

DIVERSIFICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOGENÉTICA

DIVERSIFICATION OF STRATEGIES IN THE TEACHING AND LEARNING OF CYTOGENETICS

DIVERSIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA CITOGENÉTICA

Luciana Aguilar-Aleixo

E-mail: lucianaaleixo@uesb.edu.br

RESUMO

O trabalho de Mendel com hibridização de ervilhas publicado em 1866 é considerado o nascimento científico da Genética, campo da Biologia que estuda a hereditariedade, a variação e a forma como os organismos transmitem as características de uma geração para a outra. Este relato de experiência docente apresenta a diversificação de estratégias no processo de ensino e aprendizagem de Citogenética e seu potencial na formação dos estudantes. Além de aulas teóricas dialogadas, aulas práticas e seminários, foi empregada também a metodologia ativa de aprendizagem baseada em projeto (ABProj). Nesta metodologia os alunos assumem o protagonismo do processo de ensino e aprendizagem, atuando colaborativamente na elaboração e execução da proposta. Antes dos dois eventos, intitulados “Citogenética no Campus” e “Citogenética na Praça”, a equipe confeccionou modelos e jogos didáticos e planejou a intervenção, visando a popularização da Citogenética, com ênfase na compactação do DNA, divisão celular e relação entre DNA, genes e cromossomos. No planejamento e realização dos eventos, os discentes traçaram estratégias inovadoras e eficientes, com criatividade e organização. Como resultado, percebeu-se que esta diversificação de estratégias foi efetiva na aprendizagem significativa de Citogenética pela turma, que teve a oportunidade de experimentar alguns dos desafios que irão enfrentar como profissionais de Ciências Biológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem significativa. Atividade lúdica. Metodologia ativa.

ABSTRACT

Mendel's work with hybridization of peas, published in 1866, is considered the scientific birth of Genetics, an area of Biology that studies heredity, variation and the way in which organisms transmit the characteristics from one generation to the next. This teaching experience report presents the diversification of strategies in the process of teaching and learning Cytogenetics and its potential in the training of students. In addition to theoretical lectures, practical classes and seminars, the active project-based learning methodology (PBL) was also employed. In this methodology, students assume the role of the teaching and learning process, working collaboratively in the preparation and execution of the proposal. Before the two events, the team made models and didactic games and planned the intervention, aiming at the popularization of Cytogenetics, with an emphasis on DNA compacting, cell division and the relationship between DNA, genes and chromosomes. In planning and conducting the events, the students devised innovative and efficient strategies, with creativity and organization. This diversification of strategies was effective in the significant learning of cytogenetics by the students, who had the opportunity to experience some of the challenges they will face as Biological Sciences professionals.

KEYWORDS: Meaningful learning. Playful activity. Active methodology.

RESUMEN

El trabajo de Mendel con la hibridación de guisantes, publicado en 1866, se considera el nacimiento científico de la Genética, un campo de la Biología que estudia la herencia, la variación y la forma en que los organismos transmiten las características de una generación a la siguiente. Este informe de experiencia docente presenta la diversificación de estrategias en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Citogenética y su potencial en la formación de los estudiantes. Además de las conferencias teóricas, las clases prácticas y los seminarios, también se empleó la metodología de aprendizaje activo basado en proyectos (ABProj). En esta metodología, los estudiantes asumen el rol del proceso de enseñanza y aprendizaje, trabajando de manera colaborativa en la

elaboración y ejecución de la propuesta. Antes de los dos eventos, titulados “Citogenética en el Campus” y “Citogenética en la Plaza”, el equipo realizó modelos y juegos didácticos y planificó la intervención, con el objetivo de popularizar la Citogenética, con énfasis en la compactación del ADN, la división celular y la relación entre ADN, genes y cromosomas. En la planificación y realización de los eventos, los estudiantes idearon estrategias innovadoras y eficientes, con creatividad y organización. Esta diversificación de estrategias resultó efectiva en el aprendizaje significativo de la Citogenética por parte de la clase, quienes tuvieron la oportunidad de experimentar algunos de los desafíos que enfrentarán como profesionales de las Ciencias Biológicas.

PALABRAS-CLAVE: *Aprendizaje significativo. Actividad lúdica. Metodología activa.*

INTRODUÇÃO

Há pelo menos 16.000 mil anos a humanidade começou a realizar cruzamentos entre organismos que apresentavam características vantajosas, aprimorando-as e obtendo benefícios do melhoramento de animais domésticos e plantas de interesse agrícola. Em 1866 Gregor Mendel publicou seu trabalho com ervilhas, o qual foi reinterpretado independentemente por três botânicos, Correns, de Vries e Tschermak-Seysenegg em 1900 (EL-HANI, 2016). Paralelamente, no último quarto do século XIX, inúmeros avanços na compreensão da divisão mitótica foram obtidos em estudos realizados por Anton Schneider, Strasburger e Flemming (SUMNER, 2003).

No início do século XX Sutton e Boveri elaboraram a hipótese cromossômica da herança (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015), inaugurando uma nova área na qual a citologia e a Genética superpõem seus conhecimentos, denominada Citogenética. Entre 1909 e 1911 Johanssen cunhou os termos gene, genótipo e fenótipo. Em 1910 Thomas Hunt Morgan e sua equipe elucidaram os princípios da herança ligada ao sexo e três anos mais tarde a herança de genes ligados em um mesmo cromossomo.

A Genética passou por grandes descobertas ao longo do século XX e adentrou o século XXI sob grande expectativa, como o sequenciamento do genoma humano, finalizado em 2003 e as inúmeras aplicações da Biotecnologia nas áreas da saúde, agropecuária e taxonomia. Apesar de sua relevância, grandes são as dificuldades encontradas por estudantes da educação básica e superior, tanto na compreensão dos princípios da herança mendeliana, quanto no acompanhamento dos rápidos avanços na área da Biotecnologia.

A história e filosofia da Ciência são frequentemente negligenciadas, tanto nos livros didáticos adotados no ensino médio, quanto na formação dos biólogos. A carência deste debate compromete a formação crítica e reflexiva destes profissionais, favorecendo a compreensão equivocada da Ciência como pronta e acabada (AUGUSTO; BASÍLIO, 2018). Nesta perspectiva o professor da educação básica carece de bases epistemológicas para diversificar

suas práticas metodológicas, ficando limitado às aulas teóricas tradicionais. É necessário compreender a Ciência como uma construção coletiva, influenciada pelo contexto histórico de seus personagens. Quando a educação se apoia nos ideais positivistas, não há incentivo ao desenvolvimento do pensamento crítico (ISKANDAR; LEAL, 2002).

A aprendizagem baseada em projetos (ABProj), se apresenta como uma metodologia ativa de ensino e aprendizagem que estimula a autonomia e colaboração entre estudantes, capaz de contribuir para o desenvolvimento de competências cada vez mais desejáveis, como a colaboração, interdisciplinaridade e inovação (GEMIGNANI, 2012).

Os objetivos desta experiência foram a associação da ABProj a outras estratégias de ensino e aprendizagem, buscando propiciar aos discentes a ressignificação de alguns conteúdos de Genética, Biologia Molecular e Citologia. Os estudantes foram provocados a inter-relacionar conceitos importantes da Citogenética, bem como a atuar na popularização destes conhecimentos, o que propiciou o exercício de transposição cuidadosa do conhecimento produzido na academia para o público diversificado dos eventos realizados.

REFERENCIAL TEÓRICO

Contextualização histórica da Genética

Muito antes de compreender os princípios da hereditariedade, a humanidade já realizava a seleção artificial de plantas e animais domésticos, por meio do cruzamento de espécimes que apresentavam características de interesse agrícola e pecuário. Ao longo de quase 5 anos navegando por regiões tropicais a bordo do Beagle, Darwin realizou inúmeras observações e coletas, fundamentais à elaboração da teoria da Evolução por seleção natural. De volta à Inglaterra, a observação dos mecanismos de diferenciação entre raças de animais domésticos recebeu grande atenção deste naturalista, sendo fundamental na sustentação de sua obra-prima, “A origem das espécies” (DESMOND; MOORE, 2009).

O trabalho de Mendel com hibridização de ervilhas do gênero *Pisum*, publicado em 1866, é considerado o nascimento científico da Genética, campo da Biologia que estuda a hereditariedade, a variação e a forma como os organismos transmitem as características de uma geração para a outra. Entretanto, a despeito de sua importância, Mendel não fazia distinção entre as características e os fatores hereditários que as determinam. Mendel estaria interessado em horticultura, buscando compreender se a hibridização poderia dar origem a novas espécies

genuínas (EL-HANI, 2016). Até sua “redescoberta”, o trabalho de Mendel só foi citado em estudos voltados para a produção de híbridos (ANDRADE; SILVA, 2016).

Já na área da Citologia, a ideia de cromossomos surgiu no último quarto do século XIX (SUMNER, 2003). Estudando platelmintos, Anton Schneider, um zoólogo alemão, foi o primeiro a descrever a divisão mitótica e a presença de corpos corados no núcleo em divisão. Em 1875 Strasburger descreveu minuciosamente a mitose em plantas. Entre 1879 e 1882, Flemming detalhou a mitose em animais.

Os trabalhos de Mendel foram reinterpretados independentemente, na virada do século XX, pelos botânicos Correns, de Vries e Tschermak-Seysenegg. Avanços na compreensão da estrutura celular, do seu funcionamento e do comportamento cromossômico durante sua divisão foram fundamentais para que estes botânicos fossem capazes de compreender os princípios hereditários subentendidos no trabalho de Mendel (EL-HANI, 2016). Vários pesquisadores, incluindo Johannsen, Correns, de Vries e Bateson atestaram a validade dos princípios mendelianos em outros organismos (MARTINS; PRESTES, 2016).

Trabalhando independentemente, Sutton e Boveri chegaram à conclusão de que os fatores mendelianos apresentavam o mesmo comportamento que os cromossomos meióticos. Entre 1902 e 1903 foi elaborada a hipótese cromossômica da herança de Sutton-Boveri (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015). Esta teoria foi pouco aceita a princípio, inclusive por Morgan, Bateson e Johannsen (MARTINS; PRESTES, 2016).

Entre 1909 e 1911 Johannsen cunhou os termos gene, genótipo e fenótipo. O conceito de gene era abstrato, sem relação com o cromossomo. Como fenótipo o botânico se referia à aparência dos organismos em diferentes fases do desenvolvimento. Já o significado de genótipo passou por transformações ao longo dos anos, migrando do conceito concreto de “soma de todos os genes” entre 1911 e 1913, para o conceito abstrato de “constituição fundamental do organismo”, em 1926 (JUSTINA et al. 2010).

Realizando experimentos com coloração nuclear, em 1914 Fuelgen descreveu que a quantidade de DNA no núcleo é proporcional à intensidade de coloração desta organela. Baseado nesta evidência, concluiu que a quantidade de DNA permanecia conservada no núcleo das células de um organismo, exceto nos gametas, que apresentavam a metade do DNA das células somáticas. Em 1915 Morgan e sua equipe publicaram a obra intitulada “O mecanismo da herança mendeliana”, na qual esclareciam que os genes estão fisicamente localizados nos cromossomos e sofrem permuta durante a meiose, podendo estar ligados em um mesmo

cromossomo, de forma que a segregação independente não é um princípio universal. Com base nas taxas de recombinação entre genes, construíram o primeiro mapa genético utilizando *Drosophila melanogaster* como modelo (BUSTAMANTE; JARRÍN, 2018).

Em 1918 Fisher publicou o artigo intitulado “A correlação entre aparentados na premissa de herança mendeliana”, encerrando a disputa entre biometristas e mutacionistas, ao demonstrar que os mesmos princípios eram responsáveis pela herança dos caracteres qualitativos e quantitativos (MATIOLI; EGGERS, 2016). Vários estudos se sucederam aos supracitados, culminando entre as décadas de 1930 e 1940 na Síntese Moderna, em que contribuições de geneticistas, sistematas e paleontologistas reconciliaram a teoria darwiniana e a Genética. Fisher, Wright e Haldane desenvolveram uma teoria matemática da genética de populações, demonstrando que as mutações fornecem a matéria prima sobre a qual atua a seleção natural (FUTUYMA, 2009).

Em mais um exemplo histórico da construção científica do conhecimento, inúmeros pesquisadores, com destaque para Rosalind Franklin, Maurice Wilkins, James Watson, Francis Crick, e a equipe de Linus Pauling, se lançaram na busca por um modelo para a estrutura do DNA. Em abril de 1953 Watson e Crick publicaram o artigo no qual apresentavam a estrutura tridimensional da molécula de DNA (BUSTAMANTE; JARRÍN, 2018).

As décadas subsequentes à descrição da estrutura do DNA foram marcadas pelo rápido avanço da Genética, desde a tecnologia do DNA recombinante até a os avanços na genômica comparativa e metagenômica vivenciada atualmente. Estes rápidos avanços nem sempre são acompanhados pelos materiais didáticos e por professores da educação básica. Ademais, por tratar de temas abstratos, muitas vezes os conceitos da Genética como um todo e especialmente da Citogenética são mal compreendidos, até mesmo por estudantes do ensino superior.

Ensino de Genética: desafios e possibilidades

Aulas práticas e o ensino pautado na investigação focam a aprendizagem no desenvolvimento de habilidades próximas do “fazer científico”. Já a simples apresentação teórica dos assuntos nas aulas de ciências da educação básica, muitas vezes perpetua dúvidas e conceitos equivocados dos temas abordados em aula (SANTANA; SOUZA; FRANÇA, 2017).

Segundo Pereira, Cunha e Lima (2020), a dificuldade enfrentada no letramento científico de estudantes na área de Genética se deve à grande quantidade de termos abstratos,

que dificultam sua inter-relação. Ao responderem a um questionário, os 32 discentes do terceiro ano do ensino médio de três escolas públicas e uma escola privada no Pará, informaram que os principais recursos utilizados no ensino de Genética em suas respectivas escolas eram o quadro branco, Datashow e livro didático.

A relação entre DNA, genes e cromossomos é mal compreendida pela maioria dos estudantes do ensino médio e inclusive por discentes da graduação em Ciências Biológicas (SAKA et al., 2006). Melo e Cortelazzo (2006) propuseram a articulação entre estes conceitos em uma dramatização da compactação do DNA. Alguns modelos didáticos também foram propostos para a compreensão desta relação, tão importante na área da Genética. Em um destes modelos, a confecção de cromossomos e nucleotídeos de EVA, permitiu a compreensão dos genes como parte integrante dos cromossomos, auxiliando também o entendimento das unidades componentes dos desoxirribonucleotídeos: base nitrogenada, desoxirribose e grupamento fosfato. Este modelo esclarece também o pareamento específico entre Adenina e Timina, que realizam entre si duas ligações de hidrogênio e entre Guanina e Citosina, que realizam entre si três ligações de hidrogênio (TEMP; CARPILOVSKY; GUERRA, 2011). Estes quatro tipos de nucleotídeos compõem a molécula dupla-fita de DNA. Em um outro trabalho foi proposta a confecção de uma molécula tridimensional de DNA, facilitando a formação da representação mental desta molécula pelos estudantes (MOLL; LORENTI, 2014).

As dificuldades enfrentadas por estudantes de ensino médio no processo de ensino e aprendizagem de Genética podem ser superadas com a utilização de estratégias de ensino diversificadas, por meio de múltiplas abordagens (SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019). Atividades lúdicas, aulas práticas e a construção de modelos didáticos são exemplos de estratégias que quando associadas às aulas teóricas facilitarão a compreensão de conceitos abstratos da Genética.

Mascarenhas e colaboradores (2016), obtiveram êxito utilizando atividades lúdicas propostas por diversos autores no ensino de conceitos fundamentais da Genética. Trabalharam com divisão celular, estrutura tridimensional da molécula de DNA, cruzamentos mendelianos com ervilhas, aplicação das leis de Mendel a caracteres humanos, incluindo o sistema ABO de tipagem sanguínea e princípios de transmissão de doenças genéticas. Docentes e alunos realizaram também a prática de extração do DNA de morango. Ao final, os discentes foram encaminhados ao laboratório da universidade para que pudessem acompanhar atividades desenvolvidas por bolsistas de pesquisa para sistematizarem a relação entre teoria e prática.

Nesta intervenção, os estudantes protagonizaram o processo de ensino e aprendizagem e a aprendizagem foi significativa.

A inserção de recursos didáticos diferenciados nas aulas promove maior compreensão dos conteúdos abordados, qualificando o processo de ensino e aprendizagem e estimulando o senso crítico e a participação ativa dos alunos nas aulas (NICOLA; PANIZ, 2016). Nesse sentido, focados no ensino profissionalizante, Barbosa e Moura (2013) destacam a relevante contribuição das metodologias ativas na criação de ambientes de aprendizagem contextualizada, com impactos de grande interesse na formação. Gemignani (2012) pontua que além dos conhecimentos específicos, é preciso formar profissionais com novas competências, como trabalho em grupo, colaboração, conhecimento interdisciplinar, habilidade para inovação, e educação para o desenvolvimento sustentável.

Dentre as metodologias ativas de ensino e aprendizagem voltadas para estas competências, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj). Esta metodologia se fundamenta em uma abordagem construtiva, pois é projetada para motivar os alunos a se envolverem ativamente nas atividades de aprendizagem visando a elaboração de produtos tangíveis (JUMRODAH; LILIASARI; ADISENDJAJA, 2019). Barbosa e Moura (2013, p. 53) destacam que “com métodos ativos, os alunos assimilam maior volume de conteúdo, retêm a informação por mais tempo e aproveitam as aulas com mais satisfação e prazer”.

Uma grande parcela dos licenciados em Ciências Biológicas irá atuar como professor na educação básica, ao passo que a maioria dos bacharéis irá elaborar relatórios de impacto ambiental, atuar em órgãos públicos de manejo da flora e fauna silvestres, enfim, em ambas as formações o biólogo deverá se posicionar de forma ética e crítica para desempenhar satisfatoriamente suas atividades profissionais. Nesta perspectiva, estratégias que promovam o desenvolvimento de habilidades e competências específicas, como a elaboração de projetos e sua execução colaborativa são desejáveis.

Quando entendemos o professor como responsável por proporcionar condições aos alunos para que estes tenham autonomia na construção do conhecimento, compreendemos a importância de mudanças nas estratégias metodológicas de ensino de Ciência, uma vez que o método tradicional, expositivo, se mostra ineficiente e excludente (SOUZA et al., 2018). Este relato de experiência docente visa apresentar a diversificação das estratégias de ensino e aprendizagem de Citogenética com o intuito de aguçar diferentes sentidos dos estudantes, promovendo a aprendizagem significativa com respeito às diferenças.

MÉTODOS

A disciplina Citogenética Geral, componente curricular optativo com carga horária total de 60 horas, foi ofertada para uma turma composta por 14 discentes dos cursos de bacharelado e licenciatura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista. Além dos 14 discentes matriculados e da docente, participaram também dois monitores.

Visando propiciar a aprendizagem significativa, facilitando a interconexão de conceitos e uma visão interdisciplinar da Biologia, optou-se pela diversificação das estratégias metodológicas, imersas na aprendizagem baseada em projeto (ABProj). A ABProj passa pelas fases de intensão, preparação, execução e apreciação (BERBEL, 2011).

Na primeira aula foi apresentada à turma a proposta de desenho didático da disciplina, focada em ressignificar o conhecimento por intermédio de um projeto de popularização do conhecimento citogenético, promovendo o diálogo sociedade-universidade, um dos focos da extensão universitária.

Dentre as finalidades do emprego destas variadas estratégias metodológicas, vale ressaltar a promoção dos alunos ao papel de protagonistas na construção do conhecimento, que além de estimulante favorece a aprendizagem colaborativa, na qual o professor assume o papel de mediador, na curadoria dos conteúdos (PIMENTEL; CARVALHO, 2020).

Para ampliar o conhecimento de Genética e favorecer a compreensão integrada de conceitos já apresentados em aulas de disciplinas obrigatórias do curso, como Biologia Celular, Genética Clássica e Biologia Molecular, foram utilizadas diferentes abordagens, envolvendo aulas teóricas dialogadas, aulas práticas, apresentação de seminários abordando a aplicação das técnicas citogenéticas para diferentes finalidades e a elaboração de um projeto de extensão voltado para a produção de materiais didáticos e popularização do conhecimento citogenético.

A carga horária da disciplina foi distribuída nas diferentes atividades, sendo 2 horas investidas no planejamento do projeto, 20 horas destinadas às aulas teóricas dialogadas, 12 horas dedicadas às aulas práticas, 8 horas destinadas aos seminários, 6 horas utilizadas na preparação de materiais didáticos para utilização nos eventos, 10 horas destinadas aos eventos e duas horas destinadas à avaliação das ações e da disciplina de forma geral. O evento “Citogenética no *Campus*” durou 4 horas e o evento “Citogenética na Praça”, 6 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira aula, após a discussão do desenho didático proposto pela docente, os discentes foram estimulados a colaborar na elaboração de um projeto de Extensão que envolveria as aulas da disciplina e duas culminâncias: os eventos “Citogenética no *Campus*” e “Citogenética na Praça”. Esta ABProj apresentou duas finalidades principais: a primeira delas seria promover a ressignificação dos conteúdos no percurso de confecção de modelos didáticos, atividades lúdicas, preparo de lâminas e levantamento de curiosidades a serem apresentadas ao público nos eventos de extensão e, a segunda, seria contribuir com a popularização da Ciência, atuando na mediação do conhecimento e na elaboração de sua transposição da linguagem técnica utilizada nas aulas da graduação, para uma linguagem acessível ao público dos eventos. Juntos docente, discentes e monitores elaboraram a proposta, que foi redigida pela docente. Realizaram a divulgação e prepararam os materiais a serem utilizados nos eventos.

Ao longo de todo o semestre as diferentes estratégias de ensino e aprendizagem foram cuidadosamente mescladas, de modo a propiciar a aprendizagem centrada nos alunos, que atuaram ativamente no processo. Ao aprender e adquirir conhecimento de forma contextualizada, é possível a integração de informações já bem fundamentadas às novas informações, propiciando a aprendizagem significativa (MASINI, 2016).

A contextualização no ensino de Ciências permite o desafio e problematização das informações trazidas para a sala de aula, facilitando a superação e a construção de conhecimentos cada vez mais complexos. Assim o conhecimento ganhará significado real para o discente, propiciando a atribuição de novos sentidos às concepções e palavras que já eram compreendidas em seu cotidiano. Uma vez que as novas concepções sejam construídas de maneira contextualizada, o aluno pode se apropriar de ações e de ideias, sendo capaz de operar com elas ao invés de simplesmente memorizar conhecimentos (LEITE; RADETZKE, 2017).

Na formação de professores de Ciências a reflexão crítica é fundamental. Aprendizagens duradouras são as que provêm de experiências educativas que integram o pensar, o sentir e o agir humanos. A educação sensível é capaz de fornecer aos sujeitos a compreensão do mundo sem perda da sensibilidade, fundamental à construção do conhecimento (D'ÁVILLA, 2016).

As aulas teóricas dialogadas permitiram primeiramente a contextualização histórica dos estudos citogenéticos, relacionando-os aos princípios da herança mendeliana, à estrutura celular e à composição cromossômica, bem como ao ciclo celular e meiose. A inter-relação entre Genética e Evolução também foi apresentada, favorecendo a compreensão da importância dos

fundamentos da herança genética para a construção da Síntese Moderna. Abordamos também a estrutura e compactação do material genético, com ênfase na relação entre DNA, genes, cromatina e cromossomos.

Com o propósito de aproximar os discentes dos princípios citogenéticos, uma aula teórica dialogada versou sobre a classificação dos cromossômicos metafásicos e sua organização em cariótipos, trazendo as principais técnicas de bandeamento cromossômico e suas aplicações em estudos citotaxonômicos, filogenéticos e das citopatologias humanas. Em outra ocasião debateu-se os tipos de alterações cromossômicas estruturais e numéricas, rearranjos cromossômicos e suas implicações na Evolução das espécies e na saúde humana.

Outros assuntos abordados nas aulas teóricas dialogadas foram cromossomos sexuais, cromossomos B, técnicas de citogenética molecular (*fluorescent in situ hybridization* – FISH), suas variações e aplicações.

A segunda estratégia consistiu em aulas práticas, que incluíram a coleta de espécimes de anfíbios no próprio *campus* da universidade, a obtenção de cromossomos mitóticos, montagem e coloração convencional das lâminas, sua varredura, localização de metáfases e foto documentação. As melhores metáfases foram utilizadas para a montagem do cariótipo. Os discentes observaram também lâminas permanentes de metáfases humanas e da raiz de cebola, permitindo a identificação das fases da mitose neste vegetal modelo.

A terceira abordagem consistiu na apresentação de seminários por duplas de alunos, trazendo os principais avanços dos estudos citogenéticos, aplicados às áreas de citotaxonomia e evolução, saúde e diagnóstico de doenças humanas e diagnóstico ambiental. Os seminários foram cuidadosamente preparados pelas duplas de alunos, com o apoio dos monitores e da docente, que mediu a seleção de artigos atualizados e de outras referências bibliográficas relevantes. Os seminários foram seguidos de um animado debate, no qual os alunos trocaram experiências e vislumbraram as diferentes aplicações da Citogenética.

A quarta e última estratégia utilizada consistiu na aprendizagem baseada em projeto (ABProj). Sua construção se deu ao longo de toda a disciplina, de forma que as outras estratégias de ensino e aprendizagem tiveram importante papel na preparação dos alunos para atuarem ativamente na idealização, preparação e execução das atividades. Do projeto proposto no desenho didático da disciplina, nasceram dois eventos: “Citogenética no *Campus*”, realizado no dia 03 de setembro, em comemoração ao dia do Biólogo, e o evento “Citogenética na Praça”,

que ocorreu conjuntamente a ações de outras disciplinas do curso, em uma das principais praças do município.

Paralelamente às aulas teóricas dialogadas e às aulas práticas, na fase preparatória dos eventos, a equipe se dedicou à elaboração de estratégias que facilitassem a transposição do conhecimento científico para uma linguagem mais lúdica e estimulante, capaz de promover a socialização das estruturas do DNA, genes e cromossomos com o público amplo, formado por estudantes da educação básica e transeuntes que porventura se interessassem pela nossa intervenção. Após a fase de elaboração, a equipe iniciou a construção dos modelos e jogos didáticos que seriam utilizados nas intervenções. A seguir os modelos, jogos e outras estratégias serão descritos na sequência didática proposta pela turma, utilizada com os visitantes durante o evento. Os 14 discentes e dois monitores se distribuíram em grupos, de forma que os visitantes interagiam com todos eles. A docente circulou durante os eventos entre as equipes, visando contribuir com esclarecimentos e apoio logístico necessário. Cabe ressaltar que os alunos se alternavam entre os postos, de modo que todos acabaram por experimentar todas as fases da sequência didática, no papel ativo de mediadores do conhecimento.

Com base na estrutura em molécula de DNA, foi confeccionado um modelo apresentando a dupla hélice do DNA (Figura 1d e Figura 2a). Utilizando bolinhas de isopor, palitos de dente, tinta guache e um fio de aço pouco flexível, foi confeccionada uma dupla hélice de DNA com cerca de 60 cm de altura e cerca de 15 centímetros de diâmetro. As duas cadeias complementares e antiparalelas ficaram em evidência, bem como os “degraus da escada”, formados pelos pares de bases nitrogenadas complementares adenina – timina (AT) e guanina – citosina (GC), que se ligam por meio de duas e três ligações de hidrogênio respectivamente.

Um outro modelo de dupla hélice do DNA confeccionada pela técnica de origami, proposto por Sepel e Loreto (2007) contribuiu para a visualização da complementariedade entre as duas fitas do DNA, que são antiparalelas. Como vantagens deste modelo os autores destacam o envolvimento dos discentes, que participam ativamente da montagem da molécula, o baixo custo, sua rápida execução e a visualização e discussão das principais características da molécula de DNA, permitindo explorar alguns aspectos de seu funcionamento e dos graus de compactação requeridos para sua manutenção dentro das células.

Foram levantadas também algumas curiosidades, como o comprimento total do DNA de cada célula humana, que chega a 2 metros de comprimento. Como cada indivíduo possui

cerca de 87,2 trilhões de células, se colocássemos todo o seu DNA descompactado e enfileirado, daria para ir e voltar ao Sol 66,8 vezes!!!! Mas como todo este DNA cabe nas células de nosso corpo? Tendo esta instigante pergunta como ponto de partida, outro grupo de alunos apresentava os modelos de compactação do DNA.

Os discentes atuaram colaborativamente na confecção de um terceiro modelo, detalhando a compactação do material genético. Barbante representando a molécula dupla-fita de DNA foi enrolado ao redor dos octâmeros de histonas, com duas voltas, e então preso pelas histonas H1. As histonas, incluindo suas caudas passíveis de metilação, foram confeccionadas com *biscuit* colorido. Octâmeros de histonas, sua associação com o DNA e histona H1 na formação dos nucleossomos, e sua organização helicoidal na constituição da cromatina foram cuidadosamente confeccionados, facilitando assim a compreensão da importância e minúcia da compactação do material genético. Este modelo, fixado sobre uma placa de MDF fina, continha desde a dupla fita até o cromossomo metafásico, em seu grau máximo de compactação (Figura 2b).

O quarto modelo consistiu em um cromossomo com aproximadamente 20 centímetros, contendo duas cromátides confeccionadas com fio elétrico vermelho retorcido. Seu homólogo foi confeccionado com fio elétrico azul, de forma que o primeiro representa o cromossomo herdado do genitor feminino e o segundo homólogo aquele herdado do genitor masculino. Aproveitou-se para a associação de conceitos como célula diploide e haploide, segregação dos cromossomos homólogos, loco gênico e alelos. Após estas primeiras etapas, os visitantes eram convidados a visualizar os cromossomos metafásicos de *Scinax x-signatus*, uma espécie de anfíbio e de humano do sexo masculino ao microscópio óptico. Em um terceiro microscópio foram apresentadas as fases da mitose em raiz de cebola. Na figura 1e pode-se visualizar os discentes preparando os microscópios e na figura 2d uma discente localizando uma metáfase na lâmina.

Para facilitar a compreensão das etapas da mitose, os discentes produziram um painel contendo a representação de uma célula $n=3$ em divisão mitótica (Figura 2c). Para contribuir na compreensão das fases da meiose e dos principais eventos desta divisão, importantes para a variabilidade genética e também para a manutenção do número diploide da espécie conservado ao longo das gerações, foi criado o “Jogo da memória meiótico”. Para cada definição, presente em uma carta, foi produzida uma ilustração correspondente. O jogo continha 24 cartas,

referentes a 12 eventos meióticos. Duplas de visitantes eram desafiadas a jogar, o que permitiu a associação de aprendizagem e diversão (Figura 1b).

Os discentes representaram também genótipos e fenótipos de cor da flor, associando os alelos aos cromossomos homólogos para facilitar a visualização dos gametas produzidos e dos resultados obtidos em cruzamentos monoíbridos com dominância completa (Figura 1c).

Por fim, foi desenvolvido também o jogo: “Na trilha da Citogenética” (Figura 2e). Uma trilha foi produzida com retângulos de papel pardo de 30 cm X 50 cm, conectados entre si por fita de cetim colorida. Cada retângulo recebeu um número, de 1 a 18, correspondente a informações contidas em um roteiro mantido pelo discente moderador da atividade. Foi confeccionado também um dado gigante, com aproximadamente 30 centímetros de aresta, produzido com uma caixa de papelão encapada com cartolina. O jogo permite a participação de duas a quatro pessoas. Após o lançamento do dado, a pessoa caminha pela trilha, e ao chegar à casa correspondente ao número tirado no dado, o discente moderador lê a consequência. Mutações deletérias, encurtamento do telômero e perda de alelos por deriva genética, por exemplo, estão associadas ao retorno de 1 a 3 casas. Fenômenos “vantajosos”, como aumento da variabilidade na formação dos gametas por recombinação e compactação adequada do DNA favorecendo a divisão celular, por exemplo, estão associados ao avanço de 1 a 3 casas. Ganha o jogo quem chegar primeiro à casa final, intitulada “especialização celular”. Foi muito satisfatório ver crianças, jovens e adultos vibrando a cada conquista nos jogos desenvolvidos pela turma.

No evento “Citogenética no *Campus*”, foram enchidos balões do tipo canudo utilizados para representar o pareamento entre os cromossomos homólogos durante a prófase I da meiose. Em sua superfície colamos fitas adesivas de cores diferentes, que representavam os diferentes locos gênicos. Estes cromossomos de balões foram utilizados também na decoração do estande (Figura 1a). Além de estudantes de diferentes cursos de graduação, técnicos universitários, professores e outros transeuntes, contamos com a participação de 30 discentes do ensino médio técnico do colégio estadual localizado no *campus*. Como não conseguimos oficializar uma visita com os professores do colégio, os alunos aproveitaram o intervalo entre as aulas para prestigiar nosso evento. Satisfeitas com o convite, as professoras da escola pública do ensino fundamental “Bem Querer”, inserida no *campus* da UESB, levaram aproximadamente 60 alunos das turmas do quinto ano para prestigiar nosso evento. As crianças ficaram encantadas, participando de todas as atividades e questionando nossa equipe com várias dúvidas e

curiosidades. Para alegrar as crianças, distribuímos balões tipo canudo representando cromossomos metafásicos mitóticos de diferentes classificações com relação à constrição primária: metacêntricos, submetacêntricos, telocêntricos e acrocêntricos.

Com o intuito de contribuir para o ensino e aprendizagem de Citogenética, Larentis e colaboradores (2020) desenvolveram um modelo no qual 66 cromossomos foram confeccionados com tecido e espuma para seu enchimento. A partir deste modelo esperam uma ampla perspectiva do cariótipo humano e suas variações mais frequentes. Os autores supracitados ponderam que como mediador do processo, o professor deve incentivar seus alunos na busca constante pelo conhecimento, tendo o conhecimento previamente adquirido como ponto de partida.

Figura 1. Citogenética no *Campus*. a – Visão geral do estande; b – Discente e visitantes jogando o “Jogo da memória meiótico”. c – Discentes apresentando os resultados de um cruzamento monoíbrido; d – Discentes apresentando os modelos da molécula de DNA e de cromossomos; e – Discentes preparando os microscópios para a visualização dos cromossomos mitóticos humanos, de anfíbio e da raiz de cebola.



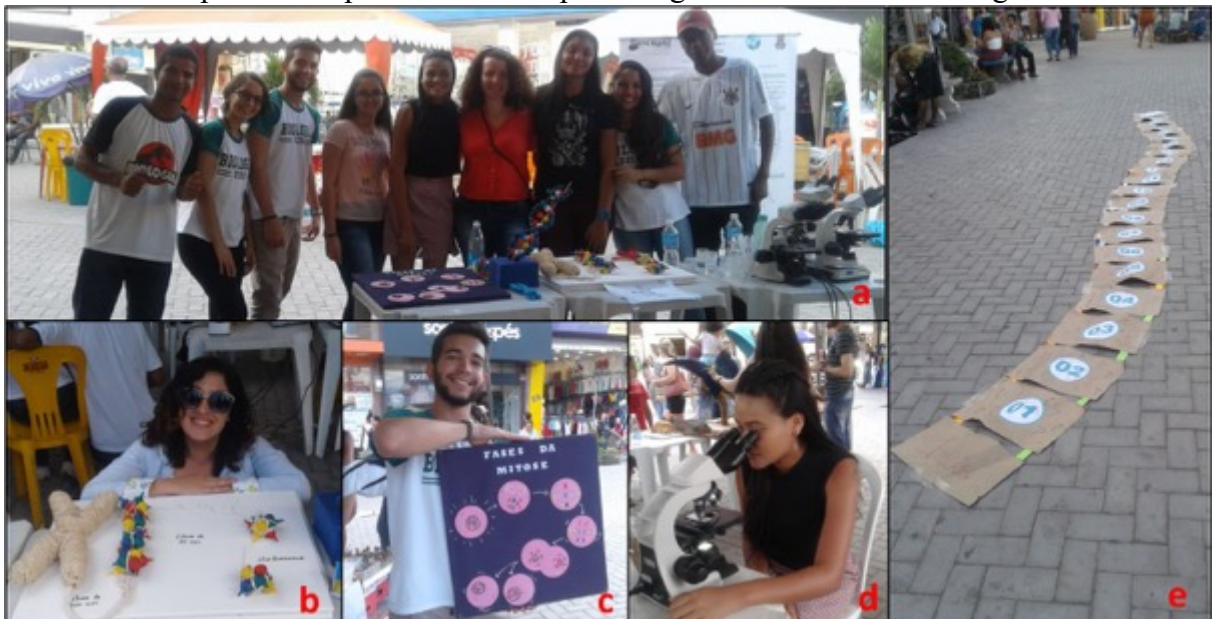
Fonte: Autoria própria.

O segundo evento, “Citogenética na Praça”, ocorreu no dia 08 de novembro de 2019, em uma das principais e mais movimentadas praças da cidade. Além da equipe de Citogenética estavam presentes também discentes e docentes de disciplinas das áreas de Zoologia, Geologia, Paleontologia e Bioquímica, em uma atividade interdisciplinar. Com ampla divulgação,

recebemos centenas de visitantes, que ficaram maravilhados com a Citogenética e também com as outras áreas das Ciências Naturais abordadas. Idosos que nunca tinham visto cromossomos ao microscópio tiveram esta oportunidade, e muitos deles passavam muito tempo nos estandes, demonstrando grande interesse em obter mais informações. As mesmas atividades realizadas no evento “Citogenética no *Campus*” foram reproduzidas nesta ocasião.

Os discentes da disciplina se mostraram bastante motivados e se dedicaram por longas horas à popularização da Citogenética, demonstrando o potencial deste projeto no envolvimento dos discentes, que assumindo o papel de protagonistas, superaram suas limitações e se apropriaram do conhecimento, evidenciando o potencial da ABProj bem como das atividades lúdicas no ensino e aprendizagem.

Figura 2. Citogenética na Praça: a – Docente e alguns discentes no estande; b – Discente explicando o modelo da compactação do DNA; c – Discente apresentando cartaz com as fases da mitose; d – Discente localizando metáfase na lâmina; e – “Trilha da Citogenética”, jogo didático criado pela turma para o ensino e aprendizagem de fundamentos citogenéticos.



Fonte: Autoria própria.

Em versão anterior da disciplina, discentes e docente focaram a ABProj na construção de um seminário aberto ao público, no qual os discentes, docente, e professores convidados ministraram palestras sobre os mais variados temas de Citogenética. Na ocasião também obteve-se êxito no ensino e aprendizagem deste assunto, com os discentes assumindo papel ativo, o que proporcionou a aprendizagem significativa (AGUILAR-ALEIXO, 2021)

Ao final da disciplina os discentes, monitores e professora realizaram uma roda de conversa, na qual foram comentadas as experiências e percepções em relação à construção e desenvolvimento do projeto. De maneira geral os discentes se mostraram satisfeitos com a diversidade de estratégias de ensino e aprendizagem empregadas na disciplina. O último encontro foi finalizado com alegria e comemoração do sucesso da empreitada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pautado em estratégias alternativas de ensino e aprendizagem, este relato de experiência apresenta a importância da contextualização histórico-filosófica da construção científica da Genética e da Citogenética, subárea voltada para o estudo dos cariótipos e dos cromossomos que o compõem. Esta abordagem favorece o desenvolvimento de senso crítico e a diversidade de estratégias favorece a ressignificação de conceitos já apresentados em outras disciplinas do curso, mas poucas vezes inter-relacionados e compreendidos como complementares.

A aprendizagem baseada em projeto, associada a aulas expositivas dialogadas, seminários e aulas práticas, nas quais os discentes puderam associar os conceitos teóricos ao material biológico, se mostrou bastante eficaz, promovendo a aprendizagem significativa dos conteúdos.

Nas ações extensionistas, atuando como mediadores na transposição cuidadosa do conhecimento acadêmico para um público diversificado, os estudantes tiveram a oportunidade de vivenciar desafios que serão enfrentados em sua vida profissional, se dedicando à inclusão de visitantes provenientes de diferentes contextos sociais, numa abordagem baseada na sensibilidade e empatia. Os discentes foram instigados a atuar colaborativamente, traçando estratégias inovadoras e eficientes, com criatividade e organização.

Espera-se que essa experiência desperte outros profissionais das Ciências Biológicas para a importância de olhar para o outro com sensibilidade às diferenças, diversificando as estratégias metodológicas e contribuindo para a popularização da Ciência.

REFERÊNCIAS

AGUILAR-ALEIXO, L. Cromossomos, segredos e mistérios: metodologia alternativa no ensino de Citogenética. *Extensão & Cidadania*, V. 9, n. 15, 2021. ISSN 2319 – 0566. DOI: <https://doi.org/10.22481/recuesb.v9i15.8716>. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/recuesb/article/view/8716/5863> Acesso em: 26 de agosto de 2021.

- ANDRADE, L. A. B.; SILVA, E. P. Mendel e seus abismos. **Genética na Escola**. V. 11, n. 2 Suplemento, p. 234-243, 2016. ISSN 1980-3540. Disponível em: https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-ae006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf Acesso em: 10 de março de 2021.
- AUGUSTO, T. G. D.; BASILIO, L. V. Ensino de biologia e história e filosofia da ciência: uma análise qualitativa das pesquisas acadêmicas produzidas no Brasil (1983-2013). **Ciência & Educação**, v. 24, n. 1, 2018. p. 71-93. ISSN 1980-850X. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320180010006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/XhzqGj7F9pBNhNsRm3sN9FD/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 10 de março de 2021.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**. v. 39, n.2. 2013. p. 48-67. ISSN 2448-1483. DOI: <https://doi.org/10.26849/bts.v39i2.349>. Disponível em: <https://www.bts.senac.br/bts/article/view/349/333> Acesso em: 15 de março de 2021.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção de autonomia dos estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**. V. 32, n. 1. 2011. p.25-40. ISSN 1679-0383. DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n1p25. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5437015/mod_resource/content/1/As%20metodologias%20ativas%20e%20a%20promoc%CC%A7a%CC%83o%20da%20autonomia%20de%20estudantes%20-%20Berbel.pdf Acesso em: 08 de maio de 2021.
- BUSTAMANTE, J.; JARRÍN, V. El inicio de la revolución de los genes. **Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación**, V. 3, n. 1, p. 89-103. 2018. DOI: [http://3\(1\), 89-103](http://3(1), 89-103). Disponível em: <http://doi.org/10.23850/23899573.700VeronicaJarrin-JarrinUniversidaddeNariñojarrin.veronica@gmail.comColombia>.
- D'ÁVILA, C. Razão e sensibilidade na docência Universitária. In: D'ávila. C. **Construção de uma didática sensível**. Livro Em Aberto, Brasília, v. 29, n. 97, p. 5-7, set./dez. 2016. Disponível em: <http://rbepold.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/2969/2683>. Acesso em: 15 set. 2020.
- DESMOND, A.; MOORE, J. **Darwin: a vida de um evolucionista atormentado**. São Paulo: Geração Editorial, 2009. 797 p.
- EL-HANI. O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na história da Genética. **Genética na Escola**. V. 11, n.2 Suplemento, p. 272-285, 2016. ISSN 1980-3540. Disponível em: https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-ae006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf Acesso em: 10 de março de 2021.
- FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto: Funpec. 3 ed. 2009.
- GEMIGNANI, E. Y. M. Y. Formação de professores e metodologias ativas de ensino-aprendizagem: ensinar para a compreensão. **Revista Fronteira das Educação**, V. 1, n. 2, 2012. ISSN 2237-9703. Disponível em: <http://www.frenteirasdaeducacao.org/index.php/fronteiras/article/view/14>. Acesso em: 10 de março de 2020.
- ISKANDAR, J. I.; LEAL, M. R. Sobre positivismo e educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 3, n.7, p. 89-94, 2002. ISSN 1518 – 3483. Disponível em:

<https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/4897/4855>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

JUMRODAH, J., LILIASARI, S., ADISENDJAJA, Y. H. Profile of pre-service biology teachers critical thinking skills based on learning project toward sustainable development. **Journal of Physics: Conference Series**, V. 1157, 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1157/2/022097.

JUSTINA, L. A. D. et al. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, p. 55-71, 2010. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-05-1/FHB-05-1-04-Lourdes-Justina-et-al.pdf>

LARENTIS, L. T. et al. Proposta de material didático para o ensino de genética: cromossomos de tecido. **Arquivos do Mudi**, V. 24, n. 2, p. 42-77, 2020. DOI: <http://doi.org/10.4025/arqmudi.v24i2.54487>

LEITE, F. A.; RADETZKE, F. S. Contextualização no ensino de Ciências: compreensões de professores da Educação Básica. **VIDYA**, v. 37, n. 1, p. 273-286, 2017. ISSN 2176-4603. Disponível em:

<<file:///D:/Documentos%20Lu/Artigos/Artigos%20de%20Gen%C3%A9tica/Leite%202017%20Contextualiza%C3%A7%C3%A3o%20hit%C3%B3rica.pdf>> Acesso em 08 de fevereiro de 2021.

MARTINS; L. A. C. P., PRESTES, M. E. B. Mendel e depois de Mendel. **Genética na Escola**. V. 11, n.2 Suplemento, p. 244-249, 2016. ISSN 1980-3540. Disponível em: https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aeef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf Acesso em: 10 de março de 2021.

MASCARENHAS, M. J. O.; SILVA, V. C.; MARTINS, P. R. P.; FRAGA, E., C., BARROS, M. C. Estratégias metodológicas para o ensino de Genética em escola pública. **Pesquisa em Foco**, São Luís, V. 21, n. 2, p. 05-24. 2016. ISSN 2176-0136. Disponível em: https://ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/view/1216/957. Acesso em: 15 de março de 2021.

MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa na escola. **Aprendizagem Significativa em Revista**, V. 6, n. 3, p. 70-78, 2016. ISSN 2238-3905. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID90/v6_n3_a2016.pdf Acesso em: 15 de abril de 2021.

MATIOLI, S. R.; EGGERS, S. O Mendel que não era mendelista. **Genética na Escola**. V. 11, n.2 Suplemento, p. 250-255, 2016. Disponível em: < https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aeef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf> Acesso em: 10 de março de 2021.

MELLO, M. L. S.; CORTELAZZO, A. L. Uma proposta de dramatização como complemento didático para o estudo sobre cromatina e cromossomos. **Revista Genética na Escola**, v. 01 n.02. 2006. P. 83-86. ISSN 1980-3540. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aeef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_f256ff86975043da8a4fd09025393d7e.pdf> Acesso em 15 de março de 2021.

MOLL, P.; LORENTI, L. Um modelo didático tridimensional da dupla hélice do DNA. **Revista Genética na Escola**, v. 09 n.01. 2014. P. 38-45. ISSN 1980-3540. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c->

aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_68526a216143442fa5a2a1abaeda7dd7.pdf Acesso em: 2 de agosto de 2021.

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de Biologia. **Infor, Inovação e Formação**, São Paulo, V. 2, n. 1, 2016. p.355-381. ISSN 2525-3476. Disponível em:

<file:///D:/Documentos%20Lu/Artigos/Artigos%20de%20Gen%C3%A9tica/Nicola,%20Paniz%20%20A%20import%C3%A2ncia%20da%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20diferentes%20recursos%20did%C3%A1ticos%20no%20ensino%20de%20Biologia.%20Infor,%20Inova%C3%A7%C3%A3o%20e%20Forma%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em: 14 de abril de 2021.

PEREIRA, S. S.; CUNHA, J. S.; LIMA, E. M. Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de Genética. **Investigações em Ensino de Ciências**, V. 25 n. 1, p. 41-59, 2020. ISSN: 1518-8795. DOI: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p41>. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1462> Acesso em: 12 de março de 2021.

PIMENTEL, M.; CARVALHO, F. S. P. Princípios da Educação Online: para sua aula não ficar massiva nem maçante! **SBC Horizontes**, maio 2020. ISSN: 2175-9235. Disponível em: <http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2020/05/principios-educacao-online/>. Acesso em: 07 out. 2020.

SAKA, A. A. et al. A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: how do they image the gene, DNA and chromosome? **Journal of Science Education and Technology**, v. 15, n. 2, p. 192-202, 2006. DOI: 10.1007/s10956-006-9006-6.

SANTANA, E. S.; SOUZA, E. V.; FRANÇA, S. B. Alfabetização Científica: interfaces entre teoria e prática sobre o ensino de Genética na Educação Básica. **Anais: Encontro Anual da Biofísica**. Recife, PE. p. 70-72. 2017. ISSN : 2526--607-1. DOI: 10.5151/biofisica2017-025. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/biophysicsproceedings/biofisica2017/025.pdf> Acesso em: 20 de março de 2021.

SANTOS, F. D.; SILVA, A. F. G.; FRANCO, F. F. 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros? DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150040012> Ciência & Educação, Bauru, V. 21, n. 4, p. 977-989, 2015. ISSN 1980-850X. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n4/1516-7313-ciedu-21-04-0977.pdf> Acesso em: 02 de fevereiro de 2021.

SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. E. L. S. Estrutura do DNA em origami - possibilidades didáticas. **Revista Genética na Escola**, v. 02 n.01, p. 3-5, 2007. ISSN 1980-3540. Disponível em: https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_be3a8877c548475693beac19bf6ee644.pdf Acesso em 25 de março de 2021.

SILVA, C. C.; CABRAL, H. M. M.; CASTRO, P. M. Investigando os obstáculos da aprendizagem de Genética básica em alunos do Ensino Médio. **ETD- Educação Temática Digital**, Campinas, SP, V. 21, n.3, p.718-737. 2019. DOI 10.20396/etd.v21i3.8651972. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8651972/21005> . Acesso em: 20 de abril de 2021.



SUMNER, A. T. **Chromosomes: Organization and Function**. North Berwick, Blackwell. 2003.

TEMP, D. S.; CARPILOVSKY, C. K.; GUERRA, L. Cromossomos, gene e DNA: utilização de modelo didático. **Revista Genética na Escola**, v. 06 n.01, p. 9-11, 2011. ISSN 1980-3540. Disponível em: https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-ae006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_8496f7454ead4544bcf28df10c0a9395.pdf Acesso em 25 de abril de 2021.