

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E**  
**EDUCAÇÃO**

**CLARISSA DE SOUZA MORAES**

**A genética no ensino de biologia: sua história,  
importância, desafios e adaptações metodológicas em  
consonância com a revolução digital**

ARARAS -SP  
2023

CLARISSA DE SOUZA MORAES

A genética no ensino de biologia: sua história, importância, desafios e adaptações metodológicas em consonância com a revolução digital

Trabalho de Conclusão de Curso da  
Universidade Federal de São Carlos,  
para obtenção do título de graduação em  
Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora: Ane Hackbart de Medeiros

Araras-SP  
2023

**DEDICATÓRIA**

Dedico esta Revisão a minha mãe, Ana Rosa, pelo exemplo de sua trajetória, seu apoio incondicional aos filhos e abnegação.

## RESUMO

A genética sempre foi um dos blocos em Ciências Biológicas mais complexos, controversos e fundamentais para a compreensão dos processos biológicos, permeada de história no âmbito científico, com personagens que configuram grandes feitos para humanidade, como Ernst Haeckel, Johann Friedrich Miescher, Richard Altman, Rosalind Franklin, Francis Crick, James Watson, Franklin W. Stahl, Matthew Meselson, Har Gobind Khorana, Marshall W. Nirenberg Paul C. Zamecnik, o casal Tsuneko e o casal Reiji Okazaki, inspiram interesse e curiosidade dos entusiastas na área da ciência. Considerada “chave mestra” para os jovens que aspiram uma profissão na área, a genética e seu ensino na sociedade atual, representa um grande desafio para alunos no que diz respeito a compreensão dos conteúdos devido a quantidade de teorias, significações, interconexões e dimensão abstrata e pouca conexão com a vida social dos jovens. Com o intuito de aproximar todo o conteúdo que concerne a genética - sua história, interdisciplinaridade, importância social, econômica e ambiental - tornando-a mais acessível e didática em sala de aula, a revisão aborda a tecnologia como aliada na correção das falhas e dificuldades no ensino-aprendizado dos jovens. Além disso, a revisão articula a problematização inerente a responsabilidade do educador mediador e das Universidades, frente a quantidade de informações não confiáveis na internet e/ou com ausência de seriedade e embasamento científico na internet e mídias utilizadas pelos jovens em busca de informação, tanto para estudos escolares, quanto para pesquisa acadêmica.

**Palavras-chave:** Ensino-aprendizagem de genética, educação, tecnologias educacionais.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a minha mãe, Ana Rosa, pela força e os bons conselhos que recebi nos momentos mais difíceis e ao meu pai, José Carlos Leite. Agradeço à Professora Dra. Ane Hackbart de Medeiros pelos conselhos quanto a organização da revisão, paciência e compreensão, e agradeço aos demais professores com os quais tive a oportunidade do aprendizado na convivência acadêmica.

## 1 Introdução

A disciplina de genética é considerada uma das mais difíceis de ser aprendidas, tanto para estudantes do ensino médio quanto superior. Essa revisão procura abordar o porquê desse fato e também direcionar os professores para novas abordagens, mais realistas e condizentes com a atualidade.

Elencando características como sistematização, bom senso e prudência, os cientistas mais distintos, compartilham da ideia de que o “homem domina a natureza não pela força, mas pela compreensão” (BRONOSWKI, apud. Cotrim, 2006) e é partindo desse consenso, que o conhecimento científico passa a ser validado, transmitido e usufruído pela comunidade científica e sociedade. Na área da genética, contamos com alguns personagens ilustres que dedicaram se não a vida inteira, pelo menos a metade, em estudos empolgantes que nos honram com um vasto campo em constante fluxo de ideias.

No entanto, apesar de profusa, à genética concernem desafios bioéticos, e dificuldades no ensino-aprendizado dos alunos e professores, resultado de incompreensões inerentes a complexidade dos conteúdos e imaturidade dos alunos. Nas aulas, essas dificuldades, geralmente têm início no ensino fundamental e ensino médio, causando confusão e incompreensão dos alunos até o ensino acadêmico, distanciando-os cada vez mais do interesse e conseqüente compreensão a respeito da ciência e seus desdobramentos sociais e progresso tecnológico (ARAÚJO; GUSMÃO, 2018).

O primeiro geneticista sobre o qual temos registro, na verdade, foi um monge. Dedicado aos seus estudos, o austríaco Gregor Johan Mendel, é conhecido como o pai da genética. Em sequência histórica, a ele se sucederam Ernst Haeckel, Johann Friedrich Miescher, Richard Altman, Rosalind Franklin, Francis Crick, James Watson, Franklin W. Stahl, Matthew Meselson, Har Gobind Khorana, Marshall W. Nirenberg Paul C. Zamecnik, o casal Tsuneko e Reiji Okazaki.

Nos dias de hoje, as cientistas Jennifer Doudna e Emmanuelle Charpentier compartilham autoria dos estudos mais avançados da área, o CRISPR Cas9. COOKSON (2020).

Com o intuito de contemplar vasto compêndio de conteúdos, tratados, processos de desenvolvimentos e resultados, sem tornar matéria tão presente em

nossa sociedade e mundo acadêmico densa e cansativa para alunos interessados em aprender, esta revisão vai articular tecnologias digitais, novas metodologias, e “TIC’s”- tecnologias da informação e comunicação - como principais instrumentos a disposição para solução de falhas no processo de ensino aprendizagem (VERAZSTO et al., 2019).

### **1.1 Genética, sua história, para quê e por quê?**

Gregor Johann Mendel, nascido em 1822 na cidade de Heinzendorf, é considerado o precursor das leis genéticas. Foi através de longos períodos de observação e estudo que o monge botânico estabeleceu as leis da Genética. A planta utilizada em seus estudos foi a ervilha de cheiro (*Lathyrus odoratus*) e seus experimentos foram todos à base de cruzamentos genéticos entre plantas com peças florais diferenciadas, ou seja, contendo gineceu e androceu (WATSON et al., 2017).

Através do uso de método científico, delineamento experimental, análise criteriosa dos resultados, e repetição minuciosa dos experimentos, Mendel estabeleceu os princípios da hereditariedade. Concluiu mesmo sem saber a natureza bioquímica do gene, que as características eram determinadas por um par de fatores que não se misturavam e permaneciam inalterados de geração em geração. Que os genes dominante e recessivo (AA, aa) eram transmitidos de forma independente e aleatória durante a formação das células germinativas. Esses estudos estabeleceram o Princípio da Segregação Independente e o Princípio da Distribuição Aleatória, primeira e segunda leis de Mendel (WATSON et al., 2017).

Após sete anos e 30.000 ervilhas dissecadas, a conclusão de seus experimentos sobre hereditariedade foi apresentada em um encontro da Sociedade de História Natural em 1865, em um trabalho intitulado “Experimentos em Hibridização de Plantas” e posteriormente seu estudo foi publicado em 1966 sem receber muita atenção. O monge permaneceu anônimo e foi somente anos após sua morte, que Mendel foi reconhecido como o “pai da Genética” (GUIMARÃES, 2016).

Em 1868, por meio de estudos, o cientista zoólogo e médico Ernst Haeckel, postulou que, o núcleo de células animais germinativas (o óvulo e o

espermatozóide), eram responsáveis pela hereditariedade, e cumpriam papel semelhante ao pólen e ovário da planta. A transmissão hereditária através do espermatozoide e pelo óvulo tornou-se conhecida em 1860, e em 1868 Ernst Haeckel, notando que o espermatozoide é composto basicamente por material nuclear haplóide (n), postulou que o núcleo era responsável pela hereditariedade (WATSON, et al., 2017).

Outro acontecimento importante para a humanidade, pertencente à história da Genética, foi a coleção de imagens do ácido desoxirribonucleico (DNA) obtidas com técnica radiográfica. Rosalind Franklin, doutora em física, foi quem obteve as imagens que posteriormente auxiliariam os cientistas Francis e Watson com a estruturação do estudo tridimensional da molécula. Com a ajuda desses cientistas e com o tempo, foram confirmadas estrutura, substância química e sua função como carreadora da molécula de DNA. Com o passar dos anos, a sociedade passou a ter o conhecimento da “molécula da vida”.

Com esses estudos, muitas crenças passaram a ser questionadas. Muitos religiosos e políticos começaram a se sentir incomodados ao notar que a influência deles poderia estar sendo diminuída. Isso aconteceu porque a vida não mais surgia como em um passe de mágica e nem toda verdade estava sob os domínios da igreja e cultos misteriosos, um dos maiores mistérios da vida, passou a fazer parte de um conhecimento científico. O que eram essas substâncias e o que movimentava essas partículas, o que mantinha a estrutura dessas moléculas, reações de união e desunião, tudo isso não pertencia mais à esfera mágica e divina, mas sim ao campo científico, ao estudo da biologia, química e física molecular (WATSON et al., 2017).

As proposições fatuais são, pois, o fundamento de todo o saber, mesmo que elas tenham que ser abandonadas no momento de transição para afirmações gerais. Estas proposições estão no início da ciência. O conhecimento começa com a constatação dos fatos.” (Schlick, apud, Fundamentos da Filosofia p.228. Gilberto Cotrim, 2006).

Em 1958, o bioquímico Arthur Kornberg, estudando a replicação do DNA, isolou a enzima catalisadora de bactérias, a DNA Polimerase I. Seu estudo permitiu que fosse comprovado que o DNA é material genético de todos os seres vivos e

que é replicado através das enzimas. Mais tarde, em 1968, o casal Tsuneko e Reiji Okasaki publicaram estudos sobre os fragmentos de Okazaki, revolucionando a ciência ao revelar parte do processo de replicação do material genético e seus componentes enzimáticos moleculares (WATSON et al., 2017).

Outros estudos com bactérias foram feitos no Institute of Tecnology na Califórnia, pelos cientistas Franklin W. Stahl e Matthew Meselson. Esses estudos, comprovaram não somente o mecanismo de replicação, mas também a propriedade semiconservativa na replicação das moléculas, o que permitiu a compreensão dos postulados Mendelianos. O que inicialmente se resumia apenas a cálculos e observações dos caracteres fenotípicos hereditários, passou a um nível de maior aprofundamento (WATSON et al., 2017).

Com o tempo, muito mais pôde ser revelado. O próximo passo, foi a interpretação do código genético e sua função na síntese proteica. Pelas contribuições em direção a elucidação do código genético - uma das maiores conquistas na área da biologia molecular, Har Gobind Khorana (figura 1) e Marshall W. Nirenberg receberam o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1968 com Robert W. Holly e Marshall W. Nirenberg com 46 anos (SAKMAR, 1922).



Figura 1 – Har Gobind Khorana      Fonte: Universidade de Wisconsin- Madison

Em 1953, antes do estabelecimento de todo o Dogma, esses cientistas colaboraram com a descoberta da função dos RNAt que carreavam os aminoácidos. Em sequência, foi identificado pelos cientistas que o RNAt, depois de codificar e carrear um aminoácido, transportava-os para seu local único correspondente no RNAm. Só após essas informações iniciais, o dogma central pôde ser compreendido, e, em 1956, a hipótese de transcrição e fluxo da informação genética, pôde ser definida (LODISH et al., 2002).

Finalmente, possibilitando compreensão integrada do sistema genético, James Watson e Francis Crick (figura 2) determinam, o Dogma Central, que se resume em um diagrama unidirecional que inicia com a duplicação (para o surgimento das células germinativas, e células somáticas), transcrição, com a produção do RNA mensageiro no núcleo (molde DNA nuclear), RNAt nos ribossomos (DNA citoplasmático) e, finalmente, com a migração do RNAm do núcleo para o citoplasma, produzindo polipeptídios através de um processo biológico conhecido como tradução (LODISH et al, 2002). Em cada reino biológico, essa sequência tem suas diferenças que são estudadas conforme suas substâncias, formas e ciclos de vida, permitindo a compreensão de todos os seres.



Figura 2 – Fotografia de James Watson e Francis Crick (1953) Fonte: Cold Spring Harbor Laboratory Archives. Fotógrafo desconhecido.

Foi com a modernização e integração de todos os outros estudos realizados, que hoje contamos em nossa sociedade com técnicas e conhecimentos na área de Engenharia Genética que permitem produção alimentar em grande escala

atingindo qualidade suficiente para produção de alcance internacional. Conforme artigo publicado por Glauber Silveira, no Canal Rural (2021), "o Brasil hoje alimenta 1 bilhão de pessoas anualmente, ou seja, produz 1 prato de comida para cada 5 pessoas e ainda trabalha com energia renovável na maioria dos processos produtivos".

Outra atividade relacionada à Genética, a Biotecnologia, acede ao conhecimento e produção de substâncias obtidas através da biossíntese em laboratório para correção de doenças genéticas. A união da Bioquímica e da Genética pela tecnologia do DNA recombinante proporciona uma estratégia grandemente poderosa para o estudo da função de proteínas particulares em processos celulares (LODISH et al., 2002).

Algumas substâncias, normalmente proteínas moleculares sintetizadas na tradução do RNAm, quando faltam na circulação sanguínea ou em alguma etapa do sistema metabólico, podem ser fabricadas em laboratórios através dos fragmentos do gene de interesse (que produz a molécula) que são transferidos ou "cortados" pelas enzimas de restrição encontradas na célula do nucleotídeo maior e transferido para os plasmídeos. Normalmente G CSF do inglês granulocyte colony simulator factor, hormônio proteico humano que estimula a produção de leucócitos fagocitários que são fundamentais para a defesa contra infecções bacterianas, são sintetizados em concentrações muito baixas na medula óssea, onde os granulócitos se diferenciam. Em situações em que pacientes estão se recuperando de câncer, o G CSF pode ser produzido em quantidades suficientemente significativas para uso terapêutico, com o intuito de diminuir o impacto da quimioterapia (WATSON et al., 2017, p.244).

Ao conhecimento genético, também é atribuída a análise dos registros moleculares em matéria orgânica que descrevem o processo de evolução de todos os organismos vivos em sua respectiva Era Geológica. São diversos os mecanismos de recombinação e mutação estudados em materiais conservados que ainda apresentam material genético— Paleo DNA's - e que podem ser analisados em laboratório, aliados aos fatores evolutivos que originaram e organizam a variabilidade genética, que é copiada durante a meiose e transmitida através das gerações, permitindo que as populações e espécies se diferenciassem a partir de mutações direcionadas ao longo de muito tempo (TELLES & DINIZ, 2004).

Normalmente, devido às propriedades bioquímicas e estruturais do DNA, essa evolução ocorre de forma gradual, com velocidade aproximadamente constante (pelo menos para certas regiões específicas do DNA), seguindo um processo aleatório no qual a divergência entre os pares de base de duas sequências de DNA é diretamente proporcional ao tempo de separação entre linhagens, seguindo o chamado relógio molecular (KIMURA, 1983). Isso permite que a história evolutiva dos seres vivos seja conhecida com relativa rapidez e detalhamento, resultando em maior acesso à técnica, de modo que a utilização de material genético em estudos evolutivos de diferentes espécies se expandiu muito rapidamente nos últimos vinte anos (TELLES & DINIZ, 2004).

Os estudos do passado normalmente não representam problema algum porque não passam de análises de registros fósseis, entretanto, o que se espera do futuro pode depender do que a ética e o bom senso dos cientistas destinar o conhecimento COOKSON (2020).

Jennifer Doudna cientista co-criadora da tecnologia CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), que, em tradução literal, significa “agrupados de curtas repetições palindrômicas regularmente inter espaçadas, é um sistema de nucleotídeos obtidos de bactérias e archaeas associados a uma enzima com função cortante/ restritiva, a Cas9. Pela dedicação conjunta ao estudo, as duas pesquisadoras foram honradas com o Prêmio Nobel de Química, em 2020. A promessa é que a técnica possa ser usada em pacientes com câncer e doenças sanguíneas, nos quais o material genético das células é editado, com a substituição das células doentes pelas editadas COOKSON (2020).

No entanto, Jennifer Doudna (figura 3), ao concluir sua pesquisa e receber o prêmio Nobel, se deparou com a pressão de vários cientistas que desde então, intentam fazer uso do CRISPR em linha de células germinativas humanas. O uso incorreto da técnica em países e particularmente por pessoas que não seguem os mesmos procedimentos éticos, aconteceu na China, e o cientista foi exonerado do cargo. Após esse acontecimento, que levou a criação de gêmeos editados, a cientista escreveu um livro chamado “Uma rachadura na Criação”, onde ela indaga sobre quando a humanidade, ou se a humanidade algum dia vai ter capacidade intelectual e moral para tomar decisões a respeito da edição genética em células germinativas COOKSON (2020).



Figura 3- Fotografia de Jennifer Doudna. Fonte: <https://chemistry.berkeley.edu/faculty/chem/doudna>.

Semelhante a Doudna e Charpentier, Marie Curie (figura 4) a cientista que deixou o legado da energia atômica, também se questionou sobre os méritos e consequências do uso dos seus estudos em sua trajetória, com a seguinte citação: “Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade” CURIE, Marie (1921).



Figura 4 – Fotografia Marie Curie.

Fonte: Association Curie Joliot-Curie

Apesar da Genética estar inserida em um contexto científico delicado e presente na maioria dos debates éticos, no caso das intencionalidades desviantes dos bons propósitos e uso, os conhecimentos alcançados pelos cientistas desde o

início de sua jornada, contribuíram em muito com o desenvolvimento da ciência e sociedade. Hoje, com o desenvolvimento e uso racional dos OGMs, o produtor agrícola prevê colheitas com maior segurança, produtividade, maior teor nutritivo e resistência a pragas. Conforme o artigo publicado por PESSOA, Marina (2021), no site boas práticas agrícolas, o milho Bt é o milho que recebeu genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt). A planta geneticamente modificada que possui essa característica expressa proteínas inseticidas a determinados grupos de insetos.

Outro benefício dos conhecimentos e exemplo do bom uso, é a coleta do germoplasma de espécies florestais em extinção e sua propagação através apenas do material genético *in vitro* armazenado. No Brasil, o Núcleo de ação direta, envolvida com esses estudos, é o Centro Nacional de Conservação da Flora. Dedicado às plantas ameaçadas no país.

## **2- O ENSINO TRADICIONAL DE GENÉTICA E OS PROBLEMAS COM A FALTA DE CONEXÃO COM A REALIDADE**

Entre os conteúdos ensinados nos Ensinos Fundamental e Médio, a Genética é considerada fundamental para a compreensão dos principais temas em Ciências Naturais, permeando botânica, zoologia, evolução, embriologia, ecologia, etc. Os processos de transcrição, tradução, replicação e mutação, principais mecanismos genéticos, pertencentes a área de Biologia e Genética, apesar de relativamente básicos para a compreensão dos conhecimentos atuais, -transgênicos, hereditariedade, clonagem, CRISPR e recombinação -tramitam entre os conteúdos mais desconexos para os alunos, que costumam não relacionar todos esses nomes a vida cotidiana.

“Além disso, percebe-se ainda uma falta de conexão entre atividades de laboratório e aulas e entre o ensino de ciências da sala de aula e aplicações do mundo real. Parte do interesse de aprender sobre genética é a capacidade de relacionar as informações aprendidas em sala de aula com a vida cotidiana e o avanço da compreensão de nossa saúde, família, meio ambiente e local de trabalho - algo que leis científicas, teorias e a história não necessariamente fornecem (HAGA, 2006, apud, Revista brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2021,p. 2).”

Por esta razão, é fundamental que os professores busquem informações mais atualizadas para transmitir esses conhecimentos. Informações qualificadas, tecnologias integradas, mídias bem direcionadas e organizadas, grupos de estudos on-line, softwares enciclopédicos e jogos interativos são possibilidades. Todo esse conjunto de possibilidades, são chamados Tecnologias da Informação (TIC's), que além de atualizar os professores, permite o intercâmbio dos conteúdos científicos. (VERASZTO et al., 2019)

Esse compêndio de materiais direcionados ao estudo, possibilita compreensão cada vez mais completa e contextualizada aos jovens sobre a Genética, permitindo sua imersão nos temas articulados a implicações éticas, humanas, políticas e científicas.

“...Nessa perspectiva, a genética é fundamental dentro do ensino de ciências, pois auxilia na percepção da relação entre o conhecimento científico e tecnológico por toda a sociedade, de forma a instrumentá-la para a formação de opinião e para a ação fundamentada” (AGAMME, 2010, apud, Revista brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2021, p.6 ).

Um dos exemplos desse novo modelo de informação online que possibilita esse tipo de informação, é a Encyclopedia Britannica, Plataforma Barga, Khan Academy, U.E. (Understanding Evolution <https://evolution.berkeley.edu/about/>) e Teaching Genetics ( <https://teach.genetics.utah.edu/>).

Faz-se necessário lutar pela superação do ensino tradicional, por uma formação mais eficiente. Como operacionalizar isso? A utilização de Metodologias Ativas seria uma interessante possibilidade para abrir o caminho da interação e interatividade para superação do problema, com metodologias que conduzam os estudantes para além de leituras isoladas, inócuas, e exercícios mecânicos e repetitivos (ANDRADE et al. 2019, p.129).

Desta maneira, a forma com que os conteúdos de Genética são transmitidos, se transforma em metodologias ativas de vanguarda, contemplando interdisciplinaridade e criatividade dos conteúdos, em contraposição a instrução repetitiva, possibilitando novos ares ao método educativo tradicional.

A figura do professor não desaparecerá, mas já sofre mudanças quanto ao seu papel: ele deixa de ser o detentor do saber transmitido aos alunos para ser um mediador, facilitador do processo de aprendizagem (FERREIRA et al., p. 25).

## 2.1- PRINCIPAIS DIFICULDADES DOS ADOLESCENTES

Dependendo do enfoque com o qual a Genética é abordada, ou seja, a ênfase ou a metodologia de ensino utilizada, poucos são os alunos que conseguem compreender Química, células, microrganismos, espécies e suas implicações na sociedade, por causa da perspectiva microscópica das moléculas e dos microrganismos.

Conforme MOURA, et al, 2018 em uma pesquisa do tipo bibliográfica, na qual o autor fez uma reflexão sobre o ensino de biologia abordado no ensino médio nas escolas públicas brasileiras, “observou-se que os conhecimentos relacionados à genética são considerados de difícil entendimento, o que gera uma alienação por parte de um grande número de alunos, principalmente quando se refere aos conhecimentos produzidos pela genética.”

Além disso, esses conceitos não estão presentes no cotidiano dos alunos, falta propósito/justificativa- sua história e contextualização- com os quais os conteúdos possam ser trabalhados nas aulas, transpondo dificuldades na construção de significado. Estruturas cognitivas que não são natas ou intrínsecas aos indivíduos, são construídas por meio de sua interação com o meio no decorrer de seu desenvolvimento, e redirecionamentos do professor, conforme apregoa o pensamento piagetiano (NETO et al., 2019).

A utilização de modelos didáticos, como imagens, jogos e aulas práticas, pode servir para uma maior aprendizagem dos mecanismos celulares, visto que segundo eles, a genética para os docentes dessa época, constitui um dos blocos das ciências mais difíceis de compreender no ensino fundamental e médio, tanto pela complexidade de seus conteúdos como pelas dificuldades que caracterizam suas estratégias de ensino (Manzke, apud, Dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira. p.4. Bruno Araújo.2020).

Uma das alternativas à aula tradicional, caracterizada pela transmissão conteudista na lousa, são aulas veiculadas pelo Youtube Edu ([https://www.youtube.com/channel/UCs\\_n045yHUiC-CR2s8Ajlwg](https://www.youtube.com/channel/UCs_n045yHUiC-CR2s8Ajlwg)) que, além de estarem disponíveis em qualquer horário, normalmente complementam e contextualizam um pouco mais. Um exemplo dessa modalidade de aula, no Brasil, são as aulas com o Professor de Biologia e Youtuber Paulo Jubilut, que também compartilha da opinião dos professores de biologia quanto aos desafios.

Conforme publicado pelo Professor Paulo, “a Genética está entre os cinco assuntos que os alunos mais se confundem. Segundo os alunos, a maior dificuldade está em relacionar a quantidade de nomes com as suas significações, ou seja, decorar e memorizar funções pertencentes aos seus respectivos sistemas biológicos. Em Genética, de acordo com Jubilut (2018), a maior dificuldade é entender o que são os famosos A e os alelos.”

Geralmente os alunos ficam combinando estas letras sem saber o que estão na verdade fazendo. As letras representam os genes do DNA e quando você as separa, está na verdade simulando a separação dos cromossomos na meiose e formando os gametas. Quando isso fica claro para os estudantes, a visão deles em relação à genética muda de uma maneira muito positiva.” (Paulo Jubilut, PUBLICADO EM 8 AGO 2018)

Outro desafio atribuído a compreensão da Genética, está relacionado a geração na qual estamos inseridos. Na era da globalização ou sociedade da informação integrada, alunos e profissionais da educação recebem informações o tempo todo e em constante transformação. Os dogmas e toda a fundamentação teórica e experimental no Ensino Médio, transmitidos e formulados pelos cientistas não mudam, ou mudam pouco. Entretanto, outros estudos acadêmicos aos poucos vão transformando e adicionando novos conhecimentos que despertam outros modos de encarar os dogmas. Um exemplo dessas mudanças em Genética, é a Epigenética, que conjuga conhecimentos comportamentais e ambientais à teoria Genética tradicional, relacionando noções internas e externas a pequenas mudanças Bioquímicas no material genético.

De acordo com artigo publicado na Enciclopédia Britannica, informações reveladas pela Epigenética, têm revolucionado o campo da Genética e

Desenvolvimento biológico. Especificamente, pesquisadores têm desvendado uma quantidade de possíveis mudanças químicas no DNA e proteínas chamadas histonas, que estão fortemente associadas ao Genoma no núcleo. Essas modificações podem determinar quando ou se um determinado gene é expresso em uma célula ou organismo (FRIDOVICH, 2023).

Desta maneira, é muito importante para os professores que antes de compreender a origem da informação, confiem em sua fonte e intencionalidades, obtendo formação completa para que não se tornem fantoches de informações inconsistentes.

O uso produtivo das tecnologias ainda se concentra no bom domínio pelo professor dos temas estudados e da utilização estratégica e bem planejada dos recursos. A internet, por exemplo, é um oceano de informações, contudo, o professor deve orientar os alunos sobre a necessidade de filtragem e da qualidade das informações (SANT'ANNA et al. 2019)

Para isso, é importante transmitir ao professor todo conteúdo previsto no currículo formal da Universidade, mais atualidades pertinentes ao ensino de ciências, formando um profissional maduro e com arcabouço intelectual suficiente para se adequar aos atuais modelos de informação – quantidade de informações.

Ao ensinarmos as ciências não devemos apresentá-la desta maneira, mas ao ensinarmos devemos apresentá-la como um saber histórico e provisório. Compreendendo que aprendê-la não é adquirir saberes absolutos, mas sim um exercício de saber comparar e diferenciar modelos (POZZO; CRESPO, 2009, apud, Revista brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, p.6, 2021).

### **2.1.1- NOTÍCIAS FALSAS E NOÇÕES DETURPADAS, COMO CORRIGIR E SITUAR CONCEPÇÕES**

A escolha das estratégias deve levar em consideração o conhecimento do aluno, seu modo de ser, de agir, de estar, além de sua dinâmica pessoal VERASZTO (2019). No entanto, mutações e surgimento de espécies novas e

super-resistentes, como no filme *Annihilation* (2018, Alex Garland) e *Homem Aranha* (Sam Raimi, 2002), reportagens sobre cruzamentos entre animais de diferentes espécies com o surgimento de seres híbridos, cura do câncer, e clonagem de seres humanos, fazem parte dos temas transmitidos pela mídia e direcionados a uma audiência ilimitada, para as quais a Genética pode não fazer sentido.

Nas escolas e universidades, o papel do professor, mais do que ensinar os fundamentos e todas as interconexões, passou a ser também um trabalho interdisciplinar e integrado, que busca unir entretenimento e ciência na escolha de filmes factuais e criativos adequados ao ambiente escolar e idade dos alunos.

O professor deve ser capaz de definir a melhor estratégia, no sentido de estudar, selecionar, organizar e propor as melhores ferramentas facilitadoras para que os estudantes se apropriem do conhecimento (LAGOEIRO et al., 2019).

Sobre novas tecnologias biológicas, muitas questões que se popularizaram nas mídias, merecem atenção dos professores, já que ao mesmo tempo em que percebemos muito potencial em sua aplicação na cura de doenças para o futuro, vemos também o desvio dos seus princípios.

A produção científica insere-se no conjunto dos interesses das sociedades, e frequentemente é direcionada por verbas e financiamentos vinculados aos objetivos dos grupos que exercem poder social. Sem neutralidade, nos deparamos com o uso interessado da tecnologia (COTRIM, Gilberto, p.234).

Nos E.U.A., por exemplo, ao mesmo tempo em que recebemos a notícia do uso da tecnologia CRISPR-cas9 pelas cientistas em seus laboratórios na Califórnia, para corrigir problemas de saúde, como o estudo citado anteriormente, vemos pessoas tentando vender a “mesma tecnologia” em empresas clandestinas, com diferentes propósitos COOKSON, (2020).

Um exemplo que contribui para o desvio do uso dos estudos genéticos e tecnologia genética é a injeção com moléculas de DNA que promete aos jovens um corpo esteticamente musculoso e não necessariamente saudável. Os

experimentos são realizados em uma atmosfera circense imprudente, com pouca probabilidade de produzir algo útil. O próprio Zayner disse "não tenho dúvidas de que alguém acabará se machucando eventualmente", pois os biohackers buscam a fama por meio da auto experimentação (REGALADO, Antonio, MIT, 2015).

Além da falta de seriedade quanto aos conteúdos pertinentes a biologia e genética na internet, e mídias sociais, justificada pela ação dos Biohackers, os jovens contam com poucos livros fáceis para a compreensão dos interessados em aprender Genética. A forma que os livros didáticos abordam os conteúdos, relacionados à genética, conforme os pesquisadores, encontram-se defasados ou descontextualizados, o que dificulta a compreensão por parte dos alunos (ARAUJO; GUSMÃO, 2018). Por essa razão, lacunas de aprendizado podem ser corrigidas com material disponível nas mídias, cada vez mais especializadas e organizadas.

Isso enfatiza ainda mais a existência de conceitos inapropriados, como os de achar que esses conhecimentos são exclusivos de cientistas e pesquisadores. Uma vez que a assimilação demanda um alto nível de abstração por parte do aluno, fazendo com que, ele se sinta desmotivado a aprender tal assunto (CATARINACHO, apud, Revista brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2021, p.6).

Desta forma, ao ensinar genética, não podemos indicar aos alunos que busquem conhecimento apenas nos livros didáticos, apostilas, e livros acadêmicos, esperando que somente essas fontes os proporcionem todo o conhecimento. Convém aos estudantes, principalmente os universitários, buscar informações em mídias, filmes, documentários, plataformas de ensino como a EDX, TEDx (<https://www.ted.com/about/programs-initiatives/tedx-program>), aulas online no Youtube e jogos interativos, como o software "Show da Genética" (Martinez, et al, 2008) integrando e facilitando conhecimentos de uma forma mais descontraída e atualizada. Conforme o artigo sobre o software "Show da Genética" (Martinez, et al., 2008), professores e alunos concordam que o jogo é uma experiência enriquecedora, claramente visível pela participação e alegria de jogar.

### **2.1.1.1- UM ENSINO ATUALIZADO E EFICIENTE, OS RECURSOS TECNOLÓGICOS E POSSÍVEIS TRANSFORMAÇÕES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE GENÉTICA**

Nos dias de hoje, com mudanças na infraestrutura física das cidades, revoluções econômicas e culturais, novos padrões de comunicação surgiram e, conseqüentemente, novas metodologias, equipamentos, e didática em sintonia foram se adequando às demandas da sociedade atual. É necessário o desenvolvimento de novas competências docentes que busquem reflexões sobre como as tecnologias podem contribuir para a formação de um ambiente de construção de conhecimento (FERREIRA et al. 2019).

Existe uma intensa competição causada pela tecnologia e pela velocidade de fluxo de informações através dos meios de comunicação, como por exemplo a internet, que globalizou o conhecimento. (MARTINEZ et al., 2008).

Por esta razão, os professores responsáveis, cumprem o papel de mediação do que os alunos possam estar recebendo dos meios de comunicação, construindo com eles consenso.

Dessa forma, o professor atuará como um mediador entre o estudante e a tecnologia na construção (elaboração) do conhecimento, algo completamente diferente dos paradigmas educacionais tradicionais vigentes na época (ZANCANARO et al. 2019).

Profissionais que dialogam e tem constante acesso aos meios de comunicação, possuem mais oportunidades em adquirir informações pertinentes a cada disciplina, bastando apenas o interesse e discernimento em direção a materiais os mais adequados aos propósitos do ensino, tanto nas questões condizentes a sentido, filosófico/religioso quanto na perspectiva metodológica científica, possibilitando a organização de aulas que darão ênfase a questões

éticas, filosóficas, estudo religioso, aulas práticas, multidisciplinaridade e interdisciplinaridade, tudo com apoio das TIC's - tecnologias da informação e comunicação.

A competência docente em tecnologia é um fator importante e desejável para auxiliar as inovações na educação. É uma das competências importantes para inserção do indivíduo na sociedade da informação e comunicação. Competências nas tecnologias são necessárias num ambiente conectado, de acesso à informação abundante, com mudanças rápidas nas ferramentas de tecnologia, possibilidade de colaboração e produção de contribuições individuais em uma escala não precedente (GARCIA; AMARAL, 2019).

O estudo das Ciências biológicas, principalmente os temas circunscritos à área de genética e biologia molecular, muito se beneficia da tecnologia e dos recursos áudio visuais como já mencionado, por causa da abstração conceitual e da quantidade de nomes e mecanismos bioquímicos muito detalhados.

A genética, diferente das outras disciplinas em Biologia, não se beneficia muito da lousa e dos passeios ao ar livre, havendo cada vez mais necessidade dos slides, lousas digitais e escolha de uma ou mais plataformas de ensino em sintonia com o sistema de educação que a escola pretenda seguir. Felizmente, a maioria das escolas públicas ou privadas contam com instrumentação didática suficiente. Ao considerarmos que 93,2% das Escolas têm acesso à internet e 76,8%, contam com laboratórios de informática, conforme dados disponibilizados pela Agência Nacional de Telecomunicações, muito pode ser feito em função da estruturação das aulas (BRASIL, Agência Nacional de Telecomunicações, 2023).

Filmes, séries, documentários e biografias científicas, também são tecnologias que aproximam os jovens da ciência através da vida dos cientistas, permitindo compreensão das características comuns em suas vidas. Alguns dos filmes que costumam inspirar mais os jovens em sua trajetória, tanto intelectual quanto emocional, são os inspirados em suas vidas, como o filme "Teoria de tudo" que conta a história da vida de Stephen Hawking (James, Marsh 2014), e "A Jornada" (Alice, Winocour 2020), um filme de ficção que conta a trajetória de uma astronauta francesa e os principais desafios emocionais inerentes a esse tipo de profissão e sua vida pessoal.

Quando pensamos em tecnologia educacional, automaticamente visualizamos o emprego de recursos tecnológicos como ferramenta para aproximar o conteúdo ministrado o mais próximo possível da realidade dos alunos e auxiliar no aprendizado. Fundamental é a mudança do método de ensino e a libertação do método instrucionista (FERREIRA et al., 2019)

Com o apoio tecnológico mediado pelos professores e vontade de aprender determinada área do conhecimento, o aluno poderá vislumbrar a área de seu interesse- no caso genética - como oportunidade para um futuro trabalho.

#### **2.1.1.1.1 TIC's e Metodologia híbrida - aulas mais eficientes e avaliações diversificadas**

O ensino híbrido, direcionado ao aprendizado dos temas genéticos, organizados pelo currículo nacional brasileiro para o ensino médio, BNCC, pode ser uma alternativa eficaz diante das dificuldades de assimilação dos conteúdos já mencionados. Muitos professores, desanimados com o desempenho e desinteresse dos alunos, que costumam se distrair com jogos e mídias populares – redes sociais, entretenimento e novelas – vêm-se impelidos a mudar estratégias na sala de aula, competindo através de tecnologias inteligentes, pela atenção dos jovens.

Diante desse quadro, cabe ao professor intermediar o processo educacional por meio da utilização da tecnologia de forma pedagógica, visando à melhoria da aprendizagem, na busca de recursos que despertem o interesse e a curiosidade pelo conhecimento (FERREIRA et al., 2019) .

Havendo acesso à internet na maioria das escolas, ferramenta básica para produção, comunicação e integração dos conhecimentos curriculares na

construção de ambientes virtuais de aprendizagem, assim como materiais didáticos digitais, objetos de aprendizagem digitais e recursos educacionais tecnológicos - jogos, tablets, aplicativos, softwares, documentários, lousas digitais - disponíveis, todos eles representam possibilidades para a educação híbrida.

Pode-se observar então que essas tecnologias devem ser pautadas em uma aprendizagem significativa, aproximando ao máximo o conteúdo ministrado da realidade do aluno, estimulando-o a ter pensamentos críticos, mas orientado sobre o conteúdo apresentado, incitando-o à participação ativa no seu desenvolvimento, justamente o que objetiva o método construcionista de Seymour Papert. (LAGOEIRO; CRUZ; SOUZA; CURTOLO, Tecnologias, 2019, p. 99).

No sentido de transformar o conteúdo de genética, programando-o para o currículo escolar, o método construcionista de Seymour Papert (figura 5), sugere adaptação das atividades, tornando as aulas mais didáticas para os jovens, ao considerarmos a quantidade de teorias e conteúdos complexos. O ensino híbrido, implementado nas escolas, busca flexibilizar aulas para que o aprendizado não se torne cansativo e desinteressante. Conforme FERREIRA, et al, 2019, ao aluno é permitido o controle de sua aprendizagem e as habilidades e o conhecimento são implementados no contexto em que serão utilizados. Seu método educativo, prevê atividades em oficinas de aprendizagem, laboratórios e salas informatizadas.

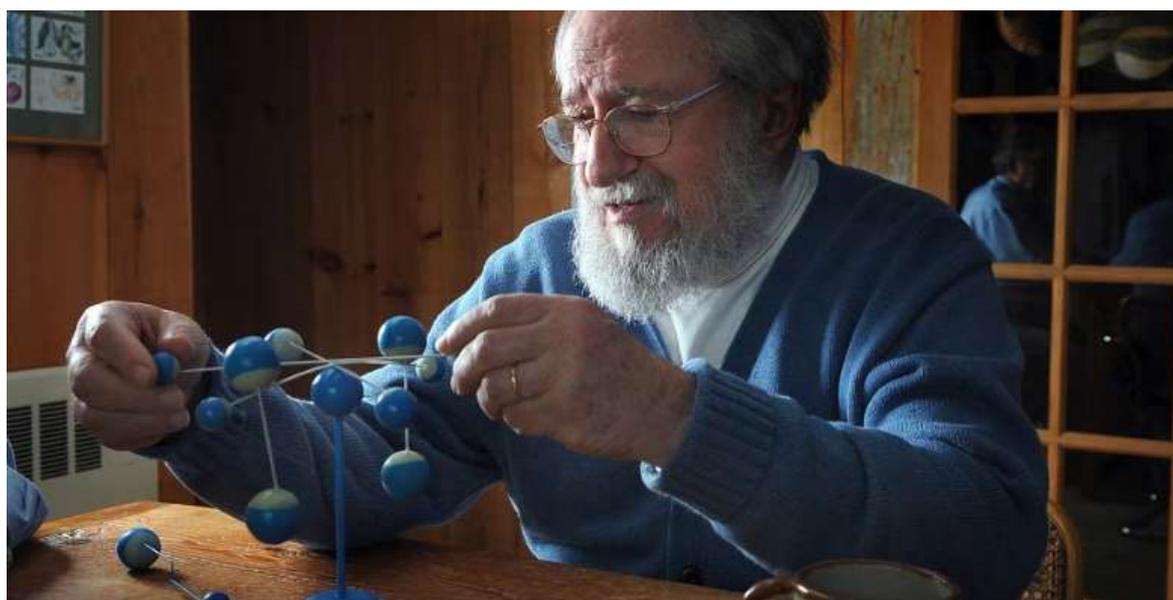


Figura 5 – fotografia Seymour Papert. Fonte: Boston Globe, Fred Field 2008

Outra característica positiva desse modelo é o tempo e valorização da participação dos alunos, que no início dos ciclos de aprendizagem e na transição dos Ciclos e/ ou Bimestres, vão poder participar, desenvolvendo habilidades argumentativas, criação de sentido e protagonismo. Com mediação dos professores, aos poucos os jovens começam a participar das atividades, debates e discussões, desenvolvendo críticas construtivas e opiniões, positivas ou não, a partir das situações de aprendizagem apresentadas pela BNCC.

Em busca de melhorar suas aulas, cada professor deve ter um conhecimento das necessidades pedagógicas de cada turma e cada estudante, dialogando, escutando - é isso que irá construir a melhor estratégia de ensino a ser utilizada por ele. Para tanto, é interessante realizar uma avaliação diagnóstica visando fazer uma prévia do que o estudante traz consigo acerca do assunto e, a partir daí, construir o conhecimento juntos (ZANCANARO et al., 2019).

Essas avaliações e diálogos, apesar de não previstos em todas as escolas, são valorizados quando a escola tem em vista também, a compreensão das características intelectuais dos alunos.

Baseadas no construcionismo, essa nova dinâmica de aulas permitirá ao jovem, autonomia e construção do ensino junto com o professor e amigos em constante fluxo de ideias.

Por meio da tecnologia conseguimos ampliar o acesso dos alunos a novos conhecimentos, independente da região em que se encontram. Além disso, a equipe trabalha com a personalização do ensino, que permite usar inteligências artificiais para determinar o ritmo de aprendizado de cada aluno (LAGOEIRO et al., 2019).

Ao serem notadas dificuldades tanto com a falta dos conhecimentos inerentes a internet, quanto a dificuldade de aprendizagem dos conteúdos específicos em genética, a equipe da escola ou o professor assume papel de mediador didático e tecnológico dos jovens, podendo aconselhar vários recursos disponíveis na rede, como, por exemplo, o Youtube Edu, Aplicativos no Google Play, Google Scholar, Quizlet, que podem servir como ferramentas para complementação das aulas e instrumentos que possibilitarão atividades

compartilhadas.

Os conteúdos transmitidos nas aulas à distância, por exemplo, se beneficiam do Google Meet, Google Doc, Google Classroom e Google drive, que permitem aos alunos organização e sistematização do que foi ensinado e para que avaliações possam ser desenvolvidas por meio de slides, textos, stop motion e podcast, como alternativa às provas tradicionais.

Esses dispositivos, podem ser aliados aos processos avaliativos formais nas escolas, tornando as avaliações menos estressantes, integrando ao aprendizado a criatividade e outras funções mentais. No entanto, no final do ciclo inteiro de aprendizagem em história da genética, mecanismos biológicos, tecnologias, implicações sociais, prós e contras, dentre outros assuntos derivados da matéria, para fins de avaliação na maioria das Escolas, apenas recurso tecnológico com fins criativos e/ou recreativos, não são consideradas avaliação suficiente para avaliação acadêmica.

Contudo, as metodologias ativas já fazem parte das avaliações nas Universidades e contribuem muito com a diminuição do estresse dos antigos métodos conteudistas.

O grande desafio é fazer com que os alunos entendam o que é realmente tecnologia, como ela faz parte da nossa vida diária, e que ela não se resume aos equipamentos de informática e telefonia. Para que aceitem e consigam utilizar estes recursos com melhor aproveitamento, é fundamental que o professor se convença e flexibilize os seus métodos. Para alguns professores, a relação com os alunos não deve ser vista como enfrentamento e sim como um desafio conjunto, buscando um equilíbrio entre o tradicional e o novo, de forma a tirar o máximo proveito dos recursos tecnológicos existentes (GOMES et al., 2019)

### **3. Conclusão**

Os estudos elencados em Genética, sempre foram consideravelmente prestigiados pela comunidade científica, e ao mesmo tempo, apesar de acompanhar o progresso social e científico, sempre foram alvo de debates e incompreensão do público em geral. Cada cientista e acontecimento envolvido, registrados nos livros, representam materiais de ampla aplicação social e

imprescindível conhecimento para os alunos em que buscam profissões e informação na área de Biologia, Biotecnologia, Agronomia e Medicina. Os livros e as plataformas de ensino contribuem muito para que os alunos tanto no ensino fundamental quanto médio, tenham compreensão progressiva dos conhecimentos científico/ biológicos em constante avanço no mundo inteiro. Todo o compêndio bibliográfico e conteúdo presente na internet sobre experiências laboratoriais, descobertas e feitos, nos privilegia com o contínuo processo de desenvolvimento da inteligência humana característica a cada época.

Com os conhecimentos em genética, submergimos profundamente na ciência da vida em busca da significação de nossa identidade biológica, tentando compreender passado, presente, futuro, permanência e impermanência. Alcançamos tantos progressos na área, que seu estudo mais fundamental se faz quase que obrigatório nas escolas, tanto na perspectiva progressista, em prol do desenvolvimento da ciência, quanto para a formação de cidadãos inteligentes e proficientes ao se deparar com desafios que concernem a bioética na sociedade.

O uso da tecnologia para esses fins, promove interação ao inserir o estudante como agente ativo na construção do conhecimento coletivo e colaborativo, trazer o mundo para dentro da sala de aula, de maneira reflexiva, crítica e cidadã (ZANCANARO et al., 2019).

Contudo, para que nós professores consigamos despertar essa geração tão apressada e muitas vezes perdida em seu mundo de interesses infinitos e superficiais, inerentes à adolescência, e inspirá-los ao universo científico, especificamente genética em ciências da natureza, temos que transformar metodologias organizando o aprendizado ao mesmo ritmo de vida dos alunos, tornando-o alegre, tecnológico e ao mesmo tempo adequado e produtivo.

Nesse sentido, o Construcionismo, que pressupõe programação das aulas, por Seymour Papert, surge como uma das melhores alternativas em nossos tempos, permitindo aos alunos maior engajamento no assunto abordado- genética e suas implicações - e participação significativa nas aulas, o que os estimula cada vez mais o “aprender com autonomia”. Apesar da liberdade vivenciada nos processos de aprendizado, os alunos são mediados para que não percam a finalidade do ensino, possibilitando aos jovens discernimento, significação do aprendizado e desenvolvimento de habilidades cognitivas, por meio da extensão da memória, atuação em rede, democratização de espaços e ferramentas

(FERREIRA et al. 2019).

Correspondendo ao novo projeto de Ensino Nacional, estabelecido pela BNCC, que se beneficia cada vez mais da tecnologia, os alunos têm a possibilidade de aprender mais em um curto espaço de tempo. Seguindo as normas nacionais, a tecnologia e o modelo de aulas híbridas complementam o projeto de ensino nas escolas, compatíveis com as demandas da sociedade atual que serão implementadas por todas as Escolas Públicas e Particulares a partir de 2022.

Por fim, apesar de vivenciarmos recente adequação ao modelo BNCC, muitas possibilidades aos métodos, estão à disposição dos docentes e discentes que buscam modernização e eficiência dos conteúdos ministrados nas aulas, permitindo o sucesso nos resultados no ensino- aprendizado.

#### 4. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D.E.B., BATISTA, E. CHRISTOVAN, G.K., SILVA, V., SCALISE, W. As metodologias ativas de aprendizagem e as tecnologias educacionais atuais: uma abordagem. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades**. Curitiba: Appris Editora 2019. cap 9. P. 129
- ARAUJO, Adriano; GUSMÃO, Fábio. **As Principais Dificuldades Encontradas No Ensino De Genética na Educação Básica Brasileira**. 10° Enfope. Atributo Dermeval Saviani. 2020. Disponível em :<<file:///E:/Revis%C3%A3o%20Bibliogr%C3%A1fica/ojsadmin,+4710-21260-2-ED.pdf>>. Acesso em 08/03/2023.
- BRASIL. **Agência Nacional de Telecomunicações**. Publicado em 04/01/2023. Disponível em :<<https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/em-2022-brasil-registrou-9-5-mil-escolas-sem-acesso-a-internet>>. Acesso em 31/03/2023.
- CAMARGO, E.A.F., CAMARGO, J.T.F., VERAZTO, E.V. Capacitação docente para uso das tecnologias no ensino superior. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades**. Curitiba: Appris Editora 2019. Cap 18.
- COOKSON, Clive. **Two women share Nobel chemistry prize for gene-editing discoveries**. Financial Times. Londres – UK. Outubro. 2020. Disponível em:< <https://www.ft.com/content/5dd9b5b4-f388-4049-8661-fed46fc3dda9>>Acesso em 06/02/2023.
- COTRIM, Gilberto. **Fundamentos da Filosofia: História e grandes temas**. 16° Edição. São Paulo -SP. Editora Saraiva.2006.301pgs.
- FERREIRA, A.A., QUEIROZ, J.P.S., ORLANDO, M.C.S., RAMOS, N., OLIVEIRA, R.C., SIMÃO, R.A., MASTRANTONIO, S.S. Os desafios do século XXI: o uso das mídias digitais na educação. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades**. Curitiba: Appris Editora 2019. cap 1.
- FREITAS, Rafaela; ARAÚJO, Elisângela; SILVA, Maria; REIS, Hellen. **Uma análise do conteúdo de genética no ensino fundamental conforme a BNCC**. Universidade Federal do Paraná. V.14. pg. 22-40, set./dez. 2021. Disponível

em:< <file:///D:/Desktop/material%20ufscar/13747-58821-3-PB.pdf>>

FRIDOVICH, Judith. **Enciclopédia Britânica. Epigenetics, definition, heritage, & diseases.** Disponível

em:<<https://www.britannica.com/science/epigenetics>>. Acesso em 01/04/2023.

GARCIA, A.O., AMARAL, S.F. Sociedade em rede e a competência docente em tecnologia da informação e comunicação. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades.** Curitiba: Appris Editora 2019. Cap 17. P. 234.

GIULIA, Tani. **Os 5 assuntos em biologia que mais confundem os alunos.**28/08/2018. Disponível em <https://guiadoestudante.abril.com.br/orientacao-profissional/os-5-assuntos-em-biologia-que-mais-confundem-os-alunos/>. Acesso em 06/11/2022.

GOMES, A.A., GOMES, C.J.S., ROSARIO, D.F., SOUZA, F.H., IPOLITO, J.A. SILVA, M.F., SANTOS, R.P. tecnologias educacionais no ensino profissionalizante. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades.** Curitiba: Appris Editora 2019. Cap 14. P. 189

GUIMARÃES, Maria. **O Legado de um Monge Invisível.** Periódicos Fapesp. Edição 239. Jan 2016.

<https://www.technologyreview.com/2019/05/15/239116/celebrity-biohacker-josiah-zayner-is-under-investigation-for-practicing-medicine-without-a/>>. Acesso em 09/01/2023.

LAGOEIRO, F.G., CRUZ, H., SOUZA, C.M., CURTOLO, E.M.C. Ensino híbrido: uma proposta de aplicação na formação de professores. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades.** Curitiba: Appris Editora 2019. Cap 6. P. 101

LODISH, Harvey; BERK, Arnold; ZIPURSKY, Lawrence; MATSUDAIRA, Paul; BALTIMORE, David; DARNELL, James. **Biologia Celular e Molecular.** 4º Edição. Rio de Janeiro-RJ. Editora Revinter. 1084pgs.

NETO, O.A.S., LOMAS, F.H., BALBI, R.A.O., CESH, E.M.G.S., JOLY, C., SANTORO, B.M.R. A resolução de problemas isoperimétricos, a partir do uso da tecnologia, em um contexto interdisciplinar. In: VERASZO, E.E.,

- BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades**. Curitiba: Appris Editora 2019. cap 5. P. 83
- REGALADO, Antonio. **MIT Technology Review. Celebrity biohacker Josiah Zayner is under investigation for practicing medicine without a license**. Disponível em:<
- SAKMAR, Har Gobind Khorana.**Pioneering Spirit**.21/02/2012.Disponível em:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3283548/>>. Acesso em 05/11/2022.
- SANT'ANNA, G.J., MARTINS, G.P.O., CORAL, J. BARRADA, W.F.S. Liberdade de expressão: uso de tecnologias educacionais digitais no ensino médio. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades**. Curitiba: Appris Editora 2019. Cap 4. P. 81
- SILVEIRA, Glauber. Canal Rural. **O Brasil alimenta 1 bilhão de pessoas anualmente**.13/10/2021.Disponível em:<<https://www.canalrural.com.br/noticias/brasil-alimenta-1-bilhao-de-pessoas-anualmente-diz-glauber-silveira/>> Acesso em 21/02/2023.
- TELLES, Mariana; DINIZ, Alexandre. **DNA Antigo: Obtenção e análise de dados genéticos a partir de material arqueológico**. Dissertação.2004. Universidade Federal de Goiás. Pgs194-209. Canindé. Xingó.17 pgs.
- VERASZTO, Estéfano; BAIÃO, Rodrigo; SOUZA, Henderson. **Tecnologias Educacionais: aplicações e possibilidades**. 1º Edição. Editora Appris. 293 pgs.
- WATSON, James; BAKER, Tania; BELL, Stephen; GANN, Alexander; LEVINE, Michael; LOSICK, Richard; HARRISON, Stephen. **Biologia Molecular do Gene**.7ªEdição. Porto Alegre - RS. Editora Artmed. 876 p.
- ZANCANARO, J.G.S., SERPA, M.E., PIRILLO, N.R., SCHERRE, P.P. Possibilidades, necessidades e desafios no uso das tecnologias educacionais: híbrido, colaborativo, ativo e integrado. In: VERASZO, E.E., BAIÃO, E.R., SOUZA, H.T. **Tecnologias educacionais: Aplicações e possibilidades**. Curitiba: Appris Editora 2019. Cap 2. P. 40.