

# Contribuições e Limitações no Uso de Recursos de Realidade Aumentada para o Ensino de Biologia: uma revisão sistemática de literatura

Lucas Gonçalves da Cunha<sup>1</sup>, Felipe Becker Nunes<sup>1</sup>

Centro de Educação - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Av. Roraima nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil. CEP: 97105-900

{lucas.cunha,nunesfb}@gmail.com

**Resumo.** *A Realidade Aumentada vem ganhando espaço na repaginação de processos relacionados ao ensino-aprendizagem. Diante disso, resolvemos analisar o estado da arte quanto à utilização da Realidade Aumentada para o ensino de biologia através de dispositivos móveis. Para tal, realizamos uma pesquisa documental baseada na metodologia Revisão Sistemática de Literatura, que resultou na análise de 24 trabalhos. Como principais resultados observamos que a realização de estudos envolvendo educação e RA, está ligada à disponibilidade de recursos elaborados por terceiros, como aplicativos e modelos tridimensionais, sendo a elaboração desses modelos uma das maiores limitações para a inserção da RA na educação.*

**Palavras-chave:** *Realidade Aumentada, Ensino de Ciências, Dispositivos Móveis, Ensino-Aprendizagem.*

**Abstract.** *Augmented Reality has been gaining space in the redesign of processes related to teaching and learning. Therefore, we decided to analyze the state of the art regarding the use of Augmented Reality for teaching biology through mobile devices. To this end, we carried out a documentary research based on the Systematic Literature Review methodology, which resulted in the analysis of 24 studies. As main results, we observed that carrying out research involving education and AR is linked to the availability of resources developed by third parties, such as applications and three-dimensional models, with the development of these models being one of the greatest limitations for the insertion of AR in education.*

**Keywords:** *Augmented Reality, Science Teaching, Mobile Devices, Teaching-Learning.*

## 1. Introdução

Historicamente, a grande carga cognitiva intrínseca à natureza dos objetos do conhecimento tratados na área do ensino de biologia, aliada a abordagens de ensino e avaliação convencionais e engessadas, são apontados pela literatura como um fator-chave na construção de atitudes negativas dos alunos em relação ao ensino de ciências [Weng, 2019]. A complexidade vinculada aos conceitos exige dos educandos alto poder de abstração, visto que, elementos e partes dos processos nem sempre são visíveis a olho nu ou possíveis de acompanhar em curtos espaços de tempo. A falha em

perceber a contextualização desses conhecimentos leva a uma sensação de fracasso por parte dos alunos [Celik et al. 2020].

Nesse sentido, a inserção das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's), na educação, é tida como uma importante ferramenta, que possibilita a elaboração de recursos educacionais capazes de contextualizar a sala de aula ao tempo em que os educandos do agora e do amanhã vivem. Ao refletir sobre os avanços e a popularização dos dispositivos móveis, bem como, sua presença constante nos ambientes formais de educação, a potencialidade da utilização da Realidade Aumentada (RA) no contexto educacional amplia-se. Considerando a capacidade que a RA possui em aguçar a curiosidade e envolver afetivamente os alunos no processo de investigação de certo objeto, a área da educação é apontada como uma das que mais pode se beneficiar com as tecnologias de RA [Tori & Hounsell, 2018].

A popularização do uso das TIC's na educação, provocou o desenvolvimento de estudos e bases teóricas que buscam metodologias adequadas para suportar os processos de ensino-aprendizagem mediados por tecnologias digitais. Entre os objetivos da inserção das TIC's na educação, está a perspectiva de oferecer aos educandos um ensino não mais baseado somente na transferência de conhecimentos, mas que também ocupe diferentes práticas que oportunizem a significação dos objetos do conhecimento. A migração de uma sala de aula meramente expositiva para um ambiente de mediação dinâmico e interativo, pode ser fomentada com a utilização de recursos como a RA [Carvalho & Ivanoff, 2014].

Assim, a realização deste trabalho teórico se justifica pela necessidade de elaborar uma ferramenta para apontar possibilidades no desenvolvimento de projetos com RA por dispositivos móveis para o ensino de biologia, visto que a crescente utilização da RA deve, ao lado da realidade virtual (RV), conquistar cada vez mais espaço no campo do ensino e da aprendizagem. Em revisões de literatura numa perspectiva mais ampla (educação), é apontado o crescimento contínuo das publicações de pesquisas na área da RA na educação [Zorzal et al. 2018; Kletemberg et al. 2021].

Na perspectiva das TIC's no ensino de biologia, a RA oportuniza o redesenho dos processos de ensino, tendo como base sua dinâmica de enriquecimento do ambiente real, facilitando a visualização de conteúdos abstratos [Garzón et al., 2017]. A ciência da imersividade da RA, que apresenta aos alunos, vídeos, imagens, sons e modelos tridimensionais alinhados ao ambiente real, associada às corretas perspectivas teóricas, por exemplo, o ensino por investigação, abre novas perspectivas para um alinhamento adequado entre as TIC's e os objetivos educacionais.

No contexto da RA, trabalhos como o de Quinquilo (2020), mostram o aumento no interesse dos alunos pelos objetos do conhecimento que serão trabalhados em aula, ponto observado não só no momento da mediação dos conteúdos, mas também nas atitudes e comportamentos que antecederam o dia da utilização do recurso.

A utilização de tecnologias atrativas para a sistematização dos conhecimentos, como a RA, chama a atenção de professores e pesquisadores, gerando uma série de pesquisas que buscam, a partir de metodologias de revisão documental, avaliar o estado da arte da RA na educação de acordo com diferentes perspectivas. Em Rezende et al.,

(2021), a utilização da RA na Educação Básica é investigada numa perspectiva semelhante à aqui apresentada, a investigação de potencialidades. Os autores identificaram o potencial da RA quando utilizada no contexto de práticas pedagógicas bem orientadas pela consideração aos seguintes contextos de aprendizagem:

aprendizagem baseada em investigação (*inquiry-based learning*), desenvolvimento do pensamento computacional... exploração de conteúdos em STEAM... e aprendizagem colaborativa remota [Rezende et al., 2021, não paginado].

Nesse sentido, percebem-se as diferentes vertentes do pensamento tecnológico e educacional que podem ser utilizadas para guiar as práticas educacionais com RA na educação em geral. A utilização da RA, na educação básica, é especialmente eficaz no sentido de promover experiências adequadas a alunos que não se adaptam às metodologias tradicionais de ensino [Rezende et al. 2021]. Da mesma forma, na revisão integrativa de literatura de Klettemberg et al. [2021], a utilização da RA móvel baseada em STEAM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), apontou haver melhoras na pontuação média de alunos na alfabetização científica quando em comparação com alunos sujeitos ao aprendizado convencional.

Por outro lado, alguns pontos ainda não estão bem testados e avaliados quanto às questões relacionadas à aprendizagem e ao engajamento. Na revisão integrativa apresentada anteriormente, são apontadas diferenças entre resultados obtidos e comparados entre grupos experimentais e de controle. Inicialmente, quanto à aprendizagem, os resultados apontaram não haver diferença significativa entre a utilização da RA em comparação com diferentes tipos de mídias, seguido da questão sobre motivação e engajamento, em que autores identificaram uma melhora na sensação de participação pelos alunos, o que, entretanto, não traduz necessariamente a melhora no engajamento, mas sim a diminuição do tédio em sala de aula [Klettemberg et al. 2021].

Na perspectiva das especificidades do ensino de biologia, em Klettemberg et al. [2021], a área das ciências da natureza, especialmente os conteúdos enquadrados nas questões sobre a vida e evolução, conforme a BNCC, é apontada como aquela que mais tem se beneficiado da RA. Entretanto, uma pesquisa no cenário nacional mostrou não haver estudos sobre o estado da arte no contexto do ensino-aprendizagem da biologia. Apesar da literatura contar com pesquisas na área citada, o desenvolvimento dessas é pautado em metodologias aplicadas de desenvolvimento e análise dos processos de acordo com, por exemplo, a metodologia de estudo de caso [Richelly & Bertolini, 2020].

Considerando isso, a problemática desta investigação diz respeito à compreensão da utilização tecnologia de RA no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, o objetivo deste artigo foi relatar uma investigação sobre as potencialidades e limitações no uso de recursos com RA para o ensino de biologia. Para tal, foi selecionada a metodologia de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) conforme as etapas propostas por Kitchenham et al. [2007]. Para delimitar o escopo desta pesquisa, as investigações

foram direcionadas à análise dos objetos do conhecimento, das metodologias e a compreensão das bases teóricas que sustentam a utilização da RA na educação, bem como as metodologias de avaliação, que interferem diretamente nos resultados obtidos em cada pesquisa analisada.

O texto está organizado em duas seções. Em 2, é apresentado o delineamento metodológico utilizado desde a definição das questões de pesquisa, as bases de dados, os critérios para a seleção dos trabalhos e a forma de tabulação e análise dos conteúdos. Na seção 3 são apresentadas a forma de condução da mineração dos dados dos estudos e os resultados separados conforme as questões de pesquisa definidas.

## **2. Procedimentos metodológicos**

O estudo caracteriza-se como exploratório, adotando como processo de condução a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) proposta por Kitchenham et al. [2007], para realizar um levantamento e análise de dados de forma confiável, mantendo rigor científico, podendo ser executada e estudada em novos contextos de avanços teóricos e tecnológicos.

Para o levantamento de pesquisas envolvendo tecnologias e discussões atuais, foi selecionado o recorte temporal dos últimos 10 anos. De acordo com o procedimento adotado, a pesquisa foi segmentada em três fases: planejamento, execução e análise. Primeiramente foi estabelecido um protocolo, com a determinação das questões de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão, as fontes para coleta de dados e a definição de uma *string* de pesquisa. Na fase de execução, a *string* de busca foi utilizada para a mineração de estudos relevantes nas fontes selecionadas na primeira etapa. Por fim, o material retornado pelas bases de dados foi analisado, com objetivo de extrair os dados necessários para fomentar a construção de respostas às contribuições e limitações no uso de recursos com RA para o ensino de biologia.

Visto o objetivo principal deste estudo, as seguintes questões de pesquisa foram definidas:

**QP1:** Quais são os objetos do conhecimento trabalhados nos estudos?

**QP2:** Quais são as metodologias e bases teóricas utilizadas?

**QP3:** Qual o público-alvo e como as práticas são avaliadas?

**QP4:** Quais os resultados obtidos?

A *string* de busca foi desenvolvida com a intenção de executar uma busca abrangente, retornando, em um primeiro momento, o maior número de pesquisas que envolvessem ensino e aprendizagem de biologia mediado pela tecnologia de RA. Para isso foram selecionados os conceitos centrais e sinônimos, ficando a *string* definida como: (“*augmented reality*” OR “*mixed reality*”) AND (“*biology*” OR “*science*” OR “*biological science*”) AND (“*teaching*” OR “*learning*” OR “*education*”). Conforme o banco de dados pesquisado, a *string* de busca precisou ser adaptada para que o mecanismo de busca retornasse pesquisas consoante às perguntas pré-estabelecidas. O levantamento dos estudos foi realizado nos seguintes bancos de dados: *Institute of Education Sciences (ERIC)*, *IEEEExplore*, *Elsevier Computers & Education e*

*Computers in Biology and Medicine, Web of Science e Springer Link*. As buscas ocorreram no período de 20/06/2021 a 25/07/2021.

## 2.1 Critérios de seleção

Os critérios de inclusão e exclusão foram selecionados para refinar os resultados visando a análise de pesquisas que foram e podem ser aplicadas e replicadas em sala de aula com dispositivos móveis, também sendo considerados nesta revisão artigos resumidos de 2 a 5 páginas.

**Tabela 1. Critérios de inclusão e exclusão dos artigos selecionados para a pesquisa**

Critérios de Inclusão (CI)	Critérios de Exclusão (CE)
(CI1) O estudo apresenta desenvolvimento ou aplicação de recursos de RA	(CE1) Estudos teóricos e filosóficos
(CI2) O estudo foi aplicado na área do ensino de biologia	(CE2) Estudos na área da química ou física
(CI3) O desenvolvimento se deu por meio de dispositivos móveis	(CE3) Estudos que não incluem dispositivos móveis
(CI4) Há clara apresentação dos resultados	(CE4) RSL e documentos técnicos
	(CE5) Artigos duplicados

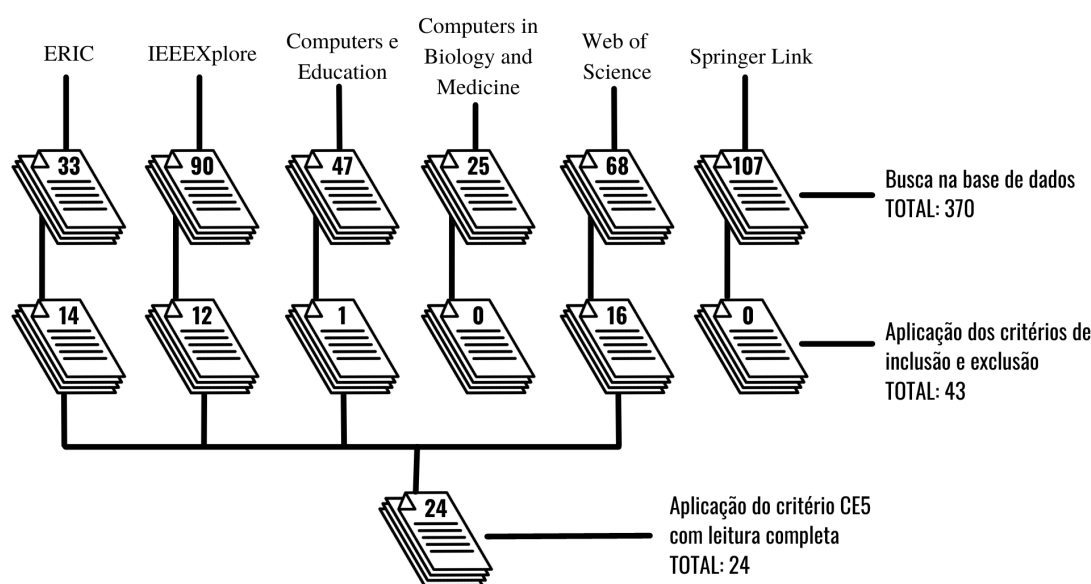
Visando a seleção de pesquisas que dialogassem com o escopo deste trabalho, foram elaborados os critérios de exclusão, os quais são apresentados na Tabela 1 e tem por objetivo o descarte de trabalhos teóricos e filosóficos, bem como de estudos fora da área do ensino de biologia e que não tenham sido aplicados e avaliados no contexto educacional. Inicialmente a filtragem dos artigos foi realizada mediante a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, o que possibilitou, na maioria dos trabalhos, realizar a aplicação dos filtros CI1 a CI4 e CE1 a CE4. As pesquisas, cujo resumo não deixava claro algum dos critérios, foram admitidas com ressalva, para serem melhor analisadas. Por último, a etapa de leitura completa permitiu a aplicação do critério CE5.

Para responder às questões de pesquisa, foi desenvolvida uma tabela contendo os seguintes dados: título do artigo, ano, público-alvo, base de dados, tamanho da amostra, objeto do conhecimento, metodologia de RA, plataforma de desenvolvimento, aplicação ou desenvolvimento, como é a metodologia, aporte educacional, objetivo da pesquisa, método de análise, instrumento de coleta de dados, metodologia de avaliação e resultados.

## 3. Condução e resultados

Três etapas de leitura compuseram a etapa de seleção dos artigos e levantamento de dados. A figura 1 apresenta o diagrama do fluxo do processo da revisão, a partir da

inserção da *string* de busca nas bases de dados selecionadas. Primeiramente a pesquisa retornou um total de 370 artigos, dos quais, após a análise descrita em “critérios de seleção”, 42 atenderam aos critérios CI1 a CI4 e CE1 a CE4, passando para a fase de leitura completa. Na última etapa de análise, a leitura completa e aplicação do critério de exclusão CE5 (artigos similares ou duplicados), levou a seleção de 25 pesquisas para análise.



**Figura 1. Diagrama do fluxo processual da revisão**

Após a definição dos artigos para leitura completa, a análise integral das pesquisas permitiu a visualização de trabalhos que não se encaixavam no escopo desta RSL. A utilização da *string* de busca “*mixed reality*” exigiu a exclusão de trabalhos relacionados às áreas da realidade virtual (RV) e da robótica. Estudos na área de interfaces também foram excluídos, os termos “*Augmented* e *Mixed reality*” retornaram pesquisas em que o principal objetivo foi a verificação da interação entre interface homem-máquina e cérebro-computador. Restando, ao final do fluxo de análise, 24 trabalhos, utilizados para responder às questões de pesquisa descritas a seguir.

### 3.1 Quais as áreas do conhecimento estudadas com RA?

Para responder essa pergunta, durante a fase de leitura completa, foram identificados os objetos do conhecimento trabalhados em cada pesquisa. Tais objetos do conhecimento podem ser observados no Quadro 1, que apresenta um panorama dos conteúdos e os respectivos contextos em que a RA vem sendo trabalhada por dispositivos móveis para o ensino de biologia.

#### Quadro 1. Áreas do conhecimento e contextos de aplicação

Objetos do conhecimento	Autores	Contexto educativo	Contexto de aplicação
Anatomia Humana	Gnidovec et al. [2020]	Sala de aula	Livro didático como marcadores para ensino sobre sistema circulatório.
	Celik et al. [2020]	Laboratório	Cartaz com marcador para abordar morfologia e fisiologia do coração.
	Nuanmeesri et al. [2019]	Sala de aula	Marcadores impressos para abordar morfologia e fisiologia do coração.
	Fuchsova & Korenova, [2019]	Sala de aula	Marcadores impressos para abordar estruturas do cérebro e sistema endócrino.
	Kouzi et al. [2019]	Sala de aula	Aplicação de marcadores impressos para abordar o sistema musculoesquelético.
	Nuanmeesri, [2018]	Pátio da escola	Desenvolvimento de aplicativo baseado em marcadores para abordar o coração.
	Alenezi, [2019]	Sala de aula	Apresentação da anatomia do coração com aplicativo baseado em giroscópio.
Zoologia	Arslan et al. [2020]	Sala de aula	Livro didático como suplemento e aplicativo com giroscópio para o ensino sobre anatomia e fisiologia.
	Tarng & Liang, [2012]	Área aberta	Utilização de bússola e <i>GPS</i> no desenvolvimento de um app para o ensino da ecologia de borboletas.
	Savitri et al. [2019]	Sala de aula	Utilização de marcadores impressos com características relacionadas à classificação animal.
	Verdes et al. [2021]	Museu	Desenvolvimento de ferramenta para ensino <i>on-line</i> + adição de marcadores junto a espécimes animais em um museu de zoologia.
	Iftene & Trandabat, [2018]	Sala de aula	Aplicativo baseado em marcadores para abordar diferentes animais.
Bioquímica	Hoog et al. [2020]	Laboratório	Marcadores impressos como rótulos de bebidas para abordar estruturas moleculares de proteínas.
	Garzón et al. [2017]	Sala de aula	Marcadores impressos para ensinar alterações em estruturas moleculares.
	Erbas & Demirer, [2018]	Sala de aula	Marcadores impressos para abordar diferenças estruturais entre algas, protozoários e células vegetais.
	Peterson et al. [2019]	Laboratório	Utilização de viseira com giroscópio para visualização de estruturas moleculares de proteínas.
	Safadel & White, [2018]	Sala de aula	Utilização de aplicativo baseado em giroscópio para abordar estrutura molecular de proteínas.
Botânica	Qamari & Ridwan, [2017]	Sala de aula	Marcadores em <i>cards</i> impressos para abordar plantas dicotiledôneas.
	Nobnop et al. [2020]	Comunidade	Livreto desenvolvido com marcadores para abordar plantas medicinais.
Ecossistema	Wang et al. [2019]	Sala de aula	Jogo de tabuleiro desenvolvido com marcadores para abordar conceitos sobre ecossistema.
	Huang et al. [2016]	Jardim	Desenvolvimento de aplicativo que reconhece a planta como marcador e

		botânico	sobreposição de informações da espécie.
Microbiologia	Wildan et al. [2019]	Laboratório	Utilização de marcadores em placas de ágar, para abordar o cultivo de bactérias.
Biotecnologia	Weng et al. [2019]	Sala de aula	Livro didático como marcador para abordar biotecnologia alimentar.
Laboratório de biologia	Chang & Shiang, [2018]	Sala de aula	Livro didático como marcador para abordar conteúdos de laboratório.

No grupo de trabalhos analisados, a partir do levantamento dos dados, os conhecimentos sobre anatomia humana foram os mais trabalhados com RA por meio de dispositivos móveis. Se por um lado o desenvolvimento de recursos demanda equipes multidisciplinares, que essencialmente considerem saberes relativos ao objeto do conhecimento, bem como, à área das tecnologias, por outro, a existência de diversos aplicativos sobre anatomia humana, nativos para *smartphones*, facilitam a realização de intervenções mediadas por esses recursos.

Assim, das 24 pesquisas que atenderam aos critérios de seleção, sete tratam sobre objetos do conhecimento na área da anatomia humana, sejam pesquisas com o desenvolvimento de aplicativos com RA [Gnidovec et al. 2020; Nuanmeesri et al., 2019], ou com a utilização de aplicativos pré-existentes [Celik et al. 2020; Fuchsova e Korenova, 2019]. Desse modo, dentre os objetos do conhecimento levantados neste estudo, a anatomia humana foi a área do conhecimento biológico mais tratada nas pesquisas, tendo, os profissionais da área da educação, além da possibilidade de encontrarem aplicativos robustos para mediação, suporte na literatura, com informações sobre metodologias, contextos de aplicação e resultados.

A área de Zoologia aparece em cinco trabalhos, com metodologias detalhadas para o trabalho em sala de aula, como em [Savitri et al. 2019], no qual os pesquisadores utilizaram marcadores com características de animais para ensinar sobre classificação animal. No trabalho de Arslan et al. [2020], um aplicativo com RA foi desenvolvido através de um sistema de posicionamento tridimensional com o giroscópio, tecnologia presente em *smartphones* que permite ao aparelho a leitura da direção para a qual o aparelho está apontado.

Por outro lado, os aplicativos dessa área do conhecimento se mostraram bem flexíveis quanto a sua aplicação, como nos casos [Tarng & Liang, 2012] em que foi desenvolvido, com as tecnologias da bússola e do GPS, um aplicativo para aprender sobre ecologia de borboletas em área aberta. Outro exemplo pode ser observado em [Verdes et al. 2021], em que é relatado o desenvolvimento de uma ferramenta para o ensino *on-line* sobre invertebrados que, posteriormente, foi ocupada para



enriquecimento de um espaço não formal de educação, um museu sobre a mesma temática.

O tema Bioquímica, também com cinco pesquisas, parece bem suportado por uma série de plataformas que suprem um dos maiores obstáculos no uso da RA, a elaboração de modelos tridimensionais, que requer uma grande curva de aprendizagem ou a necessidade de terceirização da elaboração, gerando custos e tornando a utilização da RA inviável na educação. Nesse contexto, os autores recorreram às seguintes plataformas com modelos tridimensionais prontos para utilização: *Protein Data Bank* (PDB) e *ChemSpider* usados por [Vega et al. 2017] e PDB e *Opened in UCSF Chimera* por [Peterson, 2019].

A área da botânica aparece em dois estudos em que os pesquisadores desenvolveram recursos para o ensino sobre plantas dicotiledôneas em [Qamari & Ridwan, 2017], e para estudar, junto à comunidade, conhecimentos tradicionais relacionados às plantas medicinais em Nobnop et al. [2020]. Considerando o potencial de utilização da RA na área da botânica, por exemplo, para simular a utilização de um microscópio, levando aos alunos, imagens microscópicas, de cortes histológicos ou de estruturas muito pequenas como o pólen, a RA ainda não teve seu potencial explorado e publicado nas revistas citadas neste estudo.

Ainda em relação às áreas do conhecimento, a pesquisa que mais chamou atenção foi a desenvolvida para o estudo do cultivo de colônias de bactérias. Os pesquisadores utilizaram uma placa de Petri como suporte aos marcadores, como são chamadas as imagens ou QR Codes que acionam imagens e modelos tridimensionais na área da RA [Wildan et al. 2019]. Esta prática foi considerada de extrema importância para a aprendizagem significativa, pois, além dos educandos manusearem um objeto real da prática laboratorial, quando expostos a uma aula de cultivo real de bactérias, terão onde ancorar os conhecimentos teóricos com base em experiências com os objetos do conhecimento.

Desse modo, concluímos que a utilização de recursos com RA na educação, por meio de dispositivos móveis, pode ser aprimorada através da parceria entre profissionais da área da educação e do desenvolvimento de *softwares* e aplicativos. Há uma relação entre o número de pesquisas na área das tecnologias de RA na educação, com a possibilidade de baixar aplicativos de forma fácil e gratuita em repositórios globais, como a *Play Store* e *App Store*.

Nesse sentido, uma das possibilidades para aprimorar a utilização da RA no contexto escolar, é a criação de parcerias entre as áreas relacionadas à sistematização dos conhecimentos e desenvolvedores e modeladores tridimensionais. Especialmente no ensino superior, em que são desenvolvidos inúmeros projetos de extensão com objetivos de aproximação com a comunidade, cursos como design, desenho industrial, computação, e interdisciplinares de mídias e tecnologias na educação, podem aproveitar os recursos de tempo e mão de obra para auxiliar profissionais da sistematização dos conhecimentos.

### **3.2 Quais são as metodologias e aporte educacional utilizado?**

Para compreender as metodologias utilizadas nos trabalhos aqui examinados é necessário considerar a adequação ao contexto educacional, visto a existência de inúmeros recursos com RA, que, todavia, não cumprem com necessidades intrínsecas ao processo de ensino-aprendizagem, tendo que a análise basear-se em dois pontos: adequação ao público-alvo e bases teóricas para elaboração e aplicação.

Quanto à adequação ao primeiro ponto, as pesquisas estudadas mostraram uma busca intensa dos pesquisadores pelo desenvolvimento de recursos específicos para o contexto das intervenções. Foram identificadas 19 pesquisas com elaboração de aplicações com RA para um público-alvo específico. Em Arslan & Dargut [2020], os pesquisadores afirmam a indispensabilidade de uma análise sobre os conteúdos, necessidades e limites na elaboração de recursos com RA para a adequação ao contexto específico em que pretende-se realizar a intervenção. A utilização de recursos com RA, sem um planejamento prévio ou sequência didática bem definida, pode lançar a intervenção com a tecnologia numa perspectiva de mero entretenimento, sem ganhos reais quanto à aprendizagem dos objetos do conhecimento.

Por outro lado, quando a dinâmica é mediada por uma aplicação elaborada por terceiros, a atenção do professor tem que ser redobrada, constatado o caráter não educacional da maioria das aplicações disponíveis para tecnologia móvel. Portanto, demandando do professor um trabalho mais intenso de adequação aos objetivos de ensino-aprendizagem. Nessa lógica, o direcionamento pedagógico da dinâmica pode ser guiado pela definição de objetivos específicos, alinhando a utilização do recurso com RA a um plano de ensino ou sequência didática que instigue a exploração contextualizada e consciente dos objetos vistos pela tela do dispositivo móvel.

Em relação ao aporte educacional, pode-se perceber não haver um consenso ou delimitação bem estabelecida para o trabalho com RA no âmbito do ensino de biologia. Se por um lado importantes bases como, Aprendizagem Significativa de Ausubel, Aprendizagem Colaborativa, Alfabetização Visual e Aprendizagem por Investigação são percebidas e referenciadas nas pesquisas [Vega et al. 2017; Nuanmeesri et al. 2019; Nobnop et al. 2020; Savitri et al. 2019], por outro, 42% das pesquisas selecionadas, não contam com aporte educacional citado ou perceptível.

Apesar disso, grande parte das pesquisas que envolvem a utilização da RA para o ensino de biologia, utilizam mais de uma teoria ou metodologia de ensino, baseando seu desenvolvimento e aplicação em uma ampla gama de conceitos, nas quais, na elaboração das dinâmicas, são consideradas as perspectivas de ensino-aprendizagem, bem como, contextos específicos da área tecnológica. Em Garzón et al. [2017], percebe-se a busca por um aporte teórico multimodal, no qual os pesquisadores utilizam as seguintes bases como aporte educacional: Aprendizagem Significativa, Aprendizagem Colaborativa, e Alfabetização Visual. Ainda na perspectiva multimodal de aporte, percebemos a aprendizagem colaborativa como uma aliada à prática educacional mediada pela tecnologia de RA, porém, sempre utilizada junto a outras importantes teorias, como a aprendizagem baseada em investigação [Gnodovec et al. 2020; Nuanmeesri et al. 2019].

No estudo de Erbas & Demirer [2019], em que não houve a citação de aporte teórico educacional, as análises quantitativas entre grupos experimental e de controle não levaram a resultados estatisticamente significativos quanto ao engajamento ou aprendizagem. Fato que instiga questionamentos sobre as diferenças que os pesquisadores poderiam conseguir, em termos de ensino-aprendizagem, utilizando metodologias bem definidas de aporte à prática pedagógica. Diferente da pesquisa realizada por Huang et al. [2016] que, ao considerar a Teoria da Aprendizagem Experiencial, obteve resultados estatísticos relevantes, incluindo não só ganhos no desempenho acadêmico mas também quanto à afetividade.

Além do aporte educacional já citado, também aparece a Teoria Construtivista de Aprendizagem, onde os pesquisadores objetivam uma análise qualitativa, focada na utilização da RA como ferramenta beneficiadora do processo de ensino-aprendizagem para ganhos no quesito satisfação [Fuchsova & Korenova, 2019, Safadel & White, 2018]. Outra teoria utilizada é da Aprendizagem Baseada em Jogos, quer seja utilizada como único aporte teórico educacional [Wang et al. 2019], quer seja com outras bases como a aprendizagem móvel [Tarnng & Liang, 2012].

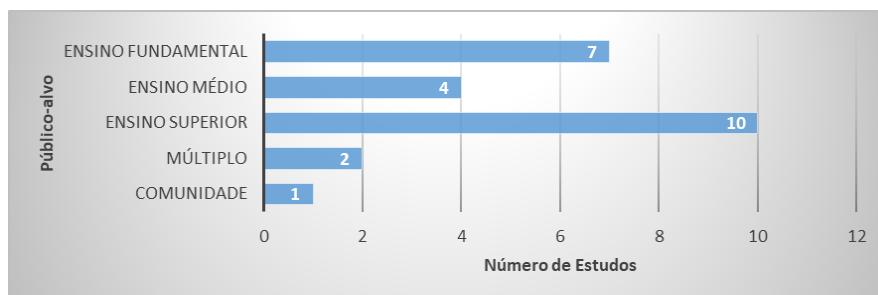
Diante disso, consideramos a determinação dos objetivos educacionais e a estruturação de um plano de aula ou sequência didática, fundamental para o êxito em termos de ensino-aprendizagem mediados pela tecnologia de RA. Somente com os objetivos focados na investigação e debate dos objetos do conhecimento apresentados em RA, será possível criar o cenário de interação entre os educandos, bem como entre os educandos e os conteúdos. Não havendo clareza nos objetivos, dificilmente conseguiremos definir um aporte educacional adequado, seja ao público-alvo, ao objeto do conhecimento que se planeja trabalhar, bem como a ferramenta que cogitamos utilizar.

Ademais, considerando o fato de nem sempre os mediadores trabalharem de acordo com bases educacionais consolidadas, selecionar aportes e teorias educacionais para guiar uma intervenção mediada por RA, pode não ser uma tarefa fácil, ficando os educadores perdidos na seleção entre inúmeras teorias que aparentemente parecem suportar e guiar adequadamente essas atividades. A fim de mitigar essa problemática, uma das alternativas é a avaliação da dinâmica mediada pela tecnologia de RA. Na literatura científica nacional há um modelo que permite a avaliação da qualidade nas perspectivas da aprendizagem e da tecnologia “Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel - MAREEA”, possibilitando que mediadores e pesquisadores verifiquem, com base em um modelo avaliado por especialistas, a qualidade da mediação dos conhecimentos com RA [Herpich, et al. 2019].

### **3.3 Qual o público-alvo e como as práticas são avaliadas?**

Para responder essa questão foram elaborados resumos sobre os instrumentos de coleta de dados e as metodologias de análise, ponto que se relaciona com os objetivos de cada pesquisa, indo de questões relacionadas ao uso da tecnologia, como avaliação de usabilidade, a pontos relacionados com o processo pedagógico, como a avaliação da aprendizagem e do engajamento.

Em primeiro lugar devemos considerar o público-alvo para o qual a tecnologia foi aplicada, já que, o nível de ensino influencia diretamente sobre a complexidade dos objetos do conhecimento tratados, as possibilidades de avaliação e metodologias de levantamento de dados. As atividades envolvendo RA e o ensino de biologia, mediadas por dispositivos móveis, foram tabuladas considerando os níveis de ensino propostos pelo ministério da educação, conforme o observado na Figura 2. As categorias “Comunidade” e “Múltiplo” foram adicionadas para contemplar uma pesquisa realizada junto a uma comunidade e duas aplicadas no ensino médio e superior simultaneamente.



**Figura 2. Público-alvo dos estudos**

Com base na tabulação de dados pode-se observar que, a maior concentração de esforços, no grupo de trabalhos analisados da literatura científica internacional, ocorre no ensino superior, o que nos leva a refletir sobre os porquês de tais resultados.

Consideramos, em primeira análise, a proximidade que a inovação na educação tem com o ensino superior, seja por programas de pós-graduação voltados à área tecnológica, seja como resultado de trabalhos finais de graduação e pós-graduação na área da licenciatura em biologia. Outra explicação pode estar relacionada com a não elaboração de artigos científicos por professores da educação básica, que, apesar de utilizarem tecnologias de RA para o ensino de conceitos da biologia, não visam a elaboração de pesquisas mais aprofundadas para a divulgação e contribuição com a área multidisciplinar das tecnologias na educação.

Quando abordamos a utilização de recursos com RA nos diferentes níveis de ensino, devemos ter em mente a robustez do recurso diante da complexidade exigida pelo aprofundamento teórico dos objetos do conhecimento. Na educação básica, os aplicativos elaborados por terceiros, a exemplo dos animais da *Google*, suprem as necessidades de ensino relacionados às habilidades elencadas pelos documentos orientadores curriculares, como a habilidade EF02CI04 da BNCC: descrever características e observar animais que fazem parte do cotidiano [BNCC, 2018].

Na educação superior, a aplicação de recursos prontos é limitada, visto que os mediadores não encontram arsenal suficiente para abordar pontos complexos e específicos exigidos pelo aprofundamento intrínseco do ensino superior. Obstáculo que demanda dos mediadores o desenvolvimento de recursos específicos para as necessidades conteudistas e do público-alvo [Safadel & White, 2018; Peterson et al. 2019; Wang et al. 2019].

Referente às metodologias de avaliação, quanto à aplicação no ensino superior, as pesquisas com objetivo de avaliar somente a aprendizagem, utilizaram métodos de análise majoritariamente qualitativos. Em Garzón et al. [2017] e Celik et al. [2020] o levantamento de dados realizou-se por questionários com perguntas fechadas, sendo a metodologia de avaliação não aprofundada no primeiro trabalho. Diferentemente de Celik [2020], em que os pesquisadores relatam a consideração à pesquisas específicas de desenvolvimento e avaliação de recursos em RA para educação.

Percebe-se uma escala de aprofundamento metodológico relacionada à avaliação. No parágrafo anterior, citamos estudos em que os pesquisadores avaliaram a aprendizagem, a seguir serão relatadas pesquisas nas quais o objetivo foi avaliar a aprendizagem aliada à usabilidade do recurso. Dentre as combinações metodológicas utilizadas atualmente, essa é a mais difundida. Presente em seis pesquisas, supre os anseios do *feedback* necessário para área multidisciplinar do ensino mediado pela tecnologia [Wildan et al. 2019; Wang et al. 2019; Savitri et al. 2019; Kouzi et al. 2019; Nuanmeesri, 2018; Peterson, 2019].

Em Nuanmeesri (2018), um arsenal metodológico foi utilizado para a construção dos questionários pré e pós-teste para o levantamento de dados sobre a aprendizagem e usabilidade do recurso tecnológico. Para tal, os pesquisadores consideraram: *Index of Item Objective Congruence* (IOC), *Diffusion of Innovation* (DOI), e *Content validity index* (CVI) e *Unified Theory Acceptance and Use of Technology* (UTAUT). Principalmente em pesquisas na área da educação, em que os objetos de análise possuem realidades múltiplas e subjetivas, perceber bases teóricas de avaliação consagradas, quer seja do objeto do conhecimento, quer seja do uso das tecnologias, implica maior confiabilidade nos resultados obtidos.

Ainda na avaliação de aprendizagem e usabilidade, percebe-se que as pesquisas geralmente obedecem a rigorosos critérios na construção de seus instrumentos de coleta de dados e avaliação. Em Wang et al. [2019], a usabilidade da tecnologia foi mensurada considerando a metodologia “*Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology*”, complementada com a análise da aprendizagem por um robusto questionário com 28 perguntas considerando uma escala do tipo Likert. Mesmo na educação básica a aliança entre usabilidade e aprendizagem é avaliada com metodologias sólidas, como em Savitri et al. [2019], em que a avaliação de usabilidade realizou-se por meio do “*System Usability Scale* (SUS)”, e a aprendizagem foi analisada qualitativamente pela metodologia de Diários de Campo.

Indo além, três pesquisas optaram por uma avaliação tripla, em que são considerados objetos de avaliação a aprendizagem, a motivação e a usabilidade. É o caso de Chang & Shiang [2018], pesquisa na qual a avaliação ocorreu entre grupos de controle e experimental, com questionários pré e pós-teste e sobretudo a metodologia de Diário de Campo, com potencial ampliado pelo acompanhamento das práticas por professores com mais de cinco anos de experiência no objeto do conhecimento tratado (laboratórios de biologia). Adotando a mesma tríade avaliativa, Tarng & Liang [2012], utilizaram os mesmos instrumentos de coleta de dados citados anteriormente, porém, adotando o método de análise de covariância (ANCOVA). Com uma avaliação tripla

baseada na Escala de Likert, Qamari & Ridwan [2017], elaboraram um questionário para avaliação do uso da tecnologia no ensino-aprendizagem sobre plantas.

Dessa forma, quanto à avaliação, pode-se perceber que as pesquisas envolvendo RA e o ensino de biologia com dispositivos móveis, preocuparam-se em basear os estudos, desde a elaboração, passando pela coleta e análise dos dados, em teorias consolidadas, tanto na área do uso de tecnologias, quanto no ensino-aprendizagem. Vale a pena destacar estudos como Savitri et al. [2019], Nuanmeesri [2018] e Wang et al. [2019], em que os autores garantem a robustez dos resultados através da utilização de importantes estudos na área da aceitação, usabilidade e difusão de tecnologias.

Através deste tópico podemos perceber que o sucesso na análise dos dados levantados, seja da aplicação de recursos com RA previamente disponíveis, ou na elaboração e aplicação, está relacionado diretamente com a seleção de boas bases metodológicas. Considerando o contexto da inserção das tecnologias na educação, as metodologias de avaliação que se mostraram mais adequadas, suportando a análise relacionada à tecnologia e também aos objetivos pedagógicos, foram aquelas que consideram três pontos fundamentais: motivação, usabilidade e aprendizagem.

### **3.4 Quais os resultados obtidos?**

Inúmeros fatores, como o público-alvo e objetivos da pesquisa, influenciam sobre as possibilidades metodológicas de desenvolvimento do estudo, sendo os pesquisadores responsáveis pela seleção de meios ideais para o trabalho dos objetos do conhecimento e para o levantamento dos dados a serem analisados. Apesar da consideração às teorias consolidadas na área da tecnologia e educação, o fato de não haver uma sistematização específica para a avaliação das tecnologias com RA para o ensino-aprendizagem de biologia, resulta em conjuntos de dados qualitativos, interpretados conforme as bases selecionadas, resultando em diferenças significativas mesmo quando avaliados os mesmos critérios, como ganhos no desempenho acadêmico ou engajamento.

No universo das ciências biológicas, em especial no ensino superior, os processos que envolvem a prática experimental, como a análise do crescimento de colônias de bactérias, demandam horas, dias e até semanas para que os alunos possam observar os resultados das suas aulas práticas. Os benefícios da RA para tal contexto, são evidenciados em trabalhos como o de Wildan et al. [2019], em que os pesquisadores utilizaram a tecnologia para simular o crescimento de colônias em placas de Petri, relatando que o principal resultado da prática com RA, foi o *feedback* instantâneo sobre o crescimento de colônias de bactérias sobre a influência de diferentes parâmetros. Os relatos apontam que cada educando pode experimentar a mudança de parâmetros e suas consequências em curtos espaços de tempo, sendo que, na prática, eles poderiam acompanhar poucas variáveis, ou o que é comum, somente uma combinação de condições.

Além do aprimoramento na velocidade dos resultados, quando utilizada em práticas laboratoriais, há uma redução na carga de trabalho dos instrutores e técnicos responsáveis pelo auxílio em laboratórios do ensino superior. Os resultados relatados no parágrafo anterior aproximam-se dos encontrados na pesquisa de Chang & Shiang

[2018], em que a diminuição da carga de trabalho dos instrutores também é apontada como um dos resultados mais significativos. Justamente na perspectiva de concluir experimentos em curtos espaços de tempo, os técnicos responsáveis não precisam ficar dias realizando processos complementares para que os educandos visualizem os resultados na aula seguinte.

Algumas lacunas podem ser notadas quanto aos resultados para a aprendizagem a longo prazo. Grande parte dos estudos aqui tratados, apesar do levantamento de dados pré e pós-teste, com grupos experimentais e de controle, possuem dados da aprendizagem coletados imediatamente após a utilização dos recursos com RA, não apresentando informações sobre a retenção do conhecimento. Dentre as pesquisas analisadas somente em Gnidovec et al. [2020], a questão foi abordada. Os pesquisadores realizaram, além da avaliação pós-teste imediatamente após a utilização do recurso, uma nova avaliação dois meses após a atividade, constatando resultados idênticos aos obtidos no primeiro teste [Gnidovec et al. 2020]. Considerando que o ensino ainda se pauta em avaliações baseadas na retenção do conhecimento, mensurar o auxílio de recursos com RA para tal finalidade é de fundamental importância.

A literatura observada também apresenta resultados contraditórios quanto ao desempenho e engajamento dos alunos. Em Erbas & Demirer [2019], quando analisados quantitativamente, os resultados estatísticos não apresentaram diferenças significativas entre os grupos experimental e de controle. Todavia, ao analisar o quesito aporte educacional, os pesquisadores em momento algum deixaram clara a consideração a algum aporte ou teoria educacional, fato que pode influenciar diretamente no êxito quanto a mediação do objeto do conhecimento. Por outro lado, em Nuanmeesre et al. [2019], em que os pesquisadores consideram aportes educacionais da Aprendizagem Colaborativa e Aprendizagem por investigação, os resultados apontaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos experimental e de controle.

Além da questão citada no parágrafo anterior, ao avaliar o engajamento a partir da utilização de tecnologias como a RA, devemos considerar as diferenças que o público-alvo pode exercer sobre os resultados. Em Chang & Shiang [2018], mesmo considerando como aporte teórico a Aprendizagem Colaborativa, a diferença entre os grupos experimental e de controle foi observada quanto à aprendizagem, porém, sem diferença significativa quanto à motivação, levando a reflexões sobre os motivos do benefício parcial dos resultados.

Assim como em Erbas & Demirer [2019], em Chang & Shiang [2018], a intervenção aconteceu em grupos do ensino superior. A falta de uma diferença estatisticamente significativa entre a motivação dos grupos experimental e de controle, pode estar relacionada com a maturidade dos alunos do ensino superior, que, tratando sobre conteúdos mais aplicados, nas áreas que selecionaram para seguir os estudos, percebem com maior facilidade a importância da compreensão dos conteúdos. Assim, utilizando ou não RA, ou diferentes mídias, os mesmos seguem motivados por aspirações pessoais.

Em contrapartida, nas pesquisas aplicadas na educação básica, como em Nuanmeesri et al. [2019], a diferença estatística observada quanto a motivação entre os

grupos experimental e de controle pode estar diretamente relacionada à dificuldade do grupo de controle em perceber a necessidade de aprender determinado conteúdo. Logo, ao ministrar um mesmo conteúdo para grupos de controle e experimental na educação básica, o grupo experimental expressa diferenças estatisticamente significativas devido à falta de maturidade do grupo de controle em significar os objetos do conhecimento mediados como aulas mais tradicionais.

Por fim, para resultados exitosos na área multidisciplinar que é a inserção de tecnologias na educação, há uma série de perspectivas que devem ser consideradas pelos mediadores como, objetivos, público-alvo e contexto em que está inserida a turma/escola. Somente com a análise de um conjunto de elementos os mediadores podem perceber qual é o melhor caminho para tornar um recurso com RA um verdadeiro aliado ao processo de ensino-aprendizagem.

### **3.5 Síntese dos resultados**

O número de estudos realizados na área da educação com a mediação por recursos em RA móvel, está diretamente relacionado com a disponibilidade de aplicações prontas para serem inseridas em sequências didáticas. Assim, temáticas que já eram bem trabalhadas com modelos tridimensionais por meio da realidade virtual, estão tendo maior facilidade em adaptar a utilização destes mesmos modelos no cenário da RA.

A anatomia humana, a zoologia e a bioquímica, são exemplos de áreas do conhecimento que antes mesmo da utilização da RA no contexto educacional, já eram trabalhadas tridimensionalmente por meio de vídeos e aplicativos que permitiam a exploração espacial de estruturas tridimensionais com a interação por meio de toques na tela ou dispositivos de entrada como mouse e trackpad.

Indo além, ao refletir sobre as contribuições que a RA ainda pode oferecer ao contexto educacional, percebe-se que as pesquisas desenvolvidas até então não utilizam o potencial máximo que a RA pode oferecer no entendimento de processos relacionados à área do ensino de Biologia, visto que não utilizam modelos animados. Nas pesquisas analisadas, somente em Wildan et al. (2019), os autores deixam claro a utilização de modelos tridimensionais não estáticos, que simulam o crescimento das colônias de bactérias.

Quanto às bases teóricas para a introdução da RA na educação, a utilização de conceituadas teorias educacionais relacionadas ora à aprendizagem, ora às mídias, são utilizadas como suporte para maior parte das intervenções, como Aprendizagem Significativa de Ausubel e Alfabetização Visual. Entretanto, 42% dos estudos parecem não ter suporte em bases educacionais, podendo tal perspectiva influenciar até mesmo nos resultados não significativos quando comparada a aprendizagem entre grupos experimentais e de controle.

Como tendências relacionadas à avaliação, as pesquisas, em sua maioria, obedecem às necessidades de uma análise contextualizada à introdução de tecnologias na educação, considerando em seus levantamentos de dados instrumentos que fornecem subsídio para avaliação da aprendizagem e usabilidade, e noutros casos também a motivação dos educandos.

No cenário das contribuições da utilização da RA, boas práticas são percebidas quando a tecnologia é utilizada para apresentar aos educandos processos e sequências



que, fora do virtual aliado ao real, ocorrem muito rápido, devagar ou ainda em escalas muito grandes, ou pequenas demais para serem observadas no contexto escolar.

Entretanto, ainda há lacunas com relação aos ganhos de desempenho e engajamento dos educandos quando utilizada a tecnologia de RA, devendo ser observado, todavia, que pesquisas em que não foi percebida a utilização de aporte educacional, os resultados para aprendizagem não foram estatisticamente significativos entre os grupos experimental e de controle (Erbas & Demirer, 2019). Em oposição, na pesquisa de Nuanmeesre et al. (2019), foram explicitados os aportes educacionais e os resultados apontaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos experimental e de controle.

Tal perspectiva elucida a necessidade de práticas educacionais com RA alinhadas às bases teóricas da sistematização dos conhecimentos, podendo estas, serem essenciais para conferir à intervenção tecnológica características e objetivos intrínsecos aos processos de ensino-aprendizagem.

#### **4. Considerações finais**

Este artigo procurou por diálogos entre a Realidade Aumentada e o ensino/aprendizagem, investigando as contribuições e limitações no uso de recursos em RA para o ensino de biologia. Para tal, foram revisados estudos indexados em seis repositórios internacionais. A adequação ao critério “mediação por dispositivos móveis” fez com que as pesquisas ficassem entre o período 2016 – 2021, com exceção a uma pesquisa de 2012 [Tarnng & Liang, 2012], mostrando que a área tratada neste artigo ainda tem muito que amadurecer.

Considerando os recortes e as relações realizadas entre objetos do conhecimento, bases teóricas, metodologias, formas de avaliação e os resultados, o objetivo deste artigo foi alcançado. Quanto aos objetos do conhecimento, verificou-se que o volume de pesquisas pode estar associado à disponibilidade de recursos gratuitos nos repositórios globais dos *smartphones*, que oferecem aos mediadores a possibilidade de aplicar recursos robustos pré-existentes em intervenções educacionais. Para as demais áreas, mesmo em zoologia e bioquímica, que contaram com cinco pesquisas cada, há uma maior necessidade de elaborar recursos específicos para a aplicação, seja pela inexistência de recursos, seja pelo aprofundamento insatisfatório de recursos já existentes.

No que se refere às metodologias e bases teóricas utilizadas, apesar de não haver um consenso sobre as mais adequadas para essa área multidisciplinar, o referencial teórico dos estudos, em sua maioria, demonstra a preocupação dos autores em alinhar a tecnologia às bases consolidadas na área da educação. Dentre os aportes mais recorrentes podemos citar: Aprendizagem Colaborativa, Alfabetização visual, Teoria da Aprendizagem Significativa, Aprendizagem baseada em Investigação, Teoria Construtivista de Aprendizagem.

Sobre a avaliação, as pesquisas observadas neste artigo possuem uma gradação de complexidade, indo de trabalhos que não aprofundam as questões relacionadas à avaliação, considerando tão somente a esfera tecnológica, passando por pesquisadores que avaliaram somente a aprendizagem, até metodologias mais elaboradas de avaliação.

Consideramos ideal a metodologia que avalia os quesitos, aprendizagem, motivação e usabilidade, visto que supre as necessidades multidisciplinares relativas à tecnologia, bem como aos benefícios sobre a aprendizagem dos conteúdos.

Já nos resultados, apesar de conflitantes quanto aos ganhos em desempenho acadêmico e motivação, demonstram que a utilização de recursos com RA pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, se não diretamente, promove uma relação inicial benéfica nos educandos, que pode ser a porta de entrada para o desenvolvimento de sentimentos de apreço com o objeto do conhecimento. Também, a utilização da RA amplia as possibilidades de aprendizagem, uma vez que permite a exploração de, por exemplo, modelos tridimensionais. Pensando na existência das múltiplas formas de aprendizagem e particularidades de compreensão individuais, oferecer aos educandos uma metodologia baseada na visualização de estruturas tridimensionais é oferecer aos alunos diferentes estratégias de visualização da temática trabalhada. Nesse contexto, especialmente nas pesquisas envolvendo bioquímica, a visualização espacial das estruturas tridimensionais é posta como o principal benefício da RA, visto que parte dos educandos têm dificuldades na compreensão das estruturas complexas quando apresentadas bidimensionalmente em livros e telas.

Seguindo no contexto dos benefícios, a utilização da RA por dispositivos móveis aproxima a prática pedagógica da sistematização dos conhecimentos com a realidade cotidiana do educando, gerando uma sensação de conforto e ampliando as chances de atitudes colaborativas entre os educandos. Em Rezende et al. [2021], a utilização da tecnologia é apontada como um catalisador no desenvolvimento de habilidades de comunicação, socialização e de trabalho em equipe.

Como limitação deste estudo, é possível mencionar as lacunas quanto à análise das questões relacionadas aos estímulos cognitivos que a RA proporciona aos educandos, inúmeras pesquisas envolvendo RA e ensino de biologia carregam conceitos relacionados ao desenvolvimento e aquisição de habilidades psicomotor-cognitivas. Para uma análise aprofundada e considerações robustas, o corpo de autores deve contar com pesquisadores especialistas na área da psicologia da aprendizagem.

Para perspectivas futuras da pesquisa na área tratada, há necessidade de realizar trabalhos que possam comparar o engajamento nos diferentes níveis de ensino, provando se as diferenças presentes na literatura científica, em relação à motivação e engajamento, estão de fato relacionadas com o nível de ensino em que as intervenções foram realizadas. Desta forma, os interessados em trabalhar a Realidade Aumentada na educação, poderão focar os esforços nos níveis de ensino em que a tecnologia causa maiores impactos, assim como, os mediadores que trabalham fora do contexto de maior impacto, poderão selecionar tecnologias mais eficazes para o estímulo da motivação e aprendizagem.

## Referências

- Alenezi, A. (2020). The Effects of Using an Anatomy 4D Augmented Reality Application of Student Performance in Biology in Saudi Arabia. *Journal of TURKISH SCIENCE EDUCATION*, v. 17, n. 1. Disponível em: <https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/874>. Acesso em: 02 abr. 2022.
- Arslan, R.; Kofoglu, M.; Dargut, C. (2020). Development of Augmented Reality Application for Biology Education. *Journal of TURKISH SCIENCE EDUCATION*, v. 17, n. 1.
- BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- Carvalho, F. C. A.; Ivanoff, G. B. (2010). “Tecnologias que educam: ensinar e aprender com as tecnologias de informação e comunicação”. São Paulo: Pearson.
- Celik, C.; Guven, G.; Cakir, N. K. (2020). Integration of mobile augmented reality (MAR) applications in biology laboratory: Anatomic structure of the heart. *Research in Learning Technology*, v. 28, p. 1-11. Disponível em: <https://journal.alt.ac.uk/index.php/rlt/article/view/2355>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Chang, R.; Shiang Yu, Z. (2018). Using Augmented Reality Technologies to Enhance Students’ Engagement and Achievement in Science Laboratories. *International Journal of Distance Education Technologies*, v. 16, n.4. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.4018/IJDET.2018100104> Acesso em: 03 abr. 2022.
- Erbas, C.; Demirer, V. (2019). The effects of augmented reality on students’ academic achievement and motivation in a biology course. *J. Computer Assist Lear*, v. 9, n. 1. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jcal.12350?casa\\_token=v1xZwYkpLNMAAAA%3AcdSsCDQXm85su6If71rLk8CsWCdwcbgZFLvuMEmdFNYLDywIAiYV3dt9IkS10939YKDXZHNPdqNz5B27](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jcal.12350?casa_token=v1xZwYkpLNMAAAA%3AcdSsCDQXm85su6If71rLk8CsWCdwcbgZFLvuMEmdFNYLDywIAiYV3dt9IkS10939YKDXZHNPdqNz5B27). Acesso em: 03 abr. 2022.
- Fuchsova, M.; Korenova, L. (2019). Visualization in Basic Science and Engineering Education of Future Primary School Teachers in Human Biology Education Using Augmented Reality. *European Journal of Contemporary Education*, n. 8, v. 1. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1212280>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Garzòn, J. C. V.; Magrini, M. L.; Galembeck, E. (2017). Using Augmented Reality to Teach and Learn Biochemistry. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, v. 45, n. 5. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1154795>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Gnidovec, T.; Zemlja, M.; Dolenc, A.; Torkar, G. (2020). Using augmented reality and structure-behavior-function model to teach lower secondary school students about the human circulatory system. *Journal os Science Education and Technology*, v.29. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09850-8>. Acesso em: 03 abr. 2022.

- Hoog, T. G. et al. (2020). Rapid deployment of smartphone-based augmented reality tools for field and online education in structural biology. *Biochem Mol Biol Educ*, v. 4, n.1. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32604463/>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Iftene, A.; Trandabat, D. (2018). Enhancing the Attractiveness of Learning through Augmented Reality. *International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering System*, v. 126. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918311943>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Kitchenham, B; Charters, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.
- Klettemberg, J. S; Tori, R.; Huanca, C. M. (2021). Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 29, p. 827-845. Disponível em: [Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica | Klettemberg | Revista Brasileira de Informática na Educação \(sector3.com.br\)](https://www.sector3.com.br/revista-brasileira-de-informatica-na-educacao/v29-p827-845-perspectivas-mundiais-sobre-a-realidade-aumentada-nos-anos-iniciais-da-educacao-basica) Acesso em: 13 nov. 2022.
- Kouzi, M.; Mao, A.; Zambrano, D. (2019). An Educational Augmented Reality Application for Elementary School Students Focusing on the Human Skeletal System. *IEEE—Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8798058>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Nobnop, R.; Thongpaeng, Y.; Chaiwut, N. (2020). Doctor Herb, The Herbal Augmented Reality Application. *ECTI DAMT & NCON*. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9090718>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Nuanmeesri, S. (2018). The Augmented Reality for Teaching Thai Students about the Human Heart. *iJET*, v. 13, n. 6.
- Nuanmeesri, S.; Kadmateekarun, P.; Poomhiran, L. (2019). Augmented Reality to Teach Human Heart Anatomy and Blood Flow. *Turkish Online Journal of Education Technology*, v. 18, n. 1. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1201643.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Otto, R. S. & Bertolini, C. (2020). Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Biologia: um estudo de caso nas séries iniciais do ensino fundamental. *Manancial Repositório Digital da UFSM*. Disponível em: [Realidade virtual e aumentada no ensino de biologia: um estudo de caso nas séries iniciais do ensino fundamental | Manancial - Repositório Digital da UFSM](https://www.manancial.org/revista-brasileira-de-informatica-na-educacao/v29-p827-845-realidade-virtual-e-aumentada-no-ensino-de-biologia-um-estudo-de-caso-nas-series-iniciais-do-ensino-fundamental) Acesso em: 13 nov. 2022.
- Peterson, C. N.; Tavana, S. Z.; Akinleye, O. P. (2020). An idea to explore: Use of augmented reality for teaching three-dimensional biomolecular structures. *Biochem Mol Biol Educ*. v. 7, n.1. Disponível em:

- <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.21341>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Qamari, C. N.; Ridwan, M. R. (2017). Implementation of Android-based Augmented Reality as Learning and Teaching Media of Dicotyledonous Plant Learning Materials in Biology Subject. In: *International Conference on Science in Information Technology*, n. 3. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8257153>. Acesso em 03 abr. 2022.
- Quinquiolo, N. C. R.; Santos, C. A. M.; Souza, M. A. (2020). Uso de software de realidade aumentada como ferramenta pedagógica: apresentação do aplicativo Virtual Tee. *Revista De Ensino De Biologia Da SBEnBio*, v. 13, n.2. Disponível em: <https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/309>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Rezende, S. M.; Gonçalves, J. D. B.; Pinto, S. C. C. S.; Delou, C. M. C. (2021). A Realidade Aumentada em Situações de Aprendizagem na Educação Básica: Um Revisão de Literatura. In: Workshop sobre as implicações da computação na sociedade (WICS), Sociedade Brasileira de Computação. Disponível em: [A Realidade Aumentada em Situações de Aprendizagem na Educação Básica: Uma Revisão de Literatura | Anais do Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade \(WICS\) \(sbc.org.br\)](#) Acesso em: 13 nov. 2022.
- Safadel, P. & White, D. (2018). Facilitating Molecular Biology Teaching by Using Augmented Reality (AR) and Protein Data Bank (PDB). *Tech Trends*, n. 93. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11528-018-0343-0>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Savitri, N.; Aris, M.W.; Supianto, A. A. (2019). Augmented Reality Application for Science Education on Animal Classification. In: *International Conference en Sustainable Information Engineering and Technology*. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8986031>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Tarnq, W. & Liang, K. (2012). A Study of Campus Butterfly Ecology Learning System based on Augmented Reality and Mobile Learning. In: *International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education*. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6184998>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Tori, R. & Hounsell, M. (2018). “Introdução a realidade virtual e aumentada”. Porto Alegre: Editora SBC. *International Conference on Science in Information Tecnology*, 2017.
- Verdes, A.; Navarro, C.; Campos, P. A. (2021). Mobile learning applications to improve invertebrate zoology online teaching. *Invertebrate Biology*, v. 140, n. 1. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ivb.12321>. Acesso em: 03 abr. 2021.
- Wang, P. et al. (2019). The Development and Evaluation of an Educational Board Game With Augmented Reality Integrating Contextual Clues as Multi-Level Scaffolding for Learning Ecosystem Concepts. In: *IEEE International Conference on Consumer*

*Electronics*. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8991949>  
Acesso em: 03 abr. 2022.

Weng, C. et al. (2019). Enhancing Students' Biology Learning by Using Augmented Reality as a Learning Supplement. *Journal of Educational Computing Research*, v. 1, n. 24. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1254969>. Acesso em: 02 abr. 2022.

Wildan, A.; et al. (2019). Growth measurement of surface colonies of bacteria using augmented reality. *Journal of Biological Education*, v. 54, n. 4. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/10.1080/00219266.2019.1600571>. Acesso em: 03 abr. 2022.