

ANÁLISE DE APLICATIVOS PARA O ESTUDO DE CITOLOGIA EM UMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR COM QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**ANALYSIS OF APPLICATIONS FOR CYTOLOGY STUDY IN AN INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVE WITH CHEMISTRY IN HIGH SCHOOL****ANÁLISIS DE APLICACIONES PARA EL ESTUDIO DE LA CITOLOGÍA EN UNA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINARIA CON QUÍMICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Fernanda Kainara Marcelino da Fonseca¹, Bruno Santana da Silva²

Resumo

Os aplicativos móveis podem contribuir para a aprendizagem em Biologia, oferecendo, por vezes, suporte às dificuldades dos estudantes. Este trabalho concentra-se nas dificuldades de aprendizagem de: (1) relacionar conteúdos interdisciplinares de Biologia e Química, (2) desenvolver pensamentos abstratos e (3) relacionar conteúdos entre áreas da Biologia. Surge, então, a questão: os aplicativos disponíveis são adequados para enfrentar essas dificuldades? O objetivo deste estudo foi identificar bons e maus exemplos de partes de aplicativos que auxiliem no enfrentamento dessas dificuldades de aprendizagem durante o estudo de Citologia no Ensino Médio, em uma perspectiva interdisciplinar com a Química, à luz da Aprendizagem Significativa. Esses exemplos foram identificados por meio da análise de conteúdo de nove aplicativos gratuitos em português, orientados por oito perguntas que agrupam 21 características desejáveis. Foram encontrados bons e maus exemplos em todos os aplicativos analisados. Em muitos casos, o mesmo aplicativo apresentou tanto bons quanto maus exemplos na mesma característica desejável, o que indica falta de consistência em seu processo de desenvolvimento. Esses resultados podem contribuir para o projeto, desenvolvimento, avaliação e o uso de aplicativos para o estudo de Citologia.

Palavras-chave: Aprendizagem móvel; smartphone; aprendizagem significativa; abstração; interdisciplinaridade.

Abstract

Mobile applications can contribute to Biology learning, sometimes offering support to students' difficulties. This work focuses on learning difficulties in: (1) relating interdisciplinary Biology and Chemistry content, (2) developing abstract thinking, and (3) relating content between areas of Biology. The question then arises: are the available mobile applications adequate to address these difficulties? The objective of this study was to identify good and bad examples of application parts to help address these learning difficulties during study of Cytology in High School, from an interdisciplinary perspective with Chemistry, in light of Meaningful Learning. These examples were identified through content analysis of nine free applications in Portuguese, guided by eight questions that group 21 desirable characteristics. Good and bad examples were found in all the analyzed applications. In many cases, the same application presented both good and bad examples with the same desirable characteristic, which indicates a lack of consistency in its development process. These results can contribute to design, development, evaluation and use of applications for study of Cytology.

Keywords: Mobile learning; smartphone; meaningful learning; abstraction; interdisciplinarity.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal – RN, Brasil. E-mail: fernanda.kaai@gmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal – RN, Brasil. E-mail: bruno@imd.ufrn.br

Resumen

Las aplicaciones móviles pueden contribuir al aprendizaje de la Biología, ofreciendo en ocasiones apoyo a los estudiantes que presentan dificultades. Este trabajo se centra en las dificultades de aprendizaje relacionadas con: (1) la integración de contenidos interdisciplinarios de Biología y Química, (2) el desarrollo del pensamiento abstracto y (3) la integración de contenidos de diferentes áreas de la Biología. Surge entonces la pregunta: ¿son las aplicaciones disponibles adecuadas para abordar estas dificultades? El objetivo de este estudio fue identificar ejemplos positivos y negativos de componentes de aplicaciones que ayudan a abordar estas dificultades de aprendizaje durante el estudio de la Citología en Bachillerato, desde una perspectiva interdisciplinaria con la Química, en el marco del Aprendizaje Significativo. Estos ejemplos se identificaron mediante el análisis de contenido de nueve aplicaciones gratuitas en portugués, guiado por ocho preguntas que agrupan 21 características deseables. Se encontraron ejemplos positivos y negativos en todas las aplicaciones analizadas. En muchos casos, una misma aplicación presentaba ejemplos tanto positivos como negativos para la misma característica deseable, lo que indica una falta de coherencia en su proceso de desarrollo. Estos resultados pueden contribuir al diseño, desarrollo, evaluación y uso de aplicaciones para el estudio de la citología.

Palabras clave: Aprendizaje móvil; teléfono inteligente; aprendizaje significativo; abstracción; interdisciplinariedad.

Introdução

A Biologia estuda a vida, suas diferentes formas de manifestação e interações (Krasilchik, 2004). Ela é um componente curricular da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), pertencente à área de Ciências da Natureza juntamente com Química e Física. Diversas são as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem em Biologia. Bezerra e Alves (2021) atribuem essas dificuldades às características do conteúdo; à forma como o conteúdo é ensinado; aos estudantes; e às articulações entre conteúdo, estudantes e professores. Nesse contexto, a Citologia é uma das áreas da Biologia em que os estudantes costumam apresentar dificuldades no processo de aprendizagem (Petrovich et al., 2014). A Citologia ou Biologia Celular estuda as células enquanto unidades morfológicas e funcionais dos seres vivos, bem como os processos químicos e biológicos que acontecem nos meios intra e extracelular (Junqueira; Carneiro, 2012). Sua compreensão requer uma articulação de conhecimentos de diferentes áreas da Biologia, como a Biologia Molecular e a Genética, e de outros componentes curriculares como a Química.

As dificuldades no estudo de Citologia podem estar associadas às características do conteúdo, uma vez que quase todas as células são microscópicas e, portanto, não possuem uma representação visual ou tátil própria diretamente perceptível e presente no cotidiano. Então, os estudantes precisam imaginar as células e seus processos para estudá-los (Duré; Andrade; Abílio, 2018). Eles necessitam de uma grande capacidade de pensamento abstrato para raciocinar sobre o conteúdo estudado, transitando entre os níveis abstrato e o concreto. Representações imagéticas ou táteis das células e seus processos poderiam auxiliar no desenvolvimento dessa capacidade. Além da dificuldade de abstração, o ensino de Citologia de forma fragmentada e dissociada de outros conteúdos de Biologia e de outros componentes

curriculares (interdisciplinaridade) dificulta a compreensão dos fenômenos biológicos relacionados à estrutura e à fisiologia celular (Bezerra; Alves, 2021). Essa fragmentação do conteúdo ensinado e ausência de interdisciplinaridade aumentam a dificuldade dos estudantes em criar conexões entre conceitos na sua estrutura cognitiva, contrapondo-se ao defendido pela teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003).

Diversos recursos didáticos digitais são empregados no ensino de Biologia (Gonçalves; Dias, 2022). A literatura relata o uso de aplicativos móveis nessa área (Aguiar; Nojosa; Vasconcelos, 2022; Fonseca; Silva, 2025) e apresenta revisões de aplicativos disponíveis com esse propósito (Fonseca; Silva, 2024b). Embora relevantes, esses trabalhos não abordaram explicitamente as dificuldades de aprendizagem. Diante disso, surgem alguns questionamentos: Será que os aplicativos móveis são adequados para enfrentar essas dificuldades de aprendizagem?

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi identificar bons e maus exemplos em partes de aplicativos para o estudo de Citologia no Ensino Médio em uma perspectiva interdisciplinar com Química, à luz da Aprendizagem Significativa. O escopo de interesse se voltou-se às dificuldades de aprendizagem relacionadas a conceitos abstratos, à visão integrada entre os fenômenos biológicos de diferentes áreas da Biologia, e à interdisciplinaridade com a Química. A identificação desses exemplos foi orientada por 21 características desejáveis em aplicativos educacionais que endereçam essas dificuldades de aprendizagem (Silva; Fonseca, 2025). Essas características fundamentam-se na teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003), nas características de softwares que influenciam os processos cognitivos (Johnson, 2020) e nos processos de interpretação e comunicação humanos (Peirce, 2020). Os bons e maus exemplos identificados neste estudo foram organizados em uma cartilha disponível em (Fonseca; Silva, 2025). Esses exemplos podem ser úteis para orientar a produção ou a melhoria futura de aplicativos educacionais de apoio ao ensino de Biologia numa perspectiva interdisciplinar.

Procedimentos metodológicos

A fim de alcançar esse objetivo, realizou-se uma pesquisa de natureza exploratória qualitativa (Gil, 2022) utilizando o método de análise de conteúdo (Bardin, 2011) de aplicativos com potencial para apoiar o estudo de Citologia. Em conformidade com a BNCC, os conteúdos específicos considerados foram analisados sob uma perspectiva interdisciplinar com Química, uma vez que o funcionamento celular está intrinsecamente relacionado com conceitos químicos. Definiu-se como escopo desta análise os conteúdos específicos: (1) célula eucariótica e suas organelas, (2) transporte através da membrana celular, (3) solução de substâncias na permeabilidade da membrana celular, e (4) doenças relacionadas ao funcionamento da célula animal. Esse escopo é relevante porque a compreensão de células e seu funcionamento (Conteúdo 1 e 2) fundamenta o entendimento de conteúdos mais complexos. Tal funcionamento depende de características das moléculas químicas que

compõem as células e o meio extracelular, bem como o fluxo de substâncias entre eles (Conteúdo 3). Além disso, é importante saber que o mau funcionamento celular pode estar associado à ocorrência de doenças no organismo (Conteúdo 4).

A análise dos aplicativos foi realizada entre outubro e novembro de 2023 por dois pesquisadores, sendo uma professora de Biologia do Ensino Médio e um professor de Tecnologia da Informação. Dentre os aplicativos identificados por (Fonseca; Silva, 2024a,b), foram considerados neste estudo 26 aplicativos em português com potencial para apoiar o estudo de Citologia no Ensino Médio. Os pesquisadores instalaram esses aplicativos nos seus smartphones, a fim de remover desta análise aqueles que se enquadraram nos critérios: (1) não estar disponível para instalação; (2) não apresentar conteúdo gratuito relacionado à célula eucariótica e suas organelas; (3) não permitir encontrar todo o conteúdo oferecido pelo aplicativo dentro do escopo desta pesquisa - por exemplo, em aplicativos de quiz ou questionários com perguntas aleatórias, pois não seria possível analisar integralmente as perguntas no escopo de interesse; (4) apresentar maior parte dos conteúdos de fontes externas, como YouTube e Wikipedia; e por último, (5) conter erros conceituais ou induzir a interpretações equivocadas.

A análise dos aplicativos selecionados iniciou-se com cada pesquisador explorando individualmente cada aplicativo no seu smartphone, para compreender a proposta geral do aplicativo. Em seguida, a análise prosseguiu orientada por oito perguntas:

Pergunta 1: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a adicionar este conteúdo de Biologia à sua estrutura cognitiva (memorização)? A memorização do conteúdo de Biologia pelo estudante tende a ser favorecida quando o aplicativo (Ausubel, 2003; Johnson, 2020):

- orienta explicitamente a leitura e o uso por um objetivo, uma tarefa ou atividade;
- apresenta boa organização visual;
- oferece suporte para a manutenção da atenção durante a navegação pelo conteúdo em diferentes partes da interface;
- disponibiliza diferentes formas de representação do conteúdo;
- apresenta consistência no vocabulário e entre as representações do conteúdo.
- oferece exercícios de fixação;
- disponibiliza revisão do conteúdo;
- apresenta imagens em tamanho legível.

Características opostas a essas tendem a dificultar a memorização do conteúdo.

Pergunta 2: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a adicionar este conteúdo de Química à sua estrutura cognitiva (memorização)? Apresenta características equivalentes à pergunta anterior, referente à Biologia.

Pergunta 3: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a relacionar este conteúdo estudado aos seus subsunçores previamente assimilados até o Ensino Fundamental? As relações mentais entre conteúdos feitas pelo estudante tendem a ser favorecidas quando o aplicativo (Ausubel, 2003):

- apresenta novos conteúdos relacionados com o conhecimento prévio do estudante;
- relaciona novos conteúdos ao cotidiano do estudante;
- explica novos conteúdos para o estudante de forma clara e contextualizada.

Características opostas a essas tendem a dificultar o estabelecimento e a memorização das relações entre os conteúdos, contribuindo para a manutenção da fragmentação dos subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes.

Pergunta 4: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a relacionar este com outros conteúdos de Citologia sendo estudados no Ensino Médio? As relações mentais entre conteúdos de Citologia feitas pelo estudante tendem a ser favorecidas quando o aplicativo (Ausubel, 2003):

- apresenta novos conteúdos de Citologia relacionados com conteúdos do Ensino Médio;
- apresenta os conteúdos em uma ordem lógica e compreensível.

Características opostas a essas tendem a dificultar o estabelecimento e memorização das relações entre os conteúdos estudados de Citologia no Ensino Médio, contribuindo para a manutenção da fragmentação dos subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes.

Pergunta 5: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a relacionar este com outros conteúdos de Química sendo estudados no Ensino Médio? Apresenta características equivalentes à pergunta anterior, referente à Biologia.

Pergunta 6: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a relacionar este com outros conteúdos interdisciplinares de interesse aos seus subsunçores do Ensino Médio? As relações mentais entre conteúdos interdisciplinares feitas pelo estudante tendem a ser favorecidas quando o aplicativo (Ausubel, 2003):

- apresenta de forma explícita a motivação (no sentido de motivo, finalidade ou propósito) para se estudar conteúdos de outro componente curricular;
- apresenta relações entre conteúdos de Biologia e Química do Ensino Médio;
- não interrompe a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de outro componente curricular.

Características opostas a essas tendem a dificultar as relações entre os conteúdos interdisciplinares estudados no Ensino Médio, contribuindo para a manutenção da fragmentação dos subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes.

Pergunta 7: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a desenvolver sua capacidade de pensamento abstrato referente a este conteúdo? O pensamento abstrato do estudante sobre este conteúdo tende a ser favorecido quando o aplicativo (Ausubel, 2003; Johnson, 2020; Peirce, 2020):

- oferece suporte estático ou dinâmico para imaginação associada ao conteúdo;
- orienta ou apresenta exemplos de como transitar entre diferentes níveis de abstração do conteúdo durante o raciocínio.

Características opostas a essas tendem a dificultar o desenvolvimento da capacidade de pensamento abstrato do estudante referente a este conteúdo.

Pergunta 8: Quais partes do aplicativo poderiam auxiliar ou dificultar o estudante a desenvolver sua capacidade de relacionar este com outros conteúdos de diferentes áreas de Biologia? As relações mentais entre conteúdos feitas pelo estudante tendem a ser favorecidas quando o aplicativo (Ausubel, 2003):

- apresenta de forma explícita a motivação (no sentido de motivo, finalidade ou propósito) para se estudar conteúdos de outras áreas da Biologia;
- apresenta relações entre conteúdos de diferentes áreas da Biologia no Ensino Médio;
- não interrompe a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de áreas da Biologia.

Características opostas a essas tendem a dificultar o desenvolvimento da capacidade de relacionar conteúdos de diferentes áreas da Biologia, contribuindo para a manutenção da fragmentação dos subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes.

Estas perguntas e suas características foram definidas a partir das 21 características propostas por Silva e Fonseca (2025). Para cada aplicativo, conteúdo específico, pergunta e característica desejável, cada pesquisador fez uma análise individual do conteúdo do aplicativo. Em seguida, os pesquisadores discutiram suas interpretações individuais com o objetivo de chegar em um resultado coletivo, com menos chances de vieses de interpretação pessoal. Quando surgiram dúvidas, eles conversaram e voltaram a analisar o conteúdo dos aplicativos até alcançarem um consenso interpretativo. O resultado consensual foi registrado de forma textual ilustrado com imagens.

Buscou-se identificar exemplos tanto de partes dos aplicativos que poderiam auxiliar a aprendizagem (bons exemplos de emprego das características desejáveis), quanto de partes que poderiam dificultar a aprendizagem (maus exemplos de emprego das características desejáveis) no escopo considerado. A intenção foi identificar uma diversidade de exemplos por pergunta e característica, sem, no entanto, esgotar todas as possibilidades. Por exemplo, supondo que já tenham sido identificados dois bons exemplos de uma determinada característica, os próximos encontrados para esta mesma característica foram desprezados caso não apresentassem novidades perante os anteriores. Nas características relacionadas com motivação ou objetivo do estudo (Perguntas 1, 2, 6 e 8), a ausência de motivação foi considerada um mau exemplo apenas quando o aplicativo apresentava em nível médio ou alto de profundidade do conteúdo relacionado.

Resultados e discussões

Dos 26 aplicativos de Citologia em Português encontrados por (Fonseca; Silva, 2024a,b), foram selecionados nove aplicativos para análise neste estudo: (1) Biologia Celular Interativa ([Link 1](#)); (2) Células ([Link 2](#)); (3) Biologia Vestib ENEM Edilson ([Link 3](#)); (4) RevisApp - Enem e Vestibular ([Link 4](#)); (5) Biologia Aumentada ([Link 5](#)); (6) The Cell ([Link 6](#)); (7) Simulado Vestibular ([Link 7](#)); (8) Quiz de Citologia ([Link 8](#)); (9) Citologia ([Link 9](#)).

Todos os aplicativos analisados abordaram o conteúdo de “célula eucariótica e suas organelas”. Os aplicativos Biologia Vestib ENEM Edilson, Simulado Vestibular, Quiz de Citologia e Citologia focam exclusivamente neste conteúdo. Observou-se que a quantidade de aplicativos diminuiu à medida em que os conteúdos tornaram-se mais aprofundados. O conteúdo de “transporte através da membrana celular” foi abordado em 5 aplicativos (Biologia Celular Interativa, Células, RevisApp, Biologia Aumentada e The Cell). Já o conteúdo de “solução de substâncias na permeabilidade da membrana celular” foi abordado em 3 aplicativos (Biologia Celular Interativa, RevisApp e The Cell). Por fim, o conteúdo de “doenças relacionadas com o funcionamento da célula animal” foi abordado em apenas dois aplicativos (Biologia Celular Interativa e The Cell).

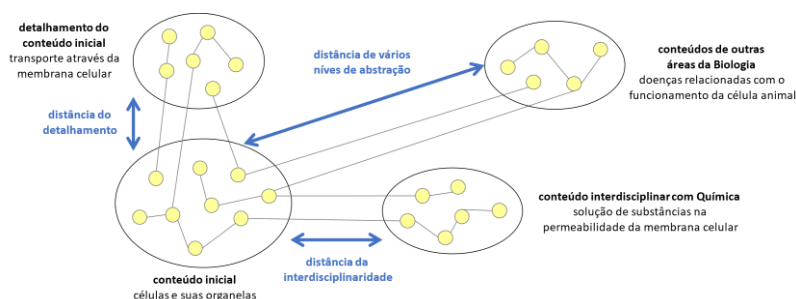
O conteúdo de células eucarióticas pode ser considerado fundamental para estudar Citologia, pois se concentra no estudo das células, abrangendo a sua estrutura e metabolismo (Junqueira; Carneiro, 2012). Partindo deste conteúdo, o processo de aprendizagem pode seguir com temas da mesma área de estudo original, ainda dentro de Citologia, ou avançar estabelecendo relações com outras áreas do mesmo componente curricular e até seguir explorando a interdisciplinaridade com outros componentes curriculares. Todas essas estratégias de progressão do processo de aprendizagem podem ser apoiadas por um mesmo aplicativo. Por exemplo, os aplicativos Biologia Celular Interativa e The Cell abordaram os conteúdos de Citologia a partir de uma perspectiva mais holística, contemplando desde aspectos biológicos desta e de outras áreas da Biologia até aspectos químicos relacionados.

Uma vez que o conteúdo de células e suas organelas foi o ponto de partida da análise, observou-se a tendência de mais aplicativos abordarem conteúdos mais próximos ao inicial na estrutura cognitiva dos professores e estudantes. O detalhamento do conteúdo inicial (transporte através da membrana celular) foi abordado em cinco aplicativos. A interdisciplinaridade com Química (solução de substâncias na permeabilidade da membrana celular) foi abordada em três aplicativos. Já as relações do conteúdo inicial com outras áreas da Biologia (doenças relacionadas com o funcionamento celular) foram abordadas em dois aplicativos.

Essa tendência parece acompanhar o percurso do raciocínio do estudante ao navegar pela própria estrutura cognitiva. Percursos com navegações mais próximas tendem a demandar menos tempo e energia cognitiva para serem percorridos, tornando-se mais fáceis de aprender (Figura 1). Navegações voltadas ao detalhamento do conteúdo parecem ser mais próximas e, por isso, foram abordadas por mais aplicativos. Navegações por relações de

interdisciplinaridade com Química parecem um pouco mais distantes do conteúdo inicial do que as relações de detalhamento, por isso podem ter sido abordadas por menos aplicativos. As relações com outras áreas da Biologia parecem ser ainda mais distantes do conteúdo inicial, e acabaram sendo abordadas por ainda menos aplicativos. Navegações mais longas pelas estruturas cognitivas podem exigir maior capacidade de abstração, por isso podem ser mais desafiadoras nos processos de ensino e aprendizagem. Desse modo, desenvolvedores podem ter mais trabalho para elaborar aplicativos que ofereçam suporte para o estudante enfrentar as dificuldades de abstração relacionadas com percursos cognitivos longos. Por isso, alguns desenvolvedores podem ter evitado seguir por este caminho, de forma consciente ou não. Bons e maus exemplos dessas navegações pela estrutura cognitiva apoiadas pelos aplicativos analisados serão apresentados mais adiante.

Figura 1 – Distância entre diferentes conjuntos de conteúdos na estrutura cognitiva.



Fonte: Autoria própria.

O Quadro 1 apresenta os aplicativos em que foram encontrados bons e maus exemplos em cada característica da Pergunta 1, sobre a memorização do conteúdo de Biologia. Identificou-se ao menos um bom exemplo em algum aplicativo analisado em todas as características. Os aplicativos que apresentaram maior grau de aprofundamento dos conteúdos (aplicativos Biologia Celular Interativa e The Cell) também ofereceram revisões de conteúdos como reforço à memorização. Nas características de exercícios de fixação e revisão do conteúdo não foram identificados maus exemplos, possivelmente porque essa não era a proposta dos aplicativos analisados.

Quadro 1 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 1.

Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Orienta explicitamente sua leitura e seu uso por um objetivo, uma tarefa ou atividade	1, 2 e 6	1, 2, 4, 5 e 6
Apresentar boa organização visual	1, 2, 4, 5, 6 e 7	4 e 6
Oferece suporte para a manutenção da atenção durante a navegação pelo conteúdo em diferentes partes da interface.	2, 5, 6, 8 e 9	2, 3, 4 e 7
Oferece diferentes formas de representação do conteúdo	1, 2, 3, 4 e 6	2, 3, 6, 7 e 9

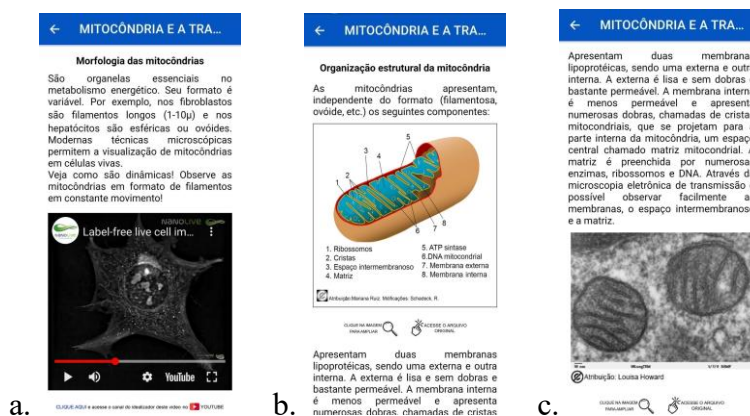
Apresenta consistência no vocabulário entre as diferentes representações do conteúdo	1, 2 e 4	4, 5, 7 e 9
Oferece exercícios de fixação	1, 4, 7, 8 e 9	-
Oferece revisão do conteúdo	1 e 6	-
Imagem em tamanho legível	1, 3, 4, 6, 7 e 8	6 e 9

Fonte: Dados da pesquisa.

Como bom exemplo da Pergunta 1, identificou-se partes do aplicativo Biologia Celular Interativa que apoiam a cognição do estudante por apresentarem diferentes formas de representação do mesmo conteúdo. A Figura 2 ilustra quatro formas de representação sobre mitocôndria: (a) texto e vídeo, (b) imagem esquemática e (c) imagem de microscopia eletrônica.

Depois que o estudante observou uma forma de representação do conteúdo, as outras formas de representação puderam atuar como reforço para memorização do conteúdo abordado (Johnson, 2020). O estudante amplia e enriquece sua estrutura cognitiva ao acrescentar novas representações a ela através do estímulo ao estabelecimento de relações mentais entre as representações memorizadas (Ausubel, 2003). Logo, ele passa a ter mais possibilidades de recordar o conteúdo ao se deparar com qualquer uma dessas representações para raciocinar sobre ele.

Figura 2 – Diferentes formas de representação da mitocôndria no Aplicativo 1: (a) texto e vídeo, (b) imagem esquemática e (c) imagem de microscopia eletrônica.



Fonte: Aplicativo Biologia Celular Interativa.

Como mau exemplo da Pergunta 1, identificou-se partes do aplicativo RevisApp que dificultam a cognição do estudante por apresentarem uma má organização visual do conteúdo. Na Figura 3, observa-se que não há diferenciação visual entre títulos que representam os conteúdos de transporte passivo, difusão simples, difusão facilitada, transporte ativo e bomba de sódio e potássio. Desse modo, o estudante pode interpretar equivocadamente os tipos de

transportes (conjunto) e formas de transporte específicas (elemento do conjunto) como sendo equivalentes. Por exemplo, torna-se difícil identificar que a difusão simples e facilitada são tipos de transporte passivo. Se o estudante fizer uma interpretação equivocada, a sua estrutura cognitiva tende a ser constituída por um conceito não adequado (Ausubel, 2003). Caso houvesse uma melhor hierarquia visual nos títulos sobre os conteúdos (Johnson, 2020), o estudante teria melhores condições de perceber e interpretar adequadamente os conteúdos representados no aplicativo.

O Quadro 2 apresenta os aplicativos em que foram encontrados bons e maus exemplos em cada característica da Pergunta 2, referente à memorização do conteúdo de Química. Identificou-se um bom exemplo em pelo menos um aplicativo na maior parte das características, exceto no suporte à manutenção da atenção e na revisão do conteúdo. Apenas nas características relacionadas a diferentes formas de representação do conteúdo e à consistência no vocabulário foram encontrados maus exemplos em Química. Entretanto, vale notar que a organização visual dos aplicativos quase sempre priorizou os conteúdos de Biologia em detrimento dos de Química, provavelmente por serem aplicativos mais direcionados ao estudo do primeiro. Essa organização visual foi acompanhada por um nível baixo de profundidade na abordagem do conteúdo de Química. A única exceção foi o aplicativo The Cell, que apresentou o conteúdo sobre a composição química da célula com nível alto de profundidade e boa organização visual, privilegiando o estudo na perspectiva da Química. O fato de bons e maus exemplos não terem sido encontrados em algumas características também pode estar relacionado ao direcionamento dos aplicativos para o estudo de Biologia. Nos aplicativos Biologia Aumentada e Simulado Vestibular, não foram encontrados exemplos, pois não abordam o conteúdo relacionado à Química ou o fazem de forma muito superficial.

Figura 3 – Organização visual ruim sobre os tipos de transporte através da membrana celular no Aplicativo RevisApp.



Fonte: Aplicativo RevisApp.

Quadro 2 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 2.

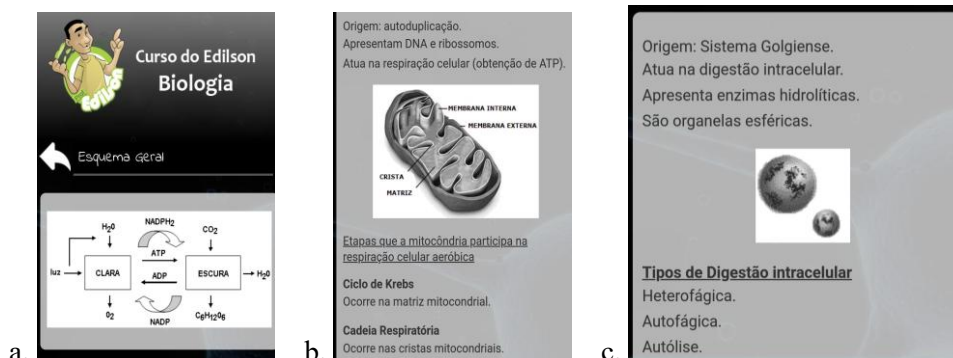
Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Orienta explicitamente sua leitura e seu uso por um objetivo, uma tarefa ou atividade	1 e 6	4
Apresenta boa organização visual	6	-
Oferece suporte para a manutenção da atenção durante a navegação pelo conteúdo em diferentes partes da interface.	-	-
Oferece diferentes formas de representação do conteúdo	1, 3, 4 e 6	2, 3, 4 e 6
Apresenta consistência no vocabulário entre as diferentes representações do conteúdo	6	1, 2 e 6
Oferece exercícios de fixação	8 e 9	-
Oferece revisão do conteúdo	-	-
Imagem em tamanho legível	1, 2, 3, 4 e 6	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Como bom exemplo da Pergunta 2, identificou-se uma parte do aplicativo The Cell que apoia a cognição do estudante ao esclarecer o objetivo de estudo de um conteúdo. Ele apresentou como objetivo de estudo a importância de estudar aspectos de compostos químicos que formam a célula, a fim de compreender o seu funcionamento celular. Essa definição pode direcionar a atenção do estudante para o estudo do conteúdo em questão (Johnson, 2020), bem como estimulá-lo a estudar o conteúdo pelo esclarecimento de um propósito.

Como mau exemplo da Pergunta 2, identificou-se uma parte do aplicativo Biologia Vestib ENEM Edilson que dificulta a cognição do estudante por não apresentar diferentes formas de representação dos conteúdos. A Figura 4a apresenta uma imagem do esquema geral das reações químicas que acontecem na fotossíntese. Entretanto, não há nenhuma representação textual ou alternativa explicando esses processos químicos. Essa imagem esquemática não parece suficiente para o estudante interpretar adequadamente (Peirce, 2020) o processo de fotossíntese, pois remete a conceitos que o estudante pode ainda não possuir em sua estrutura cognitiva (Ausubel, 2003). Ainda que o estudante consiga entender esta imagem, ele não receberá reforço para memorizar o conteúdo por não haver representações alternativas (Johnson, 2020).

Figura 4 – Ausência de diferentes formas de representação sobre fotossíntese (a); utilização de conceitos novos de Ciclo de Krebs, cadeia respiratória (b); e os tipos de digestão heterofágica, autofágica e autólise (c) sem explicação no Aplicativo Biologia Vestib ENEM Edilson.



Fonte: Aplicativo Biologia Vestib ENEM Edilson.

O Quadro 3 apresenta os aplicativos nos quais foram encontrados bons e maus exemplos em cada característica da Pergunta 3, sobre as relações entre os conteúdos sendo estudados e os subsunçores na estrutura cognitiva do estudante. Em todas as características identificaram-se bons exemplos. Apenas na característica sobre relacionar novos conteúdos ao cotidiano do estudante não foram encontrados maus exemplos. No aplicativo Quiz de Citologia não foram identificados nem bons e nem maus exemplos em nenhuma característica analisada, provavelmente porque a intenção do aplicativo não é apresentar novos conteúdos, mas sim oferecer reforços para a memorização por meio de diferentes tipos de quiz. Ao apresentar conteúdos típicos do Ensino Médio, a maioria dos aplicativos apresentou bons exemplos de relação entre os novos conteúdos com os subsunçores do estudante (conhecimento prévio) adquiridos na educação formal e no seu cotidiano. Entretanto, também foram encontrados maus exemplos na grande maioria dos aplicativos por não explicar ou explicar mal os novos conteúdos típicos do Ensino Médio.

Quadro 3 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 3.

Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Apresenta novos conteúdos relacionados com o conhecimento prévio do estudante	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9	1 e 3
Relaciona novos conteúdos ao cotidiano do estudante	1, 2, 4, 5, 6 e 7	-
Explica novos conteúdos para o estudante	1, 4 e 6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9

Fonte: Dados da pesquisa.

Os aplicativos que apresentaram maus exemplos sobre a explicação de conteúdos do Ensino Médio, sem apresentar bons exemplos, geralmente fizeram uma apresentação de conteúdo de forma resumida ou superficial. Os aplicativos que pareceram ter a intenção de explicar o conteúdo em profundidade, como os aplicativos *Biologia Celular Interativa* e *The Cell*, também apresentaram maus exemplos sobre explicações de novos conteúdos. Isso provavelmente indica que as explicações desses aplicativos não são autocontidas, ainda que seja possível encontrar neles boas explicações de conteúdos do Ensino Médio.

Como bom exemplo da Pergunta 3, identificou-se uma parte do aplicativo *Células* que aborda a relação do conteúdo com o cotidiano do estudante. Ela relaciona o transporte por osmose através da membrana celular como o sal de cozinha utilizado no cotidiano: “Ao temperar uma salada, geralmente é usado o sal. (...) As folhas murcham porque o sal...”. Então, o estudante tem melhores condições para compreender a importância de estudar esse conteúdo, motivar-se a estudá-lo e entender como aplicá-lo ao seu cotidiano. Quando o aplicativo apresenta relações explícitas entre o cotidiano do estudante e o conteúdo, os subsunçores do cotidiano presentes na estrutura cognitiva do estudante servem como âncora para o conteúdo sendo estudado (Ausubel, 2003). Esse tipo de suporte também tende a enriquecê-la por estabelecer relações mentais entre os subsunçores antigos e recém aprendidos (Ausubel, 2003).

Como mau exemplo da Pergunta 3, identificou-se partes do aplicativo *Biologia Vestib ENEM Edilson* que apresentam conceitos novos sem explicá-los. Na Figura 4, o aplicativo cita o Ciclo de Krebs e a Cadeia Respiratória ao abordar mitocôndria (b) e cita os tipos de digestão heterofágica, autofágica e autólise realizadas pelos lisossomos (c), mas sem explicar nenhum desses conceitos. Quando o aplicativo aborda novos conceitos sem relacionar com os subsunçores do estudante, este tende a ter mais dificuldade para adicionar tais conceitos à sua estrutura cognitiva por não ter onde ancorá-los (Ausubel, 2003).

O Quadro 4 apresenta os aplicativos nos quais foram encontrados bons e maus exemplos em cada característica da Pergunta 4, sobre as relações do conteúdo analisado com outros de Citologia no Ensino Médio. Na característica que busca identificar essas relações, a maior parte dos aplicativos apresentou pelo menos um bom exemplo, exceto os aplicativos *Quiz de Citologia* e *Citologia*. Em todos aplicativos foi possível encontrar pelo menos um bom exemplo de sequência lógica compreensível na apresentação dos conteúdos analisados. Todavia, também foram encontrados maus exemplos em quase metade dos aplicativos nas duas características. A quantidade de aplicativos identificados com mau exemplo pode ser um indício de que a produção do conteúdo desses aplicativos apresentou problemas de comunicação, o que pode afetar a compreensão do estudante durante o estudo de Citologia.

Quadro 4 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 4.

Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Apresenta novos conteúdos de Citologia relacionados com conteúdos do Ensino Médio	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	2, 3, 7 e 9
Apresenta os conteúdos em uma ordem lógica e compreensível	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9	1, 2, 4, 5 e 9

Fonte: Dados da pesquisa.

Como bom exemplo da Pergunta 4, identificou-se partes do aplicativo Biologia Celular Interativa que apoiam a cognição do estudante por organizar o conteúdo de forma compreensível. A Figura 5 demonstra a organização dos conteúdos em um menu principal com uma boa coesão e sequência lógica. Inicialmente, o aplicativo aborda o histórico do estudo das células, seguido de tipos de células e sua caracterização geral. Depois, ele continua com aspectos específicos da membrana plasmática, citoplasma e núcleo. Ao detalhar o conteúdo sobre citoplasma, o aplicativo organiza-o em organelas e processos relacionados. A boa coesão dos conteúdos facilita a manutenção da atenção do estudante. Uma sequência bem estruturada favorece a transição do foco de atenção entre conteúdos sem causar cansaço (Johnson, 2020).

Figura 5 - Boa sequência lógica na organização dos conteúdos no menu do Aplicativo Biologia Celular Interativa.

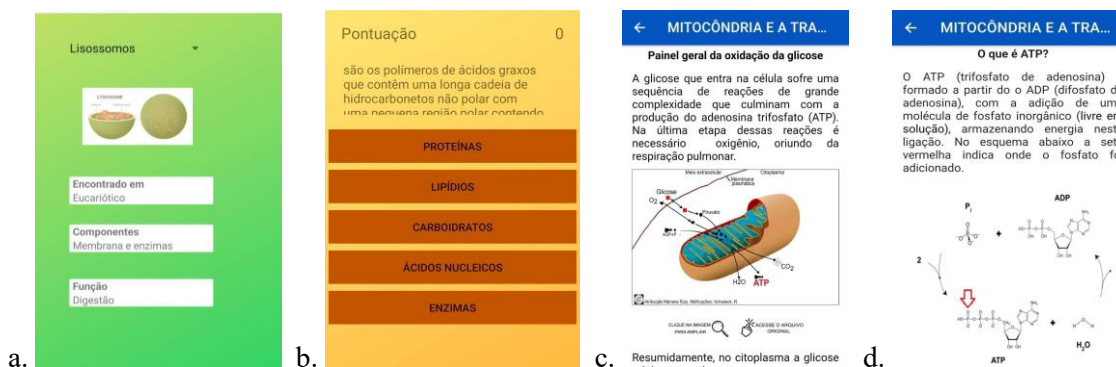


Fonte: Aplicativo Biologia Celular Interativa.

Como mau exemplo da Pergunta 4, identificou-se uma parte do aplicativo Citologia que dificulta a cognição do estudante por não estabelecer relações entre conteúdos de Citologia do Ensino Médio. A Figura 6a cita a função de digestão quando aborda os lisossomos, mas sem caracterizá-lo ou explicá-la adequadamente. Isso pode levar o estudante considerar que a referida digestão se trata do processo de digestão que acontece no sistema digestivo do organismo (que é mais próximo do seu cotidiano) e não da digestão intracelular que acontece nessa organela (que não costuma ser pensada no dia a dia do estudante). Caso a

interpretação do estudante siga por um caminho não desejado, ele pode ancorar o novo conteúdo sobre digestão em subsunçores equivocados na sua estrutura cognitiva (Ausubel, 2003).

Figura 6 - Aplicativo Citologia não apresenta uma boa relação do conteúdo sobre lisossomo com subsunçores de Citologia do Ensino Médio (a). Aplicativo Quiz de citologia relaciona conteúdos de Química sendo estudados no Ensino Médio (b); e Aplicativo Biologia Celular Interativa apresenta o termo ATP em diferentes momentos do texto antes de explicá-lo (c,d).



Fonte: Aplicativos Citologia, Quiz de citologia e Biologia Celular Interativa.

O Quadro 5 apresenta os aplicativos em que foram encontrados bons e maus exemplos em cada característica da Pergunta 5, sobre a relação do conteúdo analisado com outros conteúdos de Química do Ensino Médio. Em quase todos os aplicativos foi possível identificar pelo menos um bom exemplo nessas características, com exceção dos aplicativos Biologia Aumentada e Simulado Vestibular. Os aplicativos Células, Biologia Vestib ENEM Edilson e The Cell também apresentaram maus exemplos nessa mesma característica. Apenas nos aplicativos Biologia Celular Interativa e The Cell foram encontrados tanto bons quanto maus exemplos na característica de ordem lógica e compreensível. Os demais aplicativos apresentaram os conteúdos de Química do Ensino Médio de forma muito superficial ou não os apresentaram.

Como bom exemplo da Pergunta 5, identificou-se partes do aplicativo Quiz de Citologia que apresentam relações entre os conteúdos. A Figura 6b apresenta um exercício de fixação com algumas perguntas que relacionam o conteúdo de Química Orgânica à composição química das biomoléculas. Assumindo que o estudante já possua na sua estrutura cognitiva os subsunçores de Química do Ensino Médio abordados no exercício, as relações entre conteúdos presentes no exercício contribuem para que o estudante estabeleça relações entre os respectivos subsunçores (Ausubel, 2003). Isso evita a fragmentação dos subsunçores na estrutura cognitiva do estudante e tende a reforçar a memorização tanto dos subsunçores quanto de suas relações.

Quadro 5 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 5.

Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Apresenta novos conteúdos de Química relacionados com conteúdos do Ensino Médio	1, 2, 3, 4, 6, 8 e 9	2, 3 e 6
Apresenta os conteúdos em uma ordem lógica e compreensível	1 e 6	1 e 6

Fonte: Dados da pesquisa.

Como mau exemplo da Pergunta 5, identificou-se partes do aplicativo Biologia Celular Interativa que utilizam uma sequência lógica difícil de acompanhar. As Figuras 6c e 6d ilustram o uso do termo ATP no começo do conteúdo, mas sua conceituação e representação química aparecem apenas no final. Como o termo não foi explicado próximo da primeira citação, o estudante tende a permanecer sem compreendê-lo até que ele seja explicado pelo aplicativo. Mais adiante, quando a explicação chegar, o estudante precisará retomar em sua memória de trabalho (Johnson, 2020) os subsunçores necessários para ancorar este termo na sua estrutura cognitiva (Ausubel, 2003). Essa troca de foco de atenção pode ter um custo alto e cansar o estudante (Johnson, 2020).

O Quadro 6 apresenta os aplicativos em que foram encontrados bons e maus exemplos em cada característica da Pergunta 6, sobre interdisciplinaridade entre Biologia e Química. Apenas os aplicativos Biologia Celular Interativa e The Cell apresentaram pelo menos um bom exemplo na característica de motivação (propósito) para o estudo interdisciplinar. Já os maus exemplos nesta característica foram encontrados nos aplicativos RevisApp e The Cell. A pequena quantidade de aplicativos identificados nessa característica pode revelar que poucos se preocuparam com esta questão. A maioria dos aplicativos analisados apresenta tanto bons quanto maus exemplos na característica de relação entre conteúdos de Biologia e Química no Ensino Médio, exceto os aplicativos Simulado Vestibular, Quiz de Citologia e Citologia que não se propuseram a apresentar conteúdos interdisciplinares. Na característica referente à continuidade da linha de raciocínio ao transitar entre conteúdos dos diferentes componentes curriculares, foi encontrado um bom exemplo no aplicativo The Cell e um mau exemplo no aplicativo Biologia Celular Interativa.

Como bom exemplo da Pergunta 6, identificou-se uma parte do aplicativo The Cell que apresenta relações entre conteúdos desses componentes curriculares. O trecho ilustra a influência do pH dentro e fora dos lisossomos no processo de digestão celular: “Em caso de vazamento, as enzimas digestivas dos lisossomos terão sua ação inibida pelo pH citoplasmático”. A exploração explícita de relações entre conteúdos desses componentes curriculares pode contribuir para o estudante estabelecer relações entre os seus respectivos subsunçores de cada componente (Ausubel, 2003). Isso tende a contribuir para ampliar e enriquecer as relações em sua estrutura cognitiva do estudante em uma perspectiva interdisciplinar, evitando a fragmentação.

Quadro 6 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 6.

Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Apresenta de forma explícita a motivação para se estudar conteúdos de outro componente curricular	1 e 6	4 e 6
Apresenta relações entre conteúdos de Biologia e Química do Ensino Médio	1, 2, 3, 4, 5 e 6	1, 2, 3, 4 e 6
Não interrompe a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de outro componente curricular	6	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Como mau exemplo da Pergunta 6, identificou-se uma parte do aplicativo Células que não explicita inicialmente a motivação (propósito, motivo) para se estudar conteúdos de Química a partir de Biologia. A Figura 7 ilustra a ausência de propósito explícito para se estudar as fórmulas das reações químicas da respiração celular e da fotossíntese. Não está claro por qual razão é necessário estudar um conteúdo da Química durante o estudo de outro conteúdo de Biologia. Se o estudante não entende a motivação de um estudo interdisciplinar, provavelmente ele terá menor interesse em se engajar no processo de aprendizagem. Além disso, ele pode não prestar a devida atenção nas relações entre os conteúdos interdisciplinares estudados e deixar de enriquecer sua estrutura cognitiva pela adição dessas relações (Ausubel, 2003).

Figura 7 – Falta explicitar o propósito para o estudo interdisciplinar sobre fotossíntese no Aplicativo Células.



Fonte: Aplicativo Células.

O Quadro 7 apresenta os aplicativos em que foram encontrados bons e maus exemplos relacionados à Pergunta 7, sobre suporte para o desenvolvimento do pensamento abstrato do estudante. Quase todos os aplicativos apresentaram pelo menos um bom exemplo sobre suporte estático (imagens) ou dinâmico (vídeos e animação interativa) para a imaginação. Apenas no aplicativo Biologia Aumentada não foi encontrado um bom exemplo. Entretanto, é importante ressaltar que neste aplicativo existem animações interativas, porém não foi possível visualizá-las na tela. Consequentemente, essas animações não apoiam o

desenvolvimento do pensamento abstrato pelo estudante. Já os maus exemplos nessa característica foram encontrados em quase todos os aplicativos que também apresentaram bons exemplos, com exceção do aplicativo Biologia Celular Interativa e Simulado Vestibular. Apenas os aplicativos Biologia Celular Interativa, RevisApp e The Cell apresentaram pelo menos um bom exemplo de como transitar entre diferentes níveis de abstração. Já os maus exemplos foram encontrados na maioria dos aplicativos.

Quadro 7 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 7.

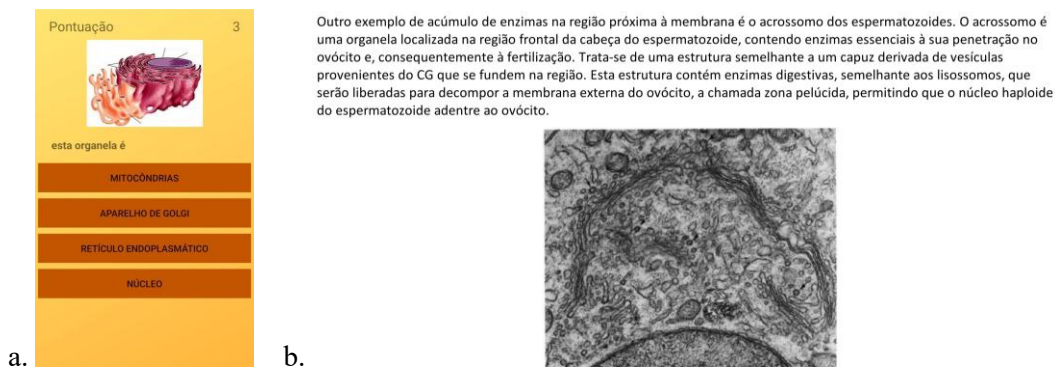
Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Oferece suporte estático ou dinâmico para imaginação associada ao conteúdo	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 e 9	2, 3, 4, 5, 6, 8 e 9
Orienta ou apresenta exemplos de como transitar entre diferentes níveis de abstração do conteúdo durante o raciocínio	1, 4 e 6	1, 2, 6, 7, 8 e 9

Fonte: Dados da pesquisa.

Como bom exemplo da Pergunta 7, identificou-se que uma parte do aplicativo RevisApp fornece um suporte para a imaginação de um fenômeno dinâmico a partir de representações visuais estáticas. A tela da direita na Figura 3 possui uma imagem que ilustra o fluxo de íons entre os meios extra e intracelular através da bomba de sódio e potássio. Por ser um processo envolvendo elementos invisíveis a olho nu, o estudante pode ter dificuldade de imaginá-lo e compreendê-lo. O suporte de uma imagem estática com etapas deste processo pode auxiliar a imaginação do estudante sobre o que ocorre em cada uma delas. Essas representações estáticas do aplicativo servem como base para o estudante criar sua própria representação mental do conteúdo. Então, ele tem condições de elaborar sua interpretação e raciocínios decorrentes (Peirce, 2020), necessários à aprendizagem (memorização) desses conteúdos.

Como mau exemplo da Pergunta 7, identificou-se uma parte do aplicativo Quiz de Citologia que não fornece um suporte adequado para imaginação a partir de representações visuais estáticas. A Figura 8a apresenta uma questão envolvendo o núcleo e os retículos endoplasmáticos em um exercício de fixação, na qual não é possível diferenciar adequadamente as estruturas celulares ilustradas e nem indica qual delas é o foco da questão. Tal imagem pode confundir a interpretação da pergunta, inviabilizando a realização do raciocínio associado.

Figura 8 – Suporte não adequado para a imaginação das estruturas celulares no Aplicativo Quiz de Citologia (a) e relação explícita entre conteúdos de Citologia e Embriologia no Aplicativo The Cell (b).



Fonte: Aplicativo Quiz de Citologia e Aplicativo The Cell.

O Quadro 8 apresenta os aplicativos em que foram encontrados bons e maus exemplos em cada característica da Pergunta 8, sobre relacionar conteúdos de diferentes áreas da Biologia. Apenas o aplicativo Biologia Celular Interativa apresentou bom exemplo na característica de motivação para se estudar conteúdos de outras áreas da Biologia. É importante salientar que a quantidade de aplicativos que explicitam o objetivo para o estudo é baixo, independente de ser voltado para o estudo de Biologia (Pergunta 2), de Química (Pergunta 3), de outro componente curricular (Pergunta 6) ou de outras áreas da Biologia (Pergunta 8). Isso pode revelar que essa não é uma questão para a qual os desenvolvedores direcionem seus esforços de forma geral.

Quadro 8 – Aplicativos com exemplos encontrados nas características da Pergunta 8.

Características	Aplicativos com bons exemplos	Aplicativos com maus exemplos
Apresenta de forma explícita a motivação para se estudar conteúdos de outras áreas da Biologia	1	-
Apresenta relações entre conteúdos de diferentes áreas da Biologia no Ensino Médio	1, 4 e 6	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9
Não interrompe a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de áreas da Biologia	1 e 6	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Apenas os aplicativos Biologia Celular Interativa, RevisApp e The Cell apresentaram bons exemplos de relações entre áreas da Biologia. Já os maus exemplos foram encontrados em quase todos os aplicativos. Isso pode indicar que, embora a compreensão de aspectos que acontecem a nível celular serem a base do funcionamento sistêmico do organismo, poucos aplicativos se preocuparam em estabelecer relações entre a Citologia e outras áreas da Biologia. Em relação à característica sobre não interromper a linha de raciocínio ao abordar

conteúdos de diferentes áreas da Biologia, foi possível encontrar bons exemplos nos aplicativos Biologia Celular Interativa e The Cell.

Como bom exemplo da Pergunta 8, identificou-se uma parte do aplicativo The Cell que estabelece relações entre Citologia e Embriologia. A Figura 8b ilustra uma explicação de como o Complexo de Golgi se relaciona com a fecundação do ovócito. Considerando que o estudante já possua subsunçores sobre esses conteúdos, as relações explícitas entre eles presentes no aplicativo possibilitam ao estudante adicionar essas relações à sua estrutura cognitiva para enriquecê-la (Ausubel, 2003). O estudante pode então, alcançar uma compreensão mais ampla e integrada das diferentes áreas da Biologia, evitando a fragmentação dos seus subsunçores.

Como mau exemplo da Pergunta 8, identificou-se uma parte do aplicativo Simulado Vestibular que não relaciona conteúdos entre as áreas da Biologia. Ela apresenta como única função do núcleo o controle do funcionamento celular: “Núcleo: formado por cromatina, nucléolo e carioteca e sua função é controlar a célula”. Apesar desta ser uma definição correta, ela se mostra muito limitada e pode induzir equivocadamente o estudante a desconsiderar as consequências do funcionamento do núcleo celular em todo o organismo. Por exemplo, o aplicativo não relaciona o material genético do núcleo com a reprodução do organismo, o que dificulta a compreensão do estudante sobre o funcionamento integrado dos níveis de organização do ser vivo. Sem essas relações explícitas no aplicativo, o estudante terá dificuldade para adicionar relações equivalentes entre os subsunçores na sua estrutura cognitiva, deixando de enriquecê-la por causa da fragmentação entre os subsunçores relativos às diferentes áreas da Biologia (Ausubel, 2003).

Como os aplicativos analisados podem auxiliar a superar as dificuldades de aprendizagem de relacionar conteúdos interdisciplinares de Biologia e Química? Poucos aplicativos analisados apresentaram motivação explícita para o estudo interdisciplinar entre Biologia e Química (entre eles, os aplicativos Biologia Celular Interativa e The Cell). A compreensão dessa motivação apresentada pelos aplicativos pode estimular o estudante a direcionar seu foco de atenção para as relações entre conteúdos desses componentes curriculares e empregar esforços para aprender sobre elas. A maioria dos aplicativos analisados (Aplicativos 1 até 6) abordou explicitamente essas relações interdisciplinares ao longo da apresentação do conteúdo. Isso pode servir de suporte para o estudante estabelecer relações entre conteúdos desses diferentes componentes curriculares na sua estrutura cognitiva, ampliando-a (com mais conteúdo) e enriquecendo-a (com mais relações) com essa interdisciplinaridade. Os aplicativos Biologia Celular Interativa e The Cell abordaram conteúdos interdisciplinares entre Biologia e Química sem interromper a linha de raciocínio do estudante. Isso pode evitar que ele realize um esforço cognitivo excessivo para retornar o raciocínio após mudanças abruptas, diminuindo as chances de cansaço mental e desestímulo decorrente.

Apesar dos bons exemplos encontrados, há muito espaço para os aplicativos aperfeiçoem esse suporte para alcançar o nível de interdisciplinaridade proposto pela BNCC. Em boa parte dos casos, as relações interdisciplinares observadas entre Biologia e Química parecem estar ancoradas em conteúdos muito superficiais de Química. Seria desejável ter um maior aprofundamento no conteúdo de Química nas abordagens interdisciplinares, principalmente com explicações mais detalhadas de novos conteúdos para o estudante. Isso também permitiria estabelecer mais relações entre esses conteúdos e os de Biologia.

Como os aplicativos analisados podem auxiliar a superar as dificuldades de desenvolver pensamentos abstratos? Quase todos os aplicativos ofereceram pelo menos um exemplo de suporte estático (imagem) ou dinâmico (vídeo ou animação interativa) à imaginação do estudante. Esses suportes podem ajudá-lo a elaborar raciocínios abstratos. Entretanto, nem sempre esses suportes são compreensíveis, legíveis e consistentes com o conteúdo textual próximo. Apenas nos aplicativos Biologia Celular Interativa, RevisApp e The Cell foram encontrados pelo menos um exemplo de orientação para o estudante transitar entre diferentes níveis de abstração do conteúdo durante seu raciocínio. O suporte para essa transição entre níveis de abstração pode ser bastante aprimorado nos aplicativos analisados. Eles poderiam explicar com maior clareza ao estudante quais seriam os encadeamentos interessantes de conteúdos e relações ao longo de raciocínios, bem como estimular o estudante a desenvolver sua capacidade de realizar de forma autônoma esses encadeamentos durante seu raciocínio.

Como os aplicativos analisados podem auxiliar a superar as dificuldades de relacionar conteúdos entre áreas da Biologia e entre fenômenos biológicos? Os poucos aplicativos que abordam conteúdos de Citologia relacionados com os de outras áreas da Biologia apresentam pelo menos um bom exemplo de: motivação (propósito) explícita(o) para esse estudo (aplicativo Biologia Celular Interativa), relações entre esses conteúdos (Biologia Celular Interativa e The Cell) e manutenção da linha de raciocínio ao transitar entre essas áreas (Biologia Celular Interativa e The Cell). Foram identificadas relações entre conteúdos da Citologia com a Embriologia (estruturas do espermatozoide), Fisiologia (regulação hormonal da insulina), Genética (Sistema ABO) e Doenças (fibrose cística e diabetes). Contudo, muitas oportunidades de estabelecimento de relações entre áreas da Biologia permanecem inexploradas.

Considerações finais

A promoção da aprendizagem em Biologia envolve o enfrentamento das dificuldades que os estudantes apresentam neste processo (Bezerra, Alves, 2021). Entretanto, essas dificuldades ainda foram pouco investigadas no contexto dos aplicativos móveis para o ensino de Biologia. Desse modo, este estudo analisou nove aplicativos gratuitos de Citologia em português com objetivo de identificar bons e maus exemplos de enfrentamento de dificuldades no Ensino Médio em uma perspectiva interdisciplinar com Química.

As dificuldades de aprendizagem abordadas foram (1) relacionar conteúdos

interdisciplinares de Biologia e Química, (2) desenvolver pensamentos abstratos e (3) relacionar conteúdos entre áreas da Biologia. Como resultado, um total de 136 bons e maus exemplos foram identificados, considerando as 21 características desejáveis (Silva; Fonseca, 2025) para enfrentar as dificuldades de aprendizagem de interesse. Esses exemplos foram organizados em uma cartilha (Fonseca; Silva, 2025) contendo a descrição de cada exemplo, imagens ilustrativas e justificativas. Essa sistematização contribui para compreender como operacionalizar a fundamentação teórica da Aprendizagem Significativa e dos processos cognitivos, de interação e de comunicação em características de aplicativos que deveriam ser promovidas e evitadas. Tal compreensão pode ser útil para orientar o projeto, o desenvolvimento e o uso de aplicativos para o enfrentamento de dificuldades de aprendizagem em Citologia e, por analogia, também em outras áreas da Biologia e em diferentes perspectivas interdisciplinares da aprendizagem.

A falta de consistência das características desejáveis observadas provavelmente indica a necessidade de melhoria nos processos de produção de conteúdos, bem como no projeto, na programação e na avaliação dos aplicativos a fim de oferecer suportes às dificuldades de aprendizagem analisadas. Trabalhos futuros poderiam investigar melhor a produção de aplicativos para enfrentar as dificuldades de aprendizagem em Biologia e ampliar a interdisciplinaridade. Pesquisas futuras poderiam avaliar como os bons e maus exemplos identificados neste estudo podem afetar o uso dos aplicativos pelos estudantes, os processos de aprendizagem associados e os aspectos emocionais e motivacionais dos estudantes em decorrência de seu uso. O desenvolvimento de novos aplicativos poderia explorar mais outros recursos tecnológicos disponíveis, tais como simulação, jogos e realidade aumentada. Seria interessante promover políticas públicas que estimulem e financiem o desenvolvimento de aplicativos e outros softwares educacionais para dar suporte à aprendizagem interdisciplinar e significativa.

Referências

AGUIAR, W. P.; NOJOSA, D. M. B.; VASCONCELOS, F. H. L. Aplicativos móveis utilizados no ensino de biologia: uma revisão sistemática de literatura. **Vitruvian Cogitationes**, v. 3, n. 1, p. 94-113, 2022.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70. 2011.

BEZERRA, H. P. S.; ALVES, J. M. Revisão da Literatura sobre Dificuldades de Aprendizagem de Biologia no Ensino Médio. **Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. p. 1-7, 2021.

DURÉ, R. C.; ANDRADE, M. J. A.; ABÍLIO, F. J. P. Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: Quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano? **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, 2018.

DOI: 10.46667/renbio.v19in1.1816

FONSECA, F. K. M.; SILVA, B. S. Uso de Aplicativos Móveis nas Práticas Pedagógicas de Biologia no Contexto Brasileiro: uma Revisão da Literatura. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 32, p. e16387, 2025.

FONSECA, F. K. M.; SILVA, B. S. **Catálogo de aplicativos de smartphone para o estudo de Biologia no Ensino Médio na Play Store do Android**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/58728> Acesso em: 11 nov. 2025.

FONSECA, F. K. M.; SILVA, B. S. Uma revisão de aplicativos de smartphone para estudo de biologia no Ensino Médio. **Revista Ponto de Vista**, v. 13, n. 3, p. 01–20, 2024. <http://dx.doi.org/10.47328/rpv.v13i3.16643>

FONSECA, F. K. M.; SILVA, B. S. **Bons e Maus Exemplos de Aplicativos de Smartphone para o Estudo de Citologia no Ensino Médio**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2025. Disponível em . Acesso em: 3 nov. 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/66013> Acesso em: 11 nov. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7^a ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GONÇALVES, A. S.; DIAS, V. B. Desafios e potencialidades na utilização de recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de Citologia. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 8, p. e198322-e198322, 2022.

JOHNSON, J. **Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design guidelines**. Third Edition. Morgan Kaufmann, 2020.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2012.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4.º cd. revista e ampliada - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

PETROVICH, A. C. I.; ARAÚJO, M. F. F.; MONTENEGRO, L. A.; ROCHA, A. C. P.; PINTO, E. D. J. Temas de difícil ensino e aprendizagem em Ciências e Biologia: experiências de professores em formação durante o período de regência. **Revista da SBEnBio**, v. 7, 2014.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2020.

SILVA, B. S.; FONSECA, F. K. M. Características desejáveis em aplicativos educacionais para promover a interdisciplinaridade e o pensamento abstrato. **Eduser**, v. 17, n. 2, p. 1-23, 2025. . <http://dx.doi.org/10.34620/eduser.v17i2.372>

Recebido em abril de 2025

Aceito em junho de 2026

Revisão gramatical realizada por: Alaine Maria dos Santos Silva
E-mail: alainemss@gmail.com