

Base de Dados	Biotecnologia	Biotechnology	Medicina Regenerativa	Regenerative Medicine	Bioimpressão 3D	3D Bioprinting
CAPES	73.053	263	1.505	139.751	7	6.533
Revisado por pares	35.415	224	1.188	116.375	4	5.795
A partir de 2015	17.696	145	805	88.836	4	5.507
SciELO	2.375	6	191	222	1	5
PubMed	-	603.907	-	96.945	-	2.695
Revisado por pares	-	76.124	-	21.278	-	2.587
A partir de 2015	-	46.704	-	15.413	-	847

Tabela 3 – Análise nas bases de dados

Fonte: Autora

A seleção dos artigos para auxiliar na elaboração do material pedagógico, foi realizada a partir dos títulos e resumos que se mostraram mais próximos da educação básica, já que se trata de um tema não divulgado nesta etapa da educação. Desta forma, o conteúdo dos artigos selecionados serviu como base, para auxiliar na elaboração do *e-book* a ser utilizado pelo docente da educação básica, durante as aulas destinadas ao tema Biotecnologia, trazendo inovações nas técnicas utilizadas atualmente e destacando a bioimpressão de tecidos e órgãos.

Analisando a quantidade de artigos que se destinam ao tema, no geral, o resultado é bem relevante e favorável. Porém, a grande limitação de transcrever as informações coletadas nos artigos, está nas informações que podem e devem ser relevantes para a educação básica, já que esta não consegue acompanhar os avanços tecnológicos, nem ter acesso a maioria das informações que estão contidas nos resumos e títulos dos artigos analisados. Em sua maioria, são artigos extremamente específicos e aprofundados, com uma linguagem muito técnica e abstrata, desta forma, há uma delimitação em realizar uma pesquisa mais simplificada e adequada à linguagem utilizada nos anos finais da educação básica.

Porém, com toda a limitação da linguagem encontrada nos artigos, é de grande importância, transcrever de forma bem clara e objetiva, até mesmo simplificada, temas que possam mostrar os avanços das tecnologias biológicas. Elucidar como anda a Ciência pelo mundo, e até mesmo no Brasil, as novas tecnologias e suas aplicabilidades. Em síntese, os conteúdos abordados no livro eletrônico sobre os principais fundamentos da engenharia de tecidos com a técnica de bioimpressão de tecidos e órgãos tiveram como fonte principal, as informações abordadas nos resumos e títulos dos artigos selecionados, porém com uma linguagem mais adequada para a educação básica, mas, sem perder as informações apresentadas nos artigos.

Pode-se citar os testes que estão sendo realizados como alternativas em substituição de testes executados pelas indústrias farmacêutica e cosmética em animais, por exemplo, por pele recriada em laboratório, a partir de culturas de células humanas, e que apresenta excelente resultado. Ressaltando que a pele é o maior órgão do corpo humano e que possui uma camada mais externa denominada

de epiderme, constituída por tecido epitelial, e uma camada logo abaixo, a derme, formada por tecido conjuntivo, e que hoje em dia já se possui testes e análises nestas camadas, que antes, pareciam ser impossíveis de serem recriadas em laboratório.

Desta forma, a recriação da camada mais externa da pele, a partir de cultura de células ricas em queratina, os queratinócitos, assim como os melanócitos, células responsáveis pela produção do pigmento melanina, já está sendo realizada para testes de cosméticos, com resultados eficazes de níveis de toxicidade e irritabilidade, assim como as células da derme que são reconstruídas a partir dos fibroblastos, que são cultivados em um gel rico em colágeno (VASCONCELOS, 2016).

Acredita-se que os resultados nesta pele recriada em laboratório, sejam mais eficientes em comparação com os testes realizados em animais. De acordo com o tipo celular que está em processo de testagem, os resultados obtidos na pele recriada são o mais próximo possível da pele humana, pois foram obtidos através de um material, que obteve como fonte principal, cultura de células humanas. Geralmente este material provém de células descartadas de cirurgias plásticas com o consentimento do paciente, após um processo de esterilização são então enviadas para a realização do isolamento das células (VASCONCELOS, 2016).

Portanto, após a coleta de todo material nas bases de dados e as análises realizadas nos livros didáticos, se partiu para a elaboração do *e-book*, como material paradidático para os professores da disciplina de Biologia da educação básica, anos finais. A intenção é divulgar esse material, primeiramente disponibilizar nos sites das escolas escolhidas, e posteriormente tornar público em sites educacionais, como a Plataforma de Recursos Educacionais do MEC e a Plataforma Escola Digital.

4.3 ANÁLISE DA COLETA DO MATERIAL PARA ELABORAÇÃO DO *E-BOOK*

A elaboração do *e-book* como proposta de material paradidático, sendo uma alternativa para os docentes de Biologia da educação básica, apresentarem técnicas mais inovadoras e interessantes para sala de aula, mostrando um grande conhecimento e aproximando o que está ocorrendo no campo da Ciência, é um grande desafio. É sabido que os docentes precisam cumprir um programa didático, que geralmente é de acordo com o livro utilizado durante as aulas, isso dificulta abordar novas tecnologias que não estão no material didático adotado pela instituição de ensino, porém é uma forma de aguçar a curiosidade do aluno e até mesmo enriquecer as aulas.

Durante a elaboração do e-book foram coletadas algumas informações sobre os diferentes tipos de bioimpressoras 3D e os métodos mais utilizados para bioimprimir um tecido. Há uma grande diversidade de bioimpressoras, assim como as técnicas utilizadas, técnicas estas que serão abordadas nesta pesquisa de forma bem simples, apenas para conhecimento do leitor, assim como algumas imagens de uma bioimpressora 3D.

Em visita ao laboratório de bioimpressão, coordenado pela orientadora e professora deste programa de Pós-Graduação, Dra. Leandra Baptista, foi possível conhecer um pouco o caminho que a bioimpressão está seguindo, onde, observou-se a produção de arcabouços (suportes) e depósitos de células nestes arcabouços pela impressora de extrusão adotada pelo laboratório, como mostra a imagem abaixo (Figura 6).



Figura 6. Bioimpressora por extrusão
Fonte: Autora

Ao lado da bioimpressora, encontra-se o polímero, que geralmente é um material biodegradável (Figura 7). Este polímero irá construir os arcabouços (Figura 8), que funcionarão como um suporte para o depósito do material celular, além das seringas e êmbolos (Figura 9), que devem ser posicionadas em seus respectivos locais por um técnico. A seguir, a bioimpressora passará por um processo de calibração (Figura 10) com o auxílio de um programa de computador, um “software”, que, ligado a bioimpressora, comanda toda parte de calibração e suporte.



Figura 7. Polímero biodegradável
Fonte: Autora



Figura 8. Construção dos arcaouços
Fonte: Autora



Figura 9. Seringa e êmbolo
Fonte: Autora

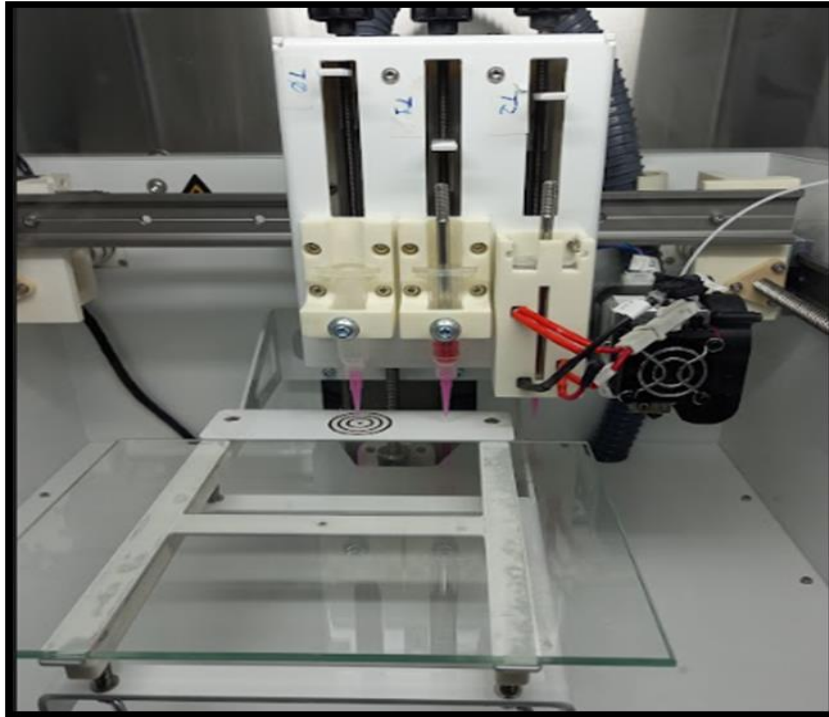


Figura 10. Calibração da bioimpressora
Fonte: Autora

Os processos mostrados através das imagens, são responsáveis pela deposição correta da cultura celular em cada poço dos arcabouços produzidos (Figuras 11 e 12). Logo após este processo, cada arcabouço já contendo a cultura celular, será transferido para uma placa especial para cultura de células (Figura 13). Em seguida serão encaminhados para uma incubadora, contendo uma temperatura ideal e lá permanecerão por alguns dias, para se realizar diversos testes, comprovando a eficiência do tecido bioimpresso.



Figura 11. Deposição da cultura celular pela bioimpressora
Fonte: Autora



Figura 12. Células depositadas no suporte/arcabouço
Fonte: Autora

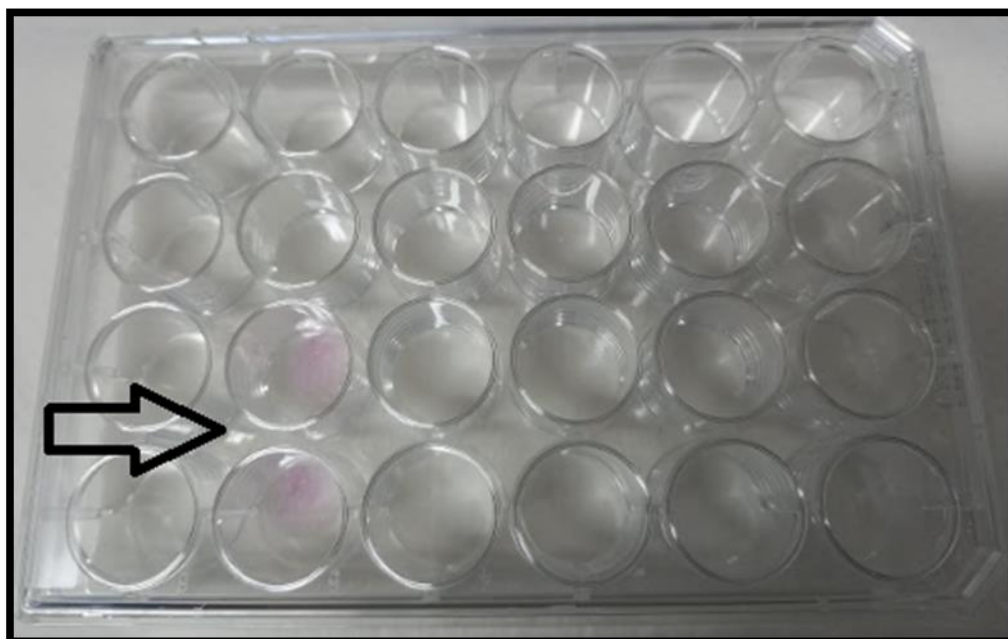


Figura 13. Arcabouço contendo a cultura de células depositado na placa
Fonte: Autora

É importante ressaltar que, na elaboração do material paradidático, os vídeos, assim como as imagens serão utilizados para enriquecer o material e transparecer realmente como é a funcionalidade e aplicabilidade da bioimpressora pelo método de extrusão.

A intenção na criação do *e-book* é mostrar todo processo realizado por uma bioimpressora 3D, desde a sua calibração, até a cultura celular estar depositada nos arcabouços e ser encaminhada nas respectivas placas até a incubadora. Assim como a seleção de artigos que irão compor os capítulos do *e-book*, com o objetivo de aproximar essas tecnologias consideradas de ponta, para educação básica.

Desta forma, a coleta deste material através de imagens e vídeos, se mostrou essencial para a realização do *e-book*, tornando-o bastante informativo. A fim de despertar o interesse dos discentes pelo assunto, além de mostrar o quão interessante é o tema em questão e todas as tecnologias que norteiam essa

temática. O material paradidático foi dividido em capítulos e, abarcou imagens e vídeos que podem ser acessados a qualquer momento, bem como as informações que não constam nos livros didáticos e não são abordadas durante as aulas, abordando todas as informações necessárias para incentivar a pesquisa, assim como a leitura acerca do tema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a análise realizada nos livros didáticos adotados pelas escolas da educação básica de acordo com o PNL 2018, verificou-se uma repetição de temas que são abordados em sala de aula, como clonagem, terapias gênicas, organismos geneticamente modificados, mas atualmente temos técnicas mais inovadoras que não constam nos livros didáticos, como é o caso da bioimpressão de tecidos e órgãos, e desta forma perde-se a oportunidade de apresentar novas tecnologias aos alunos da educação básica.

De acordo com a BNCC, deve-se citar o emprego das células tronco, mas o que se percebe na realidade é a falta de conteúdo sobre o tema nos livros didáticos adotados. É uma técnica que pode contribuir com o aprendizado dos alunos, criando um ensino mais contextualizado e dinâmico, gerando uma expectativa sobre técnicas futuras e despertando o interesse por um tema que não é abordado nos livros didáticos, mas que está obtendo destaque no cenário científico.

Ao longo da análise nas bases de dados nacionais e internacionais, já mencionadas nesta pesquisa, pôde-se perceber que a técnica em questão é muito explorada, mas não na fase da educação básica. Os artigos escolhidos para auxiliar na produção do material paradidáticos, são basicamente todos direcionados à graduação e aos núcleos de pesquisas que são realizados em universidades, logo não são aplicados nas aulas da educação básica, já que a maioria dos docentes

precisa seguir com um cronograma específico, geralmente direcionado pelo livro didático.

Desta forma, elaborar e divulgar um material paradidático, mais precisamente um livro eletrônico (*E-book*) que aborda esta temática, pode funcionar como uma ferramenta pedagógica utilizada pelo docente, funcionando como um diferencial para despertar o interesse no assunto, assim como aproximar os avanços da ciência na sala de aula, auxiliando os docentes da educação básica, como uma proposta, se assim desejarem, a retratar técnicas inovadoras e interessantes em suas aulas, quando abordarem as técnicas empregadas em Biotecnologia.

BIBLIOGRAFIA

ACERO, L. Internacionalização, ciência e saúde: a medicina regenerativa global e os mercados paralelos. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 20(2): p. 433-440, 2015. Disponível em: DOI: 10.1590/1413-81232015202.22272013. Acesso em: 21 maio, 2021.

AHUJA, C. S. *et al.*, Making Neurons From Human Stem Cells. *Frontiers for Younger Minds. Neuroscience*. v 6, article 27. p. 1 – 9. 2018. Disponível em: kids.frontiersin.org. Acesso em 03. Jul 2021.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; **Biologia Moderna**. 1 ed. v 3. Moderna. São Paulo. 2016.

AZEVEDO, L M. D. **Ebook vs. Livro tradicional como ferramenta educativa**. Unidade Científico-Pedagógica de Tecnologias Gráficas. Dissertação de mestrado. INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS: Lisboa, 2012.

BANDOUK, A. C.; CARVALHO, E. G.; AGUIAR, J.B.; SALLES, J.V.; NAHAS, T.R.; **Biologia: Ser Protagonista**. 3 ed. v 3. Edições SM. São Paulo. 2016.

BAPTISTA, L.S.; *et al.* Adult Stem Cells Spheroids to Optimize Cell Colonization in Scaffolds for Cartilage and Bone Tissue Engineering. **International Journal of Molecular Sciences**. 1285; doi:10.3390/ijms19051285. v 19 p. 1-14,.2018.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70. São Paulo. 2011.

BENEDICTO, E.C.P.; SILVA, P.R.L. Discussões acerca das formas de atualização de professores de química do Ensino Médio. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13 282-287. 2018. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/> Acesso em: 13 dez, 2022.

BOBROWSKI, Vera Lucia; FONSECA, Viviane Barneche. **Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos de Biologia**. *Acta Scientia e, Canoas*, v 17, n. 2, p. 496-509, maio/ago., 2015.

BORÉM, A.; SANTOS, F.R. **Entendendo a biotecnologia**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2008.

BOROJEVIC, R., Terapias celulares e bioengenharia. **Gazeta Médica da Bahia**, v.78, sup.1, p. 42-46, 2008.

BOROJEVIC, R., Terapias celulares: promessas e realidades. **Ciência Hoje**, v.35, n. 206, p.37-39, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: apresentação – guia de livros didáticos – ensino médio/ Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017c. 39 p. ISBN 978-85-7783-229-3.

CACHAPUTZ, A. *et al.* **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO. A.C.C. Células-tronco: A Medicina do Futuro. **Ciência Hoje (SBPC)**. v.29. n.172. 2001.

- CÉSAR, da S. J.; CEZAR, S. CALDINI, N. J. **Biologia**. 5 ed. Volume único Saraiva. São Paulo. 2011.
- CÉSAR, da S. J.; CEZAR, S. CALDINI, N. J. **Biologia**. 11 ed. v 3. Saraiva. São Paulo. 2016.
- COELHO, F. J. F. **Cadernos de Ensino de Ciências, Saúde e Biotecnologia**. Paco e Littera. 2018.
- COSTA, C.C.P.; BAPTISTA. L.S. **Vilão ou Mocinho?** As duas faces do Tecido Adiposo. Rio de Janeiro. FAPERJ. 2014.
- CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Projeto de pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto**. 5 ed. Penso. Porto Alegre. 2021.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DIAS, J.C.V.; CERDA, C. De La. A decisão norte-americana do Caso Myriad: novos paradigmas para a proteção patentária do código genético humano e biotecnologia. **Revista de Direito Internacional**, Brasília, v. 13, n. 3, p. 513-535, 2016.
- DOS SANTOS, A.T. P.; *et al.* Difusão do conhecimento sobre biotecnologia e biossegurança em escolas públicas de Dourados, MS. **Revista Online de Extensão e Cultura Realização**, v. 2, n. 4, p. 38-44, 2015.
- FERRO, E. S. Biotecnologia translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares. **Estudos Avançados**. 24 (70), p.109-121. 2010.
- FRANCO, M. A. R. S. Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito. **Revista Brasileira Estudos Pedagógicos**. v. 97 n. 247. Brasília, DF. 2016.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 6 ed. Atlas. São Paulo. 2017.
- GIORNO, L. P. *et al.* Métodos avançados para tratamento de queimaduras: uma revisão. **Revista Brasileira de Queimaduras**. 17(1): p. 60 - 65. 2018;
- GROLL, J.; Boland, T.; Blunk, T.; Burdick, J.A.; Cho, D.W.; Dalton, P.D.; Derby, B.; Forgacs, G.; Li, Q.; Mironov, V.A.; *et al.* Biofabrication: Reappraising the definition of an evolving field. **Biofabrication** 2016.
- JUNQUEIRA, L.C.U.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. 8 ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 2011.
- KARZYNSKI, K. *et al.* Use of 3D bioprinting in biomedical engineering for clinical application 3D **Foundation for Research and Science Development**, Warsaw, Poland Medical Studies/Studia Medyczne 2018; 34 (1): 93-97 Disponível em: <https://doi.org/10.5114/ms.2018.74827> Acesso em: 21 jul. 2022.
- KUMAR, S. A. *et al.* Applications of stem cells and bioprinting for potential treatment of diabetes. **World J Stem Cells**. 11(1): 13–32, 2019. Disponível em: doi: [10.4252/wjsc.v11.i1.13](https://doi.org/10.4252/wjsc.v11.i1.13) Acesso em: 17 ago. 2022.
- LEAL, C. A.; MEIRELLES, R. M. S. de. Aportes teóricos para a discussão sobre o ensino de genética e biotecnologia na educação básica. *In*: COELHO, F. J. F.; FRANCISCO, G. S. A. M. (org.) **Cadernos de Ensino de Ciências, Saúde e Biotecnologia**. Jundiaí: Paco Editorial, 2018.

LEVIN, G. *et al.*, Medicina Regenerativa e Engenharia de Tecidos. **Sociedade Brasileira de Genética**. Genética na escola. v.14. n.1. p.26 – 33. 2019.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. F. **Biologia Hoje**. 3 ed. v3. Ática. São Paulo, 2016.

LOPES, S.; ROSSO, S. **BIO**. Volume 3. Saraiva. 3 ed. São Paulo. 2008.

MAAS, C. S. Bioengenharia Óssea: Abordagens e Aplicações. Pós-Graduação Inter unidades em Biotecnologia (USP – IB – IPT). **Biotecnologia**. Material de Divulgação Científica. USP. p. 1-5. 2020.

MALAJOVICH, M. A. **O ensino de Biotecnologia**. 1ed. Rio de Janeiro. 2017.

MENDONÇA, V. L. **Biologia**. 3 ed. v 3. AJS. São Paulo. 2016.

MORAN, J. M. **Ensino e aprendizagem**: inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: Novas Tecnologias e mediação pedagógica. Campinas: Papyrus, 2000.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania**: aproximações jovens. Coleção Mídias Contemporâneas. 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 08 jan, 2023.

MOREIRA, K, H. **História da Educação e Livros Didáticos**. Pontes. São Paulo. 2017.

PERRENOUD, P. **A formação dos professores no Século XXI**. In: PERRENOUD, P. *et al.* (Org.). As Competências para Ensinar no Século XXI. A Formação dos Professores e o Desafio da Avaliação. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PINHEIRO, J. P. S.; PANTOJA, L.D. M.; VANDERLEY, C. S.B. S. Ensino de biotecnologia: o conhecimento docente e abordagem na perspectiva do exame nacional do ensino médio. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 12, n. esp., p. 776-792, 2017.

TANIOS, J. *et al.* Tissue Engineering in Traumatic Brain Injuries. **Frontiers Young Minds**. v 8 p. 1 – 8, 2021. Disponível em: www.kids.frontier.org - doi: 10.3389/frym.2020.514428. Acesso em: 18 maio, 2021.

THOMPSON, M.; RIOS, E. P.; **Conexões com a Biologia**. 2 ed. v 2. Moderna. São Paulo, 2016.

VASCONCELOS, Y. Pele de laboratório. Pesquisadores brasileiros criam modelos de tecido humano para estudar doenças e substituir testes de cosméticos e medicamentos em animais. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, v 245, p. 14 – 21 jun. 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/pele-de-laboratorio/> Acesso em: 02 abr. 2021

VELLOZO, V.; MARTINS, M. I. C. & NASCIMENTO, R. B. Articulando ensino e pesquisa: construindo uma proposta de capacitação para docentes do ensino técnico. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 15, sup. 2, p. 29-37, 1999.

ZURRON, A. C. B. de P. **Biologia Molecular e Biotecnologia**. ISBN 978-85-8482-387-1 - Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A. 224 p. 2016.

APÊNDICE

E-book: Engenharia de Tecidos e Órgãos para Educação Básica.

Segue divisão do *E-book* em capítulos:

Capítulo 1 – Medicina Regenerativa:

Capítulo 2 – Células-tronco:

2.1 – Células-tronco Embrionárias:

2.2 – Células-tronco Adultas:

2.3 – Células-tronco de Pluripotência Induzida:

Capítulo 3 – Engenharia de Tecidos:

Capítulo 4 – Bioimpressão:

Capítulo 5 - Caminhos da Bioimpressão:

Referências:

