

Aplicativo de jogo BioIntegrada: um Instrumento para o Ensino Sistêmico da Célula ao Meio Ambiente

Vaneria Maria Pinheiro Medeiros ^a
 Andréa Pereira Silveira ^a

^a Universidade Estadual do Ceará, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Recebido para publicação 16 jul. 2021. Aceito após revisão 7 abr. 2022

Editor designado: Renato P. dos Santos

RESUMO

Contexto: Os conteúdos de biologia no ensino médio são trabalhados de forma fragmentada e em aulas excessivamente teóricas e expositivas, mas os aplicativos de jogos surgem como ferramentas com elevado potencial lúdico. **Objetivo:** Identificar quais são as contribuições do BioIntegrada na construção da percepção integradora dos conteúdos de célula a meio ambiente. **Design:** Abordagem qualitativa e método da pesquisa-ação. **Ambiente e participantes:** 40 alunos do 2^o ano do ensino médio de uma escola pública estadual do município de Milhã, Ceará, Brasil. **Coleta e análise de dados:** Utilizamos gravações em áudio e questionários com itens fechados e abertos, cujas informações textuais foram analisadas no software Iramuteq. **Resultados:** O BioIntegrada é composto de oito fases, abordando assuntos de estrutura celular, tecidos, órgãos, sistemas do corpo humano, ciclo de verminoses, escalas de organização ecológica e ações cotidianas. Com a validação do app constatamos que os alunos apresentaram melhoria no conhecimento teórico e no nível argumentativo, passando a relacionar fatores abióticos e bióticos com a constituição dos seres vivos e aprofundando discussões socioambientais da teia de relações homem e natureza. Os estudantes avaliaram positivamente o app, 95% gostaram de usá-lo e o consideraram facilitador da aprendizagem; 85% concordaram que ele é intuitivo e suas fases são estimulantes. **Conclusão:** O BioIntegrada facilitou a aprendizagem dos conteúdos, promoveu a percepção integrada do corpo humano e ambiente e foi bem avaliado pelos estudantes.

Palavras-chave: Aplicativo de jogo; Ciências da Natureza; Ensino de Biologia; Educação Ambiental Crítica.

ABSTRACT

Background: Biology contents in high school are worked in a fragmented way, and in excessively theoretical and expositive classes, but game apps appear as tools with high playful potential. **Objective:** To identify the contributions of BioIntegrada in

Autor Correspondente: Vaneria Maria Pinheiro Medeiros. Email: vaneria.medeiros@aluno.uece.br

the construction of the integrative perception of the contents of the cell and the environment. **Design:** Qualitative approach and action research method. **Setting and participants:** 40 students enrolled in the 2nd grade of high school at a state public school in the municipality of Milhã, Ceará, Brazil. **Data collection and analysis:** We used audio recordings and questionnaires with closed and open items and analysed the textual information with the Iramuteq software. **Results:** BioIntegrada is composed of eight phases, addressing issues of cellular structure, tissues, organs, human body systems, the cycle of worms, scales of ecological organisation and daily actions. By validating the app, we found that the students improved their theoretical knowledge and argumentative level, starting to relate abiotic and biotic factors with the constitution of living beings and deepening socio-environmental discussions of the web of humans and nature relationships. Furthermore, the students evaluated the app positively; 95% liked using it and considered it a facilitator of learning; 85% agreed that it is intuitive and its phases are stimulating. **Conclusion:** BioIntegrada facilitated learning contents, promoted the integrated perception of the human body and the environment, and was evaluated as good by the students.

Keywords: Game application; Natural sciences; Biology teaching; Critical environmental education.

INTRODUÇÃO

Conteúdos científicos ainda são percebidos pelos alunos brasileiros como algo distante, aparentemente sem qualquer influência direta sobre sua realidade vivencial (Nascimento, Fernandes & Mendonça, 2010). Isso é consequência, em parte, de aulas e livros didáticos predominantemente descontextualizados e voltados para definições de conceitos, os quais são trabalhados de maneira isolada e fragmentada, idealizando um aluno abstrato, sem tempo e sem espaço e ignorando o aluno do contexto local com suas experiências coletivas e individuais (Compiani, 2007). Por isso é importante que o ensino contextualizado considere situações reais e existenciais dos próprios estudantes no centro do processo educativo (Santos, 2007).

Uma temática do ensino de Biologia com amplo potencial de contextualização é a da constituição biológica do ser humano e como este se relaciona com o meio ambiente. Esses temas são importantes especialmente em um cenário em que as ações antrópicas resultam em crescentes degradações ambientais (Souza & Andrade, 2014), sendo, portanto, necessário (re)construir o sentimento de que somos seres pertencentes a natureza e como tal somos afetados com a sua destruição (Sauvé, 2005).

Diante desse contexto, nós desenvolvemos e utilizamos em sala de aula um aplicativo de jogo intitulado BioIntegrada, para trabalhar conteúdos relacionados ao corpo humano e ao meio ambiente de forma sistêmica,

contemplando os assuntos de: i) estruturação morfológica do ser humano: células, tecidos, órgãos e sistemas; ii) participação do homem nos ciclos das verminoses; iii) níveis de organização ecológica e iv) reflexões sobre como as ações antrópicas impactam o meio ambiente. Estes conteúdos são geralmente tratados de forma fragmentada nos livros didáticos do ensino básico (Lopes & Vasconcelos, 2012), dificultando uma prática pedagógica contextualizada e integrada dos temas biológicos abordados em sala de aula.

A junção das ferramentas aplicativo e jogo didático foi baseada nas premissas de que o jogo diverte, motiva e facilita a aprendizagem (Tarouco, Roland, Fabri & Konrath, 2004), e o aplicativo é um tipo de tecnologia de informação e comunicação com grande potencial pedagógico (Barbosa Neto & Fonseca, 2013); Dourado, Souza, Carbo, Mello & Azevedo, 2014). O aplicativo de jogo também atende ao que está posto na Base Nacional Comum Curricular – BNCC, que apresenta como objetivos na competência geral cinco, da educação básica:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (Brasil, 2018, p. 9)

Assim, a questão de investigação desta pesquisa versa sobre a necessidade de identificar se o BioIntegrada é uma ferramenta facilitadora do ensino sistêmico dos assuntos biológicos relacionados a estruturação do corpo humano e relações com o ambiente, incluindo incentivo às observações e reflexões sobre como as ações antrópicas impactam o ambiente.

BASES TEÓRICAS

Legislação do Ensino Médio

Destacamos aqui alguns aspectos legais previstos na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) nº 9.394/96 que estabelece as disposições gerais da educação básica. A mesma situa em seu artigo 22 que “A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (Brasil, 2016).

A educação voltada para a construção de uma cidadania ativa é aquela em que se tem consciência dos direitos e deveres para a experiência tensa da democracia, tendo Paulo Freire como um dos principais inspiradores (Gadotti, 2000). É por meio da qual os cidadãos efetivamente participam das decisões políticas que os afetam e que propicia as condições necessárias à inclusão no espaço público (Ribeiro, 2002).

A LDB destaca no artigo 35, que o ensino médio terá como finalidades

III - O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico.

IV - A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (Brasil, 2016).

A Base Nacional Comum Curricular- BNCC, regulamentada no artigo 26 da nº 9.394/96, define direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2018). Esse documento normatizador apresenta dez competências gerais da educação básica. Para a área de ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio, estão traçadas competências e habilidades a serem alcançadas com objetivos que estimulem a análise e interpretação dos fenômenos naturais para o desenvolvimento de ações que melhorem as condições socioambientais e incentive à divulgação do conhecimento científico em meios tecnológicos inclusive com a utilização das mídias de comunicação.

Ao longo do texto da BNCC nos deparamos com trechos que tratam do uso das tecnologias, da importância de uma educação que estimule o enfrentamento dos desafios, o pensamento crítico e a capacidade de tomar decisões. Exemplificamos com o seguimento apresentado abaixo:

No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma

situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades. (Brasil, 2018, p. 14)

Esses aspectos para a área de Ciências da Natureza de acordo com Franco e Munford (2018) tem potencial de desconstruir o ensino meramente conteudista, com a proposta de um conhecimento científico articulado e capaz de desenvolver senso crítico e subsidiar ferramentas para pensar sobre os fenômenos que nos cercam. Porém a BNCC remete ao tradicional se apegando ao conhecimento científico fragmentado. Pois como discute Franco e Munford (2018) este documento apresenta-se com uma lista de conteúdos que norteiam a prática docente enfatizando aspectos conceituais, mas não favorecendo a articulação entre eles. Além disso, várias análises desse documento evidenciam o sentido político, como salienta Branco e colaboradores.

A BNCC, apesar de ser um documento normativo para a Educação Básica, se direciona mais para uma reorganização curricular, sob a égide da influência do empresariado e de interesses de órgãos internacionais..., as grandes empresas, organizações não governamentais e instituições filantrópicas atuaram, enquanto “parceiros e colaboradores”, moldando o currículo e/ou o ensino a condições que não refletem o empenho na resolução dos problemas, que envolvem as desigualdades do direito de aprendizagem - tal qual preconiza o texto da BNCC. (Branco, Branco, Iwasse & Zanatta, 2019, p. 273)

É importante ressaltar que são muitas as críticas em relação a BNCC e a reforma do Ensino Médio. Zanatta, Branco, Branco e Neves (2019), relatam que a reforma e organização curricular proposta pela BNCC possui uma priorização do mercado de trabalho em detrimento de questões sociais e humanísticas que tendem a perder o espaço conquistado nas últimas décadas. Portanto, indo na contramão do discurso da formação do cidadão discutido em muitos momentos na legislação educacional, além de ferir a autonomia docente.

Estratégias Facilitadoras do Ensino e da Aprendizagem

Existe um amplo consenso acerca da necessidade de uma alfabetização científica que permita preparar as cidadãs e os cidadãos para a tomada de decisões (Praia, Gil-Pérez & Vilches, 2007). Por isso, a educação deve caminhar no sentido da formação crítica e reflexiva, pois

Dependendo de como o processo educacional se desenrola na triangulação professor-aluno-conhecimento, pode também levar ao desenvolvimento intelectual e aumentar a compreensão do educando em relação ao meio natural ou socialmente criado onde vive, e, assim, atuar de um modo não coercitivo, contribuindo para a formação de um indivíduo crítico/reflexivo. (Tavares, 2016, p. 323)

O processo educativo vem se modificando e gerando novas necessidades. Por essa razão Silva e Navarro (2012) afirmaram que o docente precisa refletir a todo o momento sobre sua prática, fundamentando-se em uma base teórica e sólida no sentido de estimular o exercício de autonomia e da crítica, desviando do princípio de que expor o aluno ao conteúdo é suficiente para sua formação (Abrahão, & Merhy, 2014). A educação deve ser capaz de desencadear uma visão do todo (Fornaziero et al., 2010), além de possibilitar a construção de redes de mudanças sociais, com a consequente expansão da consciência individual e coletiva (Mitre et al., 2008).

Porém, trabalhar conteúdos científicos com jovens que vivem em uma sociedade dinâmica com numerosas distrações é um grande desafio a ser enfrentado no ambiente escolar. Para tanto as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) podem ser aliadas na conquista dos alunos para o aprendizado escolar. Sabendo do potencial das tecnologias, diferentes formas de construção do conhecimento, novas percepções e possibilidades pedagógicas se fazem pulsantes (Soares & Istoe, 2015). No entanto, estes recursos não garantem sozinhos um aprendizado sistêmico e crítico e por isso os professores são atores importantes para no processo de ensinagem e aprendizagem (Cavas, Cavas, Karaoglan & Kisla, 2009).

Se as TDICs forem utilizadas para dar ênfase ao conteúdo, trarão bons resultados na conquista do saber (Dourado, Souza, Carbo, Mello & Azevedo, 2014). Outras estratégias utilizadas com bons resultados para estimular o protagonismo estudantil, o desenvolvimento da cidadania e a formação científica, tem sido os jogos com finalidades didáticas. Os jogos podem representar um recurso pedagógico de grande valia, pois divertem enquanto motivam, facilitam o aprendizado e aumentam a capacidade de compreender o que foi discutido (Tarouco, Roland, Fabre & Konrath, 2004).

Em geral, a linguagem científica do professor não é facilmente compreendida pelos alunos durante as aulas expositivas, e os jogos podem promover discussões em que ocorrem interações entre as linguagens do professor e as dos estudantes, facilitando

o estabelecimento de significados comuns a ambos e consequentemente a aprendizagem dos conceitos científicos trabalhados nos jogos. (Focetola et al., 2012)

Em um estudo no qual desenvolveram um aplicativo de jogo para trabalhar matemática, Barbosa Neto e Fonseca (2013) descreveram que a maioria dos alunos (87%) concordou que conseguiram identificar no jogo, os conteúdos trabalhados em sala de aula pelos professores, e todos concordaram que se sentiram motivados à medida que foram avançando pelos estágios. Huizenga, Admiraal, Akkerman e Dam (2009) mostraram que uma estratégia de aprendizagem baseada em jogos para celular foi altamente eficaz para a aprendizagem de alunos do ensino médio.

A gamificação aumenta a motivação dos alunos, promovendo mudanças positivas em relação a um processo efetivo de aprendizado (Kiryakova, Angelova & Yordanova, 2014). Portanto de posse das evidências, fica claro que a utilização de jogos educacionais é um importante meio de auxílio ao processo de ensino e aprendizagem (Silva Neto, Santos, Souza & Santos, 2013). Assim, o uso das TDICs e de aplicativos de jogos didáticos são ferramentas com elevado potencial para despertar o interesse e a participação dos jovens educandos nas aulas, facilitando os processos de ensino e aprendizagem dos conceitos e conteúdos científicos e permitindo uma abordagem integrada de conteúdos a despeito de sua abordagem fragmentada nos livros didáticos ou outros manuais de ensino.

Compreensão Sistêmica do Corpo Humano ao Meio Ambiente

A crise do vínculo homem-natureza ocorre pela perda da capacidade humana de identificar o que o liga ao animal, ao que é vivo, à natureza (Tres, Reis & Schlindwein 2011), pois o homem é um pedaço da natureza e, em contrapartida, a natureza produz a hominização (Morin, 2005). Porém, o homem necessita produzir continuamente sua própria existência (Saviani, 2015), e para tanto, em lugar de se adaptar à natureza, ele tenta adaptar a natureza a si, isto é, transformá-la. Essa transformação acarreta muitos prejuízos para a natureza e para o próprio bem-estar humano.

Assim, o grande desafio para a sociedade atual constitui a busca por novas formas de relação entre os seres humanos e a natureza e, consequentemente, dos seres humanos entre si. Uma natureza na qual os homens se reconheçam como parte integrante e, por ela sejam responsáveis. E certamente a

educação tem alguma coisa a ver com essa história, sobretudo se for levado em conta que a educação atual ainda é fortemente marcada por uma visão de ciência que consiste em parte da contraposição entre os seres humanos e a natureza. (Ramos, 2010, p. 87)

Essa dissociação homem e natureza ou homem e meio ambiente ocorreu por meio de um contexto histórico da construção da sociedade capitalista, de forma que

O capitalismo subsidiado pela ciência e pela tecnologia moderna consolidou processos de desumanização da natureza e desnaturamento do homem, elaborados pelas etapas da construção da ciência moderna, baseada no racionalismo, confirmando externalidades recíprocas entre o homem e a natureza, ou seja, o homem entendido como ser excluído do conceito de natureza, estando acima desta, pela superioridade de sua propriedade racional, legitimando a degradação da natureza, percebida meramente como fonte inesgotável dos mesmos recursos, pois, considerava-se que a natureza possuía mecanismos e engrenagens, tal como as máquinas, que a capacitava a reproduzir-se eternamente de maneira homogênea. (Soares, Navarro & Ferreira, 2004, p. 43)

Na tentativa de levar a nossa sociedade a refletir sobre a integração homem e meio ambiente, a educação deve ocupar o papel de organizadora e produtora da cultura de um povo (Dias & Dias, 2017) e para conceber uma nova relação sociedade/natureza é necessário procurar pensar práticas educativas que considerem o ambiente nos aspectos locais, regionais e globais (Mariano, Scopel, Peixinho & Souza, 2011). Logo, devemos superar a formação técnica e instrumental e promover mudanças, tendo a integração dos conteúdos como fundamento (Guimarães & Inforsato, 2012), e considerando a realidade social dos envolvidos (Fornaziero et al., 2010).

Essa não é uma tarefa fácil, pois como apontam Silva e Schnetzler (2006), a formação docente em Biologia, baseia-se no profundo conhecimento dos conteúdos científicos em detrimento das questões pedagógicas, promovendo uma visão simplista do ofício docente. No entanto, pensar a formação de professores como educadores significa ter como referência a ideia de totalidade (ambiental, política, pedagógica, social, científica etc.) na diversidade que essas áreas possuem (Guimarães & Inforsato, 2012). Nesse sentido Araújo e França (2013), afirmam que a formação acadêmica tem

relação direta com a prática docente, de modo que se ela contemplar princípios da educação crítica a práxis tem grandes chances de também fazê-la.

Permeados por esses pensamentos construímos o arcabouço teórico desta investigação que possibilitou planejar, agir e refletir para e na prática pedagógica diária, em direção a um ensino de Biologia comprometido com a aquisição de conhecimentos científicos, sociais e ambientais de forma integrada e contextualizada. Para tanto, nós selecionamos a temática corpo humano e meio ambiente como modelo de estudo, produzimos um aplicativo de jogo e avaliamos seu uso em uma turma do ensino médio.

METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa de intervenção pedagógica, orientada pela abordagem qualitativa, e com análise de dados mista (quali-quantitativa) para avaliar o uso pedagógico do aplicativo de jogo BioIntegrada. A escolha da natureza qualitativa como guia da pesquisa, mesmo usando elementos mistos de análise de dados, deve-se ao fato de que a subjetividade que não pode ser traduzida em números esteve presente e orientou as escolhas das intervenções em sala de aula e das interpretações dos resultados, em todas as fases da pesquisa de intervenção pedagógica, definida como aquela que

envolve o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações pedagógicas) – destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências. (Damiani, Rochefort, Castro, Dariz & Pinheiro, 2013, p. 57)

Participaram 40 alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Milhã, Ceará, Brasil. Milhã tem como vegetação predominante a Caatinga e as atividades econômicas da região são atreladas ao desmatamento e queimadas. A área destinada a agropecuária corresponde a 72.5% do território municipal, os sistemas agroflorestais com área cultivadas e também usadas para lavouras e pastejo por animais representam 17.8% do seu território, enquanto a área de vegetação natural somada aquela destinadas à preservação permanente ou reserva legal correspondem apenas a 11.9% da extensão territorial do município (IBGE, 2017). E apenas 21.7% dos domicílios possuíam esgotamento sanitário adequado e 12.2% dos domicílios particulares não tinham banheiro (IBGE, 2010).

A investigação foi realizada entre 2018 e 2020 e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual do Ceará (CEP-UECE) com o parecer de número 3.542.107. A descrição metodológica das etapas da pesquisa seguirá os eixos de produção, utilização e avaliação pedagógica do aplicativo de jogo.

Produção do App BioIntegrada

O aplicativo de jogo foi desenvolvido utilizando a ferramenta *framework flutter* visando o desenvolvimento multiplataforma que a ferramenta oferece, e a forma que o *flutter* funciona, uma vez que apesar de fazer aplicações híbridas, que podem rodar tanto na plataforma *Android* quanto na *IOS*, as mesmas são compiladas nativamente, deixando assim o aplicativo com uma resposta melhor, já que utiliza recursos nativos das plataformas. Para a aplicação também foi utilizado o *Git* como forma de versionamento e o *GitHub* para repositório de códigos. O BioIntegrada está disponível para dispositivos *Android* na loja de aplicativos *Play Store*, no link: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.biointegrada> (Figura 1).

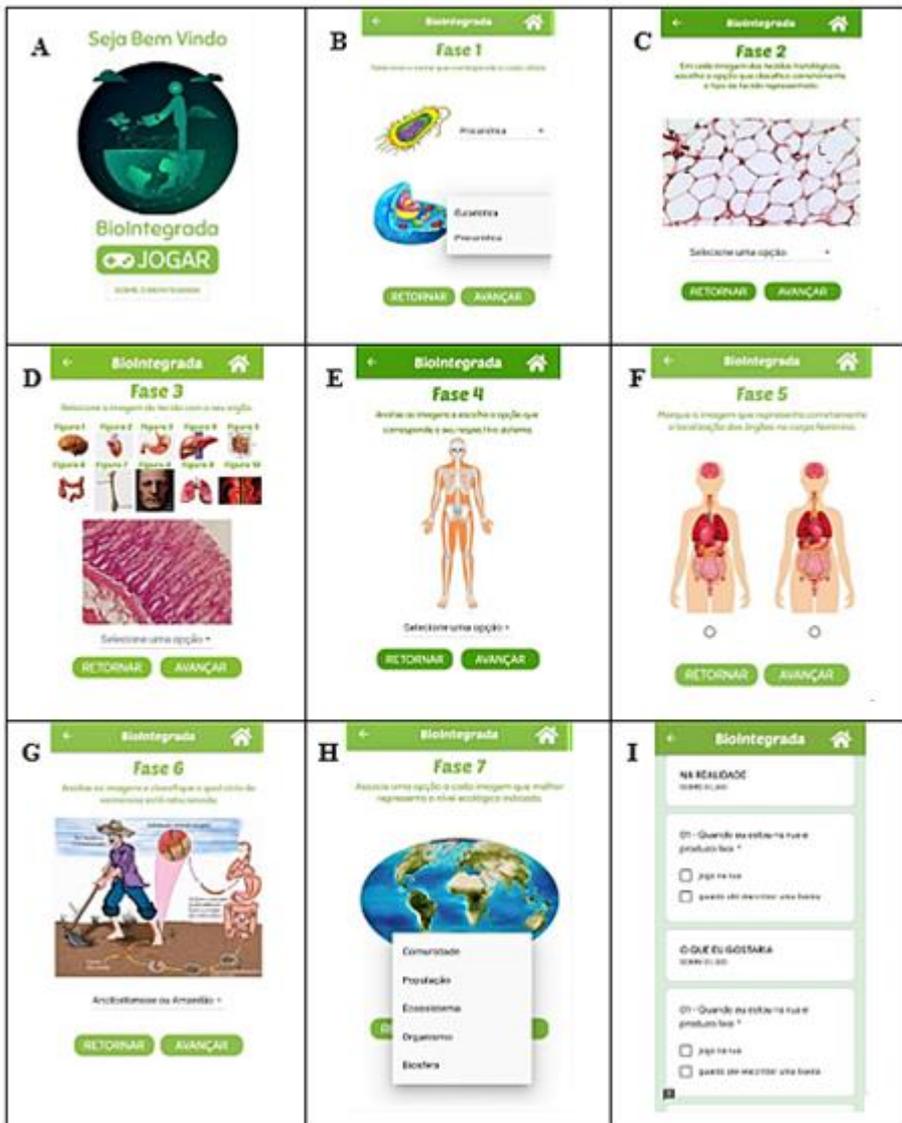
A estruturação dos conteúdos de forma sequenciada e finalizando com reflexões de nossas ações no cotidiano, tem potencial para promover o envolvimento do aluno e estimular o desenvolvimento do pensamento crítico e a capacidade de entender conceitos biológicos integrados e sua relação com o ambiente local. Nesse sentido, no botão SD, disposto na tela inicial do aplicativo, está uma proposta de sequência didática para utilização do jogo em sala de aula, estruturada para o período de oito horas aula (Figura 1A).

O jogo possui oito fases, com a finalidade de analisar e relacionar corretamente as estruturas e avançar para o próximo desafio. As fases de um a cinco vão do nível microscópico ao macroscópico: células – tecidos – órgãos - sistemas – organismo (Figura 1B-F)). A fase seis é referente a alguns ciclos de verminoses que tem o ser humano como hospedeiro e evidencia a integração desse organismo com o meio ambiente local. Já a fase sete se refere a hierarquia da vida a nível ecológico: população - comunidade – ecossistema – biosfera. E por fim a fase oito com o preenchimento de um questionário (Figura 1 G-I).

Figura 1

Aplicativo de Jogo BioIntegrada.

(<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.biointegrada>)



Cada aula trabalha uma ou mais fases do jogo, no qual só é possível acessar a fase que está sendo abordada, se vencidos os desafios decorridos, permitindo sempre fazer uma retomada dos conteúdos anteriores. Ao final do jogo temos a fase oito destinada ao preenchimento de um questionário, cuja finalidade é estimular a reflexão acerca das ações humanas em situações cotidianas (Figura 1 I).

Utilização e Avaliação Pedagógica do BioIntegrada

Para facilitar a disponibilização do App a ser instalado nos aparelhos celulares, organização das duplas durante as aulas e realização das atividades em sala, foram escolhidos dois alunos monitores os quais criaram um grupo de WhatsApp com o título “Projeto BioIntegrada”, apenas com os participantes do estudo e a professora aplicadora.

Para a coleta de dados acerca da validação pedagógica do BioIntegrada, utilizamos gravações das aulas em áudio e informações computadas em dois tipos de questionários: i) questionário diagnóstico e ii) questionário de opinião. O questionário diagnóstico era composto de quatro itens abertos com o intuito de conhecer as percepções dos estudantes acerca da relação ser humano e natureza em dois momentos, antes da realização da sequência didática e no final da sequência. A partir de então vamos nos referir a estes questionários como pré-aulas e pós-aulas. O segundo questionário foi elaborado em escala Likert com o intuito de registrar a opinião dos alunos sobre o uso do app e, foi composto por nove perguntas relacionadas a facilidades, gostos e dificuldades no uso do aplicativo.

Avaliamos as informações textuais coletadas nos dois questionários, por meio de gráficos de nuvens de palavras e análise de similitude, com o software Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires (Iramuteq). A nuvem de palavras é uma análise lexical que agrupa as palavras e as representa graficamente em função da sua frequência, de forma que as palavras mais frequentes no corpus textual aparecem maiores e em posições centrais da nuvem; já a análise de similitude permite identificar também as ocorrências e conexão entre as palavras, distinguindo partes comuns de um corpus textual (Camargo & Justo, 2013). As informações de frequências ou porcentagens coletadas com o questionário de opinião em escala Likert, tiveram a representação em gráficos do Excel. Sempre que necessário, trechos das respostas dos alunos foram utilizados para exemplificar os resultados, e em todas as vezes foi mantido o anonimato dos envolvidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O BioIntegrada foi desenvolvido com a compreensão de que ensinar conceitos científicos para jovens que vivem em uma sociedade com numerosas distrações, é um grande desafio a ser enfrentado no ambiente escolar. As tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs) são recursos importantes que são utilizados para a conquista, envolvimento e protagonismo dos alunos (Barbosa Neto & Fonseca, 2013). As TDICs mostraram-se ainda mais indispensáveis durante as aulas remotas no período pandêmico da Covid-19, de forma que o uso dessas ferramentas permitiu motivação e colaboração em aprendizagens no contexto das aulas remotas emergenciais, e podem ser também utilizadas com os mesmos propósitos em aulas presenciais ou híbridas (Yates et al., 2020; Pereira, 2021).

No grupo das TDICs, podemos destacar a produção, utilização e avaliação pedagógica dos aplicativos, como experienciado com o Anato Mobile (Costa et al., 2016), com o Bio Respiração (Santos et al., 2022), e com o nosso BioIntegrada. Foi constatado que estes aplicativos para dispositivos móveis após validação pedagógica, facilitaram a aprendizagem e a ensinagem de conteúdos biológicos escolares, atendendo as demandas de uma educação conectada com a modernidade. Mas, como alertam Cavas, Cavas, Karaoglan e Kisla (2009) e Dourado, Souza, Carbo, Mello e Azevedo (2014), os professores são atores indispensáveis e devem estar envolvidos em todas as etapas de implementação dessas ferramentas, garantindo que seja uma abordagem vantajosa para as práticas de ensino ao promover o alcance dos objetivos educacionais. As TDICs não dispensam a relação educador/educando em todas as suas nuances, e é com esse entendimento que discutimos a produção e validação do aplicativo nesta pesquisa.

O funcionamento do jogo BioIntegrada consiste em vencer os desafios em oito fases, as quais apresentam crescente nível de complexidade, tanto de conhecimentos cognitivos como da organização dos seres vivos. A fase 1 com o desafio de diferenciar os tipos de células; a fase 2 para identificar tecidos do corpo humano; a fase 3 com o desafio de relacionar a imagem do tecido ao órgão; a fase 4 para reconhecer sistemas do corpo humano; a fase 5 possui duas telas, cada uma contendo duas imagens do organismo humano cujo desafio é identificar qual figura está com a posição correta dos órgãos. Estas cinco fases trabalham os níveis de organização do corpo humano, porque consideramos importante tratar dessa temática inicialmente e correlaciona-la com discussões sobre as questões ambientais propostas no avançar do jogo nas fases seis a oito

(Figura 1). Portanto, o BioIntegrada tem a função de facilitar o ensino e a aprendizagem dos conteúdos biológicos de célula a meio ambiente, colaborando com a discussão de Santos (2007), quando afirma que a alfabetização científica deve possibilitar a interpretação do papel social para além do conhecimento das informações científica.

Avançando para a fase 6, temos o desafio de reconhecer alguns ciclos de verminoses, nos quais o homem é hospedeiro, em sete telas, cada uma contendo um ciclo diferente (Figura 1). Para a escolha das imagens foi estabelecido o critério de selecionar as que mais parecem com situações nas comunidades da região nordeste do Brasil, local de moradia dos estudantes participantes da pesquisa. Os tipos de verminoses apresentados no App são comumente abordados no livro didático, porém de acordo com França, Margonari e Schal (2011), os conteúdos sobre verminoses são apresentados no livro didático sem estabelecer a relação entre saúde e ambiente. Acreditamos que o conteúdo de verminoses inserido nessa sequência de etapas no App, poderá estimular o usuário a relacionar esses conceitos, além de possibilitar associar as atitudes e as consequências das ações antrópicas.

A fase 7 contém cinco telas e versa sobre os níveis de organização em ecologia, e para tornar esse conteúdo contextualizado, foram utilizados alguns cenários e seres vivos da Caatinga (Figura 1). Para essa estruturação seguimos as recomendações de Fonseca e Caldeira (2008) de que os conceitos relacionados aos níveis de organização da Ecologia devem ser trabalhados de forma integrada evitando a fragmentação. E para facilitar essa concepção de integração, entre as fases do jogo, foram colocadas caixas de diálogos que discutem em pequenos textos a integração entre os temas abordados.

A fase 8 finaliza o jogo, e é composta por um formulário intitulado “minhas ações no cotidiano” a ser preenchido como último requisito para concluir o jogo. Esse formulário é estruturado com perguntas em duas seções: uma se refere ao que a pessoa faz na realidade e a outra diz respeito ao que ela gostaria de fazer em relação aos temas lixo, água, energia elétrica e estilo de vida (Figura 1). Para essa proposição seguimos o entendimento de que como seres humanos somos afetados e afetamos a natureza (Dulley, 2004) e por isso “[...] é preciso reconstruir nosso sentimento de pertencer à natureza, [...] tomar consciência de que, por meio da natureza, reencontramos parte de nossa própria identidade humana, de nossa identidade de ser vivo entre os demais seres vivos” (Sauvé, 2005, p. 317).

A validação do BioIntegrada ocorreu com 40 alunos do 2º ano de ensino médio dispostos em duplas, 39 estavam na faixa etária entre 15 e 17 anos e um

tinha 18 anos. Houve predomínio do sexo feminino, correspondendo a 57.5%, tendência que atualmente vem se mantendo nos níveis seguintes de escolarização, incluindo graduação, mestrado e doutorado (CAPES, 2017). Em relação ao interesse pelo uso de aplicativo, 95% dos participantes declararam que gostam, corroborando com o potencial de uso pedagógico dessa ferramenta entre os jovens apontado por Sonego e Behar (2015).

A principal fonte de renda é oriunda de atividades na agricultura, pecuária e agropecuária (65% das famílias). É importante ressaltar também que 50% da turma declarou que a moradia de sua família é na zona urbana e 50% na zona rural, isso significa que 15% das famílias mesmo morando na zona urbana se deslocam para trabalhar na zona rural. Apenas 35% dos alunos declararam que são atendidos pelo serviço autônomo de água e esgoto e 65% não possuem abastecimento de água, fazendo uso de outras fontes como açude, poço, cacimbão e cisterna. Em relação ao saneamento básico, 52.5% afirmaram não ter saneamento básico e 35% disseram não possuir coleta de lixo pela prefeitura. Cenário preocupante, pois esses são considerados fatores de risco para a saúde da população. Estudos como o de Giatti, Rocha, Santos, Bitencourt e Pieroni (2004), demonstraram por exemplo, correlação entre condições de saneamento básico e prevalência de parasitoses intestinais e doenças como a esquistossomose. Esse diagnóstico foi fundamental para a condução do conteúdo trabalhado no aplicativo de jogo BioIntegrada com uma fase destinada aos ciclos de verminoses nos quais o ser homem é hospedeiro além de uma fase final de ações cotidianas, uma vez que:

As relações estabelecidas com o cotidiano do aluno devem permitir dar significado ao conteúdo curricular, fazendo a ponte entre o que se aprende na escola e o que se faz, vive e observa no dia a dia [...] os processos de ensino e aprendizagem deverão buscar vínculos efetivos com o cotidiano, porém, deverão superá-lo, buscando uma articulação entre este cotidiano e os níveis mais conceituais e abstratos da aprendizagem, num movimento permanente de ação e reflexão. (Kato & Kawasaki, 2011, p. 46)

O App BioIntegrada e a SD, trazem juntos uma proposta de educação onde o conhecimento científico é trabalhado de forma articulada e contextualizada de forma a facilitar a relação dos conceitos científicos com os fenômenos do cotidiano e consequentes tomadas de decisão, aspectos defendidos por Franco e Munford (2018) como potentes no ensino de Ciências da Natureza. Além disso, os conteúdos ambientais da proposta foram

trabalhados também em perspectiva crítica, entendendo que essa macrotendência no universo escolar deve ir em direção a uma postura reflexiva e participativa com estímulo a prática da cidadania ativa (Jacobi, 2003).

A intervenção pedagógica revelou que o BioIntegrada oportunizou o conhecimento da estrutura e constituição do organismo humano, ao mesmo tempo em que promoveu espaços de discussão sobre como esse organismo se relaciona com o meio ambiente individual e coletivamente. Relações estas, que para Silva e Campina (2011), são expressas por uma teia de interações historicamente determinadas e compostas por elementos naturais, sociais e culturais. Com essa compreensão, foram estimuladas reflexões a respeito da integração dos seres vivos e dos impactos antrópicos, entendendo como postula Loureiro (2006, p.7), que não cabe “falar em mudanças de comportamentos sem pensar como cada indivíduo vive, seu contexto e suas possibilidades concretas de fazer escolhas”.

As percepções dos alunos sobre a relação entre ser humano e o meio ambiente antes e após a utilização do BioIntegrada, analisada com o recurso da nuvem de palavras demonstrou que: na situação pré-aula, as palavras “natureza”, “cuidar”, “preservar” e “não” foram as mais frequentes (Figura 2A). Esses vocábulos apareceram em respostas dos alunos como por exemplo: *“Já que somos seres que tem a capacidade de pensar, devemos cuidar do que é nosso da melhor forma”*; *“Zelar, cuidar da maior beleza e riqueza da humanidade”*; *“A natureza é um dos maiores bem que o ser humano tem, então nosso papel é cuidar, preservar, para receber todos os benefícios que ela nos oferece”*; *“Devemos preservar a natureza ao máximo, porque do contrário a vida pode ser extinta”*; *“Não devemos desmatar”*; *“Não devemos jogar lixo em locais inapropriados”*. Essas respostas demonstram proximidades com os pressupostos da concepção pragmática da educação ambiental, a qual de acordo com Layrargues e Lima (2011) foi instituída no contexto brasileiro nos anos 90 e representa uma derivação da concepção conservadora ligada ao antropocentrismo adaptada ao novo contexto social, porém com limitações sobre as reflexões das desigualdades sociais.

Na situação pós-aulas, os vocábulos “cuidar” e “preservar” tiveram o número de citações aumentado, obtendo maior destaque na nuvem de palavras (Figura 2B). Esses dados revelam que alguns elementos da concepção pragmática de educação ambiental ainda estiveram presentes nas respostas dos alunos, mesmo depois das aulas, com destaque para o antropocentrismo e a natureza vingativa próprios da concepção pragmática (ver Silva & Campina, 2011). Como aspecto do antropocentrismo destacamos os trechos em que os

alunos citam que: “Devemos cuidar e proteger a natureza para que possamos ter um processo evolutivo melhor”; “O papel do ser humano na natureza é preservar e cuidar do que é nosso”. Como exemplos da lei de ação e reação (natureza vingativa) recortamos as respostas em que o aluno afirma “[...] ser legal com a natureza para que ela também seja legal com nós”.

Figura 2

Percepção dos alunos acerca do papel do ser humano na natureza

A) Pré-aulas



B) Pós-aulas



No entanto, na situação pós-aula, também tiveram destaque o cuidado com a natureza e a preservação do meio ambiente (Figura 2B), exemplificados em trechos como: “A maioria em vez de ajudar a cuidar da natureza, destrói o que acaba causando grande problema para nós, agora, ou até no futuro”; “Proteger e cuidar da natureza, para que não acabe com a nossa vida e a dos animais”; “[...] em cada momento pode colaborar um pouco e essa colaboração se torna grande se a maioria participar”. Esses recortes apontam para uma concepção de EA próxima da macrotendência político-pedagógica crítica, pois como pontua Silva e Campina (2011); Layrargues e Lima (2014), ela se caracteriza por uma mudança de comportamento antes realizada no âmbito individual e agora substituída pela formação de uma cultura cidadã em que estão presentes os elementos ecológicos, éticos e sociais.

Campos, Ferreira, Coelho, & de Lima (2015), influenciando inclusive no processo de desertificação da Caatinga (Souza, Artigas & Lima, 2015).

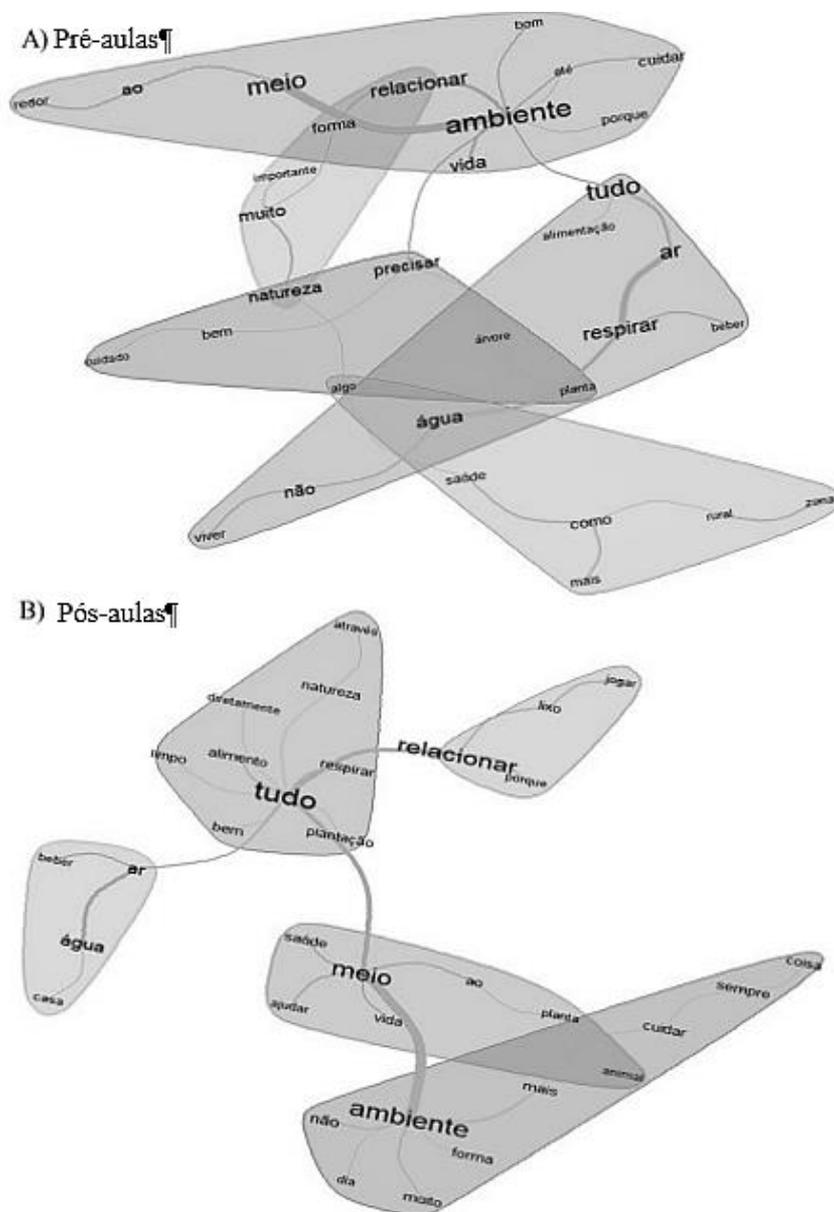
Em relação as ações negativas no pré-aula, foram destaques os termos “lixo”, “jogar”, “queimado” e “animal”, esse último devido a prática da caça na região (Figura 3C). Na situação pós-aula, a preocupação com o “lixo”, “desmatamento” e “queimadas”, continuaram, porém, também foram citadas “água”, “poluição” e “agrotóxico” e “desperdício” (Figura 3D), revelando um maior repertório das interferências negativas da pós-aula em relação a pré-aula.

Consideramos relevante os estudantes terem apontado a questão do desperdício, pois como discute Almeida, Santos Junior, Nunes e Liz (2019), os desequilíbrios ambientais estão profundamente relacionados às condutas humanas inadequadas, e além das perdas econômicas, o desperdício também causa sérios impactos nos recursos naturais. O uso de agrotóxicos além de representarem riscos à saúde humana, provocam graves problemas ambientais que vão desde o descarte indevido de embalagens à sérios danos ao equilíbrio da fauna e flora (Campos, Ferreira, Coelho & Lima, 2015). A contextualização é importante pois como defende Sauvé (2005, p. 318) “O lugar em que se vive   o primeiro cadinho do desenvolvimento de uma responsabilidade ambiental, onde aprendemos a nos tornar guardi es, utilizadores e construtores responsáveis do Oikos, nossa “casa de vida” compartilhada”.

As percep es dos alunos acerca da rela o entre o meio ambiente e vida humana, avaliadas por meio da análise de similitude, evidenciou que, os vocábulos centrais no corpus textual foram “meio ambiente” e “tudo” (Figura 4). Da expressão central meio ambiente derivaram os vocábulos “cuidado e vida” na pré-aula e “saúde e não” na pós-aula. Isso demonstra a forte rela o com a saúde, levando em considera o que: “[...] o meio não   apenas o cenário onde a popula o vive, mas no qual acontecem suas intera oes e inter-rela oes, influenciando direta e indiretamente no processo saúde–doença” (Bruzos, Kamimura, Rocha, Jorgetto & Patrício, 2011, p. 464).

Figura 4

Análise de similitude da relação entre o meio ambiente e a vida dos alunos



O léxico “tudo” na pré-aula tem conexão com “plantas e alimentação” (Figura 4A), mas na pós-aula as conexões foram com “plantação, alimentação, respiração, limpo e natureza” (Figura 4B). Ampliações presentes em respostas do tipo: “*Em tudo, sem o meio ambiente não tem como haver vida, pois somos dependentes*”; “*O meio ambiente está relacionado em tudo, na alimentação, no ar que respiramos, na água, ao dormir e acordar, em tudo a natureza está envolvida*”. Essa percepção de totalidade coaduna com Suavé (2009) e Silva e Campina (2011), para os quais as relações com o ambiente são construções sociais, históricas e emocionais complexas.

Durante as aulas, além do conteúdo biológico de corpo humano e hierarquia da vida, foram realizadas discussões de como esse conteúdo está relacionado às questões cotidianas locais. Nesses momentos, foi possível identificar as principais deficiências sobre os temas abordados, tais como, confusão das definições de vírus e bactérias; fungos e protozoários, e dificuldade no reconhecimento das estruturas macroscópicas do corpo humano, como localização dos órgãos nos bustos e imagens anatômicas.

No decorrer das aulas foi perceptível a melhoria na aprendizagem dos conceitos e estruturas biológicas, e os debates evoluíram para questões a respeito de como os seres microscópicos estão relacionados aos seres humanos. Os alunos expressaram o entendimento de que “*Bactérias e fungos ajudam na agricultura e melhoram a produção de alimentos*”; “*Os micro-organismos podem nos causar doenças, mas estando em equilíbrio em nosso corpo podem nos defender das doenças*”; “*O processo de decomposição é importante para todos no meio*”; “*Os protozoários estão envolvidos no processo de digestão das vacas e na produção do leite*” e “*Cada ser vivo tem seu papel na natureza, mas se ficarem desequilibrados podem causar coisas ruins*”.

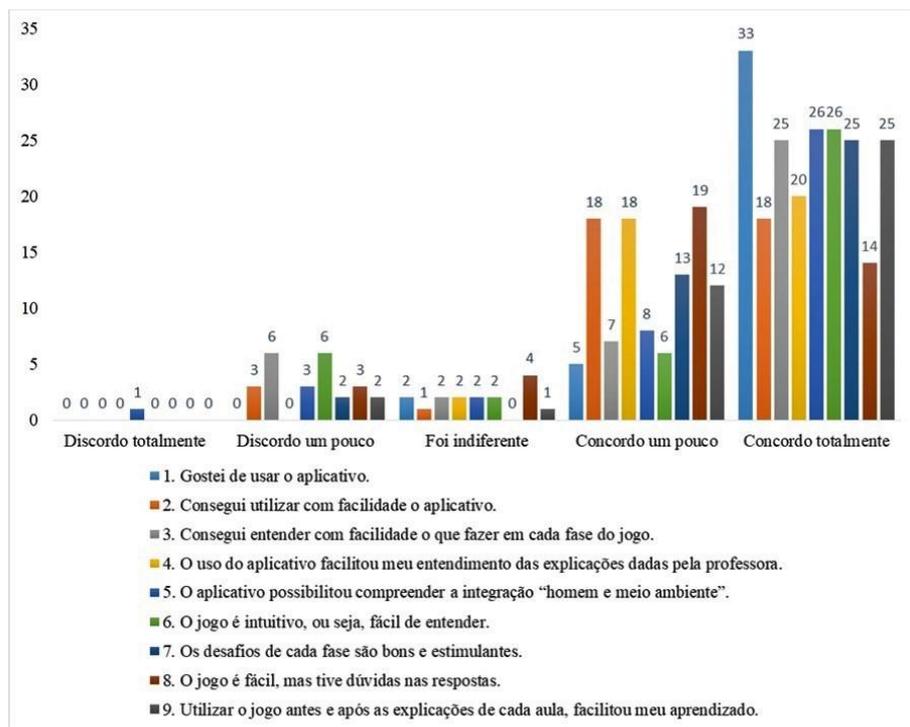
Surgiram discussões acerca das práticas de desmatamento e descarte inadequado de embalagens por empresários locais. Emergiram também reflexões de que estas atividades agridem o meio ambiente com maior intensidade quando comparados a agricultura familiar praticada no município. Desse modo, foi estabelecida uma postura coletiva reflexiva e crítica da realidade, importante para a inserção do cidadão como agente transformador de seu meio, como defendido por Freire (1987); Jacobi (2005); Silva e Campina (2011); Layrargues e Lima (2014). Esses resultados foram importantes para discutir na escola o que é a educação voltada para a cidadania defendida por autores como Freire (1997), Gadotti (2000) e Ribeiro (2002).

A opinião dos alunos sobre o BioIntegrada foi expressa em elevados índices de concordância total ou parcial em todos os itens (Figura 5), de forma

que: i) 95% gostaram de usar o aplicativo (33 totalmente e 5 parcialmente) e 90% conseguiram usá-lo com facilidade; ii) 95% consideraram que o uso do aplicativo facilitou as explicações da professora (20 concordaram totalmente e 18 concordaram parcialmente; ii) 92.5% concordaram que a estratégia de utilizar o jogo antes e após as explicações de cada aula facilitou o aprendizado dos conteúdos biológicos (25 totalmente e 12 parcialmente); iv) 85% avaliaram que o jogo facilitou a compreensão da relação ser humano e meio ambiente (26 concordaram totalmente e 8 concordaram parcialmente), enquanto 2.5% (1 aluno) discordou totalmente, sendo este o único item marcado com discordância total; v) 85 % consideraram que os desafios de cada fase do jogo são bons e estimulantes; 80% conseguiram entender o que fazer em cada fase do jogo e 80% acharam o jogo intuitivo.

Figura 5

Opinião dos alunos sobre o uso app BioIntegrada, considerando o máximo de 40 marcações para cada item



Portanto, de acordo com os percentuais obtidos com a opinião dos alunos que colaboraram com a pesquisa, podemos considerar que o App BioIntegrada apresenta potencial para despertar a atenção dos discentes ao utilizar TDICs para trabalhar o conteúdo, permitindo novas visões e estimulando o protagonismo na construção da aprendizagem. É fundamental a avaliação do potencial pedagógico dos aplicativos feita pelos educadores, mas também de igual importância é a avaliação dos alunos, os quais tem demonstrado elevados índices de aceitação e rendimento, resultados expressos em pesquisas com outros aplicativos (Costa et al., 2016; Pereira, 2021; Santos et al., 2022), assim como foi registrado com o BioIntegrada.

CONCLUSÕES

Esses resultados revelam que a educação formal pode ser realizada com o uso de jogos eletrônicos desenvolvidos para tal finalidade. No caso específico do app BioIntegrada, existe o potencial de contribuir para a educação ambiental enquanto diverte e ensina conteúdos biológicos, aumentando o interesse e a motivação dos alunos pela temática. As evidências demonstram que o app BioIntegrada é uma ferramenta facilitadora do ensino sistêmico dos assuntos biológicos relacionados a estruturação do corpo humano e meio ambiente.

O uso do BioIntegrada em sala de aula, ocasionou entusiasmo e proporcionou maior participação dos alunos, evidenciando habilidades em lidar com ferramentas tecnológicas e estimulando a cooperação entre os pares. Porém o uso do celular no ensino formal, requer atenção do professor, especialmente no desenvolvimento de estratégias que diminuam e/ou evitem o desvio dos objetivos da aula. Outro fator a ser considerado é a inclusão de alunos que não possuem celular, que pode ser contornado com a organização dos alunos em equipes, para que estes não se sejam prejudicados por não portarem um aparelho celular.

O jogo BioIntegrada agradou os alunos e sua utilização em conjunto com a sequência didática despertou para a percepção do educando com relação ao seu meio ambiente, especialmente ao associar o equilíbrio ambiental com o bem-estar e a saúde. Constatamos também o início da desconstrução da concepção de que só pessoas que moram na zona rural estão sujeitas a interação com a natureza. Contudo, estamos cientes de que o uso do app de forma isolada possui limitações para o incentivo de perceber o próprio meio e desenvolver uma educação ambiental crítica, portanto, faz-se necessário uma estruturação de debates sobre os conteúdos abordados no aplicativo.

Recomendamos que a utilização do App BioIntegrada, isoladamente ou em conjunto com a SD “Ser Humano e Meio Ambiente”, seja feita com incentivo de estratégias didáticas onde os alunos possam desenvolver em suas comunidades ações em prol do desenvolvimento da cidadania ativa.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÕES

VMPM elaborou o material, desenvolveu, coletou e analisou os dados e APS acompanhou todo o processo e contribuiu com direcionamentos, elaboração de material, análises e escrita. Todos os autores discutiram os resultados e contribuíram para a versão final do manuscrito.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados que suportam os resultados deste estudo serão disponibilizados pelo autor correspondente, VMPM, mediante solicitação razoável.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Gostaríamos de agradecer a todos os alunos que participaram da pesquisa e ao Mestrado Profissional de Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO).

REFERÊNCIAS

- Abrahão, A. L., & Merhy, E. E. (2014). Formação em saúde e micropolítica: Sobre conceitos-ferramentas na prática de ensinar. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 18(49), 313–324.
<https://doi.org/10.1590/1807-57622013.0166>
- Almeida, N., Santos Junior, C., Nunes, A., & Liz, M. (2019). Educação ambiental: A conscientização sobre o destino de resíduos sólidos, o desperdício de água e o de alimentos no município de Cametá/PA. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 100(255).
<https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.100i255.4007>

- Araújo, M. L. F., & França, T. L. de. (2013). Concepções de Educação Ambiental de professores de biologia em formação nas universidades públicas federais do Recife. *Educar em Revista*, 50, 237–252. <https://doi.org/10.1590/S0104-40602013000400015>
- Barbosa Neto, J. F., & Fonseca, F. D. S. da. (2013). Jogos educativos em dispositivos móveis como auxílio ao ensino da matemática. *RENOTE*, 11(1). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.41623>
- Branco, E. P., Branco, A. B. de G., Iwasse, L. F. A., & Zanatta, S. C. (2019). Sistema Nacional de Educação: Críticas no contexto da implantação da BNCC. *Debates em Educação*, 11(25), 271. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2019v11n25p271-294>
- Brasil. (2016). *Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. MEC. 600 p. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Bruzos, G. A. de S., Kamimura, H. M., Rocha, S. A., Jorgetto, T. A. C., & Patrício, K. P. (2011). Meio ambiente e enfermagem: Suas interfaces e inserção no ensino de graduação. *Saúde e Sociedade*, 20(2), 462–469. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902011000200017>
- Camargo, B. V., & Justo, A. M. (2013). IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em Psicologia*, 20(2), 513-518.
- Campos, S. A. C., Ferreira, M. D. P., Coelho, A. B., & de Lima, J. E. (2015). Degradação ambiental agropecuária no bioma caatinga. *Rev. Econ. NE*, 46(3), 155-170.
- CAPES. (2017). *Mulheres são maioria na pós-graduação brasileira*. <https://www.capes.gov.br/36-noticias/8315-mulheres-sao-maioria-na-pos-graduacao-brasileira>
- Cavas, B., Cavas, P., Karaoglan, B., & Kisla, T. (2009). A study on science teachers' attitudes toward information and communication technologies in education. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 8(2), 20-32.
- Compiani, M. (2007). O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. *Ciência & Educação*, 13(1), 29-45.

- Costa, R. D. A., Almeida, C. M. M., Nascimento, J. M. M., & Lopes, P. T. C. (2016). Anato mobile: desenvolvimento colaborativo de um sistema de aplicativos para o ensino e a aprendizagem em anatomia humana em cursos superiores da área da saúde. *Acta Scientiae*, 18(2), 456-469.
- Damiani, M. F., Rochefort, R. S., Castro, R. F., Dariz, M. R., & Pinheiro, S. S. (2013). Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. *Cadernos de Educação*, 45, 57-67.
- Dias, A. A. S., & Dias, M. A. O (2017). Educação ambiental: a agricultura como modo de sustentabilidade para a pequena propriedade rural. *Direitos Difusos*, 68, 161-178.
- Dourado, I. de F., de, L. F. (2014). Uso das TIC no Ensino de Ciências na Educação Básica: Uma Experiência Didática. *UNOPAR Cient., Ciênc. Human. Educ.*, 15, 357-365.
- Dulley, R. D. (2004). Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais. *Rev. Agricultura*, 51(2), 15-26.
- Focetola, P. B. M., Castro, P. J., de Souza, A. C. J., Grion, L. S., Pedro, N. C. S., Iack, R. S., de Almeida, R. X., de Oliveira, A. C., de Barros, C. V. T., Vaitsman, E., Brandão, J. B., Guerra, A. C. O., & da Silva, J. F. M. (2012). Os Jogos educacionais de cartas como estratégia de ensino em química. *Química nova na escola*, 34(4), 248-255.
- Fonseca, G., & Caldeira, A. M. de A. (2008). Uma reflexão sobre o ensino aprendizagem de ecologia em aulas práticas e a construção de sociedades sustentáveis. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 1(3). <https://doi.org/10.3895/S1982-873X2008000300006>
- Fornaziero, C. C., Gordan, P. A., Carvalho, M. A. V. de, Araujo, J. C., & Aquino, J. C. B. de. (2010). O ensino da anatomia: Integração do corpo humano e meio ambiente. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 34(2), 290–297. <https://doi.org/10.1590/S0100-55022010000200014>
- França, V. H. de, Margonari, C., & Schall, V. T. (2011). Análise do conteúdo das leishmanioses em livros didáticos de ciências e biologia indicados pelo Programa Nacional de Livros Didáticos (2008/2009). *Ciência & Educação (Bauru)*, 17(3), 625–644. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000300007>

- Franco, L. G., & Munford, D. (2018). Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: Um olhar da área de Ciências da Natureza. *Horizontes*, 36(1), 158–171. <https://doi.org/10.24933/horizontes.v36i1.582>
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do Oprimido*. 17. ed. Paz e Terra. 129 p.
- Gadotti, M. (2000). *Escola cidadã educação para e pela cidadania*. Centro de Referência Paulo Freire. http://acervo.paulofreire.org:8080/xmlui/bitstream/handle/7891/1645/FPF_PTPF_13_009.pdf
- Giatti, L. L., Rocha, A. A., Santos, F. A. dos, Bitencourt, S. C., & Pieroni, S. R. de M. (2004). Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo. *Revista de Saúde Pública*, 38(4), 571–577. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102004000400014>
- Guimarães, S. S. M., & Inforsato, E. do C. (2012). A percepção do professor de Biologia e a sua formação: A Educação Ambiental em questão. *Ciência & Educação*, (Bauru), 18(3), 737–754. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000300016>
- Huizenga, J., Admiraal, W., Akkerman, S., & Dam, G. (2009). Mobile game-based learning in secondary education: Engagement, motivation and learning in a mobile city game: Mobile game-based learning in secondary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(4), 332–344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00316.x>
- IBGE. (2017). *Censo agropecuário 2017*. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/milha/pesquisa/24/76693>
- IBGE. (2010). *Panorama do município de Milhã Ceará Censo 2010*. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/milha/panorama>
- Jacobi, P. (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*, 118, 189–206. <https://doi.org/10.1590/S0100-15742003000100008>
- Jacobi, P. R. (2005). Educação ambiental: O desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e Pesquisa*, 31(2), 233–250. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000200007>

- Kato, D. S., & Kawasaki, C. S. (2011). As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. *Ciência & Educação*, (Bauru), 17(1), 35–50.
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>
- Kiryakova, G., Angelova, N., & Yordanova, L. (2014). Gamification in Education. In *Proceedings of 9th International Balkan Education and Science Conference*.
https://www.researchgate.net/publication/320234774_GAMIFICATION_IN_EDUCATION
- Layrargues, P. P., Lima, G. F. C. (2011). Mapeando as macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental contemporânea no Brasil. In: *Anais do VI EPEA VI Encontro "Pesquisa em Educação Ambiental"*, 2011, Ribeirão Preto, SP. (p. 1-15).
https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/educacao_ambiental/Layrargues_e_Lima_-_Mapeando_as_macro-tend%ca3%aancias_da_EA.pdf
- Layrargues, P. P., Lima, G. F. C. (2014). As macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. *Ambiente & Sociedade*, 17(1), 23-40.
- Lopes, W. R., & Vasconcelos, S. D. (2012). Representação e distorções conceituais do conteúdo "filogenia" em livros didáticos de biologia do ensino médio. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, (Belo Horizonte), 14(3), 149–165. <https://doi.org/10.1590/1983-21172012140310>
- Loureiro, C. F. B. (2006). Educação ambiental e teorias críticas. In: Guimarães, M. (Org.). *Caminhos da educação ambiental: da forma à ação*. Papirus. 112 p.
- Mariano, Z. F., Scopel, I., Peixinho, D. M., & Souza, M. B. (2011). A relação homem-natureza e os discursos ambientais. *Geography Department, University of Sao Paulo*, 158–170.
<https://doi.org/10.7154/RDG.2011.0022.0008>
- Mitre, S. M., Siqueira-Batista, R., Girardi-de-Mendonça, J. M., Morais-Pinto, N. M. de, Meirelles, C. de A. B., Pinto-Porto, C., Moreira, T., & Hoffmann, L. M. A. (2008). Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: Debates atuais.

Ciência & Saúde Coletiva, 13(suppl 2), 2133–2144.
<https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000900018>

- Morin, E. (2005). *O método 2: a vida da vida*. Sulina, 527 p.
- Nascimento, F. do, Fernandes, H. L., & Mendonça, V. M. de. (2012). O ensino de ciências no Brasil: História, formação de professores e desafios atuais. *Revista HISTEDBR On-line*, 10(39), 225-249.
<https://doi.org/10.20396/rho.v10i39.8639728>
- Pereira, J. A. (2021). PADLET como recurso didático no ensino de genética em meio a pandemia: um relato de experiência. *Experiências em Ensino de Ciências*, 16(3), 543-556.
<https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/503>
- Praia, J., Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*. (Bauru), 13(2), 141–156. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001>
- Ramos, E. C. (2010). O processo de constituição das concepções de natureza. Uma contribuição para o debate na educação ambiental. *Ambiente & Educação*, 15(1), 67-91.
- Ribeiro, M. (2002). Educação para a cidadania: Questão colocada pelos movimentos sociais. *Educação e Pesquisa*, 28(2), 113–128.
<https://doi.org/10.1590/S1517-97022002000200009>
- Santos, A. D. A.; Santos, C. P; Marques, R. C. P. (2022). O ensino de bioquímica da respiração celular facilitado por aplicativo para aparelho celular. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 11(3), e21611326373-e21611326373, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26373>
- Santos, W. L. P. dos. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: Funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, 12(36), 474–492. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782007000300007>
- Sauvé, L. (2005). Educação ambiental: possibilidades e limitações. *Educação e Pesquisa*, 31(2), 317–322.
- Sauvé, L. (2009). Vivre ensemble, sur Terre : enjeux contemporains d’une éducation relative à l’environnement. *Éducation et francophonie*, 37(2), 1-10. <https://doi.org/10.7202/038812ar>

- Saviani, D. (2015). Sobre a natureza e especificidade da educação. *Germinal: Marxismo e Educação em Debate*, 7(1), 286-293. <https://doi.org/10.9771/gmed.v7i1.13575>
- Silva Neto, S. R. da S., Santos, H. R. M., Souza, A. A., & Santos, W. O. (2013, novembro 25). Jogos Educacionais como Ferramenta de Auxílio em Sala de Aula. In: *Anais do XIX Workshop de Informática na Escola*. <https://doi.org/10.5753/CBIE.WIE.2013.130>
- Silva, L. H. de A., & Schnetzler, R. P. (2006). A mediação pedagógica em uma disciplina científica como referência formativa para a docência de futuros professores de biologia. *Ciência & Educação*, (Bauru), 12(1), 57–72. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000100006>
- Silva, O. G., & Navarro, E. C. (2012). A relação professor-aluno no processo ensino –aprendizagem. *Interdisciplinar: Revista Eletrônica da Univar*, 8(3), 95 -100.
- Silva, R. L. F. da, & Campina, N. N. (2011). Concepções de educação ambiental na mídia e em práticas escolares: Contribuições de uma tipologia. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 6(1), 29-46. <https://doi.org/10.18675/2177-580X.vol6.n1.p29-46>
- Soares, B. E. C.; Navarro, M. A., & Ferreira, A. P. (2004). Desenvolvimento sustentado e consciência ambiental: natureza, sociedade e racionalidade. *Ciências & Cognição*, 2, 42-49.
- Soares, M. R. P., & Istoe, R. S. C. (2015). Alfabetização e inclusão de pessoas idosas: uma proposta interdisciplinar mediada pelas tecnologias da informação e da comunicação. *Científica Interdisciplinar*, 3(2), 165–175. <https://doi.org/10.17115/2358-8411/v2n3a17>
- Sonego, A. H. S., & Behar, P. A. (2015). M-Learning: Reflexões e Perspectivas com o uso de aplicativos educacionais. *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*.
- Souza, B. I., Artigas, R. C., & Lima, E. R. V. de. (2015). Caatinga e desertificação. *Mercator*, 14(01), 131–150. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0009>
- Souza, C. L. de, & Andrade, C. S. (2014). Saúde, meio ambiente e território: Uma discussão necessária na formação em saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 19(10), 4113–4122. <https://doi.org/10.1590/1413-812320141910.08992014>

- Tavares, J. N. T. (2016). Educação e cidadania: Qual cidadania? *Percurso Acadêmico*, 6(12), 392-410. <https://doi.org/10.5752/P.2236-0603.2016v6n12p392>
- Tarouco, L. M. R., Roland, L. C., Fabre, M. C. J. M., & Konrath, M. L. P. (2004). Jogos educacionais. *RENOTE*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.13719>
- Tres, D. R., Reis, A., & Schlindwein, S. L. (2011). A construção de cenários da relação homem-natureza sob uma perspectiva sistêmica para o estudo da paisagem em fazendas produtoras de madeira no planalto norte catarinense. *Ambiente & Sociedade*, 14(1), 151–173. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100009>
- Yates, A., Starkey, L., Egerton, B., & Flueggen, F. (2020). High school students' experience of online learning during Covid-19: The influence of technology and pedagogy. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(1), 59–73. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1854337>
- Zanatta, S. C., Branco, E. P., Branco, A. B. de G., & Neves, M. C. D. (2019). Uma análise sobre a reforma do ensino médio e a implantação da base nacional comum curricular no contexto das políticas neoliberais. *Revista e-Curriculum*, 17(4), 1711–1738. <https://doi.org/10.23925/1809-3876.2019v17i4p1711-1738>