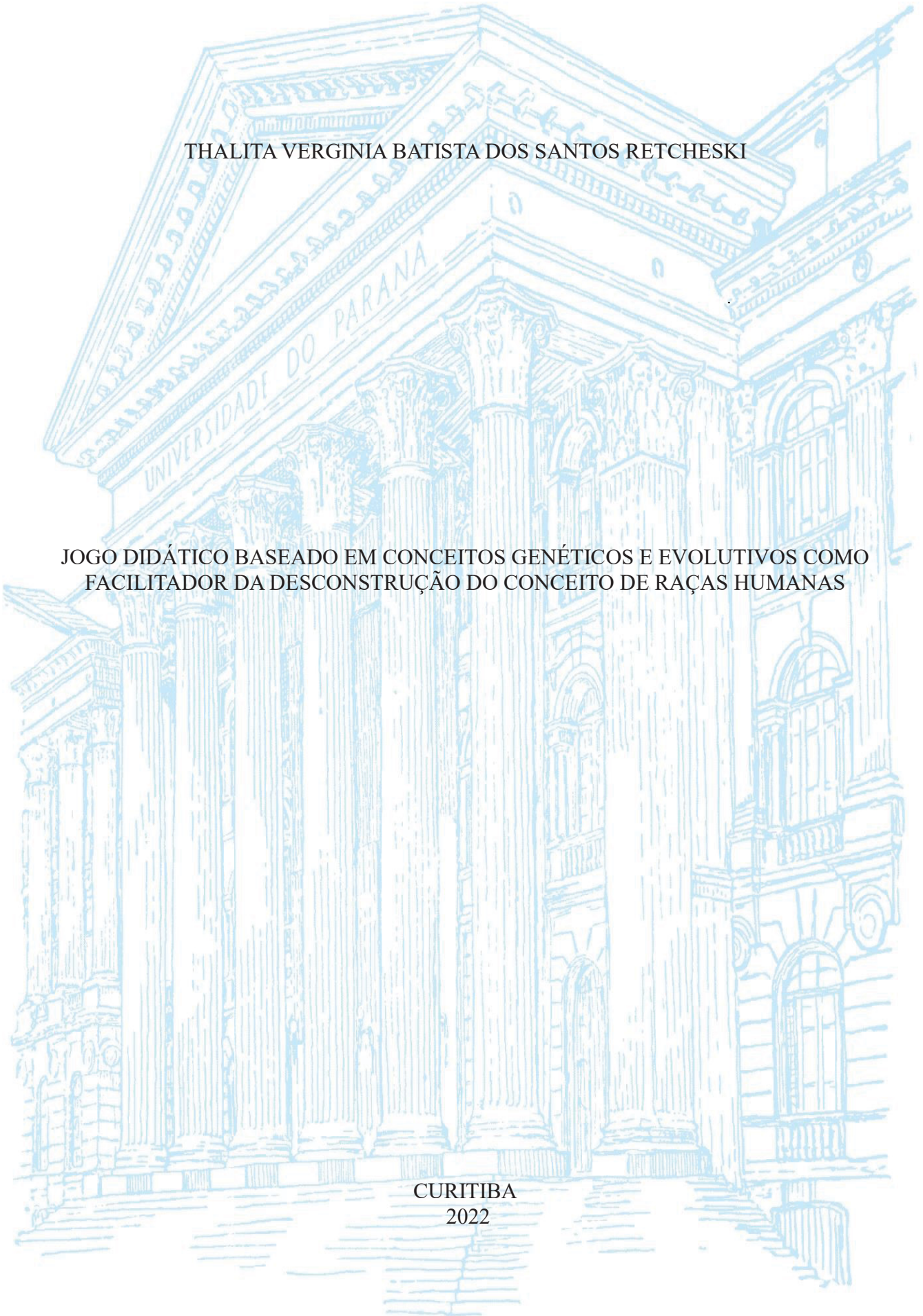


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THALITA VERGINIA BATISTA DOS SANTOS RETCHESKI

JOGO DIDÁTICO BASEADO EM CONCEITOS GENÉTICOS E EVOLUTIVOS COMO
FACILITADOR DA DESCONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE RAÇAS HUMANAS

CURITIBA
2022



THALITA VERGINIA BATISTA DOS SANTOS RETCHESKI

JOGO DIDÁTICO BASEADO EM CONCEITOS GENÉTICOS E EVOLUTIVOS COMO
FACILITADOR DA DESCONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE RAÇAS HUMANAS

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia

Orientadora: Prof. Dra. Nina Pagnan

Área de concentração: Ensino da Biologia

CURITIBA
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Retcheski, Thalita Verginia Batista dos Santos
Jogo didático baseado em conceitos genéticos e evolutivos
como facilitador da desconstrução do conceito de raças humanas
/ Thalita Verginia Batista dos Santos Retcheski. – Curitiba, 2022.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do
Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.
Orientador: Prof. Dra. Nina Pagnan.

1. Biologia – Estudo e ensino. 2. Jogos educativos. 3.
Genética de populações. 4. Raças. I. Pagnan, Nina Amalia
Brancia. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências
Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia
em Rede Nacional. III. ProfBio. IV. Título.

Bibliotecária: Giana Mara Seniski Silva. CRB-9/1406



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

ATA Nº60

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **THALITA VERGINIA BATISTA DOS SANTOS RETCHESKI** intitulada: **JOGO DIDÁTICO BASEADO EM CONCEITOS GENÉTICOS E EVOLUTIVOS COMO FACILITADOR DA DESCONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE RAÇAS HUMANAS**, sob orientação da Profa. Dra. NINA AMÁLIA BRANCIA PAGNAN, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 11 de Agosto de 2022.

Assinatura Eletrônica

15/08/2022 14:52:16.0

NINA AMÁLIA BRANCIA PAGNAN

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

15/08/2022 13:02:47.0

VALÉRIA MARIA SPERANDIO ROXO

Avaliador Externo (55001149)

Assinatura Eletrônica

15/08/2022 15:22:01.0

EDSON ANTONIO TANHOFFER

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Avenida Coronel Francisco Heráclito dos Santos, 100 - Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-1674 - E-mail: profbioufprcoordenacao@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 215185

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 215185

Dedico esta dissertação ao meu pai José Ivo Batista dos Santos (*in memoriam*) que continua sendo a minha maior força e inspiração na vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que com sua bondade infinita me possibilitou chegar até aqui e concluir esse trabalho.

A minha mãe Marli Arvig dos Santos por ter me dado a vida e educação e ao meu pai, José Ivo (*in memoriam*) pelo exemplo, cuidado e preocupação que sempre demonstrou.

Ao meu marido Giovani Celso Retcheski, por todo amor, compreensão e incentivo para completar essa etapa, e ao meu filhinho Enzo Retcheski por todo carinho.

Aos meus colegas de trabalho, por compartilharem minhas angústias e terem me incentivado a continuar.

A todos os professores do Programa de Mestrado profissional no ensino de Biologia, pelo ensinamento durante as aulas e pela troca de experiências.

A minha orientadora professora Dra. Nina Amália Brancia Pagnan, pelo apoio, compreensão, conversas e pela brilhante orientação durante esse curso

Aos meus colegas, com quem tive a honra de conviver e estudar durante esse tempo, em especial as minhas amigas: Rosana, Fernanda, Lorena e Marcieli.

A Gráfica Cell Graf pela prestação de serviços na impressão do jogo.

Este trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) foi desenvolvido no Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação da Professora Dra. Nina Amália Brancia Pagnan, e contou com o apoio financeiro da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

“As raças não existem em nossa mente porque
são reais, mas são reais porque existem
em nossa mente.”
Jay S. Kaufman

RELATO DO MESTRANDO- TURMA 2020

Instituição: Universidade Federal do Paraná - UFPR
Mestranda: Thalita Verginia Batista dos Santos Retcheski
Título do TCM: Jogo Didático baseado em conceitos Genéticos e Evolutivos como facilitador da desconstrução do conceito de Raças Humanas
Data da Defesa: 11 de agosto de 2022
<p>Desde criança a vontade de estudar sempre foi algo muito forte em mim, sempre entendi a educação como algo essencial para construir meu futuro e, sendo “filha da escola pública”, iniciei também meus estudos em uma universidade pública. O sonho em fazer mestrado foi algo que surgiu ainda no primeiro ano de graduação, porém, depois da formatura surgiram alguns contratemplos como por exemplo, residir longe das universidades que forneciam programas gratuitos, questões financeiras e a necessidade de ter que trabalhar para manter meu sustento.</p> <p>Dessa forma iniciei minha docência na Secretaria do Estado de Educação do Paraná e cinco anos após ter assumido como professora de Biologia concursada, conheci o PROFBIO, um programa de mestrado gratuito que me permitiria aplicar a pesquisa na docência, seria essa a minha chance de realizar meu sonho de me tornar mestre? Realizei o processo seletivo e iniciei meus estudos na tão sonhada Universidade Federal do Paraná. No início foi difícil me acostumar novamente com a rotina de estudante, dar conta da realização dos trabalhos, trabalhar, cuidar da casa e do meu filho pequeno, e junto com tudo isso, vivemos uma pandemia cheia incertezas somado ao fato de ter que acostumar com as aulas remotas. Durante o período que cursei o PROFBIO meu pai faleceu, e isso me abalou muito, mas com o apoio dos amigos da turma e de meus familiares, consegui superar os obstáculos e seguir em frente para concluir.</p> <p>O PROFBIO agregou muito à minha prática docente, antes disso eu nunca tinha pensado que seria possível associar pesquisa ao ensino público, mas o mestrado não só me mostrou como isso é possível, mas também como é essencial. Reaprendi conceitos, ideias e técnicas, e situações didáticas que eu não sabia que existiam, com isso, questionei várias vezes a minha docência, e descobri das vezes em que falhei com os meus estudantes, simplesmente pela falta de formação</p>

adequada. Então me reinventei no ensino remoto e apliquei as atividades propostas no fim de cada tema do PROFBIO, li artigos e livros e aprendi muito sobre o ensino por investigação, alfabetização científica e como melhorar a autonomia dos estudantes. Percebi a minha evolução dia após dia na maneira de ler, escrever e interpretar textos científicos. A minha forma de lecionar mudou, e a minha forma de avaliação se tornou mais flexível. A conclusão desse mestrado é a realização de um sonho, e foi perfeito cursar um programa de pós-graduação adequado à minha realidade, jamais irei esquecer o que aprendi no PROFBIO e levarei sempre comigo os ensinamentos de cada um dos meus professores que em cada aula me inspiraram a ser uma professora melhor.

RESUMO

Os humanos modernos saíram da África há cerca de dois milhões de anos e foram submetidos a pressões seletivas diferentes de acordo com o ambiente. Essas pressões, juntamente com o efeito do acaso, resultaram em alterações de frequências alélicas que geraram, por exemplo, as diferenças com relação à pigmentação observada entre grupos humanos. E desde então, características morfológicas evidentes como a cor da pele, têm sido usadas para dividir a população em raças e para articular discursos de superioridade entre grupos humanos de diversidade étnica. Há anos as pesquisas genéticas nos mostram que não há embasamento para a existência de raças na espécie humana e que não se pode relacionar cor da pele e ancestralidade. Entretanto, as raças existem como construção social, o que ajuda a fornecer elementos para ações racistas. Mesmo com bastante progresso na compreensão da determinação da cor da pele e a ausência de evidências que apoiem a existência de raças, esse conhecimento não é transmitido ou é informado de uma forma insuficiente para a maioria dos professores de Biologia. Da mesma forma, livros didáticos de Biologia raramente abordam o tema com profundidade. Isto posto, ressalta-se a importância da criação de materiais que trabalhem em sala de aula conceitos referentes à construção histórica do conceito de “raças” humanas, dando enfoque não somente à construção social do termo, mas também para o que os estudos genéticos e evolutivos nos mostram. Esse trabalho apresenta uma maneira de abordar esse tema, através de uma sequência didática que é finalizada com um jogo de tabuleiro com o emprego de conceitos de Genética e Evolução que, de maneira lúdica, explica aos educandos as diferentes variações existentes na pele humana e as correlações evolutivas. Ações como essa podem representar, portanto, uma contribuição para desconceituar a ideia de raças e dismantelar preconceitos e atitudes racistas.

Palavras-chaves: Ensino da Biologia, Jogo, Raças Humanas.

ABSTRACT

About two million years ago Modern humans left Africa and different environmental pressures played a key role in the evolution of the species. These pressures added to the effect of chance resulted in changes in allele frequencies over time including the frequencies of alleles related to skin pigmentation in different human groups. Skin color, like other morphological characteristics have been used to divide the population into races and to admit the superiority of a particular ethnic group. Genetic research demonstrates that there is no scientific basis for dividing the human species into races and that there is no relationship between skin color and ancestry. However, races exist only as a social construct that helps to provide elements for racist actions. The results of scientific research allowed the understanding of the determination of skin color and showed us that there is no evidence to support the existence of races. However, this knowledge is transmitted superficially in textbooks as well as by Biology teachers. It is therefore evident that the development of teaching materials for use in the classroom is extremely important. The historical basis of the concept of race as a social construction together with information from genetic and evolutionary studies should be part of these materials intended for high school students. In the present work we have used a teaching sequence that addresses the topic of skin color, human races and evolution. This teaching sequence includes a board game that works with scientific content related to Genetics and Evolution. This makes it possible, in a playful way, for students to correlate skin color with selective pressures while walking along the migratory routes of *Homo sapiens* simulated in the game. We believe that actions like this carried out in the classroom contribute to deconstructing the idea of races and to combating prejudice and racism.

Keywords: Biology Teaching, Game, Human Races.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DA ESPÉCIE HUMANA	14
2.2 VARIAÇÕES DA COR DA PELE E O RACISMO	15
2.3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	19
2.4 GAMIFICAÇÃO.....	20
3 OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4- METODOLOGIA	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6 CONCLUSÃO	40
7 REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE 1 – MODELO DE QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO.....	49
APÊNDICE 2 -TABULEIRO DO JOGO PARA IMPRESSÃO.	50
APÊNDICE 3 – PINOS E DADO DISPONÍVEIS PARA RECORTE	55
APÊNDICE 4 – FRENTE E VERSO DAS CARTAS DO JOGO.	56
APÊNDICE 5 - 10 QUADRADINHOS PARA RECORTAR	58
APÊNDICE 6 – TUTORIAL PARA ESTUDANTE	59
APÊNDICE 7- TUTORIAL PARA PROFESSOR	62
ANEXO 1 – CATÁLOGO DE CORES DA MARCA PANTONE	67

1- INTRODUÇÃO

A primeira aparição do gênero *Homo* é datada por volta de 2,4 milhões de anos atrás, estimativa obtida após análise dos fósseis mais antigos desse gênero que foram achados em Hadar, na Etiópia em 1994 (NETO et al., 2015).

O hominídeo que saiu da África já possuía um cérebro grande, tinha controle do fogo, postura bípede, e comportamento cooperativo, características que favoreceram a conquista de diversos ambientes, de zonas tropicais até o ártico. Nesses ambientes, pressões seletivas distintas, atuando sobre muitos genes, levaram a diferenças ou especificidades de variantes genéticas entre populações. Em outras palavras, haveria alteração nas frequências alélicas dentro dos grupos, o que também poderia acontecer por efeito do acaso e, alelos anteriormente raros poderiam tornar-se frequentes. Algumas dessas variantes estariam associadas a características fenotípicas como, por exemplo, a cor da pele. Dessa forma, verifica-se que a diferença de pigmentação entre grupos humanos é resultado da pressão exercida pela seleção natural, ou consiste em variações surgidas ao acaso e neutras do ponto de vista evolutivo. (NOGUEIRA, 2012).

Linnaeus, em 1707 apresentou pela primeira vez em um contexto científico a divisão taxonômica da espécie humana e a categorizou em raças. Um século depois, Charles Darwin em sua obra “A Origem das Espécies”, publicada em 1859, evidencia pressupostos da seleção natural e a existência de raças humanas com indícios evolutivos, fato esse que, de acordo com Vieira e Martins (2015), sustentou o chamado racismo científico, pareando um atestado de autenticidade para a dominação de alguns povos dentro de um mesmo estado, representado pelas populações raciais.

Diversas fontes de pesquisa nos mostram que as diferenças na cor da pele estão entre as variações físicas mais evidentes na espécie humana. Apesar de ter havido bastante progresso na compreensão da determinação da cor da pele, esse conhecimento não é transmitido ou é informado de uma forma insuficiente para a maioria dos professores de Biologia. Da mesma forma, livros didáticos raramente abordam o tema, privando os alunos do ensino médio desse conhecimento diretamente relacionado à ideia de raças e ao preconceito.

SILVA (2011) afirma que existe a necessidade da produção de material que trabalhe em sala de aula conceitos referentes à construção histórica do conceito de “raças” humanas, dando enfoque não somente à construção social do termo, mas também sua base genética e evolutiva. Pena e Birchall (2006) afirmam que embora a ciência não seja o campo de origem

dos mandamentos sociais, ela tem um papel importante na instrução da esfera social, pois ao mostrar “o que não é” ela liberta, pelo poder de afastar erros e preconceitos. As Diretrizes Curriculares Estaduais de Biologia do Estado do Paraná afirmam que:

“Com relação a abordagem metodológica é importante que o professor de Biologia ao elaborar seu plano de trabalho docente garanta o previsto na lei número 10.639/03 que torna obrigatório a presença de conteúdos relacionados a história e cultura afro-brasileira e africana. Ressaltando que: ... a abordagem pedagógica sobre a história e cultura afro-brasileira e africana, bem como sobre a cultura indígena poderá ser desenvolvida por meio de análises que envolvam a constituição genética da população brasileira..., favorecendo a compreensão da diversidade biológica e cultural.”

A lei número 10.639 de 9 de janeiro de 2003, prevê em seu artigo 26, parágrafo 2º que os conteúdos de História e cultura afro-brasileira sejam ministrados no âmbito de todo o currículo escolar. A importância dessa lei é comprovada com os estudos de Willinsky (1998), que afirma a necessidade de se alertar estudantes sobre o contexto histórico da criação do termo raça e discutir suas origens e implicações na atualidade, utilizando bases genéticas e evolutivas para explicar esse equívoco. Nesse mesmo contexto, Zuanon et al. (2010) concluíram que a elaboração e utilização de jogos como recursos didáticos permitem ao aluno melhorar a compreensão de conteúdos apresentados e possibilita entender que nem sempre as terminologias utilizadas nas ciências biológicas devem ser vistas como simples memorização. Para Rocha e Rodrigues (2018), o ensino que se restringe somente ao livro didático é limitado, e o conhecimento adquirido é rapidamente esquecido, o que leva a crer que os alunos não aprendem e sim memorizam.

Neste cenário, elaborar e testar jogos didáticos e sequências didáticas que auxiliem a desconstruir o conceito de “raças humanas”, discutindo fatores genéticos e evolutivo que levaram à variabilidade do *Homo sapiens* torna-se uma possibilidade interessante e soma-se a outras iniciativas dentro do campo da Biologia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DA ESPÉCIE HUMANA

Há cerca de 6 milhões de anos, uma população de primatas do noroeste da África se dividiu em duas linhagens que passaram a evoluir independentemente: a primeira continuou no ambiente da floresta tropical e originou os chimpanzés de hoje, e a segunda se adaptou a outros ambientes mais abertos, nas savanas do leste africano, e resultou, na espécie *Homo sapiens* (Jobling et al., 2013). De acordo com Santos (2014), a espécie surge na África há cerca de 200 mil anos atrás e substituiu as populações dos descendentes de *Homo erectus* que já habitavam a Ásia e Europa junto com o Neandertal.

De acordo com relatos de Allan et al. (2015), o continente africano foi o berço da humanidade, sendo o nordeste africano a região onde se iniciou a dispersão da espécie. Achados mais antigos de fósseis foram encontrados no oriente médio com datações de 90 a 120 mil anos, o que indica uma possível rota, seguindo com múltiplas ondas de migrações saindo da África, sendo dispersados para Ásia e para Europa.

As evidências sobre a dispersão dos humanos modernos descritas na literatura, propiciam interpretações diferentes, principalmente porque o registro fóssil é fragmentado e incompleto. De acordo com Allan et al. (2015), existem três hipóteses para explicar a dispersão da espécie humana, a primeira delas é denominada multirregional e foi sugerida por Milford H. Wolpoff, pesquisador da Universidade de Michigan, em 1970. Segundo essa hipótese, o intercruzamento entre populações humanas de regiões diferentes da África, Ásia e Europa, proporcionou um fluxo gênico intenso intra e intercontinental, o que culminou na evolução de uma única espécie. Apoiadores da hipótese multirregional consideram que o *Homo erectus* seria o ancestral direto das diversas linhagens existentes nos continentes.

Décadas depois, alguns pesquisadores sugeriram uma outra hipótese, que ficou conhecida como Fora da África (*Out of Africa*). Parte-se do pressuposto de que a espécie humana surgiu na África, de onde partiram para colonizar os outros continentes, substituindo as espécies locais sem troca gênica durante o percurso. De acordo com Rocha e Neves (2022), esse modelo de dispersão é o mais conhecido e aceito. Estudos recentes revelam que ocorreram diversas saídas da África com diferentes densidades e direções, há cerca de 50 mil anos. O último modelo foi descrito por Allan et al. (2015) e corresponde à hipótese da hibridização, que corrobora a origem africana da espécie e a saída dessa população ancestral

para colonizar os demais continentes. De acordo com essa hipótese, as populações se encontraram e houve cruzamento e fluxo gênico entre hominídeos. Recentemente, essa hipótese tem ganhado força devido aos avanços moleculares. Pena (2008) afirma que todos os humanos não-africanos são descendentes de um pequeno contingente africano, constituindo um exemplo clássico de efeito fundador, e mil se transformaram em milhões fora da África.

Jobling et al (2013) afirmam que, considerando-se uma média de idade de 25 anos para cada geração, apenas 8000 gerações seriam necessárias para povoar todos os continentes. E a nossa espécie, apenas uma entre 8 milhões estimadas pelos cientistas, conseguiu ocupar muitos ambientes e lugares distantes durante a pré-história, além de ser a única que consegue questionar e estudar a própria origem (HARARI 2020).

2.2 VARIAÇÕES DA COR DA PELE E O RACISMO

O interesse em classificar as pessoas data da antiguidade, e não é de se surpreender que as características morfológicas facilmente visíveis como é o caso da cor da pele, fossem utilizadas ao longo dos séculos para categorizar indivíduos (PENA e BORTOLINI, 2003). Segundo Pena (2006), diferenças interpopulacionais que geralmente caracterizam as populações de diferentes continentes têm servido historicamente para a divisão da humanidade em raças. Foucault (2005) considera que o termo raça é utilizado para articular discursos de superioridade entre grupos, ou classes ao nível das diferenças étnicas, linguísticas, físicas e intelectuais que discutem a validade da conquista e a servidão de uma raça por outra.

A palavra raça tem origem do italiano *razza* (do latim *ratio*) e significa sorte, categoria ou espécie, e a palavra foi usada por Lineu em sua classificação dos organismos, incluindo os humanos (MUNANGA, 2003). De acordo com Almeida (2019), raça não é apenas um termo fixo e estático, pois, seu sentido está ligado às circunstâncias históricas em que é utilizado. Por trás desse termo sempre há contingência, conflito, poder e decisão, de tal sorte que se trata de um conceito relacional e histórico. Desse modo, a história da raça ou das raças é a história da constituição política e econômica das sociedades contemporâneas.

Pena (2008 p. 12), destaca em seu livro “Humanidade sem raças?” que:

Em nítido contraste com as conclusões do experimento de observação empírica anterior, a rigidez da classificação da humanidade feita pelo naturalista sueco Carl [Linnaeus (1707-78) na edição de 1767, do seu *Systema Naturae* [Sistema da Natureza]. Foi ele quem apresentou, pela primeira vez na esfera científica, uma divisão taxonômica da espécie humana. Linnaeus distinguiu quatro raças principais (além de uma quinta mitológica, que não levaremos em consideração) e qualificou-as de acordo com o que ele considerava ser as suas características principais: *Homo sapiens europeus*: branco, sério e forte. *Homo sapiens asiaticus*: amarelo, melancólico, avaro. *Homo sapiens afer*: negro, impassível, preguiçoso. *Homo sapiens americannus*: vermelho, mal-humorado, violento”.

A convicção sobre a existência de raças humanas encontrou apoio, além da diversidade fenotípica, no fato de haver culturas e níveis socioeconômicos distintos nos diferentes grupos. Pode-se dizer, portanto, que esse foi o ponto de partida para o racismo (SALZANO, 2007). Dessa forma, instalaram-se em cenário mundial, políticas norteadas pela dominação racial. Segundo Almeida (2018), configura-se como racismo: “...uma forma sistemática de discriminação que tem a raça como fundamento, e que se manifesta por meio de práticas conscientes ou inconscientes que culminam em desvantagens ou privilégios, a depender ao grupo racial ao qual pertençam”.

Para Almeida (2019), o racismo é descrito em três concepções: a individualista, institucional e a estrutural. Segundo a individualista, O racismo, considerado uma “patologia” ou anormalidade, que pode ser individual ou coletivo, atribuído a grupos isolados. Nessa concepção não se pode não admitir a existência de “racismo”, mas somente de “preconceito”. Já o racismo institucional é tratado como o resultado do funcionamento das instituições, que passam a atuar em uma dinâmica que confere, indiretamente, desvantagens e privilégios com base na raça. E por último é descrito o racismo estrutural que é decorrente da própria estrutura social, ou seja, do modo “normal” com que se constituem as relações políticas, econômicas, jurídicas e até familiares. O racismo estrutural explica como comportamentos individuais e processos institucionais são derivados de uma sociedade cujo racismo é regra e não exceção.

Almeida (2019), ainda relata que, ao se limitar o racismo em perspectivas comportamentais, não se considera o fato de que as maiores desgraças produzidas pelo racismo foram feitas sob o abrigo da legalidade e com o apoio moral de líderes políticos, líderes religiosos e dos considerados “homens de bem”. Para esse autor, bem como para Guimarães (2012), o racismo é, portanto, uma forma específica de tentar “neutralizar” a vida social, isto é, de explicar diferenças pessoais, sociais e culturais a partir de diferenças tomadas como naturais.

Os avanços da genética molecular e a conclusão do projeto Genoma Humano possibilitaram uma análise detalhada da relação existente entre a variação genômica, a

ancestralidade biogeográfica e a aparência física, mostrando que não há evidências biológicas que apoiem a existência de raças humanas, as categorias raciais não são entidades biológicas e não passam de construções sociais (Pena, 2008).

A cor da pele é determinada pela quantidade e pelo tipo de pigmento melanina na derme, com a variação associada a um número relativamente pequeno de genes com muitos alelos (Pena e Bortolini, 2004). Quillen et al. (2018) estimam que pelo menos uma dúzia de genes contribuem para a cor da pele. Os mesmos autores salientam que, em virtude do *bias* histórico em favor de estudos genéticos em populações europeias ou derivadas de grupos europeus, fomos impedidos de constatar a magnitude da complexidade da determinação da cor da pele em humanos.

Para os pesquisadores Vieira e Martins (2015), sempre que se estabelecem diferenças entre grupos humanos, há a busca de razão científica que apoie a construção de um edifício racial/racista sólido, cujos alicerces permanecem firmes nos discursos sobre raças humanas. Mesmo assim, é necessário reconhecer que esses fundamentos são frágeis e estão longe de serem indestrutíveis.

A cor da pele depende basicamente da produção de melanina, um pigmento de alto peso molecular que, em grande concentração, torna a pele bem escura. Vale lembrar que pigmentos de origem exógena como os carotenoides, ou endógenos como a hemoglobina, também influenciam o resultado fenotípico final (MIOT et al., 2009). A melanina consegue absorver vários comprimentos de onda, incluindo os raios ultravioletas. A forma mais comum de melanina é a eumelanina, que possui uma coloração que varia do preto ao marrom. Pessoas que possuem uma produção maior desse tipo de melanina, tendem a ter cabelos castanhos ou pretos e pele escura, que bronzeia facilmente, além de possuir uma maior proteção contra os raios ultravioletas. Pessoas com a pele clara, por outro lado, têm uma maior produção de feomelanina, cuja coloração varia entre vermelho e amarelo, e os cabelos são ruivos ou loiros. A pele de cor clara e com sardas, queima facilmente e apresenta uma menor proteção contra raios ultravioletas, aumentando o risco de danos causados pela exposição solar.

Sartori et al. (2008) descrevem que alguns estudos mostram que a evolução dos tons de pele ocorreu a partir de uma variabilidade já existente nas espécies de homínídeos que possuíam uma pele clara sob uma pelagem densa, o que protegeria a pele contra os efeitos dos raios ultravioletas. Entretanto, ao longo da linha evolutiva da linhagem humana, os pelos começaram a diminuir e os homínídeos com a pele mais escura tiveram mais facilidade para sobreviver em regiões com raios solares mais intensos na África, graças à proteção dada pela

pigmentação. Em outras palavras, houve seleção natural a favor dos que produziam mais melanina, o que dependeria de diversos genes. A incursão para regiões que receberiam pouca radiação solar, fez a pele clara tornar-se vantajosa, o que proporcionou uma atuação diferente do mecanismo de seleção natural (KOLBERT, 2018).

A radiação ultravioleta é considerada como um fator importante correlacionado com a seleção para a cor da pele, uma vez que há relação entre intensidade de raios UV e latitude, bem como riscos e benefícios da exposição aos raios UV por indivíduos com pele clara ou escura (ROCHA, 2020). A exposição à radiação ultravioleta (UVB) se faz necessária para que haja a síntese de vitamina D a partir do precursor 7-diidrocolesterol, situado na membrana plasmática dos queratinócitos e fibroblastos da derme. A molécula precursora é convertida em vitamina D3 após a absorção de luz ultravioleta, sendo depois transportada para o fígado e rins, onde é convertida em calcitriol (ou 1,25-dihidroxicolecalciferol, a forma ativa da vitamina D). O calcitriol estimula a absorção de cálcio e fosfato no intestino e controla a retirada de cálcio nos ossos (MOSTAFA e HEGAZY, 2015).

O folato é vulnerável a agentes externos como a luz, por exemplo, e nesse contexto, a proteção da fotodegradação do folato pela melanina também é um aspecto a ser considerado. Nesse caso, a pele escura conferiria maior proteção, evitando as consequências da deficiência de folato, como o aparecimento de defeitos de fechamento do tubo neural na prole e infertilidade masculina. Lima (2020) afirma que a seleção natural favorecendo fenótipos de pele clara aconteceu após as grandes migrações dos humanos para além da região equatorial. Em latitudes mais elevadas, indivíduos com a pele mais escura tinham o folato protegido pela melanina, mas apresentavam deficiência na produção de vitamina D e estavam sujeitos aos efeitos dessa deficiência, como o raquitismo. A seleção natural atuou de modo propício a fenótipos com menor quantidade de melanina, o que garantiria a absorção de raios UV necessária à síntese de vitamina D. Essa ideia é também defendida por Sartori *et al.* (2008) que relatam que, com a migração, os humanos de pele escura em regiões menos iluminadas estavam em desvantagem quando comparados aos indivíduos de pele clara que, com menos proteção contra os raios ultravioletas conseguiam sintetizar vitamina D.

2.3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Segundo o National Research Council (Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos, 2008), o ensino por investigação possui origem norte americana e sua finalidade era oferecer uma forma de ensino que pudesse se opor ao modelo diretivo. No ensino diretivo assume-se que a Ciência é constituída, essencialmente, de um corpo de conhecimentos que deve ser aprendido pelos estudantes mediante instruções diretivas, comandadas pelo professor.

O ensino por investigação prevê, dentre outros aspectos, uma participação ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, o que lhes atribui maior controle sobre a sua própria aprendizagem (CLEMENT et al. 2015). Esse método foi se fortalecendo nas décadas de 50 e 60, e tornou-se uma perspectiva de ensino-aprendizagem importante para o ensino de ciências.

Existem várias formas de promover a alfabetização científica e tecnológica nos diferentes tipos de ambientes educacionais (PEDROZA et al., 2017), principalmente através da abordagem do ensino por investigação. Sasseron (2020) afirma que alfabetização científica deve ser vista como um processo que permite aos alunos discutir temas das Ciências e o modo como estes estão presentes e influenciam sua vida.

Carvalho (2018) mostra que o ensino por investigação deve prover um ambiente em que o professor cria condições em sua sala de aula que propiciem aos alunos o ato de: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido e escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas. É comum observamos em aulas de Ciências com base em temas do cotidiano, ou envolvendo atividades lúdicas, um salto brusco entre uma abordagem dita conceitual e a repentina transformação de linguagem coloquial em linguagem científica (CAPECCHI, 2020). Toda proposta investigativa deve iniciar-se com a problematização, ou seja, desafiar o estudante a dar uma solução para um problema. Para Bachelard, (1977), *apud* Delizoicov (2001), todo conhecimento científico é resposta a uma questão e, se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nesse contexto, é necessário criar um olhar diferenciado dos estudantes com relação aos fatos que costumam vivenciar. Capecchi (2020) relata também sobre a importância da participação dos alunos em discussões sobre os temas abordados nas aulas. Carvalho (2020) retrata algumas etapas que o trabalho investigativo deve seguir como: a abertura das discussões com toda a classe, sempre coordenada pelo professor, a discussão em grupo pelos estudantes, e também a escrita

individual de cada aluno, como uma forma de explorar o que aprenderam, bem como sistematizar ações que busquem a resolução do problema.

A possibilidade de diversificação de recursos didáticos presentes no ensino por investigação é muito importante para maximizar o envolvimento do estudante no processo e propiciar a ele diferentes tipos de escolhas e decisões a serem tomadas, para construir uma solução (CLEMENT et al 2015). O mais importante da investigação não é seu fim, mas o caminho trilhado (SASSERON, 2020).

2.4 GAMIFICAÇÃO

Segundo Alves (2015), o olhar da filosofia nos convida a refletir sobre *games* a partir de sua natureza e significado cultural. A mesma autora complementa que *gamification* ainda é um conceito emergente no Brasil e que o termo em português seria gamificação. Apesar de a prática não ser nova, o conceito de gamificação passa a ser utilizado intensamente a partir da década de 2010 (MATTAR et al., 2017). Para Fardo (2013), o conceito deriva diretamente da popularização dos games e suas capacidades intrínsecas. De acordo com Eugenio (2020) a gamificação é útil para a educação porque tem tudo a ver com o engajamento nos níveis cognitivo e emocional do aluno. Por isso, essa estratégia é recomendável para que se alcance um bom aprendizado.

A definição de gamificação, de acordo com Eugenio (2019), é uma estratégia que usa elementos, o pensamento e a estética dos jogos do mundo real, visando a modificação do comportamento das pessoas e não apenas inserir jogos e elementos em sala de aula. A gamificação modifica o comportamento dos estudantes e adiciona um propósito explícito, um senso claro de progressão e oportunidades de competir e colaborar com outros estudantes. Alves (2015) afirma que a gamificação, quando aplicada à aprendizagem, é um tipo de aprendizagem encorajadora, tendo potencial de cativar diferentes públicos e gerações, e esse engajamento tem relação com a relevância do conteúdo e a promoção do ato de aprender.

Para Lima (2020), é necessário reconhecer que atualmente alguns estudantes possuem um domínio maior de acervos de jogos. Dessa forma, utilizar dessa supremacia dos jovens no ambiente escolar, pode favorecer o processo de aprendizagem e alavancá-los ao papel de mediadores na condução da metodologia, invertendo a posição habitual do professor na sala de aula.

A aprendizagem baseada em jogos é uma tendência que vem sendo incorporada cada vez mais na educação (EUGENIO, 2020). De acordo com Kuze (2014), os jogos didáticos devem estar mais presentes nos ambientes escolares, por benefícios já comprovados sobre a assimilação de conteúdos e conceitos e devido à prática de interação social, que estreita a relação entre educador e alunos e entre os educandos. Com intencionalidade pedagógica, os games, quando bem selecionados, podem desenvolver atividades cognitivas verdadeiramente significativas (MEIRA E BLIKSTEIN, 2020).

Os resultados da utilização de jogos didáticos como ferramenta auxiliar em sala de aula vão além das expectativas numéricas, pois além do cognitivo do aluno ser trabalhado, existem aspectos motivacionais afetivos e sociais envolvidos (MIRANDA, 2001). Quando se trata de jogos de tabuleiro mais especificamente, Eugenio (2020) afirma que estes podem ser utilizados para desenvolver nos estudantes o senso de cooperação e para destacar a importância do planejamento, do trabalho em equipe e do cumprimento de metas estipuladas. O uso dessa categoria de jogos é considerado uma estratégia poderosa para o aprendizado porque incentiva e envolve o aluno. Rocha e Rodrigues (2018) relatam que a aplicação de um jogo didático é extremamente positiva, pois na medida em que estimula a construção coletiva do conhecimento através do trabalho em grupos, favorece a socialização e contribui para a construção de conhecimentos novos e mais elaborados.

Alves (2015) ainda conclui que gamificação não é apenas a transformação de qualquer atividade em um *game* e sim aprender a partir dos *games*, e encontrar neles elementos que podem melhorar uma experiência e torná-la mais divertida e encorajadora. Para Kapp (2012), a gamificação consiste também na utilização de elementos dos games (mecânica, estratégias e pensamentos) com o propósito de motivação dos indivíduos aliada ao auxílio na solução de problemas e conseqüentemente promover aprendizagens. A aprendizagem torna-se uma experiência encorajadora na medida em que mantém os jogadores focados em sua essência para aprender algo que impacte positivamente a sua performance.

Fardo (2013) complementa que a gamificação está longe de ser um remédio para todos os males da educação, mas deve ser compreendida na sua totalidade, para que se possa analisar suas aplicações nos contextos educacionais, a fim de identificar se ela realmente potencializa a aprendizagem.

Mattar et al. (2017), após análises de alguns estudos, relataram a necessidade de atenção na elaboração de um tabuleiro para ser utilizado em ambientes de aprendizagem, salientando que as casas e o percurso devem ser claros e intuitivos para os jogadores. Os autores

também reforçam a importância da concepção e construção de personagens com os quais os jogadores possam se identificar e dos quais possam se lembrar com facilidade. No mesmo artigo, os autores complementam que é necessário definir se o objetivo do jogo é avaliar conhecimentos prévios dos alunos ou ensinar. Entretanto, é também possível combinar esses dois objetivos em um jogo que simultaneamente ensine e avalie conhecimentos. O jogo também deve fornecer flexibilidade para que os professores possam adaptá-lo às suas disciplinas, uma característica de design interessante para jogos de tabuleiro.

Cabe ressaltar também que um jogo desassistido não produz a aprendizagem, assim sendo, Campos et al. (2003) relatam a necessidade de que o jogo esteja inserido dentro de um contexto pedagógico, sendo utilizado como apoio de um processo educacional. Isso mostra que o recurso do jogo didático utilizado de maneira isolada pode não apresentar os mesmos resultados, quando comparado à incorporação do conteúdo pedagógico ao processo de aprendizagem.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Desconstruir o conceito de raça na espécie humana, com a elaboração de uma sequência didática investigativa, que será finalizada com jogo de tabuleiro, para ser utilizada com estudantes do ensino médio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar uma sequência didática que auxilie os estudantes a compreender o processo da evolução humana usando a cor da pele como exemplo;
- Utilizar a sequência didática e um jogo de tabuleiro para reforçar a inexistência de raças humanas;
- Construir um jogo de tabuleiro com materiais acessíveis que, de maneira lúdica, explique aos educandos as diferentes variações existentes na pele humana e correlações evolutivas;
- Produzir um tutorial para professores e outro para estudantes explicando o funcionamento do jogo;
- Compreender o mecanismo de herança de cor da pele; e
- Discutir os fatores evolutivos relacionados à variabilidade da cor da pele;

4- METODOLOGIA

Esta sequência didática não foi aplicada com os estudantes, pois as aulas presenciais da rede pública do estado do Paraná estiveram suspensas durante o ano de 2020 e, em 2021, e o retorno deu-se de maneira híbrida, não havendo condições de aplicação. A sequência proposta pode ser utilizada com estudantes do ensino médio, nas aulas de Biologia, em vários momentos do processo de ensino-aprendizagem, podendo ser utilizada, por exemplo, no conteúdo de genética humana, herança quantitativa, evolução humana e genética molecular, bem como em momentos aleatórios como nas atividades extraclasse sobre o dia da Consciência Negra que as escolas devem trabalhar seguindo a lei 10.639 de 9 de janeiro de 2003.

Para a aplicação dessa sequência didática os estudantes já deverão ter conhecimentos prévios sobre os conceitos da genética clássica (dominante, recessivo, alelos, homocigoto e heterocigoto, leis de Mendel), e da genética molecular (duplicação, transcrição e tradução). Os conceitos de mutação e polimorfismo devem ser enfatizados por serem fundamentais para a compreensão do processo evolutivo. A atividade deverá ser iniciada com a aplicação de um questionário diagnóstico com questões objetivas (apêndice 1), que envolvem o que se acredita ser raça em humanos e os diferentes tipos de coloração da pele humana. Após a realização do questionário, a turma será dividida em grupos de quatro alunos e será realizada uma atividade adaptada do Exploratorium Teacher Institute (São Francisco, EUA), intitulada *Color Me Human*. Cada grupo receberá cartões impressos (anexo 1) que possuem algumas tonalidades de cores da pele com base no catálogo de cores da marca Pantone®, e serão orientados a encontrar qual das cores dos cartões corresponde ou o que mais se aproxima da parte interna do seu braço (perto da axila) e separar o cartãozinho. Depois, os estudantes deverão realizar o mesmo procedimento com a parte externa do seu antebraço (mais ou menos na região onde deve ficar o relógio de pulso) e comparar as duas cores encontradas. Da mesma forma, deve-se fazer a comparação com o que foi observado pelos colegas. De maneira investigativa, os alunos deverão responder as seguintes questões: Nota-se alguma semelhança entre a sua observação e a de seus colegas? Quais são algumas das explicações possíveis para as diferenças encontradas nas cores da sua pele? Em quantos fatores você consegue pensar? Porque algumas pessoas se bronzeiam mais do que as outras, mesmo expostos à mesma intensidade de radiação solar? Será solicitado aos educandos que formulem hipóteses para responder essas questões, anotando-as em seus cadernos.

Em seguida, cada aluno deverá ler uma reportagem da revista Super Interessante, publicada no dia 31 de março de 2003, intitulada “A Ciência contra o racismo”. Nas aulas seguintes, o professor deverá dialogar e orientar uma discussão com os alunos, fundamentada no texto anteriormente proposto e verificar se as hipóteses escritas anteriormente (na atividade com os cartões impressos) podem ou não ser validadas.

Na aula seguinte será proposta uma outra atividade à luz do ensino por investigação, em que novamente serão formados grupos com quatro estudantes. Cada grupo receberá um material com imagens do peixe da espécie *Danio rerio*, conhecido popularmente como peixe zebra ou paulistinha, mostrando o fenótipo selvagem e o fenótipo correspondente à mutação Golden. Além disso, os alunos receberão a descrição sumarizada de um experimento realizado por Rebecca Lamason, Keith Cheng e outros pesquisadores, publicado em 2005 na revista Science. Ao analisar as etapas do experimento, de maneira investigativa, os estudantes deverão formular hipóteses para responder algumas questões e relacioná-las à variabilidade da pele humana ao longo da evolução.

Na aula subsequente será proposta a atividade do jogo de tabuleiro formado por uma base de quatro folhas de papel A4 (apêndice 2) e que pode ser impressa na própria escola. As quatro folhas juntas formam o mapa-múndi. Neste mapa constarão as rotas das migrações humanas de acordo com a hipótese *Out of Africa* (fora da África). Admite-se que a origem da humanidade se deu no continente africano, e os jogadores seguirão as rotas migratórias aceitas e avaliarão as pressões seletivas sofridas pela espécie ao longo do tempo. Durante o jogo serão abordados conceitos genéticos e evolutivos referentes à cor da pele humana, o que dará suporte à ideia da inviabilidade do conceito de raça para humanos. Um tutorial será elaborado com as explicações das regras do jogo, passo a passo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Zabala (1998) define sequência didática como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, com princípio e fim determinados, tanto pelo docente, quanto pelo estudante”. Essa ferramenta contribui para que o docente consiga abordar um assunto fugindo da superficialidade e, com o uso de uma abordagem investigativa leva o educando a associar o que já aprendeu anteriormente com informações novas.

A preocupação com o processo de aprendizagem dos alunos é intrínseca ao ensino que se baseia em investigação, uma vez que com essa abordagem estimula-se a reflexão, as discussões e explicações características da investigação científica (Trivelato e Tonidandel, 2015). Através do ensino por investigação o estudante tem a oportunidade de vivenciar as dificuldades enfrentadas pelos cientistas e a validade das conclusões das práticas científicas (Hodson, 2014 apud Scarpa e Campos, 2018).

Visando um processo de ensino-aprendizagem eficiente, elaboramos uma sequência didática com foco no ensino por investigação. Em uma primeira etapa, um questionário diagnóstico (apêndice 1), servirá como base para o professor avaliar os conhecimentos prévios dos educandos e, a partir desse ponto, realizar uma análise dos pontos que merecerão maior enfoque no decorrer da sequência. A segunda parte da sequência didática requer que a turma seja dividida em grupos, e cada grupo receberá um exemplar da paleta de cores da marca Pantone® (anexo1). Essa paleta de cores será utilizada pelos estudantes em uma atividade que envolve as seguintes situações-problema:

Nota-se alguma semelhança entre a sua observação e a de seus colegas?

Quais são algumas das explicações possíveis para as diferenças encontradas nas cores da sua pele?

Em quantos fatores você consegue pensar?

De acordo com as pesquisas de Capecchi et al (2020), é comum que as aulas de Ciências sejam baseadas em temas do cotidiano, ou que trabalhem com a transformação da linguagem coloquial em linguagem científica através de atividades lúdicas. Os estudantes, sob orientação dos professores, desenvolvem a habilidade de levantar questões e problemas e buscam a utilização de métodos indutivos e dedutivos tanto individualmente quanto em grupo (BONWELL & EISON, 1991). Na sequência didática que sugerimos neste trabalho, ao

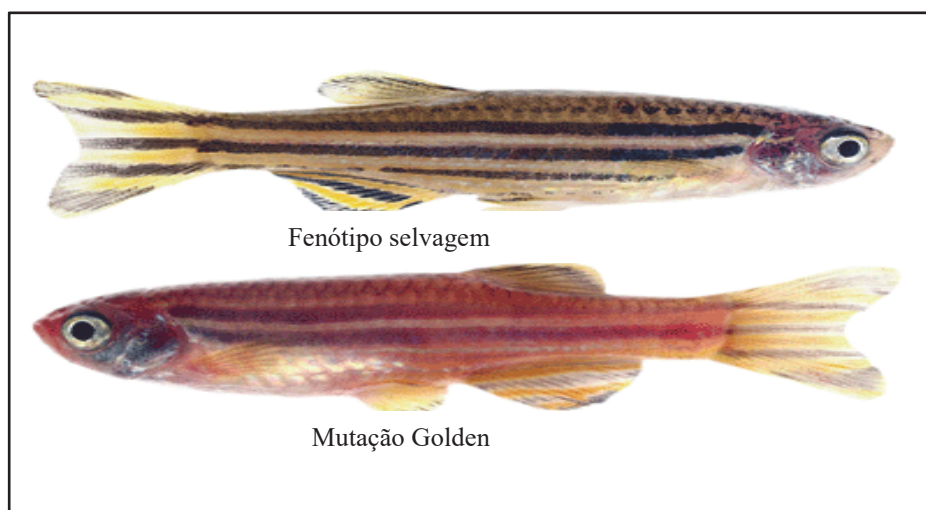
responder as perguntas acima relacionadas, os alunos devem formular hipóteses, o que está de acordo com as considerações de Carvalho et al. (2020). Esses autores salientam que o incentivo à participação e discussões envolvem dimensões importantes da formação geral dos estudantes como convivência cooperativa, respeito as diferenças e forma de pensar.

Segundo Pessoa e Costa (2019), a sala de aula invertida (*flipped classroom*) surgiu na década de 1990 na Universidade de Harvard e consiste em um modelo de ensino que propõe a troca da organização convencional da sala de aula. O estudante deixa de ter um papel passivo e o tempo em sala de aula é usado com atividades que facilitem a compreensão de um determinado conteúdo. A inversão da sala de aula estabelece um referencial que oferece aos estudantes uma educação personalizada e ajustada sob medida às suas necessidades individuais. (BERGMANN e SAMS, 2021).

Dessa forma, oportunizar aos estudantes a leitura de uma reportagem sobre a inexistência de raças humanas e do quanto repugnante à razão é o racismo, antes de qualquer explicação, pode incitar o pensamento crítico/científico, de maneira desvinculada da forma de ensino convencional em que o professor explica e o aluno escuta.

Dando sequência às atividades, será proposta aos estudantes mais uma atividade investigativa, utilizando experimentos feitos com a espécie de peixe *Danio rerio* (peixe zebra ou paulistinha) com o fenótipo selvagem e com a mutação Golden (figura 1). Os alunos poderão receber material impresso ou, se o professor preferir, a imagem pode ser exibida em um telão.

Figura 1 - O peixe *Danio rerio*, conhecido popularmente como paulistinha ou peixe zebra e os fenótipos selvagem e da mutação *Golden*.



Fonte: Adaptado de LAMASON R. et al., SLC24A5, a putative cation exchanger, affects pigmentation in zebrafish and humans. Science Vol. 310, Issue 5755, p. 1782-1786. 2005.

Em seguida, o professor irá escrever no quadro a seguinte questão:

Questão 1- O que há de diferente entre esses dois fenótipos? O que poderia explicar essa diferença?

Sem consultar nenhuma fonte, os estudantes deverão formular hipóteses que respondam essas questões, anotando suas ideias em seus cadernos. Em seguida, o professor relatará aos estudantes algumas observações de uma pesquisa realizada em 2005. Os pesquisadores Rebecca Lamason, Keith Cheng e equipe estudaram peixes da espécie *Danio rerio* e observaram ao microscópio a pele dos dois tipos de peixes, ou seja, com o fenótipo selvagem e com a mutação Golden. As observações mostraram que os mutantes Golden apresentavam uma quantidade menor de melanossomos, o que é compatível com a coloração menos intensa dos animais. Esses pesquisadores identificaram o gene que, quando mutado, levava ao fenótipo Golden. Esse gene foi denominado SLC24A5.

De posse dessas informações, uma nova situação-problema será proposta aos estudantes que deverão pensar sobre a seguinte pergunta escrita no quadro:

Questão 2- Um gene que em peixes está relacionado com pigmentação poderia ter um equivalente em seres humanos?

Para responder novamente sem consultar nenhuma fonte de pesquisa, os estudantes serão orientados a formular hipóteses e anotá-las em seus cadernos. Cumprida essa etapa, e as respostas analisadas e discutidas com a mediação do professor, será informado aos alunos que os seres humanos possuem um gene com sequência semelhante, que foi denominado SLC24A5. O passo seguinte será a reflexão dos alunos sobre uma terceira questão, a ser colocada no quadro:

Questão 3- o que significa dizer que os genes têm sequência parecida?

Novamente os estudantes deverão refletir e anotar as respostas em seus cadernos.

Na próxima etapa, o professor escreve no quadro a quarta questão:

Questão 4 -Os pesquisadores ainda fizeram um outro experimento: inseriram RNAm humano, correspondente ao gene SLC24A5, em embriões de peixes Golden. O que você esperaria como resultado, com relação ao fenótipo dos peixinhos que nasceram?

Mais uma vez, sem consultar nenhum material, os estudantes deverão anotar a resposta que mais consideram provável em seus cadernos. Depois dessa reflexão, os estudantes verão a imagem correspondente ao fenótipo dos peixes que nasceram (figura 3) e utilizar essa informação para tentar explicar o resultado desse experimento.

Figura 2 - Figura do fenótipo do peixe com a mutação Golden que teve inserido RNAm humano, correspondente ao gene SLC24A5



Fonte: Royalty Free Stock Photos

Em um outro momento, o professor pode ler ou escrever no quadro a quinta e última questão:

Questão 5: E agora vocês já sabem que peixes e seres humanos têm um gene semelhante que interfere na pigmentação. Sabendo que as pessoas não são iguais e que, genes como o SLC24A5 apresentam polimorfismos com frequências diferentes em diversas populações humanas, vocês esperariam encontrar correlações entre determinados alelos e a cor da pele?

Como nas etapas anteriores, os estudantes deverão escrever as respostas que acham prováveis, mas dessa vez poderão socializar com os membros do grupo, comparando suas respostas, bem como pesquisar em fontes confiáveis, com a orientação do professor. A pesquisa pode ocorrer no laboratório de informática da escola ou mesmo em seus próprios *smartphones*. Para finalizar essa parte da sequência didática, as respostas das perguntas anteriores também deverão ser discutidas e verificadas as hipóteses formuladas inicialmente.

Cabe ressaltar que nesse momento, se o professor considerar necessário, podem ser retomados alguns conceitos de genética, principalmente a noção de gene e alelo, bem como a diferença entre polimorfismo e mutação.

Em uma outra etapa dessa sequência didática, os estudantes deverão se reunir em grupos de quatro elementos e cada grupo receberá o tabuleiro do jogo intitulado: “Da África para o mundo”. A base do jogo é formada pela junção de 4 folhas de papel A4 que formam o desenho do mapa-múndi (apêndice 2), com o continente africano localizado à esquerda. O tabuleiro pode ser visto na íntegra na figura 3.

Para jogar, cada grupo de 4 estudantes precisará receber os seguintes materiais:

- 1 tabuleiro impresso em quatro folhas de sulfite tamanho A4 que juntas formam o desenho do mapa-múndi com as rotas das migrações humanas de acordo com o modelo Fora da África (apêndice 2);
- 16 pinos distribuídos em 4 cores (ex: 4 amarelos, 4 azuis, 4 vermelhos e 4 verdes) que podem ser de plástico ou se não tiver, podem ser recortados e montados conforme a ilustração no apêndice 3.
- 1 dado (que pode ser de qualquer material ou recortado e colado nas partes indicadas a partir de um molde, conforme disposto apêndice 3)
- Cartas de mutação 1 (apêndice 4)
- Cartas de mutação 2 (apêndice 4)
- Cartas do roteiro do jogo (apêndice 4)
- 10 quadrados coloridos feitos de papel cartaz de 1cm² (disponíveis para recorte no apêndice 5)

Os pinos, os quadradinhos e o dado podem ser visualizados na figura 4, o fundo da imagem é a caixa do jogo, com o mesmo logotipo do verso das cartas.

Figura 4 - Caixa do jogo “Da África para o mundo” com os 16 pinos, os quadradinhos coloridos e o dado, necessários para iniciar o jogo.



Fonte: A autora 2022

O jogo foi programado para quatro jogadores e no próprio tabuleiro é indicado que o início se dá com um dos jogadores lendo a carta roteiro 1, que deverá ser colocada no lugar

indicado no canto esquerdo do tabuleiro, com o texto voltado para baixo. A carta diz o seguinte: "Ao realizar o sorteio, você irá definir as populações que povoaram a África. De acordo com pesquisas, hoje sabemos que a África é o berço da humanidade e que a variabilidade genética existente nesse continente é maior do que a de todos os outros continentes juntos. Na ordem sorteada, cada jogador deve jogar o dado e seguir as instruções do tabuleiro. Você só pode mover um pino por jogada. Vence o jogador que povoar os quatro continentes primeiro". Frente e verso da carta roteiro 1, podem ser vistos na figura 5.

Figura 5 - Carta Roteiro 1, em frente e verso. Essa carta deve ser lida por um dos jogadores no início do jogo



Fonte: A autora 2022

Para determinar a ordem de início, o dado deverá ser lançado e o jogador que obteve o número maior será o primeiro, seguido em ordem decrescente pelos outros jogadores. No caso de empate, o dado deverá ser jogado novamente até desempatar. Determinada a ordem, cada jogador deverá escolher aleatoriamente um quadradinho colorido e colocar em cima de algum dos números indicados no continente africano e assim sucessivamente, seguindo a ordem do segundo terceiro e quarto jogador até que os 10 quadradinhos coloridos acabem, como pode ser visualizado na figura 6 Nesse início do jogo, cada quadradinho representa o surgimento das primeiras populações de *Homo sapiens*, cada qual com frequências alélicas distintas.

Figura 6 - Imagem do tabuleiro do jogo “Da África para o Mundo”, com o sorteio dos quadradinhos e a sobreposição no continente africano indicando a variabilidade genética existente no continente.



Fonte: A autora 2022

Assim que todos os números do continente africano estiverem cobertos com os quadradinhos, o jogador número 1 deve pegar os quatro pinos azuis e colocar no quadrado 1 indicado no tabuleiro, e jogador 2 deve pegar os quatro pinos vermelhos e colocar no quadrado indicado, o jogador 3 deve pegar os quatro pinos amarelos e colocar no lugar indicado e o jogador quatro deve pegar os quatro pinos verdes e colocar também no lugar indicado no tabuleiro, conforme visualizado na figura 7.

Figura 7- Pinos dispostos no lugar indicado onde deve iniciar o jogo “Da África para o mundo”



Fonte: A autora 2022

Na sequência, um dos jogadores deverá ler a carta roteiro 2 que diz o seguinte: “Há aproximadamente 60 mil anos um pequeno grupo de humanos nômades arriscou-se mundo afora, saindo da África seguindo a via costeira do Golfo Pérsico e costa da Índia até chegar no sudeste asiático. Todos os humanos existentes são descendentes desse grupo, o que é chamado de efeito fundador”. Essas informações estão de acordo com as publicações de Pena (2008), e a imagem da carta roteiro 2 em frente e verso pode ser vista na figura 8.

Figura 8 - Frente e verso da carta roteiro 2 que informa sobre a saída dos primeiros humanos da África.



Fonte: A autora 2022

Neste aspecto, o jogo procura evidenciar para os estudantes as diferentes populações africanas e a grande variabilidade genética existente no continente, representadas pelos quadradinhos coloridos e também indica que alguns grupos permaneceram no continente africano, dados comprovados com os estudos de Behar (2008), que explica que a humanidade permaneceu isolada na África durante dois terços de sua história, o que foi confirmado pela pesquisa com DNA mitocondrial de 600 africanos. Lewontin (1972) comparou a variabilidade genética dentro das populações humanas e concluiu que 85,4% da diversidade ocorria dentro da própria população, e 8,3% entre as diferentes populações de um mesmo grupo continental, raciocínio que pode ser aplicado para as populações ancestrais.

A regra fundamental para o desenvolvimento do jogo é compreender que cada pino corresponde a uma população e não a um único indivíduo, cada estudante pode mover apenas um pino por jogada, seguindo a ordem sorteada com o dado anteriormente, andar o número de casas equivalente ao número sorteado no dado; também deve parar toda vez que encontrar uma

bifurcação, como pode ser visto no tabuleiro como “parada obrigatória”, mesmo que o número sorteado com o dado seja maior, o jogador precisa obedecer essa regra e parar. Ao chegar na primeira parada obrigatória, conforme o que está escrito no tabuleiro, o jogador deverá sortear aleatoriamente uma das cartas de seleção 1, que deverão estar postas no lugar indicado no tabuleiro (Figura 9). O fato de movimentar apenas um pino por jogada evidencia que não ocorreu apenas uma única saída de homínídeos para fora do continente, mas sim várias saídas.

Figura 9 - Frente e verso das cartas de seleção 1, que devem ser sorteadas durante o jogo na parada obrigatória.



Fonte: A autora 2022

O jogo tem o total de duas cartas de seleção 1 que, ao serem sorteadas, irão determinar o tipo de seleção que aquela população irá sofrer. Se na carta sorteada estiver escrito: “Latitudes mais altas e menor incidência de radiação UV, resultou na deficiência de produção de vitamina D. Essa deficiência produziu raquitismo em alguns componentes desse grupo. Mas alguns já possuíam a variação de alguns genes que são responsáveis pela síntese de melanina, principalmente o gene SLC_{24A5}. O ambiente selecionou indivíduos que possuíam essa variação que se adaptaram bem ao clima europeu. Você foi selecionado para colonizar a EUROPA, pule

uma casinha e vá em direção ao continente”. O jogador deve posicionar o pino no caminho que leva até o continente europeu. Caso a carta sorteada seja a outra que diz: “Se você tirou essa carta, siga para a casinha da seleção 2 e sorteie uma das cartas. Seguindo a orientação da carta, o jogador deverá sortear novamente umas das 3 cartas de seleção 2, o que irá determinar a seleção natural sofrida pela população, representada pelo pino e deverá seguir o caminho da Ásia, Oceania ou América. Conforme pode ser visto na figura 10.

Figura 10 - Frente e verso das cartas de seleção 2 que devem ser sorteadas durante a parada obrigatória



Fonte: A autora 2022

Como pode ser visto na figura 10, existem três opções de cartas de seleção 2, descritas a seguir: Na opção 1, essa população possui variações genéticas, que incluem o gene SLC₂₄A₅ levando a uma síntese menor de melanina. Latitudes mais altas e a diminuição da radiação UV, selecionaram indivíduos com a pele mais clara. Então a ordem é “siga a casinha em direção ao continente asiático e colonize”. O jogador deve seguir no sentido do continente asiático. Na opção 2 o texto diz o seguinte: “A seleção natural está sendo vantajosa para vocês apesar de alguns da sua comunidade não terem conseguido se reproduzir. Vários integrantes do grupo se

adaptaram, a região que seu grupo percorre ainda tem intensa radiação UV. A sua pele, com uma quantidade maior de melanina, favoreceu o seu grupo, que se reproduziu e seguiu em direção à Oceania, formando diversas populações de Aborígenes. Dessa forma, o pino deve dirigir-se à Oceania. Ao sortear a opção 3, a carta afirma: “Esse grupo de pessoas é realmente muito corajoso, várias gerações se passaram e a seleção natural foi favorável. Siga o caminho da América, pelo estreito de Bering. Esse continente foi o último a ser povoado. Boa sorte”. O jogador deve seguir com seu pino no sentido do continente americano.

Se ao mover o segundo, terceiro e quarto pino o sorteio da carta orientar a ir aonde o jogador já estaria representado por um pino das jogadas anteriores, o jogador pode optar em seguir com a migração para um outro continente, desde que siga todas as regras básicas do jogo, como o andar somente o número de casas proposto pelo dado.

A figura 11 mostra o tabuleiro com o jogo andamento, com as rotas das migrações humanas descritas pelo geneticista Sergio Pena em 2008 e por Allan et al., 2015.

Figura 11 – Jogo de tabuleiro: Da África para o mundo. Os cartões que indicam a variabilidade, pinos e os caminhos que deverão ser percorridos no decorrer do jogo.



Fonte: A autora 2022

O jogador vencedor será o que conseguir colonizar os quatro continentes. E, se a professora achar conveniente, pode orientá-los continuar o jogo para determinar o segundo,

terceiro e quarto lugar, pois dessa forma, ficará mais fácil para os estudantes compreenderem que a migração não ocorreu uma única vez, mas várias vezes ao longo da história aumentando ainda mais a variabilidade genética das populações.

Ao terminar o jogo, os estudantes podem ser incitados a responder as seguintes perguntas:

- 1- Quais características da espécie ajudaram a conseguir esse sucesso na migração?
- 2- Você considera a variabilidade um fator importante para a sobrevivência da espécie?
- 3- Por que a população africana possui maior diversidade genética?
- 4 - Raças são construções sociais ou atributos biológicos?

Um tutorial específico para o estudante foi elaborado (apêndice 6), que de uma maneira resumida e linguagem adequada, explica o funcionamento e as regras do jogo. Foi feito também um tutorial específico para educadores (apêndice 7), que também de forma resumida explica e fornece dicas para o professor de como aplicar este jogo com os estudantes.

De forma dialogada, as questões acima relacionadas e conceitos pertinentes podem ser discutidos com os estudantes. Esta sequência didática será então finalizada, o que acreditamos irá auxiliar positivamente no processo de ensino-aprendizagem, conforme citado por Gomes & Friedrich (2001) que consideram que os jogos são uma alternativa para o melhor desempenho dos estudantes. Os jogos têm o objetivo principal de proporcionar a aprendizagem de uma forma inteiramente lúdica, fugindo do uso constante de materiais pedagógicos empregados tradicionalmente no decorrer de um ano letivo (CUNHA, 1988). O emprego de terminologia científica auxilia os estudantes na compreensão de conceitos que explicam a evolução da espécie humana e a inexistência do conceito de raça. Ao finalizar o jogo, o questionário diagnóstico (apêndice 1), pode ser reaplicado para realizar uma análise comparativa com as respostas obtidas primeiramente e averiguar se houve aprendizado do conteúdo.

6 CONCLUSÃO

É inquestionável que o racismo está presente em nossa sociedade e muitos autores discutem esse tema, é imperativo, portanto, que as escolas sejam o palco de um debate sobre esse assunto, não apenas nas aulas de Ciências e Biologia. Entretanto, no que diz respeito à Biologia, os professores da rede pública se deparam sempre com a falta de material didático para abordar esse tema em sala de aula, o que pode ser feito utilizando conceitos de genética e evolução. A elaboração de uma sequência didática que trabalhe essas questões dentro da Biologia é inovador e desmistifica conceitos sobre a evolução da espécie e raças humanas.

Apesar de não ter sido testada com estudantes, a sequência didática proposta no presente trabalho é diversificada e tem potencial para atingir um bom resultado no processo de ensino e aprendizagem para um sem-número de educandos.

A sequência didática tem início com a aplicação de um questionário diagnóstico que visa auxiliar o professor na análise do conhecimento prévio e detecção de possíveis erros na construção da compreensão dos estudantes sobre a existência de raças na espécie humana e a evolução do *Homo sapiens*. O lúdico se faz presente com a observação da diversidade dos tons de pele com o uso de uma cartela de cores, em uma atividade ao mesmo tempo divertida e investigativa que inclui a reflexão e a resposta a perguntas apresentadas pelo professor. Sabe-se que as atividades práticas no ensino de ciências potencializam a absorção do conteúdo pelo estímulo à observação e ao raciocínio lógico. Atividades práticas com caráter lúdico inseridas durante as aulas introdutórias a um assunto despertam mais interesse e levam a um impacto maior na retenção do conhecimento.

Uma outra atividade de cunho investigativo dá continuidade à sequência didática. A atividade traz a ciência e o método científico de forma concreta aos alunos ao trabalhar com um exemplo real de experimentos científicos relacionado à genética da pigmentação. Os estudantes devem relacionar os resultados de uma pesquisa realizada com peixes da espécie *Danio rerio* com o fenótipo selvagem e com a mutação Golden com a pigmentação da pele humana e a participação da genética na determinação da variabilidade fenotípica. A reflexão sobre os resultados da pesquisa levará à formulação de hipóteses e discussão de sua validade. Acreditamos que uma atividade como essa que, através de exemplos concretos mostra o trabalho de cientistas, certamente irá reverberar na fixação do conteúdo e no interesse pela pesquisa científica.

Jogos de tabuleiro constituem um recurso simples, motivador e capaz de atrair a atenção dos estudantes. Há na literatura muitos trabalhos que demonstram o poder dos jogos no processo de ensino e aprendizagem e, nesse contexto, os jogos de tabuleiro permanecem como ferramentas importantes, não tendo sido superados pelos jogos digitais. Nossa proposta incluiu a elaboração de um jogo de tabuleiro inédito que trabalha com conceitos genéticos, com a variabilidade existente nas populações humanas e com as rotas de migração das populações ancestrais. O jogo pode ser utilizado nas aulas de Biologia quando o conteúdo trabalhado for genética ou evolução humana, ou também quando a escola realizar ações referentes ao dia consciência negra para combater o racismo estrutural. A utilização do jogo em diversos cenários dentro do ambiente escolar sem dúvida contribuirá para o ensino de genética e evolução, para enfatizar que raças humanas não são atributos biológicos e para o absurdo que é o racismo. Convém salientar que o jogo proposto pode ser feito com materiais de baixo custo, com a impressão do tabuleiro em impressoras convencionais presentes nas escolas e os pinos e dados recortados em papel, o que torna sua aplicabilidade descomplicada. O planejamento do jogo levou em consideração um período de cinquenta minutos, o que equivale a uma aula, como suficiente para sua aplicação. Desse modo, a atividade que envolve o jogo não se torna algo cansativo para o professor, nem para o aluno. Além disso, o jogo possibilita que o professor mediador adapte as regras se considerar necessário ao analisar o perfil da turma.

7 REFERÊNCIAS

A CIÊNCIA CONTRA O RACISMO. Revista Superinteressante, São Paulo SP, 9 de, nov. 2017. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/ciencia-contraracismo/>>. Acesso em 07/02/2022.

ALLAN A. ANDRADE F. RANGEL JR. M. J. N. Origem e Dispersão dos humanos modernos. NEVES W. A.; JUNIOR M. J. R.; MURRIETA R. S. S. In: **Assim caminhou a humanidade**. Ed. Palas Athena. São Paulo SP 2015. 242-280

ALVES F. **Gamification** como criar experiências de aprendizagem engajadoras um guia completo: do conceito a prática. 2º edição. São Paulo SP: DVS editora. 2015

ALMEIDA, S L. **Racismo Estrutural**. 1ª edição São Paulo SP. Pólen. 2019

BEHAR, D. M, SOODYAELL H., SMITH J. B., PEREIRA L., METSPALU E., SAZZARI R., MAKKAN H., TZUR S., COMAS D., BETRAPETIT J., MURCI Q. M., SMITCHE C. T., WELLS R. S., ROSSET S. “The Dawn of Human Matrilineal Diversity”. Em: American Journal of Human Genetics, 82: 1130-1140, 2008.

BERGMANN J e SAMS A. **Sala de aula invertida: Uma metodologia ativa de aprendizagem**. Ed.Gen LTC 2021

BRASIL. LEI 10.639, de 9 de janeiro de 2003. Intitui a obrigatoriedade do ensino da cultura afro nas escolas. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/2003/10639.htm>. Acesso em 06/08/2020.

BONWELL, C. C.; EISON J. A. Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. 1991 **Ashe-Eric Higher Education Reports**. 1991 Disponível on line em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf>. Acesso 26/02/1996.

CAMPOS, L.M.L.; BORTOLOTO, T.M.; FELÍCIO, A.K.C. A Produção de Jogos Didáticos para o Ensino de Ciências e Biologia: Uma Proposta para Favorecer a Aprendizagem. **Cadernos dos Núcleos de Ensino**, São Paulo,-SP 2003

CAPECCHI M. C. V. M. **Problematização no ensino de Ciências**. In CARVALHO A. M. P. Ensino de Ciências por Investigação. São Paulo, Cengage, 2020 pág. 21-39

CARVALHO A. M. P., Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 18(3), 765–79. 2018

CARVALHO A. M. P. **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino Investigativas**. In CARVALHO A. M. P O ensino de Ciências por Investigação. São Paulo Cengage 2020

CLEMENT L., CUSTODIO J. F., ALVES FILHO J. P. Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.8, n.1, ISSN 1982-5153. 2015

CUNHA, N. **Brinquedo, desafio e descoberta**. Rio de Janeiro: FAE. 1988

DARWIN C. A. **A Origem Das Espécies** ISBN 978-85-7232-985-9 Editora Martin Claret LTDA. 10ª reimpressão São Paulo- SP 2019.

DELIZOICOV D., **Problemas e problematização. In: pietrocola,m (org) Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Ed. UFSC, 2001.

EXPLORATORIUM TEACHER INSTITUTE, **Color Me Human**. Disponível on line em: <https://www.exploratorium.edu/snacks/color-me-human>. Acesso em 21/09/2020.

EUGENIO T. **Aula em Jogo descomplicando a gamificação para educadores**, São Paulo SP: Ed. Évora, 2020

FOUCAULT, M. **Em defesa da sociedade**. Ed. Martins Fontes. São Paulo, 2005.

FARDO M. L. A Gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. **Cinted- UFRGS Novas Tecnologias na Educação**. V11n°1, 2013.

GOMES, R. R.; FRIEDRICH, M. A construção dos jogos didáticos na aprendizagem de conteúdos de Ciências e Biologia. In EREBIO, 1, Rio de Janeiro Anais p. 389-92. 2001

HARARI Y. N. **Sapiens Uma breve História da humanidade**. 1º edição. São Paulo SP, Companhia Das Letras. 2020

JOBLING, M.; HURLES M.; SMITH. C. T. Human Evolutionary Genetics. **Ed. Garland Science**, New York, EUA, 2013.

KOLBERT E., A flor da pele. **National Geographic**. São Paulo- SP, 217 p 36 2018.

KUZE J. C **Análise de efeitos do uso de atividades lúdicas no ensino de evolução e genética para alunos do ensino médio**. Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Genética UFPR 2014.

LAMASON R. L, MOHIDEEN M. A P.K., CHENG K. C. SLC24A5, a putative Cation Exchanger, Affects Pigmentation in Zebrafish and Humans. **Science vol 310** ISSUE 5755 p 1782-1786. 2005.

LEWONTIN, R. C., The Apportionment of Human Diversity. **Em Evolutionary Biology, 6: 381-398**, 1972.

LIMA L. G. A., **A cor da Pele em humanos: um caso de seleção natural e a contribuição da genética no debate sobre raças no século XXI**. Genética na Escola Vol.15 N 1. 2020.

LIMA M. R. O. Lições dos *games* para pensar a reconstrução do espaço escolar ou como Super Mario pode dialogar com Paulo Freire. In: MEIRA L. & BLIKSTEIN. **Ludicidade, Jogos digitais e gamificação na aprendizagem**. 1ª edição. Porto Alegre RS. Penso. 2020. 3–12.

MATTAR J., ALMEIDA F. D., SOUZ A. L. M., BEDUSCHI J. D., SILVA C. C. SANTOS B. R., AMARAL J. W. R., SPROVIERI R. Gamificação e jogos para metodologia científica: proposta de jogo de tabuleiro e game. **SBC – Proceedings of SBGames, ISSN: 2179-2259** 2017

MIOT L. D., SILVA M. G., MIOT H. A., MARQUES M. E. A. Fisiopatologia do Melasma. **Anis Brasileiros de Dermatologia**. 2009.

MIRANDA. S. Fascínio do jogo, a alegria de aprender. In: **Ciência Hoje** V 28. 2001.

MOSTAFA, W. Z.; HEGAZY, R. A. **Vitamin D and the Skin: Focus on a complex relationship**: A review. Journal of Advanced Research. 2015.

MUNANGA K. Uma abordagem conceitual das noções de raça, racismo, identidade e etnia. **Palestra proferida no terceiro Seminário Nacional Relações Raciais e Educação – PENESB-RJ, 05/11/03**. Disponível on line em: <https://www.geledes.org.br/wp-content/uploads/2014/04/Uma-abordagem-conceitual-das-noco-es-de-raca-racismo-identidade-e-etnia.pdf>. Acesso em 06/08/2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning**. 10th Printing, Washington, DC: National Academy Press, 2008.

NETO M. C.; GLORIA P.; NEVES W. A. A origem e dispersão do gênero *Homo*. In: NEVES W. A.; JUNIOR M. J. R.; MURRIETA R. S. S. **Assim caminhou a humanidade**. 1ª edição. São Paulo. Ed. Palas Athena. 2015. 146 – 188

NOGUEIRA S. A cor da Pele escrita no DNA. Testes permitem descobrir características raciais sem a presença das pessoas. **Pesquisa FAPESP** 193. 2012.

PARANÁ. Secretária Estadual de Educação. **Diretrizes curriculares de Biologia para a educação Básica**. Curitiba 2008 Disponível on line em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_bio.pdf Acesso em 06/08/2020.

PENA S. D. J. **Humanidade sem raças?** Série 21 Ed. PubliFolha. São Paulo 2008.

PEDROZA, T.; FERREIRA, T.; GRAÇAS C. M., Desenvolvimento e avaliação de Jogos Educativos Digitais (JED) sobre a temática água: um estudo de caso utilizando a ferramenta Game Maker. **Studio. RENO**, **15(2)** 2017

PENA, S. D. J. Receita para uma humanidade desracializada. **Ciência Hoje online**. Coluna: deriva genética. 2006 Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/receita-para-uma-humanidade-desracializada/>. Acesso em 06/08/2020.

PENA S. D. J & BIRCHAL T. S. A inexistência biológica versus a inexistência social de raças humanas: pode a ciência instruir o etos social? **Revista USP**, n68. p10-21. 2006.

PENA S. D. J. & BORTOLINI M. C. Pode a genética definir quem deve se beneficiar das cotas universitárias e demais ações afirmativas? **Estudos avançados** INSS 0103-4014 vol 18. São Paulo 2003.

PESSOA, G.P. & COSTA, F.J. A flipped classroom no ensino de Ciências e Biologia: uma articulação com o ensino de Ciências por investigação. **TECNIA**, vol. 4, n.2, pág. 208-225, 2019

QUILLEN E. E, NORTON H. L., PARRA E. J., DURAZO F, L., ANG K. C., ILLIESCU F. M., PEARSON L. N., SHRIVER M. D., LASISI T., GOKCUMEN O., STARR I., LUNG L. Y., MATIN A. R., JABLONSKIN. G. Shades of complexity: New perspectives on the evolution

and Genetic architecture of human skin. **American Journal of Physical Anthropology**. Vol 168 ISGUE 567 2018.

ROCHA D. F. & RODRIGUES M. S. Jogo didático como facilitador para o ensino de Biologia no ensino médio. **CIPPUS** (ISSN2238-9032) Canoas v.8 n 2, 2018. Disponível em: <http://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/cippus>. Acesso em 06/07/2020.

ROCHA G. & NEVES W. Uma outra Jornada para o Sapiens. **Scientific American**. São Paulo SP. 20 de maio de 2022. 37-41

ROCHA J. The Evolutionary History Human Skin Pigmentation. **Journal of Molecular Evolution** 88:77-87 2000.

SALZANO, F. M. O conceito de raça a partir da Biologia e da Sociologia. **Genética na escola**, v.2 nº 1, p.1-2, 2007. Disponível em: <http://www.geneticanaescola.com.br /Ano2vol1.html>. Acesso em 24/06/2020.

SARTORI S. P. H, SEPEL L. M. N. & LORETO E. L. S **Radiações moléculas e genes**. Ed. SBG 2008.

SCARPA, D.L. & CAMPOS, N.F. Potencialidades do ensino de Biologia por investigação. **ESTUDOS AVANÇADOS** 32 (94), 2018

SILVA, N. A. B. B., **Genética e “raças” na espécie humana: um enfoque para o ensino médio**. Monografia UFPR. 2011. Disponível: <file:///C:/Users/thali/OneDrive/Documentos/referencias%20tcm/R%20-%20E%20-%20NAT ALIA%20APOLONIA%20BELINO%20BONFIM%20SILVA.pdf> acesso em 26/06/2020.

TRIVELATO, S.L.F. e TONIDANDEL, S.M.R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia. **Revista Ensaio**, vol. 17, p. 97-114, 2015

VIEIRA E. P. P & MARTINS F. F. Aspectos históricos e epistemológicos relacionados ao conceito de raça humana e a formação de professores de Ciências e Biologia. **Amazônia revista de educação em Ciências e matemática**. ISSN:2317-5125 V.11(22) p 22-33. 2015

WILLISKY J. Ciência e a origem da raça. In Lopes A. C & Macedo E. **Currículo de Ciências em debate**. Ed. Papyrus. São Paulo 1998

ZABALA, A. **A Prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZUANON A. C. A.; DINIZ R. H.S. & NASCIMENTO L. H. Construção de jogos didáticos para o ensino de Biologia: Um recurso para a integração dos alunos à prática docente. **R. B. E. C.T.**, vol 3, ISSN- 1982-873X. 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – MODELO DE QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

- 1) Sexo
 - masculino
 - feminino

- 2) Na sua opinião, existe racismo no Brasil?
 - sim
 - não

- 3) Na sua opinião existem raças humanas?
 - Sim
 - Não

- 4) Que característica abaixo define você:
 - branco
 - Negro
 - indígena
 - mestiço
 - pardo
 - amarelo
 - Outro _____

- 5) Na sua opinião o que define a cor da pele de uma pessoa?
 - sua raça
 - o ambiente em que ela vive
 - seu sangue
 - seus genes

- 6) É possível uma pessoa negra ter antepassados brancos?
 - sim
 - Não

- 7) Você sabe como ocorre a síntese de vitamina D na espécie humana?
 - sim
 - não

- 8) Em sua opinião, a cor da pele é determinada
 - Por um gene e dois alelos
 - Por um gene e vários alelos
 - Por vários genes
 - Pela integração de vários genes com o ambiente
 - Têm origem histórica/social
 - Estão relacionadas genética

APÊNDICE 2 -TABULEIRO DO JOGO PARA IMPRESSÃO.

DA ÁFRICA PA

ASIÁTICOS

EUROPEUS

CHEGADA

CHEGADA

1
JOGADOR

2
JOGADOR

A seleção natural foi desfavorável. Volte para casa seleção 1

Você está bem adaptado. Pule 2 casas.

Você teve vários filhotes, aumentou a população. Siga + 1 casa.

O índice de reprodução da população diminuiu, fique uma rodada sem jogar.

Pule mais 1 casa e forme uma população.

Você se adaptou a esse clima. Ande mais 1 casa.

Algumas gerações se passaram. Pule 2 casas.

Você se adaptou muito bem. Pule 1 casa.

Você foi morto por um Neandertal. Volte para o início do jogo.

PARADA OBRIGATORIA CASA DA SELEÇÃO 2

Fique uma rodada sem jogar.

PARADA OBRIGATORIA CASA DA SELEÇÃO 1

Você chegou ao continente europeu.

Você se adaptou. Avance 1 casa.

Leia o roletão 2 PULE UMA CASA

Leia o roletão 2 PULE UMA CASA

13

12

Se o jogador 2 estiver na casa 13, ele deve voltar para a casa 12.

RA O MUNDO



Esta cansado.
Ande mais
1 casa.

Fique 1 rodada
sem jogar.

Parte da
população
morreu de fome.
Volte 4 casas.

O ambiente
selecionou o seu
Fenótipo.
Ande 2 casas.

Muitos filhos
à vista.
Ande 2 casas.



INICIE O JOGO LENDO A CARTA ROTEIRO 1.

Cartas Seleção 1	Cartas Seleção 2	Cartas Roteiro
---------------------	---------------------	-------------------

Viajem
concluída.
Ainda
+ 1 casa

AMERÍNDIOS

Mais um passo
e pode povoar!

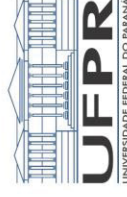
CHEGADA



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia



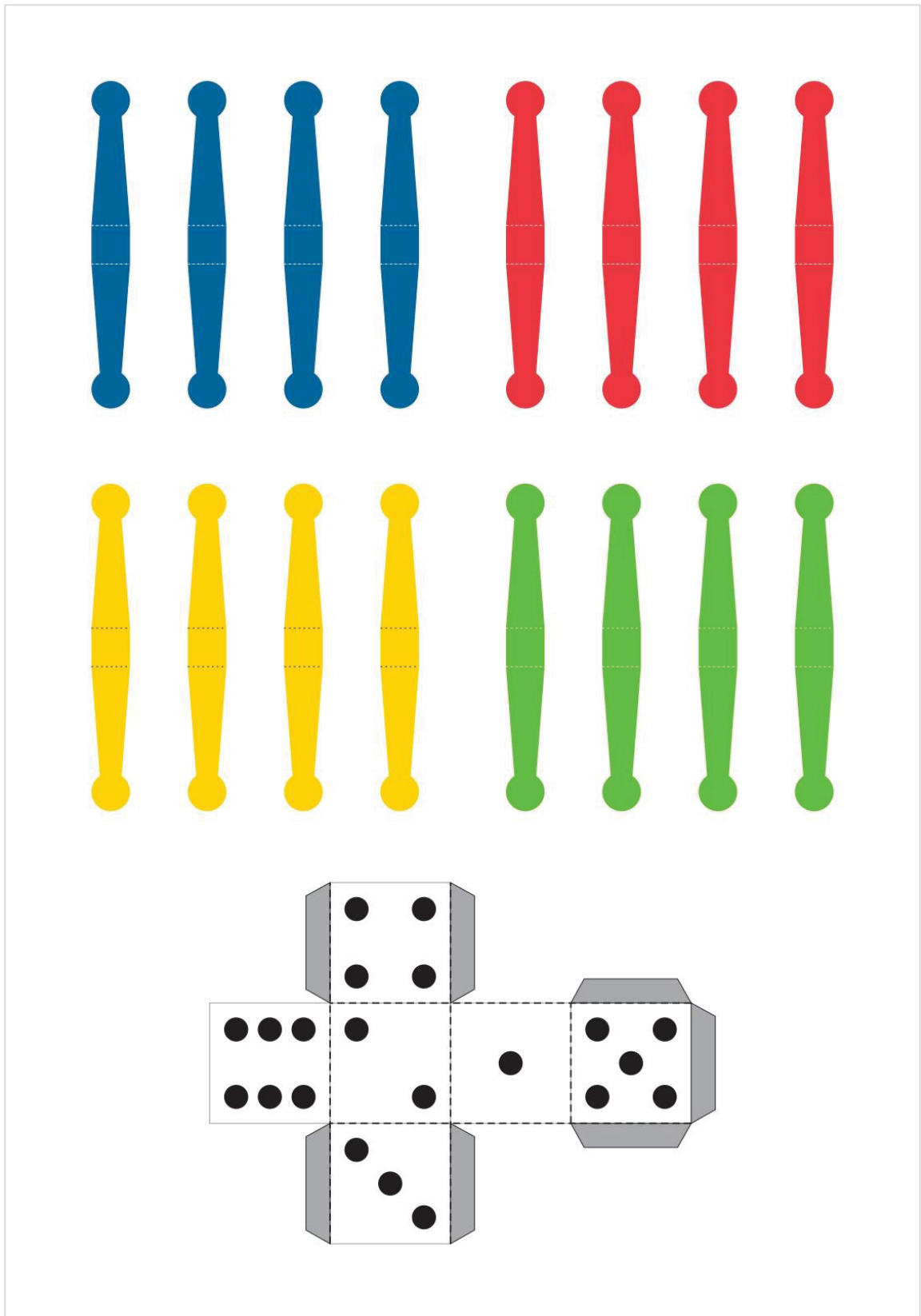
CAPES



UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Thalita V. B. Santos Retcheski
Nina A. B. Pagnan

APÊNDICE 3 – PINOS E DADO DISPONÍVEIS PARA RECORTE



APÊNDICE 4 – FRENTE E VERSO DAS CARTAS DO JOGO.

CARTA DA SELEÇÃO 2

Esse grupo de pessoas é realmente muito corajoso, várias gerações se passaram e a seleção natural foi favorável. Siga o caminho da América, pelo estreito de Bering. Esse continente que foi o último a ser povoado. Boa sorte!

CARTA DA SELEÇÃO 2

Essa população possui uma variação genética em vários genes, principalmente SLC24A5 resultou na síntese menor de melanina. Latitudes e a diminuição da radiação UV, selecionaram indivíduos com a pele mais clara. Então siga a casinha em direção ao continente asiático e colonize.

CARTA DA SELEÇÃO 2

A seleção natural está sendo vantajosa para vocês apesar de alguns da sua comunidade não terem conseguido se reproduzir. Vários integrantes do grupo se adaptaram, a região que seu grupo percorre ainda tem intensa radiação de UV. A sua pele com uma quantidade maior de melanina favoreceu o seu grupo, que se reproduziu e seguiu em direção a Oceania formando diversas populações de Aborígenes.

CARTA ROTEIRO 2

Há aproximadamente 60 mil anos um pequeno grupo de humanos nômades arriscaram-se mundo afora saindo da África seguindo a via costeira do golfo pérsico e costa da Índia até chegar no sudeste asiático. Todos os humanos existentes são descendentes desse grupo, o que é chamado de efeito fundador.

CARTA ROTEIRO 1

Ao realizar o sorteio, você irá definir as populações que povoaram a África. De acordo com pesquisas hoje sabemos que a África foi o berço da Humanidade e que a variabilidade genética existente nesse continente é maior do que a de todos os outros continentes juntos. Na ordem sorteada cada jogador deve sortear o dado e seguir as instruções do tabuleiro. Você só pode mover um pino por jogada. **VENCE O JOGADOR QUE POVOAR OS QUATRO CONTINENTES PRIMEIRO.**

CARTA DA SELEÇÃO 1

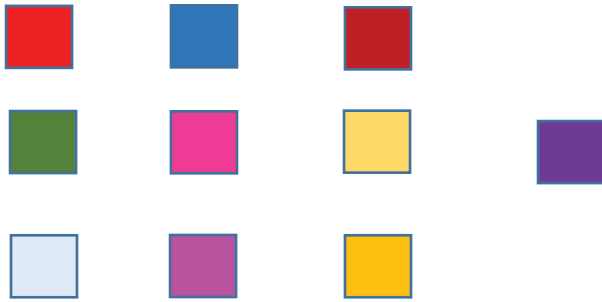
Latitudes mais altas e menor incidência de radiação UV, resultou na deficiência de produção de vitamina D. Essa deficiência produziu raquitismo em alguns componentes desse grupo. Mas alguns já possuíam a variação de alguns genes que são responsáveis pela síntese de melanina, principalmente o gene SLC24A5. O ambiente selecionou indivíduos que possuíam essa variação que se adaptaram bem ao clima europeu. Você selecionado para colonizar a EUROPA, pule uma casinha e vá em direção ao continente.

CARTA DA SELEÇÃO 1

Se você tirou essa carta, siga para a casinha da seleção 2. E sorteie uma das cartas da seleção 2.



APÊNDICE 5 - 10 QUADRADINHOS PARA RECORTAR





DA ÁFRICA PARA O MUNDO

Tutorial de como jogar

Por Thalita Retcheski

Caro estudante

Esse jogo foi elaborado, pensando em você. Aprender sobre evolução e genética, pode ser fácil e divertido. Compreenda a evolução da nossa espécie, sorteie a seleção natural que vai ocorrer e descubra quem consegue migrar antes para os continentes e povoar o planeta.



Como jogar?

Forme um grupo de 4 pessoas. Cada grupo deverá possuir.

- 1 tabuleiro impresso em quatro folhas de sulfite tamanho A4 que juntas formam o desenho do mapa mundi com as rotas das migrações humanas de acordo com o modelo Fora da África
- 16 pinos distribuídos em 4 cores (ex: 4 amarelos, 4 azuis, 4 vermelhos e 4 verdes)
- 1 dado
- Cartas de mutação 1

- Cartas de mutação 2
- Cartas do roteiro do jogo
- 10 quadrados coloridos feitos de papel cartaz de 1cm².

Início do jogo

Para determinar a ordem de início do jogo, o dado deverá ser lançado por cada um dos quatro jogadores, e o jogador que obteve o maior número será o primeiro, seguido em ordem decrescente pelos outros jogadores. No caso de empate, o dado deverá ser jogado novamente até desempatar. Determinada a ordem, cada jogador deverá escolher aleatoriamente um quadradinho colorido, que serve para demonstrar de maneira concreta a variabilidade genética existente em todo o continente africano e que não foram todos os povos que migraram da África para os outros continentes. Os estudantes deverão ser orientados a colocar um a um dos quadradinhos em cima dos números indicados no continente africano e assim sucessivamente, seguindo a ordem do segundo, terceiro e quarto jogador até acabar os 10 quadradinhos coloridos. O jogador número 1 (o que tirou o maior número quando jogou o dado) deve colocar seus quatro pinos azuis no quadrado azul correspondente; o jogador número 2 deve colocar os quatro pinos vermelhos no quadrado da cor que possui o número 2; o jogador número 3 deve colocar os quatro pinos amarelos no quadrado correspondente e o jogador número 4 deve colocar os quatro pinos verdes no quadrado verde correspondente. A figura a seguir ilustra o início do jogo.



Na sequência, um dos jogadores deve ler a carta roteiro 1 que pode ser vista na imagem a seguir. Essa carta explica que a sequência do jogo deve ocorrer de acordo com a ordem do sorteio e que cada jogador pode escolher qual dos seus pinos vai mover em cada jogada, mas que só pode mover um pino por vez.



Em seguida, conforme indicado no tabuleiro, deve ser lida a carta roteiro 2, que explica de maneira breve o início das primeiras migrações da espécie. É importante o professor salientar que cada pino corresponde a uma população e não a uma única pessoa, e que não ocorreu apenas uma saída migratória e sim várias delas durante vários anos.

Cada jogador em sua respectiva ordem deve jogar o dado e andar o número de casas indicado, a menos que passe por uma parada obrigatória. No tabuleiro existem duas, sendo a casa da seleção 1 e a casa de seleção 2. Ao se deparar com essas "casas", o jogador deve sortear as cartas que irão definir qual seleção natural aquele pino irá sofrer e qual continente irá colonizar. Vence o jogador que colonizar todos os continentes primeiro. O jogo pode continuar para definir as outras colocações, ou terminar assim que o primeiro jogador concluir. O jogo é prático e rápido, a média para finalização é de aproximadamente 40 minutos.

Bom jogo e bom aprendizado!

Att.

Thalita Verginia Batista dos Santos Retcheski



DA ÁFRICA PARA O MUNDO

Tutorial para aplicação com estudantes

Por Thalita Retcheski

Caro professor

Esse jogo é a última parte de uma sequência didática, que tem por objetivo desconstruir o conceito de raça humana com conceitos genéticos e evolutivos. O jogo pode ser utilizado como parte da sequência didática ou não, dependendo a preferência do professor ou o contexto da aula.



Com quem utilizar?

O jogo pode ser utilizado com estudantes do ensino médio, nas aulas de Biologia, em vários momentos do processo de ensino e aprendizagem.

Quando utilizar?

O jogo pode ser utilizado quando os seguintes conteúdos específicos estiverem sendo trabalhados:

- Genética humana,

- Herança quantitativa,
- Evolução humana,
- Genética molecular
- Momentos aleatórios como nas atividades extraclasse sobre o dia da Consciência Negra que as escolas devem trabalhar seguindo a lei 10.639 de 9 de janeiro de 2003.

Conteúdos prévios necessários

Genética clássica (dominante, recessivo, alelos, homocigoto e heterocigoto, leis de Mendel), e da genética molecular (duplicação, transcrição e tradução). Os conceitos de mutação e polimorfismo devem ser enfatizados por serem fundamentais para a compreensão do processo evolutivo.

Como jogar?

Sugere-se que a turma seja dividida em grupo de quatro estudantes. Cada grupo deverá receber:

- 1 tabuleiro impresso em quatro folhas de sulfite tamanho A4 que juntas formam o desenho do mapa mundi com as rotas das migrações humanas de acordo com o modelo Fora da África
- 16 pinos distribuídos em 4 cores (ex: 4 amarelos, 4 azuis, 4 vermelhos e 4 verdes)
- 1 dado
- Cartas de mutação 1
- Cartas de mutação 2
- Cartas do roteiro do jogo
- 10 quadrados coloridos feitos de papel cartaz de 1cm².

Início do jogo

Para determinar a ordem de início do jogo, o dado deverá ser lançado por cada um dos quatro jogadores, e o jogador que obteve o maior número será o primeiro, seguido em ordem decrescente pelos outros jogadores. No caso de empate, o dado deverá ser jogado novamente até desempatar. Determinada a ordem, cada jogador deverá escolher aleatoriamente um quadradinho colorido, que serve para demonstrar de maneira concreta a variabilidade genética existente em todo o continente africano e que não foram todos os povos que migraram da África para os outros continentes. E para isso os estudantes deverão ser orientados a colocar um a um dos quadradinhos em cima dos números indicados no continente africano e assim sucessivamente, seguindo a ordem do segundo terceiro e quarto jogador até acabar os 10 quadradinhos coloridos. O jogador número 1 (que tirou o maior número quando jogou o dado) deve colocar seus quatro pinos azuis no quadrado azul correspondente; o jogador número 2 deve colocar os quatro pinos vermelhos no quadrado da cor que possui o número 2; o jogador número 3 deve colocar os quatro pinos amarelos no quadrado correspondente e o jogador número 4 deve colocar os quatro pinos verdes no quadrado verde correspondente. Como pode ser visualizado na figura a seguir.



Na sequência, um dos jogadores deve ler a carta roteiro 1 que pode ser vista na imagem a seguir. Essa carta explica que a sequência do jogo, deve ocorrer de acordo com a ordem do sorteio e que cada jogador pode escolher qual dos seus pinos vai mover em cada jogada, mas que só pode mover um pino por vez.



Em seguida, conforme indicado no tabuleiro, deve ser lida a carta roteiro 2, que explica de maneira breve o início das primeiras migrações da espécie. É importante o professor salientar que cada pino corresponde a uma população não a uma única pessoa e que não ocorreu apenas uma saída migratória e sim várias delas durante vários anos.

Cada jogador em sua respectiva ordem deve jogar o dado e andar o número de casas indicado, a menos que passe por uma parada obrigatória. No tabuleiro existem duas, sendo a casa da seleção 1 e a casa de seleção 2. Ao se deparar com essas "casas", o jogador deve sortear as cartas que irão definir qual seleção natural aquele pino irá sofrer e qual continente irá colonizar. Vence o jogador que colonizar todos os continentes primeiro. O jogo pode continuar para definir as outras colocações, ou terminar assim que o primeiro jogador concluir.

O jogo é prático e rápido, a média para finalização é de aproximadamente 40 minutos.

Bom jogo e boas práticas!

Att.

Thalita Verginia Batista dos Santos Retcheski

ANEXOS

