

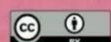
Características desejáveis em aplicativos educacionais para promover a interdisciplinaridade e o pensamento abstrato

Desirable characteristics in educational applications to
promote interdisciplinarity and abstract thinking

Características deseables en aplicaciones educativas para
promover la interdisciplinariedad y el pensamiento abstracto

**BRUNO SANTANA DA SILVA, FERNANDA KAINARA MARCELINO DA
FONSECA**

ISSN 1645-4774 | e-ISSN 2183-038X
<https://www.eduser.ipb.pt>



Características desejáveis em aplicativos educacionais para promover a interdisciplinaridade e o pensamento abstrato

Desirable characteristics in educational applications to promote interdisciplinarity and abstract thinking

Características deseables en aplicaciones educativas para promover la interdisciplinariedad y
el pensamiento abstracto

BRUNO SANTANA DA SILVA¹, FERNANDA KAINARA MARCELINO DA FONSECA²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal; Brasil; <https://orcid.org/0000-0002-7689-8000>; bruno@imd.ufrn.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal; Brasil; <https://orcid.org/0009-0009-1307-511X>; fernanda.kaai@gmail.com

BRUNO SANTANA DA SILVA¹

FERNANDA KAINARA MARCELINO DA FONSECA²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal; Brasil; <https://orcid.org/0000-0002-7689-8000>; bruno@imd.ufrn.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal; Brasil; <https://orcid.org/0009-0009-1307-511X>; fernanda.kaai@gmail.com

Contribuição

¹ Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Metodologia; Redação (Rascunho, Revisão e Edição).

² Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Metodologia; Redação (Rascunho, Revisão e Edição).

Submetido: 17/abril/2025

Aceite: 27/setembro/2025

Publicado: 17/outubro/2025

RESUMO: Os aplicativos digitais são recursos utilizados com objetivos educacionais, principalmente aqueles que funcionam em dispositivos móveis. Nesse contexto, surge um questionamento importante: Quais características os aplicativos educacionais precisam ter para promover a aprendizagem? Este trabalho explorou esta questão numa perspectiva distinta dos trabalhos anteriores, por considerar a interdisciplinaridade e as dificuldades de aprendizagem relacionadas com o pensamento abstrato dos alunos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi definir características desejáveis a aplicativos educacionais para promover a interdisciplinaridade e o pensamento abstrato. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre (1) processos de interpretação e comunicação humana, (2) características de aplicativos que influenciam processos cognitivos, (3) a teoria da Aprendizagem Significativa e sobre (4) dificuldades de aprendizagem relacionadas com o pensamento abstrato. A bibliografia consultada fundamentou a definição de 21 características desejáveis (também chamadas de diretrizes ou recomendações) em aplicativos educacionais que promovam conhecimentos interdisciplinares e o pensamento abstrato. Para ilustrar uma aplicação prática delas, foram apresentados bons e maus exemplos de partes do aplicativo RevisApp a partir de uma análise de conteúdo orientada pelas características propostas. Esta análise considerou o estudo de Citologia numa perspectiva interdisciplinar entre Biologia e Química no Ensino Médio.

Por fim, as características propostas neste trabalho foram comparadas com as propostas em dois trabalhos anteriores, para destacar as semelhanças e diferenças entre elas. Espera-se que as características propostas possam ser úteis para orientar no futuro o projeto, o desenvolvimento, a avaliação e a melhoria de aplicativos educacionais que promovam a interdisciplinaridade e o pensamento abstrato.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicativo; Aprendizagem Significativa; Interdisciplinaridade; Abstração; Diretrizes.

ABSTRACT: Digital applications are resources used for educational purposes, especially those that run on mobile devices. In this context, an important question arises: What characteristics do educational applications need to have to promote learning? This work explored this issue from a different perspective than previous works, by considering interdisciplinarity and learning difficulties related to students' abstract thinking. Therefore, the objective of this work was to define desirable characteristics for educational applications to promote interdisciplinarity and abstract thinking. Bibliographical research was carried out on (1) human interpretation and communication processes, (2) characteristics of applications that influence cognitive processes, (3) the theory of Meaningful Learning and (4) learning difficulties related to abstract thinking. The bibliography consulted supported the definition of 21 desirable characteristics (also called guidelines or recommendations) in educational applications that promote interdisciplinary knowledge and abstract thinking. To illustrate a practical application of these characteristics, good and bad examples of parts of the RevisApp application were presented based on a content analysis guided by the proposed characteristics. This analysis considered the study of Cytology from an interdisciplinary perspective between Biology and Chemistry in High School. Finally, the characteristics proposed in this work were compared with those proposed in two previous works to highlight the similarities and differences between them. It is expected that the proposed characteristics can be useful to guide the future design, development, evaluation and improvement of educational applications that promote interdisciplinarity and abstract thinking.

KEYWORDS: Application; Meaningful Learning; Interdisciplinarity; Abstraction; Guidelines.

RESUMEN: Las aplicaciones digitales son recursos utilizados con fines educativos, especialmente aquellas que funcionan en dispositivos móviles. En este contexto surge una pregunta importante: ¿Qué características deben tener las aplicaciones educativas para promover el aprendizaje? Este trabajo exploró esta cuestión desde una perspectiva diferente a trabajos anteriores, al considerar la interdisciplinariedad y las dificultades de aprendizaje relacionadas con el pensamiento abstracto de los estudiantes. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue definir características deseables para las aplicaciones educativas que promuevan la interdisciplinariedad y el pensamiento abstracto. Se realizó una investigación bibliográfica sobre (1) los procesos de interpretación y comunicación humana, (3) las características de las aplicaciones que influyen en los procesos cognitivos, (2) la teoría del Aprendizaje Significativo y sobre (4) las dificultades de aprendizaje relacionadas con el pensamiento abstracto. La bibliografía consultada apoyó la definición de 21 características deseables (también llamadas pautas o recomendaciones) en aplicaciones educativas que promuevan el conocimiento interdisciplinario y el pensamiento abstracto. Para ilustrar una aplicación práctica de las mismas, se presentaron ejemplos buenos y malos de partes de la aplicación RevisApp con base en un análisis de contenido guiado por las características propuestas. Este análisis consideró el estudio de la Citología desde una perspectiva interdisciplinaria entre la

Biología y la Química en la Educación Media. Finalmente, se compararon las características propuestas en este trabajo con las propuestas en dos trabajos anteriores, para resaltar las similitudes y diferencias entre ellas. Se espera que las características propuestas puedan ser útiles para orientar el futuro diseño, desarrollo, evaluación y mejora de aplicaciones educativas que promuevan la interdisciplinariedad y el pensamiento abstracto.

PALABRAS CLAVE: Aplicación; Aprendizaje significativo; Interdisciplinariedad; Abstracción; Directrices.

1. Introdução

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são ferramentas que auxiliam a produção da informação, seu registro e transmissão por meio de recursos analógicos e digitais entre diversos interlocutores (Baran, 2020). Elas se disseminaram e tornaram mais presentes no cotidiano das pessoas. Desse modo, elas têm promovido mudanças significativas em diversos setores da sociedade, como economia, comunicação e cultura. Pelas suas potencialidades de auxiliar os processos de ensino e aprendizagem, as TIC, em particular as digitais, também estão sendo inseridas no contexto educacional e têm estimulado sua evolução (Kenski, 2007). O uso dessas tecnologias pode tornar as aulas mais dinâmicas e interativas, ao ser incorporado aos processos de ensino e aprendizagem associadas às metodologias ativas (Moran, 2019).

A integração das TIC digitais na educação explora a utilização de aplicativos com animações, multimídias, simulações interativas ou outros recursos oferecidos pelos dispositivos digitais, em especial os dispositivos móveis como o smartphone e o tablet, no processo de ensino e aprendizagem (Anunciato, 2020). A literatura relata alguns benefícios do uso de aplicativos digitais, tais como motivação, comunicação, diversão, aprendizagem centrada no aprendiz e aprendizagem personalizada (Yıldız et al., 2020).

Os aplicativos têm sido utilizados em processos de ensino e aprendizagem de diversos componentes curriculares em diferentes etapas de ensino. A literatura relata desde a criação de aplicativos, sua seleção e sua aplicação na prática pedagógica (Fernandes & Brasileiro, 2020). Por exemplo, Aviz et al. (2021) utilizaram os aplicativos Photomath e Toon Math no ensino de Matemática. Silva e Neuenfeldt (2024) relataram uma revisão da literatura sobre o uso de aplicativos no ensino de Língua Inglesa. Eles destacaram o aplicativo Duolingo como recurso pedagógico relevante para esta área. Fonseca e Silva apresentaram uma revisão de aplicativos para o estudo de Biologia no Ensino Médio (2024) e uma revisão da literatura sobre as práticas pedagógicas com aplicativos nesta mesma disciplina (2025). Entretanto, ainda há muito espaço para investigar sobre o desenvolvimento de aplicativos com objetivos pedagógicos. Uma questão relevante que se apresenta é: Quais características estes aplicativos precisam ter para contribuir com os processos de ensino e aprendizagem?

Reategui e Finco (2010) e Maciel e Backes (2013) propuseram diretrizes que definem características desejáveis em objetos de aprendizagem que podem auxiliar os alunos nos processos de ensino e aprendizagem. Essas características contemplam aspectos pedagógicos e técnicos que podem orientar o projeto, o desenvolvimento e a avaliação de aplicativos para apoiar a aprendizagem. Contudo, as características propostas por estes autores ainda não abrangem a interdisciplinaridade nas abordagens de ensino, nem as dificuldades de aprendizagem observadas nas práticas pedagógicas.

Na educação, a interdisciplinaridade propõe a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas, componentes curriculares ou áreas do conhecimento, com o objetivo de abordá-los de

forma mais articulada, ampla ou profunda (Fazenda, 2017). A intenção é mitigar o ensino fragmentado de conteúdos e promover uma compreensão de mundo com interconexões entre os saberes. Desse modo, os alunos podem entender as complementaridades, convergências e divergências entre os conhecimentos. Em uma perspectiva mais abrangente, a interdisciplinaridade estimula a elaboração de currículos que associam o conhecimento formal com questões do cotidiano, para relacionar teoria e prática. A relevância da interdisciplinaridade na educação é evidenciada pela sua presença nos documentos norteadores da base curricular de vários países.

Os alunos podem enfrentar diversas dificuldades durante os processos de ensino e aprendizagem. Algumas dificuldades podem estar relacionadas com as características dos conteúdos, a falta de recursos nas escolas, as metodologias inadequadas, a falta de motivação, as questões intelectuais ou emocionais do próprio aluno e as articulações entre conteúdos, alunos e professores (Bezerra & Alves, 2021). Essas dificuldades costumam ser investigadas mais detalhadamente em cada disciplina, a exemplo das disciplinas de Ciência da Natureza (Albano & Delou, 2024; Barroso et al., 2018; Bezerra & Alves, 2021).

Como as dificuldades de aprendizagem estão fortemente relacionadas com a cognição e a comunicação humana, este trabalho fundamentou-se na teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Ausubel et al., 1980), bem como nas características de softwares que influenciam os processos cognitivos (Johnson, 2020) e os processos de interpretação e comunicação humanos (Eco, 2021; Peirce, 2020). Dentre as dificuldades de aprendizagem descritas na literatura (Bezerra & Alves, 2021), este trabalho optou por endereçar as dificuldades de: (1) relacionar conteúdos interdisciplinares; (2) desenvolver pensamentos abstratos e complexos, e (3) relacionar conteúdos entre áreas de um mesmo componente curricular.

Então, o objetivo deste trabalho foi definir características desejáveis a aplicativos educacionais para promover a interdisciplinaridade e o pensamento abstrato à luz da teoria da Aprendizagem Significativa. Para alcançá-lo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica (Gil, 2022) com as referidas fundamentações teóricas. Essas bibliografias foram consultadas com a intenção de entender e definir suporte para as três dificuldades de aprendizagem de interesse. Como resultado, foram propostas 21 características desejáveis para aplicativos que promovam o conhecimento interdisciplinar e o pensamento abstrato dos alunos. Para ilustrar uma aplicação prática delas, foram apresentados e discutidos bons e maus exemplos de partes do aplicativo RevisApp a partir de uma análise de conteúdo (Bardin, 2015) orientada pelas características propostas. Esta análise concentrou-se no estudo de Citologia numa perspectiva interdisciplinar entre Biologia e Química no Ensino Médio. Por fim, as características propostas foram comparadas com as características enunciadas em trabalhos anteriores (Maciel & Backes, 2013; Reategui & Finco, 2010), para identificar semelhanças e diferenças entre elas. Como as características propostas são bem amplas, espera-se que elas sejam úteis para orientar as atividades do processo de desenvolvimento de aplicativos educacionais que promovam o conhecimento interdisciplinar e o pensamento abstrato dos alunos, no estudo de diferentes conteúdos, áreas e componentes curriculares.

2. Fundamentação Teórica

A aprendizagem é um processo no qual se adquire, transforma e assimila conhecimentos, bem como se desenvolve competências, habilidades, atitudes e valores. Ela é resultado de observação, raciocínio, experiência, comunicação e estudo. Dentre as várias atividades humanas que contribuem para a aprendizagem, a comunicação desempenha papel fundamental porque permite compartilhar conhecimentos, experiências, além de servir de estímulo ao pensamento. Então, compreender elementos básicos da comunicação é relevante para promover a aprendizagem.

A área da Semiótica estuda os processos de interpretação e de comunicação, cujo conceito principal é o signo. Na visão de Peirce (2020) e Eco (2021), um signo existe quando algo significa alguma coisa para alguém. A primeira parte do signo diz respeito ao *representamen* ou à representação que registra um modo de mostrar, revelar ou representar a ideia de interesse, como, por exemplo, uma palavra falada, uma palavra escrita, um desenho ou uma escultura. A segunda parte do signo é o referente ou objeto, ou seja, aquilo que a representação referencia ou a coisa sobre a qual se trata aquela representação. A terceira parte do signo é seu significado, um efeito mental que relaciona a representação com o objeto. A possibilidade de trabalhar com diferentes combinações das partes de um signo é relevante para o pensamento e a aprendizagem, pois permite as pessoas (1) articularem novos caminhos de raciocínio com o reuso de partes recordadas e (2) reforçarem a memorização do que foi recordado. Por exemplo, para se falar sobre uma pessoa específica (um objeto ou referente), pode-se utilizar diferentes representações dela, como seu nome, uma foto ou uma caricatura sua. Neste caso, temos três signos diferentes (três combinações de representação, objeto e significado) que permitem desenvolver raciocínios sobre o mesmo sujeito. O signo representado pelo nome poderia estimular raciocínios relacionados à família da pessoa a partir dos seus sobrenomes. A foto poderia incentivar raciocínios relacionados à sua idade a partir de sua aparência. Já a caricatura poderia motivar raciocínios humorísticos ou críticos sobre esta pessoa. As interpretações desses três signos com diferentes representações de uma pessoa tendem a ampliar a compreensão sobre ela em perspectivas e aspectos variados, bem como reforçar a memorização dos raciocínios pelas novas relações mentais estabelecidas e pelas revisitadas (Eco, 2021; Peirce, 2020). Trabalhar com diferentes representações do mesmo conteúdo na educação pode ser benéfico para a aprendizagem. Então, os aplicativos educacionais devem explorar diferentes representações do conteúdo de forma adequada.

Os processos de interpretação de uma pessoa estabelecem signos para ela, seja a partir de uma representação que ela percebe ou a partir de um objeto (referente) sobre o qual ela deseja representar (falar, escrever, desenhar, etc.). Quando intenções de compartilhar signos entre pessoas (e as consequências deste compartilhamento) são acrescentadas aos processos de interpretação, busca-se estabelecer processos de comunicação que permitem diferentes pessoas pensarem sobre ideias e conceitos semelhantes com base nas mesmas representações compartilhadas em um meio de comunicação (Eco, 2021; Peirce, 2020). As representações compartilhadas de signos mediam os processos comunicativos. Além disso, é importante lembrar que o estabelecimento de signos é influenciado pela cultura das pessoas envolvidas, o que inclui pelo menos seus conhecimentos e experiências prévios, linguagens, hábitos, valores e crenças. A cultura dos alunos deve ser considerada na educação para favorecer a eficiência e a eficácia dos processos de comunicação que ocorrem nesse contexto e, conseqüentemente, beneficiarem a aprendizagem. Como os aplicativos veiculam conteúdos, atividades e demais orientações necessárias para a aprendizagem, estes recursos didáticos podem ser considerados como meios de comunicação entre alunos, professores e outros atores que participam dos processos educacionais. Então, os aplicativos educacionais devem trabalhar adequadamente com a cultura dos alunos, em particular, considerar seus conhecimentos prévios.

Quando as pessoas participam de processos de interpretação e de comunicação, elas empregam suas capacidades cognitivas. Este trabalho se concentra nas capacidades cognitivas humanas de percepção, atenção e memória conforme discutido e fundamentado por Johnson (2020). Segundo ele, a capacidade de percepção possibilita identificar a ocorrência de estímulos sensoriais externos que permitem acompanhar o que está acontecendo no mundo. A atenção permite direcionar a nossa memória de trabalho para processar as informações de interesse no momento. É importante lembrar que a capacidade de memória de trabalho humana é limitada e,

consequentemente, sua capacidade de atenção também é. Como consequência, depois que a memória de trabalho fica cheia, é preciso substituir informações nela para poder prestar atenção em outra coisa. Ao longo da evolução humana e da necessidade de se pensar em cada vez mais informações, as pessoas têm desenvolvido e aplicado diferentes estratégias para fazer um bom uso da sua capacidade limitada de atenção. Estudos anteriores em Psicologia, Design e Interação Humano-Computador (Carroll, 2003; Johnson, 2020) identificaram formas de representar informações de modo que favoreça sua percepção, interpretação, memorização e recordação pelas pessoas. Dentre os cuidados sistematizados por Johnson (2020), este trabalho destaca (1) o tamanho necessário para ler o conteúdo, principalmente os detalhes das imagens; (2) a organização visual das informações, também chamada de hierarquia (visual) da informação, para guiar adequadamente a percepção, a interpretação e o raciocínio esperados; e (3) o suporte à manutenção da atenção, sem distrações e com indicação clara de qual deveria ser o foco de atenção em cada momento. Os aplicativos educacionais também deveriam cuidar destes aspectos para apoiar a aprendizagem.

As considerações sobre aprendizagem precisam ir além dessa base interpretativa e comunicacional já abordada. Diversas teorias buscam explicar como acontece o processo de aprendizagem. Este trabalho se fundamentou na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (Ausubel, 2003; Ausubel et al., 1980). Ela se encontra dentre as primeiras teorias psicoeducativas que explicam a aprendizagem escolar, distanciando-se dos princípios conteudistas (Pelizzari et al., 2002). Em virtude dessa característica, Ausubel é categorizado como um dos defensores da linha cognitivista da educação, juntamente com Piaget, Vygotsky, Bruner e Novak. Sua teoria foca primordialmente na aprendizagem cognitiva, aquela que se forma a partir do armazenamento de informações na mente do indivíduo que está envolvido no processo. Farias (2022, p. 1) afirma que a linha cognitivista enfatiza o processo da cognição, defendendo que o indivíduo atribui significados à realidade em que se encontra, e preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e com a utilização das informações envolvidas na aprendizagem, procurando identificar padrões nesse processo.

De acordo com Moreira, para Ausubel aprendizagem “significa organização e integração do material na estrutura cognitiva” do indivíduo (Moreira, 2011, p. 160). Então, a aprendizagem parte de um conhecimento prévio que o aluno possui sobre determinado conteúdo, o que Ausubel chamou de subsunção. Alguns autores discutem diferentes tipos de conhecimento prévio (Binder et al., 2019). Neste trabalho, o conhecimento prévio é considerado como oriundo da experiência cotidiana do aluno ou adquirido ao longo da educação formal. Com isso, à medida que é submetido a situações de aprendizagem, novos conhecimentos vão sendo ancorados aos subsunções adequados e o processo de aprendizagem vai acontecendo conforme aumenta a complexidade das estruturas cognitivas na mente do aluno. Para além dos subsunções do conhecimento prévio dos alunos, Bessa (2008) afirma que outros elementos também podem funcionar como subsunções para facilitar a aprendizagem: materiais didáticos, explicações introdutórias e atividades que elaboram uma ideia inicial sobre algum conteúdo.

Ancorado num subsunção na mente do aluno, o processo de assimilação acontecerá quando ele for capaz de estabelecer relações entre o que já sabe, o conhecimento prévio, com aquilo que ele vai aprender, o conteúdo a ser adquirido (Moreira, 2011). Desse modo, a estrutura cognitiva do aluno será estendida, elaborada, qualificada e aumentará de complexidade com a inserção de novos conhecimentos correlacionados. À medida que esses processos de assimilação vão acontecendo na vida do aluno, os conhecimentos vão sendo ancorados e retidos em sua estrutura cognitiva e forma uma rede organizada de maneira hierárquica, que pode acomodar diferentes graus de abstração ou generalização. Quando o aluno consegue construir relações entre conhecimentos já adquiridos com

os novos, Ausubel (2003) afirma que houve atribuição de significado na aprendizagem, chamando-a de aprendizagem significativa. A contextualização do conteúdo a ser aprendido pode auxiliar o aluno a estabelecer tais relações.

Para contrapor com a aprendizagem significativa, Ausubel define a aprendizagem mecânica como sendo aquela que permite aquisição de conhecimentos com pouca ou nenhuma conexão com estruturas cognitivas pré-existentes na mente do aluno (Moreira, 2011). A aprendizagem mecânica pode ser considerada arbitrária e não literal, uma vez que não favorece o estabelecimento de conexões entre os subsunçores e os conhecimentos adquiridos. Como consequência, a estrutura cognitiva do aluno adquire vários conhecimentos dispersos e isolados. Isso pode dificultar raciocínios mais elaborados em que os conhecimentos isolados sejam utilizados ou aplicados em conjunto com os demais conhecimentos. Por essa dificuldade de raciocínio, é que podemos dizer que a aprendizagem mecânica não favorece o aprendizado de uma forma fácil para articular conhecimentos, ou seja, de aplicá-los na prática. Além disso, como os conhecimentos isolados são mais difíceis de articular com os demais, eles acabam sendo menos utilizados, contribuindo para seu esquecimento pouco tempo depois de uma atividade avaliativa.

Como um processo ativo, a aprendizagem significativa exige no mínimo (Ausubel, 2003):

1. Identificar quais subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aluno podem ser relacionados adequadamente, de forma relevante e significativa, com os conhecimentos a serem aprendidos.
2. Analisar semelhanças e diferenças entre os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aluno e os novos para articular conexões substanciais entre eles. Essa articulação permitirá revisar e ampliar a estrutura cognitiva do aluno para acrescentar os novos conhecimentos. Desse modo, o aluno será capaz de navegar por essa estrutura cognitiva em raciocínios futuros durante a realização de suas atividades cotidianas e empregá-la na resolução de problemas.
3. Os materiais didáticos e procedimentos metodológicos selecionados pelo professor devem estimular que o aluno passe por esses processos para a revisão e a ampliação da sua estrutura cognitiva.

Quando um aluno memorizar um conhecimento bem relacionado com outros na sua estrutura cognitiva (ou seja, de forma não isolada), ele aumenta as chances de reforçá-lo e mantê-lo na sua memória de longo prazo pelo uso em vários raciocínios futuros iniciados em diferentes conhecimentos desta rede na sua estrutura cognitiva. Além disso, Guerra (2011) ressalta que o aluno, normalmente, direciona sua atenção para informações que se relacionem de alguma forma com seu cotidiano ou com algo que ele tenha vivenciado.

3. Metodologia

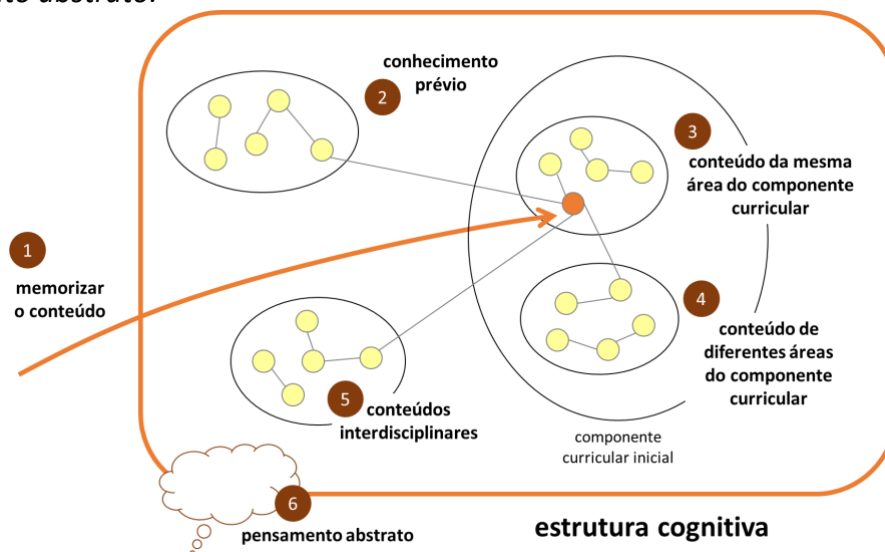
Com o objetivo de definir características desejáveis para aplicativos educacionais que promovam a interdisciplinaridade e o pensamento abstrato, este trabalho realizou uma pesquisa bibliográfica (Gil, 2022) com as seguintes referências: Ausubel (2003), sobre a teoria da Aprendizagem Significativa; Johnson (2020), sobre características de softwares que influenciam os processos cognitivos; e Eco (2021) e Peirce (2020), sobre os processos de interpretação e comunicação. Buscou-se entender esta fundamentação teórica e derivar dela suportes às seguintes dificuldades de aprendizagem: (1) relacionar conteúdos interdisciplinares; (2) desenvolver pensamentos abstratos e complexos, e (3) relacionar conteúdos entre áreas de uma disciplina (Bezerra & Alves, 2021). Para ilustrar uma aplicação prática da proposta, realizou-se uma análise de conteúdo (Bardin, 2015) do aplicativo RevisApp da Play Store orientada pelas características propostas, numa perspectiva interdisciplinar do estudo de Citologia em Biologia com a Química.

4. Resultados

Este trabalho propõe 21 características desejáveis em aplicativos educacionais que promovam conhecimentos interdisciplinares e o pensamento abstrato dos alunos. Essas características têm a intenção de favorecer diferentes partes do processo de aprendizagem descrito pela teoria da Aprendizagem Significativa, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1

Associação entre as características propostas com aspectos da teoria da Aprendizagem Significativa e do pensamento abstrato.



Fonte: Autoria própria.

O primeiro conjunto de características se concentra na memorização do conteúdo, quando o aluno adiciona um novo conteúdo à sua estrutura cognitiva. O segundo conjunto aborda o estabelecimento de relações entre um novo conteúdo com o conhecimento assimilado (subsunçores) antes da etapa atual da educação (conhecimento prévio) na estrutura cognitiva do aluno. O terceiro grupo aborda o estabelecimento de relações entre conteúdos da mesma área de um mesmo componente curricular, na estrutura cognitiva do aluno. O quarto grupo trata do estabelecimento de relações entre conteúdos de diferentes áreas de um mesmo componente curricular, na estrutura cognitiva do aluno. O quinto grupo se preocupa com a definição de relações interdisciplinares entre conteúdos de componentes curriculares diferentes na estrutura cognitiva do aluno. O sexto e último grupo contempla o desenvolvimento da capacidade de pensamento abstrato do aluno. É importante notar que os diferentes conteúdos (subsunçores) e relações presentes na estrutura cognitiva do aluno servem de insumo para seus raciocínios abstratos.

A Tabela 1 resume as 21 características propostas, agrupadas pelo foco e numeradas para facilitar a referência na comunicação sobre elas.

Tabela 1

Características desejáveis em aplicativos para o estudo interdisciplinar com suporte ao pensamento abstrato.

Foco do conjunto	Características
1. Memorização do conteúdo.	1.1 Orientar explicitamente sua leitura e seu uso por um objetivo, uma tarefa ou atividade.
	1.2 Apresentar boa organização visual.

	1.3 Oferecer suporte para a manutenção da atenção durante a navegação pelo conteúdo em diferentes partes da interface.
	1.4 Oferecer diferentes formas de representação do conteúdo.
	1.5 Apresentar consistência no vocabulário e entre as diferentes representações do conteúdo.
	1.6 Oferecer exercícios de fixação.
	1.7 Oferecer revisão do conteúdo.
	1.8 Apresentar imagem em tamanho legível.
2. Relações entre conteúdos com o conhecimento assimilado antes da etapa atual da educação.	2.1 Apresentar novos conteúdos relacionados com o conhecimento prévio do aluno.
	2.2 Relacionar novos conteúdos ao cotidiano do aluno.
	2.3 Explicar novos conteúdos para o aluno.
3. Relações entre conteúdos da mesma área do componente curricular.	3.1 Apresentar novos conteúdos de uma área relacionados com conteúdos da etapa atual da educação.
	3.2 Apresentar os conteúdos em uma ordem lógica e compreensível.
4. Relações do conteúdo com outros de diferentes áreas do mesmo componente curricular.	4.1 Apresentar de forma explícita a motivação para se estudar conteúdos de outras áreas de um mesmo componente curricular.
	4.2 Apresentar relações entre conteúdos de diferentes áreas de um mesmo componente curricular da etapa atual da educação.
	4.3 Não interromper a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de áreas de um mesmo componente curricular.
5. Relações interdisciplinares de conteúdos de diferentes componentes curriculares.	5.1 Apresentar de forma explícita a motivação para se estudar conteúdos de outro componente curricular.
	5.2 Apresentar relações entre conteúdos de diferentes componentes curriculares da etapa atual da educação.
	5.3 Não interromper a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de outro componente curricular.
6. Desenvolvimento do pensamento abstrato referente ao conteúdo.	6.1 Oferecer suporte estático ou dinâmico para imaginação associada ao conteúdo.
	6.2 Orientar ou apresentar exemplos de como transitar entre diferentes níveis de abstração do conteúdo durante o raciocínio.

Fonte: Autoria própria.

Estas são características desejáveis para favorecer a aprendizagem e seus opostos devem ser evitados, por isso também são chamadas de diretrizes ou recomendações. Por serem muito abrangentes, a princípio, as características propostas neste trabalho podem ser aplicadas a muitos conteúdos de várias áreas de diferentes componentes curriculares. Essas características podem ser utilizadas para orientar o projeto, o desenvolvimento e a avaliação de aplicativos ou outros recursos didáticos (objetos de aprendizagem) digitais. As subseções a seguir exemplificam a utilização das características propostas numa análise de conteúdos de Citologia presentes no aplicativo RevisApp, numa perspectiva interdisciplinar da Biologia com a Química.

4.1 Características que favorecem a memorização do conteúdo

De acordo com a teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003), o aluno precisa assimilar um novo conteúdo adicionando-o à sua estrutura cognitiva durante o processo de aprendizagem. A memorização de novos conteúdos costuma ser favorecida por motivações, reforços, estímulos variados e por suportes adequados à percepção, atenção e interpretação desses conteúdos (Ausubel, 2003; Johnson, 2020). Logo, os aplicativos deveriam ter as seguintes características para favorecer a memorização do conteúdo:

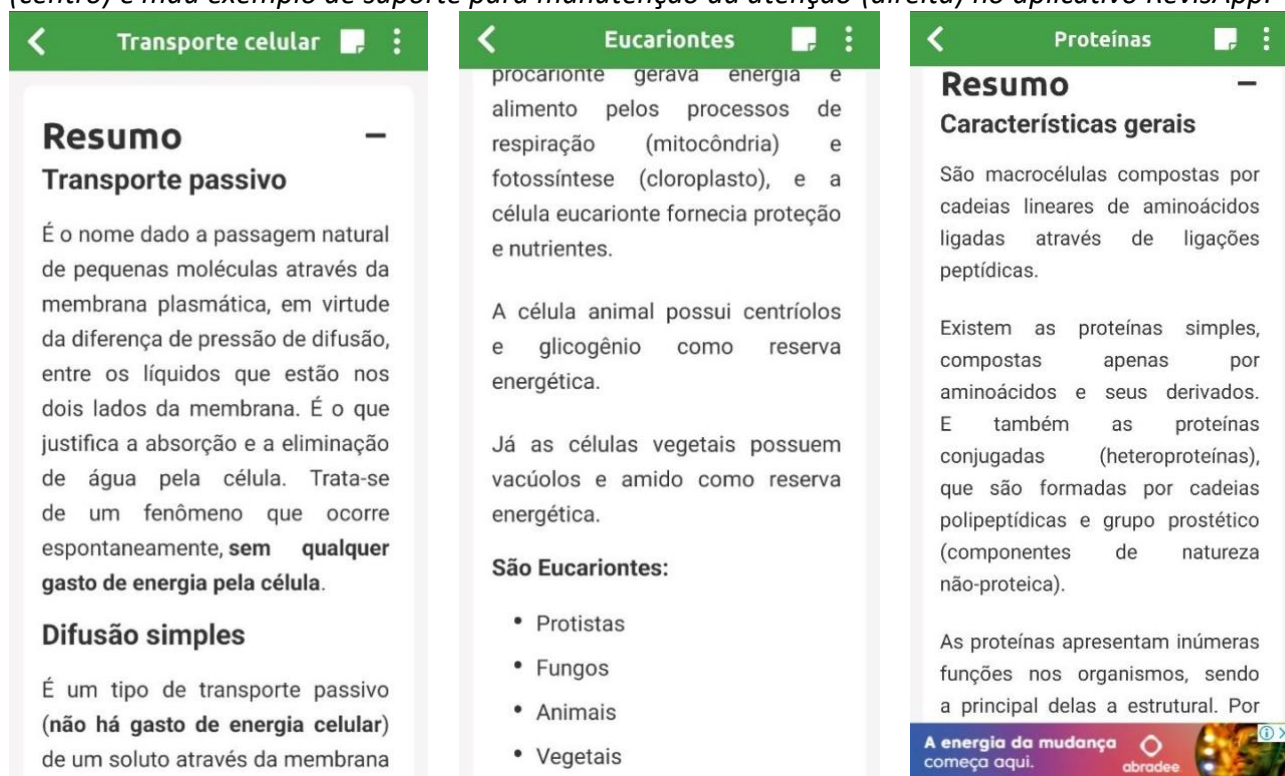
Característica 1.1 - Orientar explicitamente sua leitura e seu uso por um objetivo, tarefa ou atividade. Esse entendimento pode contribuir com a motivação do aluno para estudar o conteúdo. Ele também contribui para o direcionamento do foco de atenção do aluno, que influencia sua interpretação naquele contexto. Além disso, estimula a expectativa do aluno para estudar conhecimentos relacionados, aumentando as chances dele enriquecer as relações mentais entre conhecimentos na sua estrutura cognitiva. A tela esquerda da Figura 2 mostra um mau exemplo dessa característica no aplicativo RevisApp. Não há uma introdução que explique o que são os transportes através da membrana e nem apresenta os tipos de transporte, antes de detalhar o conteúdo. Então, o aluno pode enfrentar dificuldades para compreender o contexto e a relevância do conteúdo abordado.

Característica 1.2 - Apresentar boa organização visual. Uma boa organização visual da representação (hierarquia das informações) do conteúdo no aplicativo favorece o aluno a percebê-lo e interpretá-lo conforme esperado. Essas características costumam ser relacionadas com legibilidade e leiturabilidade, na área de Design. A tela do centro na Figura 2 mostra um bom exemplo dessa característica no aplicativo RevisApp. A explicação do conteúdo de célula eucariótica utilizou um bom tamanho de fonte e espaçamento entre as linhas e parágrafos. Essa forma de apresentação possibilita ao aluno ler e compreender o conteúdo de forma mais eficaz sem esforço excessivo. Isso facilitará o processo de aprendizado para que o aluno crie ou adicione o conhecimento adquirido nas suas estruturas mentais.

Característica 1.3 - Oferecer suporte para a manutenção da atenção durante a navegação pelo conteúdo em diferentes partes da interface. É interessante que o aluno possa escolher a qual representação ou recurso didático específico dedicará sua atenção em determinado momento. Desse modo, o aluno tem liberdade para seguir sua linha de raciocínio de acordo com sua motivação ou orientação do professor. O aplicativo também deveria ajudar essa navegação sincronizando o conteúdo apresentado em diferentes partes da interface. Então, quando o aluno decidir mudar o seu foco para outra parte da interface, ele poderá continuar seu raciocínio a partir do mesmo conteúdo anterior. A presença de distrações no aplicativo atrapalha o aluno a manter seu foco de atenção, que é precursor da memorização do conteúdo. Qualquer informação ou comportamento desnecessário na interface pode servir como distração para o aluno e, portanto, deve ser evitado. A tela da direita na Figura 2 mostra um mau exemplo dessa característica no aplicativo RevisApp. Há uma propaganda com animação fixa na parte inferior da tela que apresenta o conteúdo didático. Ela atua como uma distração sempre visível para o aluno em qualquer posição de rolagem da tela, pois estimula o desvio do seu foco de atenção do estudo para outros assuntos. É importante notar que a animação da propaganda reforça significativamente a distração. Como o aluno terá dificuldades em manter sua atenção no conteúdo, será mais difícil interpretá-lo e memorizá-lo, prejudicando, assim, o seu processo de aprendizado.

Figura 2

Mau exemplo de falta de definição de objetivo (esquerda); bom exemplo de organização visual (centro) e mau exemplo de suporte para manutenção da atenção (direita) no aplicativo RevisApp.



Fonte: Autoria própria.

Característica 1.4 - Oferecer diferentes formas de representação do conteúdo. Essa repetição de representações pode atuar como reforço para a memorização desse conteúdo pelo aluno. A tela esquerda da Figura 3 mostra que no aplicativo RevisApp a explicação sobre bomba de sódio e potássio está acompanhada de uma imagem ilustrativa.

Característica 1.5 - Apresentar consistência no vocabulário e entre as diferentes representações do conteúdo. Essa consistência permite que o aluno retome o conteúdo já visto em outra representação e, conseqüentemente, reforce a sua memorização desse conteúdo. A tela da esquerda da Figura 3 apresenta um mau exemplo dessa característica, pois no aplicativo RevisApp alguns conceitos presentes no texto não estão indicados explicitamente nas imagens e vice-versa, como ocorre na falta de indicação da membrana plasmática na imagem e da proteína específica transportadora na imagem de bomba de sódio e potássio no texto.

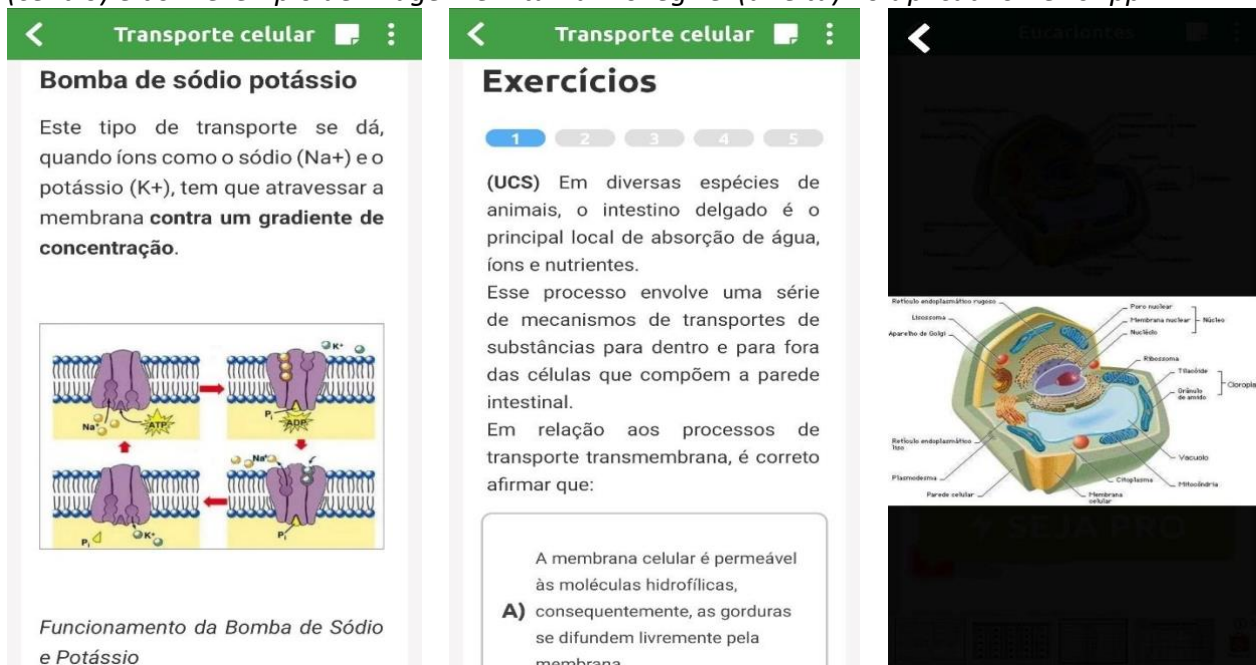
Característica 1.6 - Oferecer exercícios de fixação, como um reforço para memorização. O aplicativo RevisApp propõe exercícios de fixação no estilo de questões de provas de seleção como vestibular e ENEM (tela do centro na Figura 3).

Característica 1.7 - Oferecer revisão do conteúdo, como um reforço para memorização. Não foi possível encontrar exemplos desta característica no aplicativo RevisApp.

Característica 1.8 - Apresentar imagem em tamanho legível. Se o aluno não conseguir perceber visualmente partes importantes da imagem, ele não conseguirá interpretar nem memorizar o conteúdo representado nela. A tela da direita da Figura 3 ilustra um bom exemplo de aplicação desta característica no aplicativo RevisApp, onde o aluno pode visualizar uma imagem da célula eucariótica ampliada (com zoom) para viabilizar a leitura de algumas informações.

Figura 3

Bom exemplo de diferentes formas de representação (esquerda); mau exemplo de consistência no vocabulário e entre as diferentes representações (esquerda); bom exemplo de exercício de fixação (centro) e bom exemplo de imagem em tamanho legível (direita) no aplicativo RevisApp.



Fonte: Autoria própria.

4.2 Características que favorecem a relação do conteúdo com o conhecimento assimilado antes da etapa atual da educação

Durante o processo de aprendizagem de um novo conteúdo, a teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003) defende que este conteúdo seja relacionado (ancorado) em outros já presentes na estrutura cognitiva (subsunçores) do aluno. Isso contribui para o aluno compreender melhor o novo conteúdo pela associação deste com outros conteúdos (subsunçores) na sua estrutura cognitiva. A relação entre conteúdos também facilita a sua memorização, pois a memória humana trabalha de forma associativa (Johnson, 2020). Costuma ser mais fácil memorizar informações associadas do que informações isoladas. Quando um novo conteúdo é adicionado na estrutura cognitiva do aluno, o estabelecimento de relações deste com outros conteúdos já assimilados anteriormente pode modificar, ampliar e enriquecer a sua estrutura cognitiva.

Neste trabalho, foi considerado que o conhecimento assimilado pelo aluno antes da etapa atual da educação pode ter sido adquirido na educação formal ou fora dela durante experiências pessoais do aluno. Diante disso, os aplicativos educacionais deveriam ter as seguintes características para favorecer a relação do conteúdo estudado com outros já assimilados anteriormente:

Característica 2.1 - Apresentar novos conteúdos relacionados com o conhecimento prévio do aluno. Quando o conhecimento prévio do aluno até o Ensino Fundamental é utilizado como ponto de partida ou âncora na apresentação de novos conteúdos da etapa atual da educação, ele pode ser capaz de relacionar o que já sabe com o novo que está sendo apresentado. A compreensão desses novos conteúdos relacionados pode ser memorizada pelo aluno para ampliar e enriquecer sua estrutura cognitiva. A tela da esquerda da Figura 4 apresenta um bom exemplo dessa característica identificada no RevisApp. O Aplicativo associa o que o aluno já sabe do Ensino Fundamental sobre a função de transporte da membrana celular com o conteúdo do Ensino Médio sobre proteínas específicas na membrana responsáveis por este transporte.

Figura 4

Bom exemplo de novos conteúdos relacionados com o conhecimento prévio do aluno (esquerda); bom exemplo de relação de novos conteúdos ao cotidiano do aluno (centro) e bom exemplo de explicação de novos conteúdos para o aluno (direita) no aplicativo RevisApp.



Fonte: Autoria própria.

Característica 2.2 - Relacionar novos conteúdos ao cotidiano do aluno. Quando os novos conteúdos são apresentados de forma relacionada com conhecimentos assimilados na vivência do aluno fora da educação formal, ele tende (1) a compreender melhor sua importância, (2) a reforçar sua motivação para o estudo desses conteúdos e (3) a entender situações do cotidiano em que esses conteúdos se aplicam. A tela do centro da Figura 4 apresenta um bom exemplo dessa característica no aplicativo RevisApp, pois a imagem de um copo, um objeto conhecido e que faz parte do cotidiano do aluno, é utilizada na explicação do processo de passagem do solvente na osmose.

Característica 2.3 - Explicar novos conteúdos para o aluno. O aluno tem melhores condições para adicionar novos conteúdos à sua estrutura cognitiva quando o aplicativo apresenta uma explicação sobre eles e relaciona-os com o que o aluno está aprendendo na etapa atual da educação e aquilo que ele já sabe (subsúncios de etapas anteriores da educação e do cotidiano). É importante que a explicação contribua para que os novos conteúdos sejam ancorados nos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, de modo a ampliar e enriquecer essa estrutura. A tela da direita da Figura 4 ilustra um bom exemplo desta característica, quando o aplicativo RevisApp utiliza os termos “heteroproteínas” e “grupo prostético” e apresenta suas definições.

4.3 Características que favorecem a relação do conteúdo com outros da mesma área do componente curricular

Como discutido na seção anterior, a teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003) orienta o estabelecimento de relações entre os conteúdos para possibilitar a aprendizagem. Então, os aplicativos deveriam ter as seguintes características ao abordar conteúdos de uma mesma área de um componente curricular:

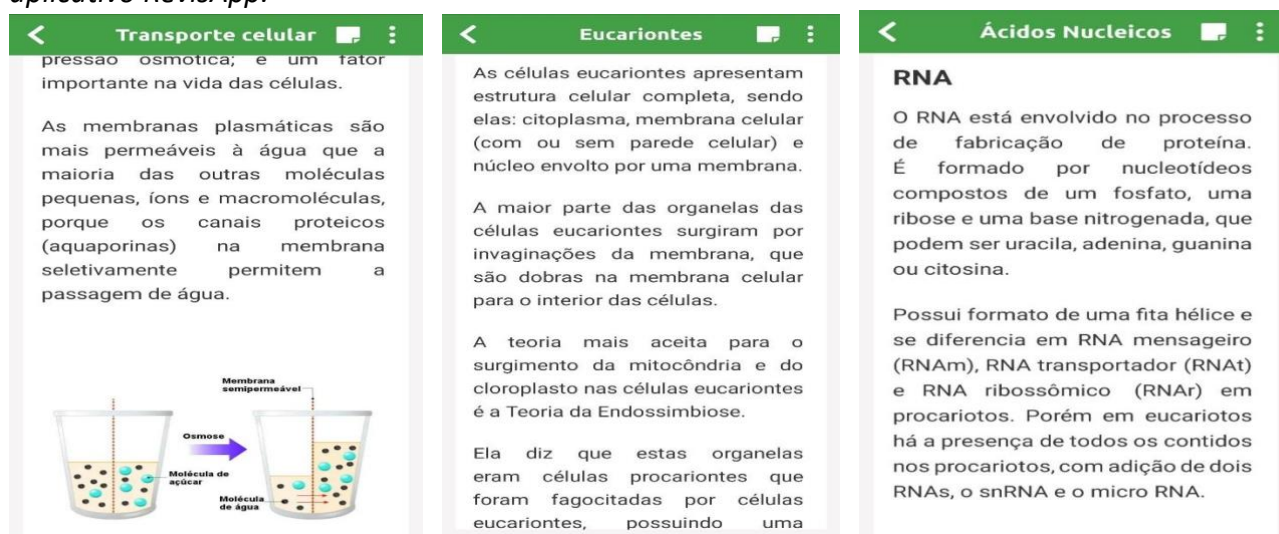
Característica 3.1 - Apresentar novos conteúdos de uma área relacionados com conteúdos da etapa atual da educação. Por exemplo, no contexto do RevisApp, espera-se que os conteúdos de Citologia estejam relacionados, dentro do estudo do componente curricular de Biologia no

Ensino Médio. Quando os conteúdos estudados no Ensino Médio são apresentados com relações explícitas, o aluno tem melhores condições de ancorar tanto os novos conteúdos quanto suas relações na sua estrutura cognitiva. Isso lhe permite ampliar e enriquecer essa estrutura. Se o aluno tivesse acesso apenas a novos conteúdos sem relações, também seria possível ampliar sua estrutura cognitiva pela adição de novos conteúdos. Entretanto, essa ampliação e enriquecimento são maiores quando se adiciona novos conteúdos e relações. A tela da esquerda da Figura 5 apresenta um bom exemplo dessa característica. O aplicativo RevisApp relaciona as proteínas de transporte na membrana celular com nomes específicos, como, por exemplo, a aquaporina e a permease, típicos do Ensino Médio.

Característica 3.2 - Apresentar os conteúdos em uma ordem lógica e compreensível. O aplicativo deveria apresentar o conteúdo de modo a permitir que o aluno ancore esses conteúdos e suas relações na sua estrutura cognitiva. Quanto menos conteúdos não relacionados (fragmentação) houver na estrutura cognitiva do aluno, mais elaborado tende a ser seu raciocínio sobre os conteúdos. Uma vez que há um custo na troca de linha de raciocínio pela limitação da memória de trabalho (Johnson, 2020), a alternância entre diferentes linhas de raciocínio pode representar um obstáculo desnecessário ao aluno. Isso pode atrapalhá-lo a continuar raciocinando sobre o conteúdo sendo estudado, pois ele pode não conseguir mudar para uma outra linha de raciocínio ou voltar para a linha de raciocínio anterior. Além disso, alternar com frequência entre diferentes linhas de raciocínio pode demandar um esforço cognitivo excessivo que fadigue o aluno e desestimule-o a continuar estudando naquele momento. Portanto, é interessante que o aplicativo aborde o conteúdo em uma sequência lógica seguindo um encadeamento linear dos conteúdos e suas relações na estrutura cognitiva do aluno, de modo a manter o seu raciocínio em uma sequência contínua. Na tela do centro na Figura 5, o aplicativo RevisApp demonstra uma boa ordem de apresentação do conteúdo, quando primeiro caracteriza as células eucariontes e em seguida aprofunda um pouco mais, como ao abordar a teoria da endossimbiose sobre o surgimento da mitocôndria e do cloroplasto nessas células.

Figura 5

Bom exemplo de apresentação de novos conteúdos de uma área relacionados com conteúdos do Ensino Médio (esquerda); bom exemplo de apresentação dos conteúdos em uma ordem lógica e compreensível (centro) e bom exemplo de relação de conteúdo entre áreas da Biologia (direita) no aplicativo RevisApp.



Fonte: Autoria própria.

4.4 Características que favorecem a relação do conteúdo com outros de diferentes áreas do componente curricular

Para a teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003), a motivação para se estudar um conteúdo e o estabelecimento de relações entre os conteúdos favorecem a aprendizagem. Deste modo, os aplicativos deveriam ter as seguintes características ao abordar conteúdos de diferentes áreas de um mesmo componente curricular:

Característica 4.1 - Apresentar de forma explícita a motivação para se estudar conteúdos de outras áreas de um mesmo componente curricular. Por exemplo, quando o aluno entende a relevância de se estudar conteúdos de diferentes áreas da Biologia, ele tem melhores condições de se sentir motivado a prestar atenção nas relações entre esses conteúdos e aprender sobre eles. No aplicativo RevisApp não foi possível identificar bons ou maus exemplos dessa característica, pois parece que ele não se propõe a promover relações entre diferentes áreas da Biologia.

Característica 4.2 - Apresentar relações entre conteúdos de diferentes áreas de um mesmo componente curricular da etapa atual da educação. Na Biologia, o aluno tem melhores condições de ampliar e enriquecer sua estrutura cognitiva com conhecimentos e relações sobre diferentes níveis de organização do ser vivo (Amabis et al., 2020), quando há relações explícitas entre os conteúdos estudados em diferentes áreas deste componente curricular. Uma estrutura cognitiva enriquecida com relações entre conteúdos de diferentes áreas da Biologia serve de base para o aluno desenvolver o pensamento biológico (Bertoni & Luz, 2011; Krasilchik, 2004). O aplicativo RevisApp, por exemplo, aborda a participação do RNA no processo de produção das proteínas. Deste modo, ele apresenta relações entre conteúdos de Citologia e Biologia molecular, apesar de não aprofundar no assunto (direita da Figura 5).

Característica 4.3 - Não interromper a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de áreas de um mesmo componente curricular. Quando o aplicativo aborda conteúdos de diferentes áreas do mesmo componente curricular em uma sequência lógica seguindo um encadeamento linear deles e de suas relações, o aluno pode manter o seu raciocínio em uma sequência contínua. A quebra abrupta da linha de raciocínio ao alternar entre essas áreas pode representar um obstáculo desnecessário ao aluno. Ele pode não conseguir acompanhar a nova linha de raciocínio na outra área ou não conseguir voltar à linha de raciocínio anterior na área inicial. Se recuperar de várias quebras abruptas de linhas de raciocínio pode fadigar o aluno e desestimulá-lo a continuar seu estudo naquele momento. No aplicativo RevisApp não foi possível identificar bons ou maus exemplos dessa característica, pois foi identificado apenas um exemplo de relação entre diferentes áreas da Biologia, mas ainda assim de forma muito superficial.

4.5 Características que favorecem a relação interdisciplinar de conteúdos de diferentes componentes curriculares

A aprendizagem do aluno pode ser favorecida pela motivação de se estudar um conteúdo e pelo estabelecimento de relações entre os conteúdos, de acordo com a teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003). Então, os aplicativos educacionais deveriam ter as seguintes características ao abordar conteúdos interdisciplinares de diferentes componentes curriculares:

Característica 5.1 - Apresentar de forma explícita a motivação para se estudar conteúdos de outro componente curricular. Quando o aluno entende a relevância de se estudar conteúdos de outro componente curricular relacionado a conteúdos do componente inicial, ele tem mais condições de se sentir motivado a se engajar em um estudo interdisciplinar. A compreensão desta relevância pode estimular o aluno a prestar atenção nas relações entre conteúdos de diferentes componentes curriculares e aprender sobre elas. A tela da esquerda da Figura 2 apresenta um mau exemplo desta característica. O aplicativo não traz uma introdução que explique o que são os

transportes através da membrana celular e nem apresenta os tipos de transporte, antes de detalhar o conteúdo em uma perspectiva química. Então, o usuário pode enfrentar dificuldades para compreender o contexto e a relevância do conteúdo abordado.

Característica 5.2 - Apresentar relações entre conteúdos de diferentes componentes curriculares da etapa atual da educação. O estudo interdisciplinar de diferentes componentes curriculares deve explorar relações entre os conteúdos específicos de cada um deles. Quando essas relações interdisciplinares são apresentadas de forma explícita pelo aplicativo, o aluno tem melhores condições de acrescentar relações entre conhecimentos na sua estrutura cognitiva. Essas novas relações contribuem para ampliar e enriquecer a estrutura cognitiva do aluno de uma forma típica da interdisciplinaridade, não alcançada pelo estudo isolado de cada componente curricular. A Figura 6 mostra que o aplicativo RevisApp associa o conteúdo de célula eucariótica e suas organelas com Química, ao relacionar a fórmula molecular geral dos carboidratos, sua classificação de acordo com a quantidade de carbonos na molécula (dioses, trioses, etc.), exemplos de carboidratos (glicose, frutose, maltose e sacarose) e a fórmula estrutural dessas moléculas.

Característica 5.3 - Não interromper a linha de raciocínio ao abordar conteúdos de outro componente curricular. Quando o aplicativo aborda conteúdos de diferentes componentes curriculares em uma sequência lógica seguindo um encadeamento linear deles e de suas relações, o aluno pode manter o seu raciocínio em uma sequência contínua. A quebra abrupta da linha de raciocínio ao alternar entre componentes curriculares pode representar um obstáculo desnecessário ao aluno. Ele pode não conseguir acompanhar a nova linha de raciocínio no outro componente curricular ou não conseguir voltar à linha de raciocínio anterior no componente inicial. Se recuperar de várias quebras de linhas de raciocínio pode fadigar o aluno e desestimulá-lo a continuar seu estudo interdisciplinar naquele momento. No aplicativo RevisApp não foi possível identificar encadeamentos de ideias que contenham bons ou maus exemplos de motivação inicial, pois os conteúdos de Química e Biologia são abordados de uma forma muito superficial.

Figura 6

Bom exemplo de relação entre conteúdos de Biologia e Química no aplicativo RevisApp.

< Carboidratos	< Carboidratos	< Carboidratos
Os monossacarídeos, também conhecidos como oses, são carboidratos com reduzido número de átomos de carbono em sua molécula. O da fórmula geral ($C_nH_{2n}O_n$) pode variar de 2 a 7 (dioses, trioses, tetrose, pentoses, hexoses e heptoses), sendo os mais importantes as pentoses e as hexoses ($C_6H_{12}O_6$). São relativamente pequenos, solúveis em água e não sofrem hidrólise. Devido à alta polaridade, os monossacarídeos são sólidos cristalinos em temperatura ambiente, e assim como os oligossacarídeos, são solúveis em água. São insolúveis em solventes não polares.	Exemplos: glicose, frutose e galactose Os oligossacarídeos são carboidratos resultantes da união de duas a dez moléculas de monossacarídeos. A ligação entre os monossacarídeos ocorre por meio de ligação glicosídica, formada pela perda de uma molécula de água. O grupo mais importante dos oligossacarídeos são os dissacarídeos, formados pela união de apenas dois monossacarídeos. Quando são constituídos por três moléculas de monossacarídeos, recebem o nome de trissacarídeos.	dos oligossacarídeos são os dissacarídeos, formados pela união de apenas dois monossacarídeos. Quando são constituídos por três moléculas de monossacarídeos, recebem o nome de trissacarídeos. Exemplos: maltose, lactose e sacarose.

Fonte: Autoria própria.

4.6 Características que favorecem o desenvolvimento do pensamento abstrato referente ao conteúdo

Quando os conteúdos abstratos¹ abordados não possuem representações diferentes da textual estabelecidas na cultura dos alunos, eles provavelmente enfrentam dificuldades de entendê-los (Eco, 2021; Peirce, 2020). Nesses casos, representações diferentes das textuais podem auxiliar os alunos compreenderem e memorizarem esses conteúdos abstratos. Por exemplo, uma representação visual das estruturas celulares pode ajudar os alunos a compreenderem conteúdos invisíveis a olho nu que não façam parte da sua vivência cotidiana. Os conteúdos abstratos podem ser estáticos, que não mudam com tempo, ou dinâmicos, que evoluem com o tempo. Por exemplo, as estruturas celulares podem ser consideradas conteúdos abstratos estáticos, já o processo de respiração celular pode ser considerado um conteúdo abstrato dinâmico. Desse modo, representações estáticas, como imagens, favorecem a compreensão de conteúdos abstratos estáticos e as representações dinâmicas, como animações e vídeos, favorecem a compreensão de conteúdos abstratos dinâmicos (Johnson, 2020). As relações entre conteúdos abstratos são importantes para enriquecer a compreensão do conteúdo. Os suportes para a aprendizagem neste caso já foram discutidos nas subseções anteriores.

O pensamento abstrato requer que o aluno seja capaz de navegar por diferentes níveis de abstração durante o seu raciocínio. Essa navegação envolve transitar por várias relações entre conteúdos (subsunçores) na estrutura cognitiva (Ausubel, 2003). Entretanto, possuir conceitos e relações relevantes na sua estrutura cognitiva, ainda que ela seja ampla e rica, não é suficiente para que o aluno seja capaz de realizar pensamentos abstratos. O aluno precisa saber usar essa estrutura cognitiva para raciocinar sobre este tipo de conteúdo. Desse modo, o processo de aprendizagem também deve auxiliar o aluno a desenvolver sua capacidade de pensamento abstrato. Neste contexto, os aplicativos educacionais deveriam ter as seguintes características ao abordar conteúdos abstratos:

Característica 6.1 - Oferecer suporte estático ou dinâmico para imaginação associada ao conteúdo. Quando o aluno não tem uma representação concreta ou imaginada do conteúdo estudado, ele terá dificuldade em compreendê-lo e raciocinar sobre ele. Essa dificuldade é coerente com os processos de significação (ou interpretação) e comunicação estudados na área de Semiótica (Eco, 2021; Peirce, 2020), onde a representação é uma parte fundamental do signo. Resumidamente, um signo pode ser considerado como um conteúdo específico estudado. O aluno geralmente não conhece representações possíveis de um conteúdo desconhecido ou não observável a olho nu. Então, ele enfrentará dificuldades para imaginar sozinho uma representação mental adequada para este conteúdo desconhecido. Nesse caso, é fundamental que o aluno receba um suporte apropriado que lhe auxilie a criar sua própria representação mental do conteúdo. A partir da representação mental pelo aluno, ele poderá compreender melhor o conteúdo, raciocinar sobre ele e memorizá-lo. Essa representação pode ser estática, como numa imagem, ou dinâmica, como em vídeo ou animação interativa. Conceitos relacionados com dinâmicas que evoluem com o tempo, tal como o processo de respiração celular, costumam ser melhor apresentados por representações dinâmicas. No aplicativo RevisApp, a representação da osmose em um objeto transparente conhecido pelos alunos (um copo) pode favorecer a imaginação deste processo, principalmente se as cores mudassem conforme a evolução da dinâmica de concentração de substâncias (esquerda da Figura 5).

¹ Este trabalho considera conteúdo abstrato aquele que não possui representação visual (ou em qualquer outro modo de percepção humana) de forma natural. Eles sempre são associados arbitrariamente a uma representação criada por um ser humano.

Característica 6.2 – Orientar ou apresentar exemplos de como transitar entre diferentes níveis de abstração do conteúdo durante o raciocínio. Ainda que o aluno tenha assimilado conhecimentos e relações que possam ser organizados em diferentes níveis de abstração, ele ainda pode ter dificuldade de alterar seu foco de atenção percorrendo subsunçores e relações presentes na sua estrutura cognitiva. Por exemplo, o aluno pode ter dificuldade de alternar sua atenção (navegar) entre os níveis de abstração de: organela, célula, tecido, órgão, sistema e de organismo, nos dois sentidos. Alguns fatores que podem contribuir com esta dificuldade são (1) não saber fazer este tipo de raciocínio, (2) não ter prática e (3) possuir limitações cognitivas para fazê-lo. Então, é desejável que o aplicativo ofereça um bom suporte para que o aluno (1) direcione seu foco de atenção para determinado nível de abstração, (2) diferencie e identifique diferentes níveis de abstração e (3) raciocine sobre partes da sua estrutura cognitiva de modo a transitar entre os níveis de abstração identificados. A tela da direita na Figura 6 mostra um bom exemplo dessa característica, pois o aplicativo RevisApp auxilia o aluno a transitar da molécula de sacarose para a ligação entre uma molécula de glicose e frutose. Depois transita do nome das moléculas para suas fórmulas estruturais.

4. Discussões

Quando um aluno consegue superar as dificuldades de aprendizagem consideradas neste trabalho, ele poderá ter desenvolvido uma capacidade cognitiva de relacionar muitos conteúdos com raciocínios complexos e abstratos. No contexto da Biologia, isso pode significar que o aluno foi capaz de entender os diferentes modos de manifestação da vida com seus vários níveis de organização (Amabis et al., 2020) e de realizar o pensamento biológico (Bertoni & Luz, 2011; Krasilchik, 2004).

A ausência de relações explícitas entre conteúdos interdisciplinares contribui para a fragmentação na estrutura cognitiva do aluno (Ausubel, 2003), e, conseqüentemente, dificulta o processo de aprendizagem numa perspectiva interdisciplinar. Sem uma base interdisciplinar adequada na sua estrutura cognitiva, o aluno enfrentará muitas dificuldades para desenvolver raciocínios interdisciplinares. Essas dificuldades podem ser diminuídas com auxílio de aplicativos ou outros materiais didáticos adequados, como aqueles com as características propostas neste trabalho.

Alguns trabalhos anteriores propuseram métodos de avaliação de objetos de aprendizagem digitais com diretrizes que devem ser verificadas (Maciel & Backes, 2013; Reategui & Finco, 2010). Essas diretrizes definem características desejáveis em objetos de aprendizagem que podem auxiliar o aluno no processo de aprendizagem. Por exemplo, as diretrizes propostas por Reategui e Finco (2010) para essa avaliação estão organizadas em aspectos pedagógicos (abordagem comportamentalista, abordagem construtivista, abordagem sócio-interacionista, adaptação aos estilos de aprendizagem, adaptação da forma de apresentação do conteúdo) e aspectos técnicos (robustez, portabilidade, emprego de imagens, apresentação das informações, orientação e navegação, interatividade, estética, afetividade). Já as diretrizes propostas por Maciel e Backes (2013) com base em (Morgado; García-Peñalvo & Ruíz, 2006) estão organizadas em: psicopedagógica (motivação e atenção, desenho profissional, nível de dificuldade, interatividade e criatividade), didático-curricular (contexto, objetivo, tempo de aprendizagem, conteúdo, atividades e realimentação), layout da interface (texto, imagem, animação, multimídia, som e vídeo) e layout de navegação (página inicial e navegabilidade). Os métodos de avaliação destes autores já foram empregados por outros trabalhos para avaliar objetos de aprendizagem digitais (Protázio; Santos-Oliveira & Protázio, 2019; Cravo & Espartosa, 2021).

Quando as características desejáveis em aplicativos propostas neste trabalho são comparadas com as diretrizes de Maciel e Backes (2013) e de Reategui e Finco (2010), é possível identificar características semelhantes e diferentes. A Tabela 2 apresenta o resultado da comparação de características semelhantes. Os três trabalhos possuem características relacionadas com a motivação do aluno no processo de aprendizagem, porém em perspectivas diferentes. No primeiro, a motivação é estimulada por meio do emprego de objetivo, tarefa ou atividade. No segundo, por meio de questionamentos em situações-problema. No terceiro, por meio de uma apresentação atrativa do conteúdo e apresentação explícita do objetivo de aprendizagem. Os três trabalhos também possuem características que exploram diferentes formas de representação do conteúdo. Eles propuseram ainda características relacionadas com a forma de apresentação do conteúdo para adequá-la aos alunos. O principal diferencial deste trabalho neste caso foi aplicar a teoria da Aprendizagem Significativa. Apenas este trabalho e o de Maciel e Backes (2013) propõem características semelhantes sobre a ordem de apresentação do conteúdo e sobre reforço para memorização.

Tabela 2

Semelhanças entre as características propostas neste trabalho com as propostas em trabalhos relacionados.

Características desejáveis em aplicativos educacionais propostas neste trabalho	Critérios de avaliação de Objetos de Aprendizagem enunciados por (Reategui & Finco, 2010)	Critérios de avaliação de Objetos de Aprendizagem enunciados por (Maciel & Backes, 2013)
1.1 Orientar explicitamente sua leitura e seu uso por um objetivo, uma tarefa ou atividade.	Propõe questões que incentivam a memorização? Propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação? (Neste trabalho não foram utilizadas situações-problemas, mas sim questões provocativas a fim de estimular a reflexão dos alunos e formulação de hipóteses).	A apresentação deve ser atraente e original para captar a atenção e manter o interesse dos alunos. (Apesar de os autores terem usado o termo atenção, seu significado foi interpretado como motivação, ou seja, o interesse de prestar atenção em si e não o próprio ato de prestar atenção.) Indica o que se espera ser aprendido: o aluno deve ser consciente do que deve aprender.
1.4 Oferece diferentes formas de representação do conteúdo.	As imagens são empregadas para ilustrar conceitos e explicações ao invés de apenas decorar as páginas?	Apresenta informações em diferentes formatos (texto, áudio, etc.)
1.5 Apresentar consistência no vocabulário e entre as diferentes representações do conteúdo.	O número de imagens apresentados em cada página é adequado, considerando-se que a presença excessiva de imagens pode gerar sobrecarga cognitiva - terminando por prejudicar os processos de aprendizagem?	Imagens esclarecem informações textuais. As animações atraem a atenção dos usuários com destaque para as partes relevantes.
1.6 Apresenta imagem em tamanho legível.		Utiliza o vídeo justificadamente só quando puder apontar algo.
2.1 Apresentar novos	Apresenta os conteúdos de	Apresenta informação suficiente e

conteúdos relacionados com o conhecimento prévio do aluno.	maneira apropriada, podendo adequar sua utilização ao nível de conhecimento de cada aprendiz?	apropriada ao nível educativo. Apresenta informação complementar para ajudar a melhorar a compreensão do conteúdo.
2.2 Relacionar novos conteúdos ao cotidiano do aluno.		Verifica se o idioma utilizado nos conteúdos é pertinente aos objetivos da instrução.
2.3 Explicar novos conteúdos para o aluno.		
3.1 Apresentar novos conteúdos de uma área relacionados com conteúdos da etapa atual da educação.		
3.2 Apresentar os conteúdos em uma ordem lógica e compreensível.		Organiza parágrafos curtos sem romper os parágrafos na continuidade das ideias que se expõem nelas.
1.6 Oferecer exercícios de fixação		Atividades ajudam a reforçar os conceitos.
1.7 Oferecer revisão do conteúdo		Conhecimentos são reforçados através de exercícios ou autoavaliações.

Fonte: Autoria própria.

Apesar de existirem essas características semelhantes, vale destacar os diferenciais deste trabalho em relação aos anteriores citados. As características propostas neste trabalho tiveram como fundamentação teórica a Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003), características de softwares que influenciam os processos cognitivos (Johnson, 2020) e os processos de interpretação e comunicação (Eco, 2021; Peirce, 2020). Nenhum dos trabalhos anteriores teve a mesma fundamentação teórica. As características propostas neste trabalho contemplaram dificuldades de aprendizagem (Bezerra; Alves, 2021) relacionadas à interdisciplinaridade, ao pensamento abstrato e às relações entre áreas de um mesmo componente curricular, para evitar a fragmentação do conteúdo e limitar o enriquecimento da estrutura cognitiva. Estes aspectos também estão ausentes nos trabalhos anteriores. Outro diferencial notável é o maior detalhamento das características propostas neste trabalho sobre o que tende a auxiliar o processo de aprendizagem, quando comparado aos trabalhos anteriores.

5. Considerações finais

Pelo uso de aplicativos ou softwares educacionais, também chamados de objetos de aprendizagem, com objetivos pedagógicos em diferentes contextos e níveis educacionais, este trabalho se dedicou a investigar características que estes aplicativos precisam ter para apoiar adequadamente a aprendizagem. Como resultado, foram propostas 21 características desejáveis (também chamadas de diretrizes ou recomendações) a aplicativos educacionais que promovam o conhecimento interdisciplinar e o pensamento abstrato dos alunos. Os aplicativos educacionais (ou recursos didáticos semelhantes) deveriam aplicar essas características no seu conteúdo, na forma de organizá-lo, na sua interface com usuário e no processo de interação com o usuário aluno, para favorecer o processo de aprendizagem. De forma análoga e complementar, eles também deveriam

evitar apresentar características opostas às aquelas propostas para diminuir as chances de prejudicar a aprendizagem.

As 21 características propostas neste trabalho são bem abrangentes e podem ser utilizadas com diferentes propósitos. Ainda que haja semelhanças entre as características propostas neste trabalho e outras presentes na literatura (Maciel & Backes, 2013; Reategui & Finco, 2010), este trabalho traz como contribuição principal um aprofundamento em aspectos relevantes para promover a interdisciplinaridade e desenvolver o pensamento abstrato. Esses aspectos não haviam sido endereçados anteriormente. O nível de detalhamento das características propostas neste trabalho tem o potencial de auxiliar os profissionais envolvidos no desenvolvimento de aplicativos educacionais, pois endereçam aspectos mais específicos que podem contribuir com a aprendizagem. Se as características fossem enunciadas de formas mais gerais, os desenvolvedores provavelmente teriam mais dificuldades em compreendê-las e menos segurança em aplicá-las no desenvolvimento de aplicativos educacionais.

A princípio, as 21 características propostas podem ser aplicadas em conteúdos de diversas áreas em diferentes componentes curriculares de vários níveis de ensino, onde ocorram dificuldades de aprendizagem semelhantes às consideradas. Essas características podem ser utilizadas para orientar a análise, a avaliação, o projeto, o desenvolvimento e a melhoria de aplicativos e recursos didáticos semelhantes. Já existem trabalhos na literatura que ilustram esse potencial. Por exemplo, Protázio, Santos-Oliveira e Protázio (2019) utilizaram as diretrizes de Reategui e Finco (2010) para avaliar softwares para o ensino de evolução das espécies. Já Cravo e Espartosa (2021) utilizaram as diretrizes de Maciel e Backes (2013) para avaliar simulações digitais interativas de Biologia. Então, trabalhos futuros deveriam explorar diferentes aplicações das características aqui propostas, durante a execução de várias atividades do processo de desenvolvimento de aplicativos educacionais que busquem promover conhecimentos interdisciplinares e o pensamento abstrato dos alunos.

Referências

- Albano, W. M., & Delou, C. M. C. (2024). Principais dificuldades descritas no aprendizagem de química para o ensino médio: Revisão sistemática. *Debates em Educação*, 16(38), e16890.
- Amabis, J. M., Martho, G. R., Ferraro, N. G., Penteado, P. C. M., Torres, C. M. A., Soares, J., Canto, E. L. do, & Leite, L. C. C. (2020). *Moderna plus: Ciências da natureza e suas tecnologias*. Moderna.
- Anunciato, M. (2020). *Mobile learning: Um breve panorama do uso pelo mundo* [Dissertação, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo]. <https://repositorio.pucsp.br/xmlui/handle/handle/23420>
- Ausubel, D. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Plátano Edições Técnicas.
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional* (2.ª ed.). Interamericana.
- Aviz, W. M. A., Vasconcelos, A. E. R., & Lozada, C. O. (2021). O uso dos aplicativos Photomath e Toon Math no ensino de matemática. *Boletim Cearense de Educação e História da Matemática*, 8(23), 721-737.
- Baran, S. J. (2020). *Introduction to mass communication: Media literacy and culture* (11.ª ed.). McGraw-Hill College.
- Bardin, L. (2015). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Barroso, M. F., Rubini, G., & Silva, T. (2018). Dificuldades na aprendizagem de física sob a ótica dos resultados do Enem. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40, e4402.
- Bertoni, D., & Luz, A. A. (2011). Estilos de pensamento biológico sobre o fenômeno vida. *Revista Contexto & Educação*, 26(86), 23–49.

- Bessa, V. da H. (2008). *Teorias da aprendizagem*. IESDE Brasil.
- Bezerra, H. P. S., & Alves, J. M. (2021). Revisão da literatura sobre dificuldades de aprendizagem de biologia no ensino médio. In *XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XIII ENPEC EM REDES*, 1–7. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76261>
- Binder, T., Sandmann, A., Sures, B., Friege, G., Theyssen, H., & Schmiemann, P. (2019). Assessing prior knowledge types as predictors of academic achievement in the introductory phase of biology and physics study programmes using logistic regression. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0189-9>
- Carroll, J. M. (2003). *HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science*. Elsevier.
- Cravo, A. R., & Espartosa, K. D. (2021). Avaliação de simulações interativas em ciências da Plataforma on-line “Phet” por meio de parâmetros de avaliação e de oficinas com futuros docentes. *Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio*, 658–679.
- Eco, U. (2021). *Tratado geral de semiótica*. Perspectiva.
- Farias, G. B. (2022). Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 27, 58–76. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/39999>
- Fazenda, I. (Org.) (2017). *Didática e interdisciplinaridade*. Papirus Editora.
- Fernandes, E. C. S., & Brasileiro, T. S. A. (2020). Aprendizagem móvel: O uso do smartphone como ferramenta pedagógica como recurso educacional. *Amazônica - Revista de Psicopedagogia, Psicologia escolar e Educação*, 24(1), 381-401.
- Fonseca, F. K. M., & Silva, B. S. (2024). Uma revisão de aplicativos de smartphone para estudo de biologia no ensino médio. *Revista Ponto de Vista*, 13(3), 01–20. <https://doi.org/10.47328/rpv.v13i3.16643>
- Fonseca, F. K. M., & Silva, B. S. (2025). Uso de aplicativos móveis nas práticas pedagógicas de biologia no contexto brasileiro: Uma revisão da literatura. *Revista Espaço Pedagógico*, 32, e16387–e16387. <https://doi.org/10.5335/rep.v32.16387>
- Gil, A. C. (2022). *Como classificar as pesquisas* (7.ª ed.). Atlas.
- Guerra, L. B. (2011). O diálogo entre a neurociência e a educação: Da euforia aos desafios e possibilidades. *Revista Interlocução*, 4(4), 3–12.
- Johnson, J. (2020). *Designing with the mind in mind: Simple guide to understanding user interface design guidelines* (3.ª ed.). Morgan Kaufmann.
- Kenski, V. M. (2007). *Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação*. Papirus Editora.
- Krasilchik, M. (2004). *Prática de ensino de biologia* (4.ª ed.). Edusp.
- Maciel, C., & Backes, E. M. (2013). Objetos de aprendizagem, objetos educacionais, repositórios e critérios para a sua avaliação. In C. Maciel (Org.), *Educação a distância: Ambientes virtuais de aprendizagem* (p. 159–196). EdUFMT.
- Moran, J. (2019). *Metodologias ativas de bolso: Como os alunos podem aprender de forma ativa, simplificada e profunda*. Editora do Brasil, S.A.
- Moreira, M. A. (2011). *Teorias de aprendizagem* (2ª ed). EPU.
- Morgado, E. M. M., García-Peñalvo, F. J., & Barrón Ruíz, Á. (2006). *LOs instructional design based on an ontological model to improve their quality*. 441–448. https://www.researchgate.net/publication/39698148_LOs_instructional_design_based_on_an_ontological_model_to_improve_their_quality
- Peirce, C. S. (2020). *Semiótica*. Perspectiva.

Pelizzari, A., Kriegel, M. L., Baron, M. P., Finck, N. T. L., & Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, 2(1), 37–42.

Protázio, A. S., Santos-Oliveira, M. F. S., & Protázio, A. S. (2019). Análise de software para o ensino de evolução através de critérios pedagógicos e computacionais. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 24, 44–55.

Reategui, E., & Finco, M. D. (2010). Proposta de diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem considerando aspectos pedagógicos e técnicos. *Renote*, 8(3), Artigo 3.

Silva, K. J., & Neuenfeldt, D. J. (2024). Uso de aplicativos móveis no ensino de língua inglesa. *Revista Espaço Pedagógico*, 31, e15911–e15911. <https://doi.org/10.5335/rep.v31.15911>

Yıldız, G., Yıldırım, A., Akça, B. A., Kök, A., Özer, A., & Karataş, S. (2020). Research trends in mobile learning. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(3), 175–196. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i3.4804>