



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE LICENCIATURA EM BIOLOGIA**

ALDA SILVA DOS REIS

**AVALIAÇÃO DE SOFTWARES PARA O ENSINO DE GENÉTICA A PARTIR
DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS E TÉCNICOS**

Cruz das Almas – BA

2019

ALDA SILVA DOS REIS

**AVALIAÇÃO DE SOFTWARES PARA O ENSINO DE GENÉTICA A PARTIR
DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS E TÉCNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso de Licenciatura em Biologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), como requisito para obtenção do título de Licenciada em Biologia.

Orientadora: Profa. Dra. Talita Lopes Honorato
Coorientador: Prof. Me. Arielson dos Santos Protázio

**Cruz das Almas – BA
2019**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE LICENCIATURA EM BIOLOGIA

ALDA SILVA DOS REIS

AVALIAÇÃO DE SOFTWARES PARA O ENSINO DE GENÉTICA A PARTIR
DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS E TÉCNICOS

A monografia foi aprovada pelos membros da Banca Examinadora e foi aceita por esta Instituição de Ensino Superior como Trabalho de Conclusão de Curso no nível de graduação, como requisito para obtenção do título de Licenciada em Biologia.

Aprovada em 18 de julho de 2019.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Talita Lopes Honorato (CCAAB/UFRB) – Orientador

Prof. Me. Arielson dos Santos Protázio (CCAAB/UFRB) – Coorientador

Prof. Dr. Fábio David Couto (CCAAB/UFRB)

Prof. Me. Pedro Nascimento Melo (CCAAB/UFRB)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial aos meus pais Maura e Roque, meus avós Crescência e João e ao meu tio Roque Silva, que sempre me orientaram na vida e me estimularam, de maneira positiva, para ir em busca do conhecimento. Dedico a minha grande amiga Mara, parceira de UFRB e da vida, que sempre me apoiou e incentivou a continuar no curso. Dedico também a todos os professores que passaram por minha vida, e que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus...

À minha família, que é o meu pilar de sustentação. Aos meus pais Maura e Roque pelos ensinamentos para a vida, meu tio Roque Silva por sempre me incentivar a cursar a Licenciatura em Biologia, meus avós Crescência e João que sempre se preocuparam com a minha formação e aos meus irmãos pela colaboração no dia a dia, pelas palavras incentivadoras, pelo apoio moral e emocional, por toda a parceria de sempre.

Aos meus orientadores deste trabalho de conclusão de curso, Profa. Talita e Prof. Arielson, pela colaboração no desenvolvimento desta pesquisa, pelas contribuições para a minha formação profissional e o apoio de sempre.

Aos professores dos cursos do Bacharelado e da Licenciatura em Biologia, não irei aqui citar nomes, mas sintam-se todos agradecidos, pois na minha formação existe uma parte de cada um de vocês.

Aos professores Renivaldo (CEC), Érica (CEC), Thiala (CETEP) e Gil (Landolfo Alves), que me receberam nos estágios supervisionados e deram uma contribuição especial para a minha formação docente.

Aos colegas e amigos que fiz no curso, por proporcionar a troca de experiências. Essas vivências foram muito gratificantes e contribuíram para a minha formação.

Agradeço também a todos que contribuíram no desenvolvimento e melhoria deste trabalho de conclusão de curso e colaboraram para o meu sucesso.

E por último, mas não menos importante, à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia por me proporcionar uma formação no curso de Licenciatura em Biologia.

A todos o meu muito obrigada!

REIS, Alda Silva dos. **AVALIAÇÃO DE SOFTWARES PARA O ENSINO DE GENÉTICA A PARTIR DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS E TÉCNICOS**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Curso de Licenciatura em Biologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019. Orientador: Profa. Dra. Talita Lopes Honorato

RESUMO

Os conhecimentos advindos do ensino de genética são de grande importância para a formação de cidadãos críticos e ativos na sociedade. Apesar disso, infelizmente, o entendimento dos conteúdos ensinados na disciplina são considerados de difícil compreensão, o que pode estar associado a um vocabulário extenso, repleto de conceitos que necessitam de certo grau de abstração. Diante desse contexto, o presente trabalho objetivou analisar os aspectos pedagógicos e técnicos de softwares educacionais destinados ao ensino de genética, enquanto ferramentas facilitadoras do processo de ensino-aprendizagem na educação básica. Para tanto, foram realizadas consultas em base de dados (Biblioteca Digital de Ciências, CESTA, Experimentoteca, LabVirt, Portal do Professor e RIVED) para o levantamento de softwares que abordavam o tema genética. Os softwares selecionados foram classificados de acordo com a sua taxonomia (tutoriais, programação, processador de texto, multimídia e internet, desenvolvimento de multimídia e páginas, simulação e modelagem e jogos), e em seguida avaliados quanto aos seus aspectos pedagógicos e técnicos. Em relação os aspectos pedagógicos, os softwares foram avaliados quanto a perspectiva epistemológica (comportamentalista, construtivista ou sociointeracionista) e a capacidade de adaptação aos estilos de aprendizagem e apresentação dos conteúdos. E para os aspectos técnicos, foram avaliados quanto à adequação dos atributos de robustez, portabilidade, emprego de imagens, apresentação de informações, orientação e navegação, interatividade, estética e afetividade. Foram encontrados 53 softwares, sendo 36 multimídias, oito jogos, seis simuladores e três tutoriais. Quanto ao aspecto pedagógico apenas 10 softwares apresentaram características que pudesse enquadrá-los na perspectiva epistemológica comportamentalista. Quanto aos aspectos técnicos foi possível observar que a maioria dos softwares não se preocupam em adequar o tamanho da fonte, oferecer ajuda e orientação ao usuário e também apresentam pouca interatividade. O estudo realizado permitiu classificar os softwares e avaliá-los quanto aos aspectos pedagógicos e técnicos, que foram sistematizados de forma a auxiliar o professor sobre o perfil do software educacional. Contudo, os resultados evidenciam a necessidade do estabelecimento de critérios de seleção dos softwares pelos professores, a fim de selecionar softwares mais adequados para sua proposta pedagógica.

Palavras-chave: Educação, TICs, softwares educacionais, usabilidade.

REIS, Alda Silva dos. **EVALUATION OF SOFTWARE FOR THE TEACHING OF GENETICS FROM PEDAGOGICAL AND TECHNICAL ASPECTS.** Completion of Course Work - Degree in Biology, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019. Counselor: Profa. Dra. Talita Lopes Honorato

ABSTRACT

The knowledge derived from the teaching of genetics have a great importance for the formation of critical and active citizens in society. In spite of this, unfortunately, the understanding of the contents taught in the discipline is considered difficult to understand, which may be associated with an extensive vocabulary, full of concepts that need some degree of abstraction. In view of this context, the present work aimed to analyze the pedagogical and technical aspects of educational software have the intent to teaching of genetics, as tools to facilitate the teaching-learning process in basic education. In order to do so, queries were made in a database (Biblioteca Digital de Ciências, CESTA, Experimentoteca, LabVirt, Portal do Professor and RIVED) for the survey of software that approached the genetic theme. The selected software was classified according to its taxonomy (tutorials, programming, word processor, multimedia and internet, development of multimedia and pages, simulation and modeling and games), and then evaluated for its pedagogical and technical aspects. Regarding pedagogical aspects, the software was evaluated in terms of the epistemological perspective (behavioral, constructivist, or socio-interactionist) and the ability to adapt to the learning styles and presentation of the contents. For technical aspects, the attributes of robustness, portability, use of images, presentation of information, orientation and navigation, interactivity, aesthetics and affectivity were evaluated. There were 53 softwares, of which 36 were multimedia, eight games, six simulators and three tutorials. As for the pedagogical aspect, only 10 softwares presented characteristics that could fit it in the behavioralist epistemological perspective. As for the technical aspects, it was possible to observe that most software do not care about adjusting the font size, offer help and guidance to the user and also have little interactivity. The study allowed to classify the software and to evaluate them as to the pedagogical and technical aspects, which were systematized in order to help the teacher about the profile of educational software. However, the results highlight the need to establish criteria for the selection of software by teachers, in order to select software more suitable for their pedagogical proposal.

Key words: Education, ICTs, educational software, usability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de softwares educacionais encontrados nas bases de dados.....	28
Figura 2 - Instituições responsáveis pela organização dos softwares educacionais destinados ao ensino de genética.....	28
Figura 3 - Ilustração das palavras mais citadas pelos softwares educacionais direcionados para o ensino de genética.....	29
Figura 4 - Classificação de softwares educacionais de acordo com a taxonomia.....	29

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CECIRJ - Centro de Educação a Distância do Estado do Rio de Janeiro.

CESTA - Coletânea de entidades de suporte ao uso de tecnologia na aprendizagem, coordenado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DNA - Ácido desoxirribonucleico.

EMBRIÃO - Projeto da Universidade Estadual de Campinas, que tem por objetivo produzir conteúdos educacionais digitais multimídia.

Experimentoteca - Laboratório de Ciências coordenado pela Universidade de São Paulo, que pretende racionalizar o uso de material experimental.

LabVirt - Laboratório Didático Virtual, é uma iniciativa da Universidade de São Paulo, atualmente coordenado pela Faculdade de Educação. Nele é possível encontrar simulações feitas pela equipe do LabVirt a partir de roteiros de alunos de ensino médio das escolas da rede pública.

PLANETABIO - Página da internet voltada ao ensino de Biologia para o nível médio e para professores que lecionam nesta área.

Portal do Professor - O Portal foi lançado em 2008 em parceria com o Ministério da Ciência e Tecnologia, tem como objetivo apoiar os processos de formação dos professores brasileiros e enriquecer a sua prática pedagógico.

RIVED - Equipe da Rede Internacional Virtual de Educação, a plataforma é um programa da Secretaria de Educação a Distância, que tem por objetivo a produção de conteúdos pedagógicos digitais, na forma de objetos de aprendizagem.

TICs - Tecnologias da Informação e Comunicação.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	12
2.1 A HISTÓRIA DA GENÉTICA	12
2.2 O ENSINO DE GENÉTICA	13
2.3 O USO DE SOFTWARES PARA O ENSINO DE GENÉTICA	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 A PROBLEMÁTICA NO ENSINO DE GENÉTICA	15
3.2 A EDUCAÇÃO E AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TICs)	16
3.3 ANÁLISE DE SOFTWARES EDUCACIONAIS	18
3.4 CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DE SOFTWARES	21
3.5 PERSPECTIVAS EPISTEMOLÓGICA	22
3.6 ASPECTOS TÉCNICOS DE SOFTWARES	24
4 METODOLOGIA	26
4.1 ABORDAGEM E O MÉTODO DA PESQUISA	26
4.2 LÓCUS DA PESQUISA E INSTRUMENTOS E TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	26
4.3 ANÁLISE DOS SOFTWARES	27
5 RESULTADOS	28
5.1 TAXONOMIA DOS SOFTWARES EDUCACIONAIS	29
5.2 ASPECTOS PEDAGÓGICOS	30
5.3 ASPECTOS TÉCNICOS	31
6 DISCUSSÃO	33
6.1 TAXONOMIA DOS SOFTWARES EDUCACIONAIS	33
6.2 ASPECTOS PEDAGÓGICOS	34
6.3 ASPECTOS TÉCNICOS	36
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICES	43

1 INTRODUÇÃO

A genética é caracterizada, sobretudo, por ser uma disciplina que provê a sociedade de informações atuais, as quais estão relacionadas como a própria vida humana. Dentro da biologia, a genética é uma área relativamente nova, pois, foi somente a partir dos estudos de Mendel realizados entre 1856 a 1865, que ela começou a ser desvendada (MENDEL, 1866; MARTINS, 2002).

Gregor Mendel foi um monge e cientista que usou os conhecimentos matemáticos e estatísticos em seus experimentos, demonstrando elementos associados à transmissão dos caracteres hereditários. Por estar muito à frente do seu tempo, Mendel não teve o devido reconhecimento, e suas pesquisas ficaram esquecidas por mais de 30 anos. Posteriormente, três pesquisadores independentes redescobriram o trabalho de Mendel e lhe deram os devidos créditos, atribuindo-lhe o título de pai da genética (MARTINS, 2002).

A partir do pioneiro trabalho de Mendel, a ciência avançou muito na área molecular e genética. Um dos exemplos clássicos foi o projeto genoma humano, o qual alavancou a busca por fatores genéticos relacionados a problemas de saúde, contribuindo para o diagnóstico de doenças (PEDRANCINI et al., 2008) e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos.

Apesar dessa importância, a genética, assim como outras áreas científicas, está imersa em um universo conceitual complexo, dotado de termos incomuns e de difícil compreensão, o que pode dificultar a assimilação de suas informações pelos estudantes, exigindo desses um elevado grau de abstração para a aprendizagem de seus conceitos (CID; NETO, 2005).

Além disso, a forma como o ensino de genética é conduzida nas escolas é questionável, sendo, frequentemente, relatadas dificuldades no aprendizado de seus conteúdos (PAIVA; MARTINS, 2005). Este cenário torna-se ainda mais preocupante quando consideramos que muitos assuntos polêmicos, como o uso de produtos transgênicos, perpassam pela genética, evidenciando a importância de uma boa aprendizagem nessa área para a formação de cidadãos ativos e críticos (PEDRANCINI et al., 2008).

Inerente às questões mencionadas acima, existe a necessidade de uma alfabetização científica eficiente que direcione os cidadãos a terem uma melhor

compreensão da natureza e, até mesmo, dos atributos comportamentais que regem as sociedades humana, de modo que os conhecimentos científicos permitam o desenvolvimento de uma postura mais justa quanto ao uso dos recursos naturais.

Assim, ao pensarmos em ferramentas que proporcionem uma melhor compreensão dos conteúdos abordados no ensino de genética, faz-se necessário o uso de práticas dinâmicas e atrativas para os estudantes, que os auxiliem em sua aprendizagem (VIGOTSKY, 2007, p. 146). Nessa perspectiva, o uso de softwares educacionais pode facilitar este processo.

Um software educacional é qualquer programa digital que seja utilizado com algum objetivo educacional (TAJRA, 2012). Pesquisas realizadas nesse contexto demonstram que o uso dessa ferramenta pode promover uma melhoria na aprendizagem dos educandos (ALCÂNTARA; MORAES, 2015; LOPES; ARAUJO, 2008), facilitando a assimilação de temas complexos.

A utilização dos softwares educacionais está embasada nos atributos teóricos associados ao uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no contexto de ensino, sendo uma oportunidade de fornecer aos educadores novos recursos pedagógicos que objetivem a melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo geral: Analisar os aspectos pedagógicos e técnicos de softwares educacionais destinados ao ensino de genética, enquanto ferramenta facilitadora do processo de ensino-aprendizagem na educação básica. E como objetivos específicos: 1) Classificar taxonomicamente os *softwares* educacionais destinados ao ensino de genética; 2) Identificar a adequação dos aspectos pedagógicos e técnicos dos softwares destinados ao ensino de genética e; 3) Sistematizar os principais atributos dos softwares analisados para o ensino de genética, de modo oferecer aos educadores suporte teórico para a escolha desses softwares.

A partir da problemática apresentada, a pesquisa busca responder a seguinte pergunta: Os softwares educacionais voltados para o ensino de genética agregam qualidades referentes aos aspectos pedagógicos e técnicos, que os tornam ferramentas pedagógica úteis na promoção de uma aprendizagem mais eficiente?

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

O ensino de genética é considerado problemático devido à dificuldade dos estudantes em compreender os termos e conceitos abordados na genética (WOOD-ROBINSON et al., 1998; CID; NETO, 2005; PAIVA; MARTINS, 2005; SILVEIRA, 2014;), o que reafirma a necessidade da adoção de estratégias de ensino que minimizem o déficit na aprendizagem do tema supracitado. Nessa perspectiva, o uso de tecnologias como os softwares educacionais podem auxiliar os professores na aplicação dos conteúdos e proporcionar a melhoria na aprendizagem dos educandos (ALCÂNTARA; MORAES, 2015).

2.1 A HISTÓRIA DA GENÉTICA

A história da genética inicia-se a partir dos seus estudos realizados com ervilhas por Gregor Mendel, entre 1856 a 1865, que o levou a propor a teoria que rege a transmissão dos caracteres hereditários (MENDEL, 1866). O trabalho de Mendel pode ser considerado o primeiro grande salto na história das ciências na área da genética, sendo até os dias atuais referência para educadores e geneticistas (PIERCE, 2016).

Outro grande salto na genética foi alcançado por quatro cientistas na descrição do modelo da estrutura da molécula DNA. Com o auxílio de colaboradores, James Watson, Francis Crick e Maurice Wilkins propuseram o modelo da dupla hélice do DNA, e, a partir de uma análise de uma cristalografia de raios X, realizada por Rosalind Franklin, Watson e Crick descreveram a estrutura em dupla hélice do DNA (PIERCE, 2016).

O artigo publicado pelo grupo *Genome Management Information System – GMIS* (2008) salienta que as pesquisas na área de genética contribuíram principalmente com o avanço da medicina, tendo como exemplo o projeto genoma humano, instituído oficialmente em 1990 e coordenado por Watson nos Estados Unidos, no Instituto Nacional para Pesquisa do Genoma Humano.

O projeto Genoma Humano foi criado com o intuito de gerar sequência de DNA de boa qualidade para os pares de bases e identificar todos os genes humanos. Apesar de ser inicialmente planejado para ser concluído em 15 anos, felizmente,

devido aos avanços tecnológicos foi possível antecipar a conclusão do projeto em dois anos. O projeto alcançou o seu objetivo e trouxe muitas informações que contribuíram ainda mais para o avanço na área da genética e biologia molecular, como os testes genéticos, a farmacogenômica e a terapia gênica, a medicina molecular, a agropecuária, a bioprocessamento e a conservação biológica.

Esses são exemplos de informações, as quais nos deparamos diariamente, e os estudantes precisam ter um mínimo de conhecimento para se posicionar de forma consciente e crítica diante dessas, enquanto cidadãos (PEDRANCINI et al., 2008). Neste sentido, espera-se que os conceitos ensinados em genética possam ser aprendidos de forma a ser aplicáveis no cotidiano e desperte nos estudantes o interesse por temas de pesquisas científicas contemporâneas, criando um vínculo entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

2.2 O ENSINO DE GENÉTICA

O ensino de genética apresenta uma série de problemas que persistem no contexto educacional há décadas (JOHNSTONE; MAHMOUD, 1980; BELMIRO; BARROS, 2017). Para Ayuso e Hernández (2002) além de prejudicar a formação escolar inicial dos estudantes, essa questão também pode prejudicar a formação de um cidadão crítico e ativo na sociedade, à medida que conceitos relevantes para a transposição de informações perpassa por diferentes áreas do saber, podem ser mal interpretados ou até mesmo não compreendidos.

As dificuldades são observadas e se refletem, sobretudo, na aprendizagem dos estudantes em relação aos conceitos básicos como o DNA, proteína, alelo, gene, homólogo, síntese proteica, divisão celular, código genético, genoma, material genético, entre muitos outros (CID; NETO, 2005; SILVEIRA, 2014; BELMIRO; BARROS, 2017).

O sistema de ensino é criticado devido ao distanciamento dos conteúdos trabalhados em sala de aula com o cotidiano dos educandos (AYUSO; HERNÁNDEZ, 2002). Neste sentido, pesquisas relacionadas ao ensino de genética buscam propor metodologias de ensino diferenciadas, com o intuito de maximizar a aprendizagem dos estudantes e desconstruir conceitos equivocados que dificultam a sua aprendizagem (ALCÂNTARA; MORAES, 2015).

Considerando estes aspectos relacionados ao ensino de genética, o uso de softwares educacionais mostra-se uma alternativa promissora na promoção da aprendizagem dos estudantes (ALCÂNTARA; MORAES, 2015). Todavia, educadores necessitam de informações acerca da ferramenta que os auxiliem na escolha do software que atendam às necessidades dos estudantes e também estejam alinhados com os objetivos pedagógicos propostos pelo professor (GODOI; PADOVANI, 2009).

2.3 O USO DE SOFTWARES PARA O ENSINO DE GENÉTICA

Existem muitos softwares desenvolvidos com o foco educacional. Além disso, muitas pesquisas têm apontado os benefícios que o uso bem administrado da ferramenta pode proporcionar na aprendizagem dos estudantes (ALCÂNTARA; MORAES, 2015). No entanto, a tarefa de avaliar um software educacional é complexa para os professores (SILVA, 2002; GODOI; PADOVANI, 2009), o que pode distanciá-los dessa ferramenta. Aliado a isto, os professores também se deparam com uma escassez de informações sobre a avaliação de softwares educacionais, os quais possam norteá-los na tomada de decisão sobre a escolha dos softwares que mais se adequem às suas propostas pedagógicas.

A escolha do software precisa ser fundamentada na proposta pedagógica da disciplina e da escola. Neste sentido, é importante que o professor use critérios bem estabelecidos e claros que o norteem na escolha do software, de acordo com as suas necessidades e objetivos. Godoi e Padovani (2009) destacam algumas ferramentas para a avaliação dos softwares educacionais, sendo elas: diretrizes, escala de avaliação, formulário, questionário, híbrido, sistemas e o checklist.

O uso de softwares educacionais pode incrementar as aulas com conteúdos mais interativos, além de despertar o interesse dos alunos em participar do processo de aprendizagem e se perceber como protagonista na construção do seu próprio conhecimento. Sendo assim, é pertinente realizar estudos que visem verificar a adequação pedagógica e técnica de softwares educacionais destinados ao ensino de genética, com o intuito de disponibilizar fontes de informação aos educadores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A PROBLEMÁTICA NO ENSINO DE GENÉTICA

A problemática no ensino de genética não é atual, pelo contrário, perdura há décadas. Antes dos anos de 1980 pesquisas já apontavam o ensino de genética com um dos mais problemáticos na percepção dos estudantes (JOHNSTONE; MAHMOUD, 1980). A prática de ensino tem se baseado em promover o contato dos estudantes com os códigos específicos da área, isento de práticas que propiciem aos mesmos a possibilidade de transpor a informação, realizando conexões entre a genética e outras áreas do conhecimento (BRASIL, 2002).

Os resultados de pesquisas realizadas com o intuito de verificar a compreensão dos educandos sobre a genética, apontam que nem mesmo os conceitos básicos da disciplina são compreendidos pela maioria dos estudantes. Segundo Cid e Neto (2005), essa dificuldade é inerente à própria natureza dos conceitos na área da genética, como o de DNA, proteínas ou gene, os quais fogem do acesso sensorial dos estudantes e das experiências vivenciadas no seu cotidiano, assim como muitos outros termos abordados na genética. Os autores ainda salientam que o extenso vocabulário da genética, levam os estudantes a se equivocarem na diferenciação dos conceitos, por exemplo, alelo, gene e homólogo.

Ao analisarem a concepção dos estudantes do ensino médio sobre o código genético, Silveira (2014) verificou que existe uma confusão por parte dos estudantes sobre os conceitos de código genético, genoma e material genético. Já Paiva e Martins (2005), ao analisarem as concepções prévias de estudantes do terceiro ano do ensino médio, a respeito de alguns temas abordados na genética (interação genoma x ambiente, estrutura e organização do material genético), verificaram que embora os estudantes tenham alguns conhecimentos dos conceitos genéticos, ainda há equívocos sobre estes conceitos do ponto de vista científico. Os autores ainda enfatizam que os estudantes apresentam dificuldades em relacionar os conhecimentos científicos com questões do cotidiano.

Em seus estudos, Wood-Robinson et al. (1998) mostraram que a genética é um tema considerado de difícil de compreensão, por ser dotado de conceitos complexos. Além disso, essa dificuldade parece transpor níveis educacionais, não sendo

observada apenas entre os estudantes do ensino médio, mas também entre os estudantes que já concluíram o ensino médio (BELMIRO; BARROS, 2017) e até mesmo entre os universitários, que nem sempre conseguem transmitir as informações ou estabelecer associações de forma clara (OLIVEIRA et al., 2012).

Outra questão que deve ser discutida, é sobre os temas abordados na genética. Estes geralmente estão inseridos em debates do cotidiano, tais como os transgênicos, terapias gênicas, clonagem, células-tronco, teste de paternidade (REZNIK, 1995). Mas infelizmente, as informações contidas nos livros didáticos não acompanham as atualizações das informações relacionadas à genética ou contêm poucas informações dessa área do conhecimento (XAVIER; DE SÁ FREIRE; MORAES, 2006).

Não é objetivo do ensino de genética nas escolas formar cientistas, mas sim cidadãos capazes de compreender os avanços do conhecimento científico, vistos que muitos temas abordados na genética abrem margem para discussões de cunho social, econômico, religioso e ético. Os estudantes, enquanto cidadãos, estão inseridos nesse contexto e devem ter o conhecimento básico para poderem se posicionar de forma crítica diante dessas questões (REZNIK, 1995).

Diante do exposto, fica evidente a grande dificuldade dos estudantes em compreender os temas abordados na genética e aplicá-lo no seu cotidiano, fazendo-se necessário o uso de diferentes estratégias de ensino que promovam o desenvolvimento das diferentes habilidades e competências nos estudantes. Considerando o papel das TICs no contexto social atual, é pertinente o uso de práticas que englobem o uso das novas tecnologias digitais para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem, bem como uma alfabetização científica mais eficiente e a divulgação de trabalhos de pesquisa nessa área para os professores, de modo que os auxiliem em sua prática docente.

3.2 A EDUCAÇÃO E AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TICs)

Embora vivamos em uma época que as novas tecnologias sejam muito presentes em nosso cotidiano, oportunizando um novo fazer pedagógico baseado no uso dos dispositivos digitais, o uso das TICs como ferramenta de ensino é pouco frequente na rotina escolar. Em muitas escolas ainda impera o modelo de

desenvolvimento cognitivo e a construção do conhecimento calcado na escola tradicional, caracterizada por uma educação bancária, onde o estudante é figura passiva no processo, cabendo a este apenas ler, realizar os exercícios e as provas, receber altas notas e, sobretudo, não questionar (ALCÂNTARA; MORAES, 2015; LOPES et al., 2008).

As TICs promoveram uma mudança no modo de pensar e nos valores da sociedade contemporânea, que se mostra incompatível com uma educação não reflexiva e não crítica. Para Lévy (1999) a popularização das TICs promoveu uma nova forma do homem ver o mundo, uma nova forma de pensar, se comportar e interagir com a natureza e com outras pessoas. Ela influenciou e ainda influencia toda a estrutura organizacional das sociedades, o que pode ser chamado de cibercultura, intermediada pelo ciberespaço. O autor define os dois termos como de extrema importância nesse contexto:

O ciberespaço (que também chamarei de "rede") é o novo meio de comunicação que surge da interconexão mundial dos computadores. O termo especifica não apenas a infraestrutura material da comunicação digital, mas também o universo oceânico de informações que ela abriga, assim como os seres humanos que navegam e alimentam esse universo. Quanto ao neologismo "cibercultura", especifica aqui o conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, de atitudes, de modos de pensamento e de valores que se desenvolvem juntamente com o crescimento do ciberespaço) (LÉVY, 1999, p. 16).

Nessa nova cultura, as práticas pedagógicas utilizando-se das TICs são importantes para que os estudantes possam se apropriar tanto das tecnologias como ferramentas mediadoras da comunicação, quanto com o próprio conteúdo em si, contribuindo para a construção de seu conhecimento (ALMEIDA; MENEZEZ, 2004).

No Brasil, muitos esforços têm sido direcionados para estimular o uso das TICs no contexto escolar. O Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo) criado pela Portaria nº 522/MEC, de 9 de abril de 1997 e regulamentado pelo Decreto 6.300, de 12 de dezembro de 2007, objetivou promover o uso pedagógico das TICs na rede pública do ensino básico. O programa levou até às escolas, computadores, recursos digitais e conteúdos educacionais como ferramentas de apoio para auxiliarem no processo de ensino-aprendizagem (BRASIL, 2007).

Existe também o empenho na produção de ferramentas que podem dinamizar o ensino de genética. Krasilchik (2004) salienta que os avanços científicos na área da biologia têm conduzido à necessidade de uma dinamização dos conhecimentos nas salas de aula, no intuito de facilitar a aprendizagem dos conhecimentos científicos biológicos em objetos de ensino.

Baseados nas TICs, os softwares educacionais, talvez sejam as únicas das ferramentas citadas que estão em harmonia com aspectos culturais da sociedade moderna, o que pode ser benéfico já que muitos jovens possuem uma aptidão e familiaridade com o uso de dispositivos digitais. A importância de ações que se baseiam nas TICs já foi apontada como relevante pela nova BNCC (BRASIL, 2017).

Das 10 competências que se esperam dos estudantes, definidas pela BNCC como sendo a habilidade do estudante em mobilizar e aplicar conhecimentos escolares como conceitos, procedimento, valores e atitudes na resolução de problemas, são intermediadas pelas TICs, a saber:

Utilizar tecnologias digitais de comunicação e informação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas do cotidiano (incluindo as escolares) ao se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas (BRASIL, 2017, p.9).

É perceptível que exista cada vez mais a busca por ferramentas que auxiliem no processo de ensino-aprendizagem, em que as TICs se mostram uma alternativa viável. Assim, elas devem ser incorporadas no contexto escolar de forma a desenvolver as habilidades cognitivas, não apenas enquanto ferramenta de transmissão da informação, mas sim como estratégia de ensino capaz de estimular a aquisição e reorganização de estruturas mentais que direcionam o pensar. Desse modo, o uso de softwares educacionais mostra-se uma alternativa promissora visto que estão alinhados aos aspectos culturais dos estudantes, dos pais e até mesmo dos professores.

3.3 ANÁLISE DE SOFTWARES EDUCACIONAIS

Segundo Chaves (2005), não existe uma definição precisa do que é um software educacional. Para o autor todo software pode ser educacional desde que

possa ser utilizado para um fim educacional, independente do propósito para o qual tenha sido desenvolvido, o modo que tenha sido desenvolvido ou motivo de ter sido desenvolvido.

Existe uma grande diversidade de instrumentos que podem ser utilizados para a avaliação de softwares. Godoi e Padovani (2009) citaram os autores a seguir, os quais propõem ferramentas para a avaliação dos softwares:

- Diretrizes: Compreende numa série de orientações que objetiva direcionar algo. No que diz respeito a área da ergonomia ou técnica, Perry; Andrade Neto e Amaral (2005) enfatizam que o avaliador deve seguir as orientações gerais ou determinado item em particular. Para esse fim, Godoi e Padovani (2009) destacaram os seguintes modelos para as diretrizes: processo de avaliação de software e seu efeito na aprendizagem (CRONJE, 1998); diretrizes para teste de usabilidade com crianças (HANNA; RISBEN; ALEXANDER, 1997); e prognóstico de qualidade em software educacional (SQUIRES; PREECE, 1999).
- Escala de avaliação: É um instrumento de mensuração de fenômenos, realizado por meio da observação. Reeves e Harmon (1996) propõem um instrumento de avaliação para multimídia educacional, que apresentam as dimensões complementares (pedagógicas e de interface) para avaliar programas multimídia interativos para educação e treinamento.
- Formulário: De acordo com Cervo e Bervian (1996), “é uma lista informal, catálogo ou inventário, destinado à coleta de dados resultantes de observações ou interrogações [...]”. Godoi e Padovani (2009) destacam os seguintes tipos de formulários: Avaliação de Software Educativo - ASE (VIEIRA, 1999); *Educational Software Evaluation Form* - ESEF (ISTE, 2002); *Plantilla para la Catalogación y Evaluación Multimedia* - PCEM (GRAELLS, 2001); *Software Evaluation Form* - SEF (SCHROCK, 2000); *Sample Teacher Review Form* - Super Kids (SUPERKIDS EDUCATIONAL SOFTWARE REVIEW, 1998).
- Híbridos: É a junção de diferentes técnicas para diagnosticar problemas de usabilidade (GOGOI; PADOVANI, 2009). Os autores destacam os modelos de Metodologia para Avaliação da Qualidade de Software Educacional - MAQSE, proposto por Campos (1994) e Metodologia de Avaliação de Qualidade de Software Educacional Infantil - MAQSEI, proposto por Atayde (2003).

- Questionário: É uma série de questões ou perguntas, de modo a realizar um interrogatório. Na área técnica, Hom (1998) salienta que os questionários são perguntas direcionadas para o usuário. Em seu trabalho, Godoi e Padovani (2009) destacam o Instrumento de Avaliação da Qualidade para Software Educacional de Matemática - IAQSEM, proposto por Gladcheff (2001) e Programas de Multimídia numa Perspectiva Multidimensional PEDACTICE, desenvolvido por Costa (1999).
- Sistemas: Segundo Godoi e Padovani (2009), “sistemas são programas destinados a realizar funções específicas”. Para esta ferramenta os autores identificaram os modelos de Comunidade de Análise de Software Educativo - CASE, desenvolvido por Lyra et al. (2003); *Métho de pour l'Évaluation de Multimedia Interactive* - MEMI (HÛ; CROZAT; TRIGANO, 2001); Sistema Multimídia para Avaliação de Produtos Educativos - MEDA (MEDA, 2002); Sistema de Apoio à Avaliação de Software Educacional - SASE (BEAUFOND; CLUNIE, 2000); e Repositório de Softwares para Matemática do Ensino Médio - SOFTMAT (BATISTA, 2004).
- Checklists: São listagens de itens que devem ser checados. Neste sentido, pode ser empregado na verificação, referência ou auxílio na tomada de decisões. Godoi e Padovani destacam alguns modelos: *Children's Software Evaluation Instrument* - Check CSEI (BUCKLEITNER, 1998); Programa Nacional de Informática na Educação - PROINFO (PROINFO, 2007); Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de Software Educacional - TICESE (GAMEZ, 1998); e Silva (2002) propôs o Método de Avaliação Ergopedagógico - MAEP, uma ferramenta que sistematiza uma conjunto de critérios que pode ser utilizado para a avaliação de *softwares* educacionais nos aspectos técnicos, pedagógicos e comunicacionais. O checklist é uma metodologia muito utilizada para a avaliação de softwares e pode ser eficiente na avaliação, já que facilita a identificação de problemas de usabilidade e aumentam a eficácia da avaliação reduzindo a subjetividade (CYBIS, 2003).

A avaliação de softwares educacionais é uma tarefa extremamente difícil. A definição da adequação de softwares repousa em uma extensa e robusta bibliografia que versa sobre diversas disciplinas do saber humano como engenharia, educação, psicologia, cibernética, o que dificulta a adoção de um mecanismo padronizado de

avaliação. Além disso, diferentes especialistas apresentarão diferentes noções sobre a definição do que seria um software adequado. Em sumo, a adequação do software vai depender de seu emprego pelo professor e das habilidades e competências que ele deseja desenvolver nos estudantes.

3.4 CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DE SOFTWARES

Para a classificação dos softwares educacionais, Valente (1999) propôs uma classificação mais completa, que considera não apenas como o usuário constrói o seu conhecimento, mas elementos mentais que são requeridos durante a execução dos softwares, bem como o papel do professor no processo de ensino-aprendizagem, nesse sentido o autor destaca:

- Tutoriais: a informação é apresentada ao estudante de acordo com uma sequência pedagógica específica, o qual pode seguir a sequência indicada ou não.
- Programação: consiste na utilização de linguagem de programação como estratégia de ensino-aprendizagem.
- Processador de texto: as ações do aprendiz podem ser analisadas em termos do ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição. Quando o aluno está escrevendo um texto, sua interação com o computador é mediada pelo idioma natural e pelos comandos do processador de textos.
- Multimídia e internet: É semelhante aos tutoriais, no entanto, as multimídias apresentam mais facilidades como a combinação de textos, imagens, animações e sons que facilitam a expressão da ideia.
- Desenvolvimento de multimídias ou páginas da internet: quando um estudante desenvolve um projeto e o representa por meio de multimídia, ele está construindo uma sucessão de informações apresentadas por diferentes mídias.
- Simulação e modelagem: consiste na determinação de um fenômeno que pode ser simulado pelo computador, basta que o modelo desse fenômeno seja implementado na máquina.
- Jogos: estes também podem ser analisados em termos do ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição. São softwares que tem o intuito de

desafiar e motivar o aprendiz, envolvendo-o em uma competição com a máquina ou com os colegas.

3.5 PERSPECTIVAS EPISTEMOLÓGICA

Segundo Reategui, Boff e Finco (2010) é necessário identificar a abordagem epistemológica na avaliação de um software educacional, de modo que fique claro para o professor e o mesmo possa adequar o objeto de aprendizagem às suas práticas pedagógicas. Os autores ainda salientam o quão é importante que os educadores percebam claramente, e julguem propriedades importantes no objeto, de modo que auxiliem na melhor escolha do software. Os autores trouxeram três teorias de aprendizagem dentro da perspectiva epistemológica no âmbito. Dentre os autores e suas teorias, destaca-se Skinner e o comportamentalismo, Piaget e o construtivismo e Vygotsky e o sociointeracionismo.

Na perspectiva comportamentalista (behaviorista), o psicólogo Skinner se destacou com trabalhos na área da psicologia, e seus pensamentos contribuíram para a construção da teoria do comportamento na área da educação. Em suas obras o autor argumentou que o indivíduo é influenciado pelo ambiente em que vive e também influencia o meio, sendo possível observá-lo, mensurá-lo e controlá-lo (SKINNER, 1982). Nesse sentido, a aprendizagem se reproduz por intermédio do comportamento apresentado pelo educando, e se desenvolve por meio do estímulo do ambiente e a resposta do indivíduo.

Matos (1993), definiu o comportamentalismo como um processo em que a aprendizagem é baseada na reflexão do comportamento do indivíduo, com relação aos estímulos negativos ou positivos. As mudanças no comportamento é o resultado de uma resposta individual aos estímulos que ocorrem no meio. E, portanto, reforçar tais estímulos significa fortalecer o comportamento.

De acordo com Reategui, Boff e Finco (2010), os questionamentos que devem ser considerados quanto à perspectiva comportamentalista, em relação à avaliação do software educacional, são: a) Apresenta informações em seções breves?; b) Testa o aluno após cada seção?; c) Fornece recompensa para respostas corretas?; d) Só permite seguir para outro nível se obtiver resposta esperada do aprendiz?; e) Propõe

questões que incentivam a memorização?; f) Obriga o aluno, no caso de erros, a retornar ao ponto anterior?

Quanto à perspectiva construtivista (epistemológica genética ou psicogenética) de Piaget, enfatiza que o indivíduo constrói o seu conhecimento desde o nascimento, e o conhecimento vai sendo construído pelo indivíduo conforme as suas descobertas ocorrem (PIAGET, 1997). Para o autor, a capacidade que o indivíduo tem de pensar, está relacionada com as suas experiências vividas. O autor ainda salienta que a aprendizagem construtivista, necessita que o aluno “passe pelo processo de: perturbação do equilíbrio dos seus conceitos; conservação, que é a compensação da modificação simultânea do objeto; e assimilação x acomodação do mesmo conceito”. No processo de aprendizagem construtivista, o educando é exposto a experiências que o torna independente, questionador, consegue se adaptar e interagir no seu meio.

Nessa perspectiva, Reategui, Boff e Finco (2010) propuseram as seguintes questões que refletem o pensamento construtivista, são elas: a) Propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou comparação?; b) Apresenta recursos (como exercícios, alternativas de navegação) que favorecem a capacidade de elaboração a partir da ação e reflexão?; c) Apresenta diferentes caminhos para solucionar um determinado problema?; d) Possibilita o registro e consulta às ações desenvolvidas, permitindo ao aluno que reveja e retome seu processo de construção do conhecimento?; e) Instiga a procura de informações em outras fontes de pesquisa?.

Já a teoria de aprendizagem sociointeracionista, defendida por Vygotsky, argumenta que a formação do indivíduo, assim como a construção do seu conhecimento, se dá em uma relação dialética entre o indivíduo e a sociedade de forma interativa. Para o autor, os indivíduos interagem entre si, onde trocam informações, experiências e intenções, e esses elementos são utilizados no processo da aprendizagem (VYGOTSKY, 2001).

Quanto a perspectiva sociointeracionista, Reategui, Boff e Finco (2010) propuseram as seguintes questões para a avaliação de software educacional: a) Promove o debate sobre os tópicos trabalhados com outros alunos, ou com o próprio professor?; b) Dispõem de ferramentas de comunicação que permitem a interação entre os estudantes, fomentando a formação de grupo.

3.6 ASPECTOS TÉCNICOS DE SOFTWARES

Sobre aos critérios ergonômicos ou técnicos associados aos softwares, Cybis (2003) a partir das ideias de Bastien e Scapin (1997), desenvolveu um conjunto de critérios que auxiliam a qualificar a interface. O autor apresenta oito critérios principais: condução, carga de trabalho, controle explícito, adaptabilidade, gestão de erros, consistência, significado dos códigos e denominações e compatibilidade. Quanto a esses critérios Cybis (2003) define:

- A condução: Se define no convite (presteza) do sistema, na legibilidade das informações e telas, no feedback imediato das ações do usuário e no agrupamento e distinção entre itens nas telas. Esse último subcritério refere-se tanto aos formatos (agrupamento e distinção por formato) como a localização (agrupamento e distinção por localização) dos itens.
- A carga de trabalho: Diz respeito a brevidade das apresentações e entradas (concisão), no comprimento dos diálogos (ações mínimas) e na densidade informacional das telas como um todo.
- O controle explícito: Se define no caráter explícito das ações do usuário (ações explícitas) e no controle que ele tem sobre os processamentos (controle do usuário).
- A adaptabilidade: Refere-se tanto as possibilidades de personalização do sistema que são oferecidas ao usuário (flexibilidade), como ao fato da estrutura do sistema estar adaptada a usuários de diferentes níveis de experiência (consideração da experiência do usuário).
- A gestão de erros: Está relacionado tanto aos dispositivos de prevenção que possam ser definidos nas interfaces (proteção contra erros), como à qualidade das mensagens de erro fornecidas e às condições oferecidas para que o usuário recupere a normalidade do sistema ou da tarefa (correção dos erros).
- A consistência: Refere-se à homogeneidade e coerência das decisões de projeto, quanto às apresentações e diálogos.
- O significado dos códigos e denominações: Refere-se à relação conteúdo-expressão das unidades de significado das interfaces.

- A compatibilidade: Se define no acordo que possa existir entre as características do sistema e as características, expectativas e anseios dos usuários e suas tarefas.

Baseados nas concepções de usabilidade de Shackel (1991), Chapanis (1991) e Nielsen (1993), citado por Godoi e Padovani (2009) destacam cinco critérios da usabilidade de um software educacional, os quais podem ser empregados na avaliação da adequação desses softwares, são eles:

- Facilidade de aprendizado: Ocorre quando o aluno consegue explorar o software educativo e realizar suas tarefas;
- Eficiência de uso: Ocorre quando o aluno, tendo aprendido a interagir com o software educativo, consegue atingir níveis altos de produtividade na realização de suas tarefas;
- Facilidade de memorização: Ocorre quando, após um período de tempo sem utilizar o software educativo, o aluno consegue retornar e realizar suas tarefas sem a necessidade de reaprender a interagir com ele;
- Baixa taxa de erros: Ocorre quando o aluno realiza suas tarefas, no software educativo, sem maiores dificuldades ou constrangimentos e é capaz de recuperar erros, caso eles ocorram;
- Satisfação subjetiva: Ocorre quando o aluno considera agradável a utilização do software educativo e sente-se bem utilizando-o novamente.

Quando se trata da avaliação de ferramentas de aprendizagem, os aspectos técnicos indicam qualidades relativas à sua robustez, portabilidade, sua interface bem como sua documentação (REATEGUI; BOFF; FINCO, 2010).

4 METODOLOGIA

4.1 ABORDAGEM E O MÉTODO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento de uma pesquisa é necessário ter bem claro a proposta a ser abordada e a sua natureza (MINAYO, 2013). Com o propósito de analisar os aspectos pedagógicos e técnicos de softwares educacionais destinados ao ensino de genética, o presente estudo se caracteriza com uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada.

4.2 LÓCUS DA PESQUISA E INSTRUMENTOS E TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Primeiramente foram realizadas consultas utilizando as palavras chave genética e softwares educacionais, que possibilitaram um levantamento de softwares educacionais que abordam o tema genética. Para tanto, foram realizadas buscas utilizando as palavras chave genética e software educacional, nos seguintes repositórios:

- 1- Biblioteca Digital de Ciências (www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/index.php);
- 2- CESTA (www.cinted.ufrgs.br/CESTA);
- 3- Experimentoteca (www.cdcc.usp.br/experimentoteca/index.html)
- 4- LabVirt (www.labvirt.fe.usp.br)
- 5- Portal do Professor (portaldoprofessor.mec.gov.br)
- 6- RIVED (rived.mec.gov.br)

Após a identificação de softwares foi realizada uma leitura da diagnose para verificar os níveis de adequação à proposta do presente estudo. Os critérios de seleção para a escolha dos softwares educacionais foram:

- 1- Estava na língua portuguesa;
- 2- Abordavam diferentes aspectos associados ao ensino do tema genética;
- 3- Eram destinados ao ensino da educação básica.

A utilização desses critérios buscou garantir que os softwares analisados possam potencialmente serem utilizados por professores e estudantes da rede de educação básica brasileira. Adicionalmente, após a identificação dos

desenvolvedores de todos os softwares, foi criada uma nuvem de palavras (*Word Cloud*) com as palavras-chave disponibilizada pelos desenvolvedores, utilizando o software online Wordart (wordart.com/create). Nosso intuito aqui foi identificar os principais conceitos abordados nos softwares educacionais direcionados ao ensino de genética.

4.3 ANÁLISE DOS SOFTWARES

Para a avaliação de um software educacional, é necessário levar em consideração os aspectos pedagógicos, técnicos e comunicacionais (SILVA, 2002). Nesta pesquisa, foi realizada uma combinação de abordagens pedagógicas e técnicas, levando em consideração os aspectos comunicacionais, para avaliação de diferentes softwares educacionais que abordam o tema genética.

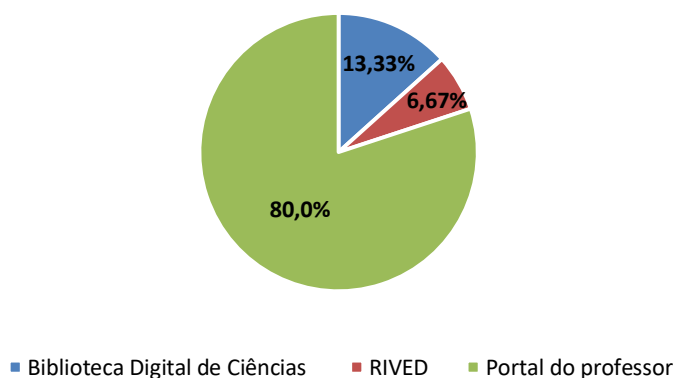
Nessa perspectiva, os softwares selecionados foram classificados taxonomicamente, baseado nos critérios de Valente (1999): tutoriais, programação, processador de texto, multimídia e internet, desenvolvimento de multimídia e páginas, simulação e modelagem e jogos. Em seguida os softwares foram avaliados quanto aos seus aspectos pedagógicos e técnicos, baseados nos critérios de avaliação de Reategui, Boff e Finco (2010), critérios acrescentados por Protázio (2015) e adequações para o presente estudo. Tal proposta compreende um conjunto de diretrizes contendo uma lista de questões simples (checklist), que engloba uma lista de atributos que devem ser seguidos durante um determinado evento.

Em relação aos aspectos pedagógicos, os softwares foram avaliados quanto a perspectiva epistemológica, podendo ser construtivista, comportamentalista ou sociointeracionista, inerente a capacidade de adaptação e adequação aos diferentes estilos de aprendizagem e nível de conhecimento dos educandos. E em relação aos aspectos técnicos, os softwares foram avaliados quanto a qualidade nos atributos de robustez, portabilidade, emprego de imagens, apresentação de informações, orientação e navegação, interatividade, estética e afetividade (Apêndice A). Para esta avaliação, todas as perguntas relacionadas a cada atributo dos softwares foram identificadas de maneira binária (com sim ou não). A caracterização pedagógica ou técnica foi definida pela maior quantidade de sim ou não que cada atributo apresentou.

5 RESULTADOS

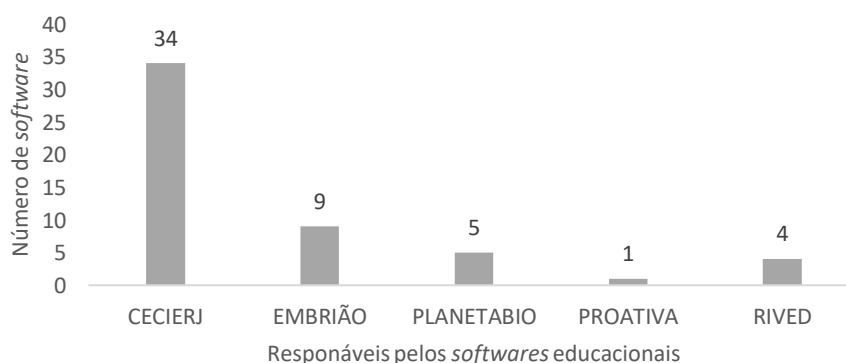
Foram identificados um total de 60 softwares educacionais que abordam o tema genética, distribuídos em três bases de dados (Apêndice B). O Portal do Professor foi a mais representativa, com 80,0% (Figura 1). Dos 60 softwares encontrados, sete estiveram disponíveis em mais de uma base de dados, sendo todos identificados na base de dados Portal do Professor. Assim, os softwares duplicados foram removidos das análises, sendo considerados apenas 53 softwares.

Figura 1. Percentual de softwares educacionais encontrados nas bases de dados.



No que diz respeito aos organizadores dos softwares educacionais que abordam o tema genética, foram identificadas cinco instituições responsáveis pela sua idealização e produção (Figura 2).

Figura 2. Instituições responsáveis pela organização dos softwares educacionais destinados ao ensino de genética.



A partir das palavras-chave informadas pelos softwares para apresentar os conteúdos abordados, foi possível identificar as palavras mais frequentes. As cinco palavras mais citadas foram: Genética, Herança, Cromossomos, DNA e Gene (Figura 3).

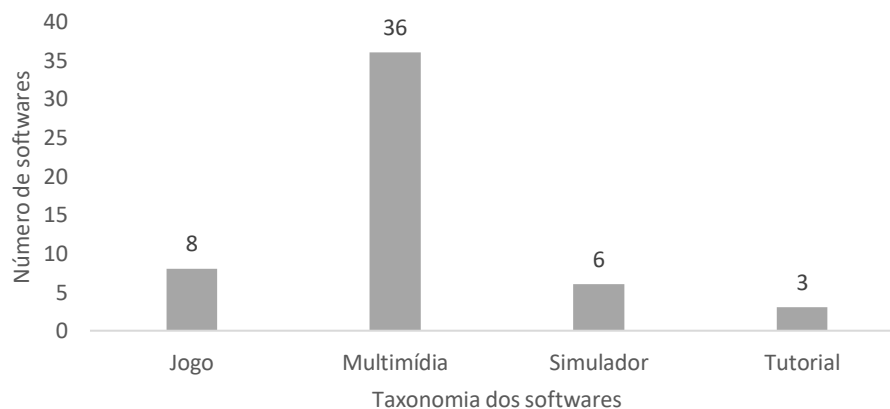
Figura 3. Ilustração das palavras chave mais citadas pelos softwares educacionais direcionados para o ensino de genética.



5.1 TAXONOMIA DOS SOFTWARES EDUCACIONAIS

Os softwares avaliados foram classificados em quatro tipos, sendo 36 multimídias, 8 jogos, 6 simuladores e 3 tutoriais (Figura 4).

Figura 4. Classificação de softwares educacionais de acordo com a taxonomia.



5.2 ASPECTOS PEDAGÓGICOS

Perspectiva Epistemológica

Quanto à classificação dos aspectos pedagógicos dos softwares educacionais, apenas 10 se adequaram à perspectiva epistemológica sendo considerados comportamentalista, sendo cinco jogos, dois multimídias, dois simuladores e um tutorial. Os outros 43 softwares não apresentaram características que permitissem o enquadramento em alguma perspectiva epistemológica (Apêndice B).

Capacidade de Adaptação

Atenção aos estilos de aprendizagem

Quanto à atenção aos estilos de aprendizagem, apenas cinco softwares (1 - Cariótipo; 2 - Qual é a palavra? Aplicações da engenharia genética; 3 - Qual é a palavra? Cariótipo; 4 - Qual é a palavra? Genética humana e saúde e; 5 - Qual é a palavra? Os benefícios e os perigos da manipulação genética um debate ético), possuíram alternativas de apresentação das informações destinadas a estudantes com diferentes estilos de aprendizagem, sendo todos do tipo jogo.

Adequação da forma de apresentação dos conteúdos

Apenas cinco softwares apresentaram os conteúdos de maneira apropriada, podendo adequar sua utilização ao nível de conhecimento de cada aprendiz, sendo estes os mesmos softwares que apresentaram atenção aos estilos de aprendizagem. Quanto à critério de propor desafios sem gerar ansiedade, apenas dois softwares (um tutorial e um multimídia) se enquadraram nesta diretriz. Quarenta e um softwares não puderam ser classificados nesta diretriz, contudo, 10 apresentaram desafios que geram ansiedade, sendo seis jogos, três simuladores e um tutorial.

5.3 ASPECTOS TÉCNICOS

Robustez

Todos os softwares analisados apresentaram robustez. Nenhum apresentou erros, contudo, cinco softwares (1 - Conceitos; 2 - Herança ligada ao sexo; 3 - Linkage; 4 - Primeira Lei de Mendel; 5 - Segunda Lei de Mendel) não puderam ser baixados (download) diretamente no computador. Apesar disso, nenhum dos softwares analisados dispunham de recursos que permitissem seu uso em rede, com muitos usuários.

Portabilidade

Quarenta e dois softwares foram executados no sistema operacional Windows, por meio do Mídia Play ou Flash Player 10 e cinco softwares (1 - As ervilhas ajudariam Jacó?, 2 - Colocando as coisas no lugar, 3 - Mendel não sabia disso, 4 - O caso do rebanho de Jacó, 5 - Vendo o mundo com outros olhos) foram bloqueados depois de ser realizado o download, embora estivesse no formato reconhecido pelo computador, sendo apenas executados on-line.

Emprego de imagens

Quarenta e cinco softwares exibiram adequação na apresentação das imagens, enquanto oito softwares não apresentaram o emprego adequado das imagens, sendo eles (1 - Meiose; 2 - Meiose 1: função; 3 - Mendel não sabia disso!; 4 - Qual é a palavra? Aplicações da engenharia genética; 5 - Qual é a palavra? Cariótipo; 6 - Qual é a palavra? Genética humana e saúde; 7 - Qual é a palavra? Os benefícios e os perigos da manipulação genética um debate ético e; 8 - Qual é a palavra? Aplicações da engenharia genética).

Apresentação de informações

Considerando todos os requisitos para esta diretriz, nove softwares apresentaram aspectos satisfatórios. Um dos pontos mais marcantes para os softwares foi a inconsistência visual na apresentação de informações e a impossibilidade de adequação do tamanho da fonte utilizado no recurso digital.

Orientação e navegação

Todos os softwares apresentaram aspectos técnicos de navegação e orientação satisfatórios. Os pontos negativos foram que treze softwares não apresentaram item de ajuda e orientação para os usuários, dois (1 - Meiose 1: função e 2 - Mendel não sabia disso!) não permitiram identificar em que ponto se encontrava no objeto de aprendizagem e três (1 – Meiose; 2 - Meiose 1: função; 3 - Meiose 2: animação 2D) não ofereceram informações para contato dos desenvolvedores.

Interatividade

Dezoito softwares apresentam características relacionadas à interatividade, no entanto, apenas um (Cariótipo) foi considerado interativo. Dezesete softwares apresentaram 50% dessa característica, não sendo possível classificá-los quando esta diretriz. Ainda assim, onze apresentaram recursos interativos que vão além da seleção links e botões para avançar ou recuar na apresentação dos conteúdos, e seis apresentaram recursos interativos que exploram a possibilidade do usuário alterar configurações do sistema. Trinta e cinco softwares não apresentaram esta diretriz.

Estética

Quanto ao atributo técnico de estética, todos os softwares mostraram-se satisfatórios apresentando atributos gráficos que tornaram a interface muito mais agradável para o usuário.

Afetividade

Apenas um software (Colocando as coisas no lugar) não apresentou elementos gráficos na interface que explorassem a expressão de aspectos emotivos dos usuários, com emprego de imagens de seres humanos ou outros animais.

6 DISCUSSÃO

O número de softwares que abordam o tema genética identificados neste estudo foi considerado satisfatório. Protázio (2015), em estudos similares avaliando softwares educacionais destinados ao ensino de evolução, identificaram 35 softwares, sendo aproximadamente 50% tutoriais. Conceição (2018), avaliando aplicativos destinados ao ensino de ciências e biologia, identificou 49. Este cenário evidencia uma maior quantidade de softwares destinados ao ensino de genética. Além disso, os trabalhos disponíveis na literatura geralmente avaliam um ou poucos software educacional (MARTINEZ; FUJIHARA; MARTINS, 2008; SILVA et al., 2010), evidenciando que nosso resultado definiu o perfil pedagógico e técnico de uma maior quantidade de softwares.

Os grupos envolvidos no desenvolvimento de softwares destinados ao ensino de genética abordaram diversos conteúdos, revelando uma diversidade de temas que podem ser abordados utilizando a ferramenta. A partir das palavras chaves citadas pelos softwares, percebe-se que estas estão de acordo com os principais conteúdos abordados em genética, evidenciando que os softwares abordam conteúdos relevantes.

6.1 TAXONOMIA DOS SOFTWARES EDUCACIONAIS

Os softwares do tipo multimídia foram os mais encontrados no estudo, representando 74% dos softwares analisados. Para Valente (1999) os softwares multimídia combinam textos, imagens, animações, sons e outros elementos que facilitam a manifestação das ideias do aprendiz, sendo considerado um software que facilita o processo de aprendizagem. Entretanto, ele restringe o usuário à escolha de opções definidas pelo próprio software. Porém, é possível desenvolver softwares multimídias que incluam alternativas de navegação e mesmo com as restrições, garanta maior interatividade, tornando-se mais atrativo para os estudantes.

O autor ainda salienta que, embora os softwares multimídia auxiliem o usuário a obter informação de diferentes pontos de vista, eles não possibilitam o professor quantificar o conhecimento construído a partir das informações apresentadas. Desta forma, cabe ao professor propor atividades que possam assegurar que o educando

assimilou as informações desejadas, utilizando para isso diferentes critérios avaliativos que sejam alinhados com o uso do software.

6.2 ASPECTOS PEDAGÓGICOS

Perspectiva Epistemológica

Os softwares avaliados que se adequaram à perspectiva comportamentalista apresentaram os conteúdos de uma forma pré-definidas. Para Skinner (1982) essa perspectiva está pautada na observação do comportamento do indivíduo e define que o conhecimento vem das experiências vivenciadas pelo indivíduo. Além disso, apesar desse comportamento poder ser moldado, é algo particular, e mesmo que os indivíduos vivenciem as mesmas experiências, estes construirão conhecimentos diferentes. Desta forma a construção do conhecimento de cada educando será de forma diferenciada e, dependerá das suas experiências prévias.

A maioria dos softwares não apresentaram características que os adequassem em alguma perspectiva epistemológica. Essa questão pode estar associada com a etapa de desenvolvimento do software. Segundo Reategui, Boff e Finco (2010) muitos softwares educacionais quando são desenvolvidos podem não considerar ou não deixar explícito as perspectivas epistemológicas em que ele mais se debruça, já que muitos desenvolvedores não se preocupam com este aspecto. É importante que as perspectivas epistemológicas estejam explícitas em um software educacional, visto que é uma informação que direciona o professor na escolha dos materiais didáticos.

Apesar disso, Chaves (2005) já defende que qualquer software pode ser educacional desde que seja utilizado para esse fim, independente do objetivo que ele tenha sido desenvolvido, cabendo, portanto, ao professor estabelecer estratégias que tornem esta ferramenta aplicável ao contexto educacional.

Capacidade de Adaptação

Felder e Silverman (1988), definiram quatro tipos de estilo de aprendizagem que estão diretamente relacionados com a capacidade de adaptação dos softwares, são eles: 1 - visual/verbal, 2 - sensitivo/intuitivo; 3 - ativo/reflexivo; e 4 - sequencial/global. O estilo visual/verbal, está relacionado à forma como a informação

é apresentada ao aprendiz. O aprendiz visual consegue assimilar mais facilmente as informações quando estas são apresentadas de forma que o mesmo possa ver, como imagens, fluxogramas, diagramas, filmes ou demonstrações. Já o aprendiz verbal prefere que as informações sejam transmitidas por meio da explicação verbal ou escrita. Enquanto o estilo sensitivo/intuitivo, refere-se a forma como o aprendiz percebe a informação. O aprendiz sensitivo, envolve os sentidos na coleta de informações, estes são mais atentos aos detalhes, enquanto o aprendiz intuitivo é menos detalhista levando o todo em consideração e gostam de inovar. Já o estilo ativo/reflexivo, está relacionado com processo cognitivo que o aprendiz compreende as informações. O aprendiz ativo, prefere experimentar ideias e participar de atividades de socialização, como discussão em grupo. Enquanto o reflexivo prefere desenvolver atividades individualmente, estes possuem a necessitam de pensar e refletir antes de expor qualquer opinião. E por fim o estilo de aprendizagem sequencial/global, que está relacionado ao avanço na compreensão da informação. O aprendiz sequencial aprende por etapas, que segue uma sequência linear. Enquanto o aprendiz com estilo global, aprende de forma não sistematizada e geral, e consegue visualizar o todo.

Os estilos supracitados, permitem ao professor identificar as diferentes habilidades associadas a aquisição e processamento da informação do educando. Para Reategui, Boff e Finco (2010) é necessário que os softwares educacionais se preocupem com os diferentes estilos de aprendizagem, bem como ao modo que a informação é apresentada aos estudantes com os diferentes estilos, permitindo ao professor uma melhor definição sobre o emprego ou não do software.

Apesar dessa importância, o número de softwares educacionais que se mostraram adequado quando à capacidade de adaptação foi baixo, sendo os jogos o que apresentou maior adequação. Estes apresentaram alternativas para a execução da atividade ou permitiam que o usuário selecionasse o nível ao qual desejava participar (fácil, médio ou difícil). Porém, estes propõem desafios que geram ansiedade, como o impedimento de avançar no jogo ou a perda do mesmo.

É característico do jogo envolver o jogador em uma competição, colocando-o em situações-problema que pode gerar ansiedade ou medo. Quando se refere à aprendizagem com o uso de softwares educacionais do tipo jogo, esta situação pode prejudicar o processo de aprendizagem, já que os estudantes podem não tomar

consciência do que estão fazendo, dificultando a assimilação das informações (VALENTE, 1999). Cabe ao professor a adoção de estratégias que direcionem os estudantes para uma percepção mais clara do objetivo da proposta, promovendo atividades colaborativas que enriqueçam a aprendizagem.

6.3 ASPECTOS TÉCNICOS

No geral todos os softwares analisados foram satisfatórios quando aos aspectos técnicos, porém, alguns pontos negativos também foram observados. A maioria dos softwares não permitiram adequar o tamanho da fonte da informação escrita. Sabendo que os problemas de visão é algo comum, a ausência na adequação da fonte pode fazer com que os estudantes não consigam acompanhar todos os processos durante a execução do software e sejam prejudicados ou gerar desinteresse.

A ausência de opção de ajuda e orientação identificados na maioria dos softwares também é uma questão que necessita de atenção. Segundo Thissen (2004) a sensação de pânico e insegurança pode se expressar quando o usuário não sabe como executar determinada função em um software. O estudante precisa estar ciente de todas as etapas e ser orientado, caso contrário pode se desmotivar ou não aprender de modo satisfatório.

A ausência de interatividade na maioria dos softwares foi outro aspecto técnico bastante evidente. Tognazzini (2003) salienta que os softwares precisam apresentar formas apropriadas de interação para agradar o usuário, para que este execute as funções de forma prazerosa. Assim, é fundamental que um ambiente digital ou virtual seja agradável e atraente para o estudante, mostrando-se interativo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um ambiente de ensino é aconselhável que o intercâmbio das informações seja realizado da forma mais cognoscível possível, para que os estudantes consigam compreendê-las, e a partir destas, construam o conhecimento necessário para a adoção de uma postura crítica. Sendo assim, o professor precisa empregar ferramentas pedagógicas inovadoras e atrativas, levando em consideração a cultura que os estudantes estão inseridos. Assim, na sociedade contemporânea onde as TICs são ubíquas, o emprego de dispositivos digitais como ferramentas pedagógicas, precisam ser inseridas no contexto escolar, sendo um facilitador no processo de ensino-aprendizagem.

Contudo, é necessário que os professores se atentem para a necessidade de critério avaliativo para escolha do melhor software a ser empregado, levando-se em consideração os seus aspectos pedagógicos e técnicos do software. A observação de que muitos softwares não se preocupam com a definição da perspectiva epistemológica acende uma luz de alerta sobre a importância da adoção de critérios de seleção das ferramentas pedagógicas. É muito importante que os softwares educacionais sejam desenvolvidos levando em consideração e/ou deixe explícita quais perspectivas epistemológicas se enquadram, para que o professor possa fazer uma escolha mais consciente da ferramenta de apoio pedagógico.

Este mesmo cenário se expande para os aspectos técnicos, como a adequação da interface do software. Os pontos fracos observados na maioria dos softwares avaliados foram a falta de adequação no tamanho da fonte, a ausência de ajuda e orientação de navegação e a interatividade, o que constitui um ponto negativo, visto que esses quesitos são de extrema relevância para ganhar o interesse dos estudantes, bem como garantir uma aprendizagem eficiente.

Independente da taxonomia, todos os softwares possuem os seus pontos positivos e negativos. Felizmente, os recursos disponíveis para o desenvolvimento de softwares educacionais permitem minimizam algumas deficiências. Além disso, professores podem minimizar e até suprimir este problema empregando diferentes tipos de software durante suas atividades, a fim de extrair o máximo de eficiência de cada um e atender estudantes com diferentes habilidades.

Por fim, o presente estudo permitiu criar uma lista de softwares educacionais destinados para o ensino de genética, trazendo informações de seus aspectos pedagógicos e técnicos que podem ajudar professores e educadores a desenvolverem estratégias de ensino mais eficientes. Acreditamos que esta iniciativa pode ajudar a estimular o emprego da ferramenta nos ambientes de ensino, bem como debates sobre a troca de experiência de iniciativas que utilizam ou utilizaram as TICs como ferramenta pedagógica. Nosso intuito é estimular o uso dessa ferramenta, tão importante e ainda tão mal explorada em nosso sistema de ensino.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, N. R.; MORAES F. A. V. Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de bioquímica: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. **Revista de Ensino de Bioquímica**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 54-72, 2015.

ALMEIDA, M.; MENEZES, L. C. B. R. **O papel do gestor escolar na incorporação das TIC na escola: experiências em construção e redes colaborativas de aprendizagem**. São Paulo: PUC-SP, 2004. Disponível em:<http://www.eadconsultoria.com.br/matapoio/biblioteca/textos_pdf/texto04.pdf>. Acesso em 16 de dezembro de 2017.

AYUSO, G. E.; HERNÁNDEZ, E. B. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BASTIEN, C.; SCAPIN, D. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. **Behaviour & Information Technology**, v. 16, n. 4/5, p. 220-231, 1997.

BELMIRO, M. S.; BARROS, M. D. M.; Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Práxis**, v. 9, n. 17, p. 95-102, 2017.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Decreto nº 6.300, de 12 de dezembro de 2007. **Dispõe sobre o Programa Nacional de Tecnologia Educacional - Proinfo**. Diário Oficial da União, Brasília - DF, 12 dez. 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

CHAVES, E. **O que é Software Educacional?** 2005. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br>>. Acesso em: dezembro de 2017.

CID, M.; NETO, A. J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 1-5, 2005.

CONCEIÇÃO, L. V. **O uso de aplicativos educacionais como facilitadores do ensino de ciências e biologia**. Cruz das Almas, 2018. Monografia (Graduação em Licenciatura em Biologia) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018.

CYBIS, A. W. **Engenharia de usabilidade: uma abordagem ergonômica**. Florianópolis: Labiutil, 2003. 138 p.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. **Engineering Education**, v. 78, n. 7, p. 674-681, 1988.

GENOME MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM – GMIS. Genomics and Its Impact on Science and Society The Human Genome Project and Beyond U.S. Department of Energy Genome Research Programs, 2008: [genomics.energy.gov. Disponível em:< https://web.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/publicat/primer2001/primer11.pdf>](https://web.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/publicat/primer2001/primer11.pdf). Acesso em 16 de dezembro de 2017.

GODOI, K. A.; PADOVANI, S. Avaliação de material didático digital centrada no usuário: uma investigação de instrumentos passíveis de utilização por professores. **Production**, v. 19, n. 3, p. 445-457, 2009.

GODOI, K. A.; PADOVANI, S. Proposta de diretrizes para o desenvolvimento de instrumentos avaliativos para *software* educativo. **Info Design-Revista Brasileira de Design da Informação**, v. 7, n. 3, p. 01-18, 2011.

JOHNSTONE, A. H.; MAHMOUD, N. A. Isolating topics of high perceived difficulty school biology. **Journal of Biological Education**, v. 14, n. 2, p. 163-166, 1980.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4ª Ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 197p, 2004.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LOPES, M. V. O.; ARAUJO, T. L. Avaliação de alunos e professores acerca do *software* "Sinais Vitais". **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 38, n. 4, p. 438-447, 2004.

MARTINS, L. A. C. P. Bateson e o programa de pesquisa mendeliano. **Epideme**, n. 14, p. 27-55, 2002.

MARTINEZ, E. R. M., FUJIHARA, R. T., MARTINS, C. Show da Genética: um jogo interativo para o ensino de genética. **Genética na escola**, v. 3, n. 2, pp.24-27, 2008.

MENDEL, G. Versuche über Pflanzenghybriden. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr 1865, **Abhandlungen**, 3-47, 1866.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 13. edição.

OLIVEIRA, M. L. et al. Genética na tv: o vídeo educativo como recurso facilitador do processo de ensino-aprendizagem, 2012. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID172/v7_n1_a2012.pdf>. Acesso em 16 de dezembro de 2017.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 182-201, 2005.

PEDRANCINI, V. D. et al. Saber científico e conhecimento espontâneo. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PIAGET, J. **A Epistemologia Genética**. São Paulo, Abril Cultural, Coleção Os Pensadores, 2ª edição, 1970.

PIERCE, B. A. **Genética-Um Enfoque Conceitual**. 5ª edição, 2016.

PROTÁZIO, A. S. **Análise de softwares educacionais para o ensino de evolução: avaliação através de critérios pedagógicos e computacionais**. Ilhéus, 2015. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Santa Cruz, 2015.

REATEGUI, E.; BOFF, E.; FINCO, M. Proposta de diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem considerando aspectos pedagógicos. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 3, p. 1-10, 2010.

REZNIK, T. **O desenvolvimento do conceito de gene e sua apropriação nos livros didáticos de Biologia**. Niterói, 1995. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal Fluminense, 1995.

SKINNER, B. F. **Sobre o behaviorismo**. São Paulo: Cultrix/Edusp. 1982.

SILVA, C. R. O. **MAEP: um método ergopedagógico interativo de avaliação para produtos educacionais informatizados**. Florianópolis, 2002. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

SILVA, J. M. A. et al. Quiz: um questionário eletrônico para autoavaliação e aprendizagem em genética e biologia molecular. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v.34, no. 4, p. 607-614. 2010.

SILVEIRA, R. V. M. Código genético: uma análise da concepção dos alunos do Ensino Médio. **Genética na Escola**, v.9, n.1, 2014.

TAJRA, S. F. **Informática na Educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade**. 9. ed. rev. e ampliada, São Paulo: Érica, 2012.

THISSEN, F. **Screen Design Manual: Communicating Effectively Through Multimedia**. Berlin: Springer Verlag, 2004.

TOGNAZZINI, B. **First Principles of Interaction Design**. AskTog / Nielsen and Norman Group. 2003. <https://www.nngroup.com/articles/first-principles-interaction-design/>

VALENTE, J. A. Análise dos diferentes tipos de *softwares* usados na educação. p. 89-101. In: VALENTE, J. A. (Org.) **O computador na sociedade do conhecimento**. São Paulo: UNICAMP/NIED, 1999.

VYGOTSKY, L.S. **A Construção do Pensamento e Linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WOOD-ROBINSON, C. et al Genética y Formación Científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, Barcelona, v.1, n.16, p.43-61, 1998.

XAVIER, M. C. F.; DE SÁ FREIRE, A.; MORAES, M. O. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência & educação**, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Diretrizes utilizadas para definição do perfil dos *softwares* educacionais baseado em Reategui, Boff e Finco (2010) modificado por Protázio (2015). * representa questões adicionadas no estudo do autor.

ASPECTOS PEDAGÓGICOS

1 - Concepção epistemológica

1.1 - Comportamentalista

- a) Apresenta informações em seções breves?
- b) Testa o aluno após cada seção?
- c) Fornece recompensa para respostas corretas?
- d) Só permite seguir para outro nível se obtiver resposta esperada do aprendiz?
- e) Propõe questões que incentivam a memorização?
- f) Obriga o aluno, no caso de erros, a retornar ao ponto anterior?

1.2 - Construtivista

- a) Propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou comparação?
- b) Apresenta recursos (como exercícios, alternativas de navegação) que favorecem a capacidade de elaboração a partir da ação e reflexão?
- c) Apresenta diferentes caminhos para solucionar um determinado problema?
- d) Possibilita o registro e consulta às ações desenvolvidas, permitindo ao aluno que reveja e retome seu processo de construção do conhecimento?
- e) Instiga a procura de informações em outras fontes de pesquisa?

1.3 - Sociointeracionista

- a) Promove o debate sobre os tópicos trabalhados com outros alunos, ou com o próprio professor?

b) Dispõem de ferramentas de comunicação que permitem a interação entre os estudantes, fomentando a formação de grupos?

2- Capacidade de adaptação

2.1 - Atenção aos estilos de aprendizagem

a) Provê alternativas de apresentação das informações que se adaptam a alunos com diferentes estilos de aprendizagem?

2.2 - Adequação da forma de apresentação dos conteúdos

a) Apresenta os conteúdos de maneira apropriada, podendo adequar sua utilização ao nível de conhecimento de cada aprendiz?

b) Propõe desafios sem gerar ansiedade?

ASPECTOS TÉCNICOS

3 - Requisitos

3.1 - Robustez

a) É isento de erros?

b) O recurso pode ser utilizado em rede com muitos usuários?*

c) O recurso pode ser baixado diretamente no computador e não usado apenas online?*

3.2 - Portabilidade

a) O objeto de aprendizagem pode ser utilizado em computadores com configurações diversas, da mais simples as mais sofisticadas?

4 - Interface

4.1 – Emprego de imagens

a) As imagens são empregadas para ilustrar conceitos e explicações ao invés apenas de decorar as páginas?

b) O número de imagens apresentada em cada página é adequado, considerando-se que a presença excessiva de imagens pode gerar sobrecarga cognitiva, terminando por prejudicar os processos de aprendizagem.

4.2 - Apresentação de informações

- a) Há contraste suficiente entre fontes e fundo de tela, facilitando a leitura dos textos?
- b) As fontes utilizadas apresentam tamanho adequado, ou permitem que sejam aumentadas/diminuídas de acordo com a necessidade de cada usuário?

4.3 - Orientação e navegação

- a) A todo o momento é possível saber em que ponto nos encontramos no objeto de aprendizagem, através de seus rótulos e títulos?
- b) Os links para acessar outras páginas e funções do objeto de aprendizagem são facilmente reconhecíveis, através do uso de convenções universais (ex. links sublinhados ou em negrito, botões facilmente identificáveis)?
- c) Os ícones que dão acesso a outras páginas e funções do objeto são facilmente compreensíveis?
- d) O software oferece itens como ajuda e orientação aos usuários?*
- e) Oferece informação do nome e contato dos desenvolvedores?*

4.4 - Interatividade

- a) Os recursos interativos empregados vão além da seleção links e botões para avançar ou recuar na apresentação dos conteúdos?
- b) Os recursos interativos exploram a possibilidade do usuário alterar configurações do sistema, de modo a obter respostas diferentes de acordo com suas ações?

4.5 - Estética

- a) O objeto de aprendizagem emprega recursos gráficos que melhoram o aspecto estético da interface, tornando mais agradável sua utilização?

4.6 - Afetividade

- a) Existem componentes na interface do objeto de aprendizagem que explorem a expressão de estados afetivos, por exemplo, através de personagens estáticos ou animados?

APÊNDICE B. Bases de dados e softwares educacionais que abordam o tema genética.

BASE DE DADOS	NOME DO SOFTWARE	TAXONOMIA	PRESPETIVA EPISTEMOLÓGICA	OBJETIVO	DESCRIÇÃO
Portal do Professor	1 - A descoberta da herança ligada ao sexo	Multimídia		Aprender sobre herança genética.	Apresenta animação que mostra os pesquisadores Doncaster e Raynor sobre herança genética diferente. É apresentado o estudo desenvolvido por esses pesquisadores em mariposas.
Portal do Professor	2 - A descoberta dos cromossomos sexuais	Multimídia		Aprender sobre o cromossomo sexual X.	Apresenta animação que mostra a descoberta do cromossomo sexual. É mostrado como os pesquisadores descobriram esse cromossomo.
Portal do Professor	3 - A doença de Tay-Sachs	Multimídia		Aprender sobre a doença Tay-Sachs.	Apresenta animação que mostra como se desenvolve a doença de Tay-Sachs. Essa doença genética é provocada pela mutação de um gene do cromossomo 15, essa mutação afeta os neurônios causando sua morte.
Portal do Professor	4 - A hipótese de Mendel para o cruzamento híbrido	Multimídia	Comportamentalista	Aprender sobre cruzamento diíbrido.	Apresenta animação que mostra as experiências desenvolvidas por Mendel para criar a hipótese para o cruzamento diíbrido. Mendel chamou de fatores o que viria a ser conhecido mais tarde como gene.
Portal do Professor	5 - A origem da biodiversidade	Multimídia		Apresentar conceitos de origem e biodiversidade a fim de facilitar o aprendizado da matéria.	Animação apresenta conceitos de origem e biodiversidade e conceitos da genética.
Portal do Professor	6 - A origem da complexidade	Multimídia		Aprender sobre a complexidade genética do ser humano.	Apresenta animação que compara geneticamente organismos diferentes. Nesse recurso são estudados os pares de genes de macacos e seres humanos.
Portal do Professor	7 - A sequência de bases determina a	Multimídia		Mostrar a constituição das proteínas.	Apresenta a constituição das proteínas, a formação do RNA e do código genético.

	constituição das proteínas				
Portal do Professor	8 - Alterações na estrutura dos cromossomos	Multimídia		Aprender sobre alterações nos cromossomos.	Apresenta animação que trata dos efeitos das alterações sofridas pelos cromossomos. O surgimento de doenças, deficiências são ocasionadas por tais alterações.
Portal do Professor	9 - Analisando duas características em comum	Multimídia	Comportamentalista	Aprender sobre conceitos de genética.	Apresenta animação que mostra como Mendel analisou duas características genéticas em conjunto. O experimento é baseado no cruzamento entre duas linhagens parentais de flores. Apresentação da origem molecular da anemia falciforme e de seu mecanismo de herança.
Portal do Professor	10 - Anemia falciforme	Multimídia		Identificar origem molecular da anemia falciforme e de seu mecanismo de herança.	
Portal do Professor	11 -Aneuploidia	Multimídia		Aprender sobre recombinação genética.	Apresenta animação que mostra o processo de recombinação do material genético nas reproduções sexuadas. A animação ainda propõe um exercício prático para os alunos testarem seus conhecimentos sobre o processo de meiose das células.
RIVED	12 - As ervilhas ajudariam Jacó?	Jogo		Reconhecer que indivíduos que apresentam um mesmo fenótipo podem apresentar genótipos diferentes. Propor hipóteses sobre herança aplicando as ideias de Mendel. Testar hipóteses sobre herança.	Descreve os princípios genéticos de Mendel, por meios de atividades, baseadas no problema-situação do personagem bíblico Jacó. Sendo necessário definir o fenótipo dos indivíduos e os possíveis genótipos para alcançar o resultado proposto
Portal do Professor	13 - As proteínas	Multimídia		Aprender sobre as generalidades e função das proteínas na transmissão da vida.	Animação apresenta conceitos sobre proteínas.

	14 - Atrofia óptica de Lieber				
Portal do Professor		Multimídia		Identificar a causa da atrofia óptica de Lieber.	Apresenta a causa da cegueira conhecida como atrofia óptica de Lieber: origem genética e mecanismo de herança.
Biblioteca Digital de Ciência	15 - Cariótipo	Jogo	Comportamentalista	Envolver o aluno em uma atividade prática, que consiste na análise de cromossomos e na montagem de cariótipos, simulando a realizada por geneticistas. Possibilita a identificação das principais características dos cromossomos, auxiliando na sua definição e na compreensão das anomalias cromossômicas.	Software que traz seis preparações cromossômicas obtidas de linfoblastos humanos e duas de células intestinais de um anuro. Oferece a possibilidade da observação dos cromossomos metafásicos.
Portal do Professor	16 - Ciclo de vida dos eucariontes	Multimídia		Aprender as diferentes sequências de divisão celular ocorridos em organismos eucariontes.	Animação apresenta diferentes sequências de divisão celular ocorridos em organismos eucariontes.
Portal do Professor	17 - Ciclos de vida: diplobionte	Multimídia		Aprender sobre o ciclo de vida diplobionte.	Animação apresenta exemplos de organismos com ciclo de vida diplobionte.
Portal do Professor	18 - Ciclos de vida: haplobionte haplonte	Multimídia		Aprender o ciclo celular de organismos haplobionte haplonte.	Animação apresenta um exemplo de organismo com ciclo de vida haplobionte haplonte.
Portal do Professor	19 - Clonagem	Multimídia		Observar a metodologia utilizada para clonagem.	Apresentação simplificada da técnica de clonagem por transferência nuclear.
Portal do Professor	20 - Códon e anticódon	Multimídia		Analisar o reconhecimento códon-anticódon.	Exemplifica o reconhecimento códon-anticódon entre o RNA mensageiro e o RNA transportador.

RIVED e Portal do Professor	21 - Colocando as coisas no lugar	Multimídia		Relacionar os conceitos de célula, gene, alelos, DNA e cromossomo.	Visa a organização de conceitos aprendidos acerca de genes, cromossomos e DNA.
Portal do Professor	22 - Como funciona a transcrição?	Multimídia		Demonstrar, de forma didática, o modo como se dá o processo de transcrição.	Animação apresentando conceitos de como funciona a transcrição do DNA.
Portal do Professor	23 - Compensação de dose associada ao X	Multimídia		Aprender como os mecanismos de compensação de dose do cromossomo sexual X equilibram a atividade gênica em cada cromossomo sexual.	Animação exemplificando como os mecanismos da compensação de dose equilibram a atividade gênica em cada cromossomo sexual.
Portal do Professor	24 - Conceitos	Multimídia		Fazer com que o aluno entenda os conceitos e os processos de genética.	Este hipertexto esclarece conceitos de genética.
Portal do Professor	25 - Conjugação bacteriana	Multimídia		Identificar as etapas da conjugação bacteriana.	Apresenta o passo-a-passo do processo de conjugação bacteriana.
Biblioteca Digital de Ciência	26 - DNA: Replicação	Simulador	Comportamentalista	Mostrar como ocorre o processo replicação de uma molécula de DNA.	Animação interativa que mostra como ocorre o processo replicação de uma molécula de DNA.
Biblioteca Digital de Ciência	27 - DNA: Transcrição	Simulador	Comportamentalista	Demonstrar como ocorre o processo de transcrição de uma molécula de DNA em RNA.	Animação interativa que mostra como ocorre o processo de transcrição de uma molécula de DNA em RNA.
Portal do Professor	28- Eletroforese de proteínas	Tutorial	Comportamentalista	Identificar um método de caracterização de proteínas.	Apresenta a técnica de separação eletroforética de proteínas, um método de caracterização por diferenças na massa molecular.
Portal do Professor	29 - Genes Ligados	Multimídia		Aprender como algumas características são transmitidas por genes ligados em um único cromossomo.	A animação apresenta a herança de caracteres presentes em genes localizados em um mesmo cromossomo (genes ligados), através de exemplo que mostra a herança

Portal do Professor	30 - Herança ligada ao sexo	Multimídia	Auxiliar o aluno no aprendizado da genética, dando ênfase à herança genética ligada ao sexo.	do padrão de asas e cor do corpo de moscas (<i>Drosophila melanogaster</i>). Este hipertexto apresenta algumas anomalias causadas pelas heranças genéticas ligadas ao sexo.
Portal do Professor	31 - Jogo da bomba	Jogo	Aprender sobre genética diferenciando e reconhecendo a relação entre penetrância e expressividade.	Animação apresentando um exercício de perguntas e respostas sobre penetrância e expressividade.
Portal do Professor	32 - Linkage	Multimídia	Auxiliar o aluno no aprendizado da genética, dando ênfase ao linkage.	Este hipertexto explica o linkage e suas funções, a permutação e o mapa cromossômico.
Portal do Professor	33 - Meiose	Simulador	Aprender de forma mais didática as fases do processo de meiose.	O objeto apresenta uma animação detalhada das fases da meiose.
Portal do Professor	34 - Meiose 1: função	Simulador	Identificar o papel da meiose durante a gametogênese.	Apresenta o processo de meiose, explicando seu papel na formação dos gametas, diferenciando-o do processo de mitose.
Portal do Professor	35 - Meiose 2: animação 2D	Multimídia	Identificar as etapas da meiose.	Apresenta, detalhadamente, cada uma das etapas da meiose.
RIVED e Portal do Professor	36 - Mendel não sabia disso!	Simulador	Relacionar os conceitos modernos da Genética com as ideias de Mendel.	Permite elaborar um pequeno filme com as imagens disponíveis na tela e com legendas, visando demonstrar os processos básicos de hereditariedade: mitose, meiose e síntese de proteínas.
RIVED e Portal do Professor	37 - O caso do rebanho de Jacó	Tutorial	Reconhecer que indivíduos que apresentam um mesmo fenótipo podem apresentar genótipos diferentes. Elaborar suposições sobre o fenômeno estudado.	Motiva a discussão sobre os assuntos da genética clássica e da hereditariedade, por meio do problema-situação do personagem bíblico Jacó.

Portal do Professor	38 - O experimento de Anfinsen	Simulador		Aprender sobre a formação e estruturas da proteína.	Animação apresentando o experimento do pesquisador Christian Anfinsen sobre a estrutura terciária das proteínas.
Portal do Professor	39 - Organização da cromatina	Multimídia		Apresentar a organização da cromatina de forma mais didática.	A animação apresenta conceitos sobre a organização da cromatina.
Portal do Professor	40 - Penetrância e expressividade	Multimídia		Aprender os tipos diferentes de herança parental.	Animação apresentando a noção de herança parental.
Portal do Professor	41 - Primeira Lei de Mendel	Multimídia		Auxiliar o aluno no aprendizado da genética, dando ênfase à 1ª Lei de Mendel.	Este hipertexto explica os conceitos da 1ª Lei de Mendel. Também apresenta sua importância e aplicação em alguns problemas de genética, tais como herança intermediária, genes letais e polialelia.
Biblioteca Digital de Ciência	42 - Produção de insulina humana por bactéria	Tutorial		Produção de insulina humana por bactéria.	Simulação da produção de insulina humana em laboratório através de técnicas de engenharia genética.
Portal do Professor	43 - Qual é a palavra? Aplicações da engenharia genética	Jogo	Comportamentalista	Este software tem como objetivo a fixação de alguns nomes, termos e conceitos biológicos.	Jogo onde deve-se descobrir qual a palavra relacionada ao enunciado. O jogo apresenta um banco de dados de questões que são escolhidas aleatoriamente e apresenta três níveis de dificuldade.
Biblioteca Digital de Ciências e Portal do Professor	44 - Qual é a palavra? Cariótipo	Jogo	Comportamentalista	Este software tem como objetivo a fixação de alguns nomes, termos e conceitos biológicos	Jogo onde deve-se descobrir qual a palavra relacionada ao enunciado. O jogo apresenta um banco de dados de questões que são escolhidas aleatoriamente e apresenta três níveis de dificuldade.
Biblioteca Digital de Ciências e Portal do Professor	45 - Qual é a palavra? Genética humana e saúde	Jogo	Comportamentalista	Este software tem como objetivo a fixação de alguns nomes, termos e conceitos biológicos	Jogo onde deve-se descobrir qual a palavra relacionada ao enunciado. O jogo apresenta um banco de dados de questões que são escolhidas aleatoriamente e apresenta três níveis de dificuldade.

Biblioteca Digital de Ciências e Portal do Professor	46 - Qual é a palavra? Os benefícios e os perigos da manipulação genética um debate ético	Jogo	Comportamentalista	Este software tem como objetivo a fixação de alguns nomes, termos e conceitos biológicos	Jogo onde deve-se descobrir qual a palavra relacionada ao enunciado. O jogo apresenta um banco de dados de questões que são escolhidas aleatoriamente e apresenta três níveis de dificuldade.
Portal do Professor	47 - Regulação da transcrição por remodelamento da cromatina	Multimídia		Ensinar didaticamente como se dá a regulação da transcrição por remodelamento da cromatina	Animação apresenta conceitos de regulação da transcrição por remodelamento da cromatina.
Portal do Professor	48 - Replicação	Multimídia		Tratar de forma didática as várias teorias existentes sobre o mecanismo de replicação: semiconservativa, conservativa e dispersiva.	Animação sobre cada uma das hipóteses do mecanismo de replicação: semiconservativa, conservativa e dispersiva.
Portal do Professor	49 - RNA	Jogo		Aprender sobre as especificidades do RNA	Animação apresenta exercícios sobre o RNA.
Portal do Professor	50 - Segregação independente	Multimídia		Compreender a segregação independente de caracteres	Apresenta, por meio de cruzamentos genéticos de moscas, como ocorre a segregação independente de caracteres.
Portal do Professor	51 - Segunda Lei de Mendel	Multimídia		Auxiliar o aluno no aprendizado da genética, dando ênfase à 2ª lei de Mendel.	Este hipertexto explica os conceitos da 2ª Lei de Mendel. Também apresenta sua importância e aplicação em alguns problemas de genética, tais como interação gênica, herança quantitativa e epistasia.
Biblioteca Digital de Ciência	52 - Segunda lei de Mendel	Multimídia		Mostrar, de modo interativo, as etapas que definem a segunda lei de Mendel.	Textos e animações sobre a segunda Lei de Mendel.

Portal do Professor

53 - Vendo o
mundo com outros
olhos

Multimídia

Aprender os conceitos biológicos envolvidos em situação cotidiana e entender casos especiais de genes recessivos "ligados ao sexo".
Calcular probabilidades não apenas de indivíduos daltônicos, mas as demais probabilidades reais envolvidas, principalmente as que são "ligadas ao sexo" como a hemofilia.

Mostra o daltonismo e as características de transmissão de genes.
