



## Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física

Luciano Denardin – Escola de Ciências (PUCRS) – luciano.denardin@pucrs.br  
Ramón Cid Manzano – Depto Didácticas Aplicadas (USC) – ramon.cid@usc.es

### Resumo

Neste trabalho foi avaliado a experiência do uso de recursos de Realidade Aumentada com alunos do ensino médio. Elementos envolvendo essa tecnologia foram incrementados ao material didático dos estudantes a fim de contribuir para a aprendizagem deles. Por meio de um questionário respondido pelos alunos, constatou-se que eles se interessaram pela proposta e sugeriram estendê-la para outras disciplinas. Além disso, consideram que a atividade é motivadora e inovadora, colocando o aluno em uma posição mais ativa no processo de aprendizagem, deixando-o mais predisposto às questões escolares e contribuindo para que o conhecimento seja construído de forma mais integrada, contextualizada e efetiva.

**Palavras-chave:** realidade aumentada, LAYAR, impressão interativa, ensino de física.

### Development, use and evaluation of the augmented reality in physics classes

#### Abstract

In this work we analyze the experience using Augmented Reality resources with secondary school students. Different elements including this technology have been added to the teaching materials of students with the goal of contributing to their learning. Through a questionnaire answered by the students, it was verified that they were interested in the proposal and suggested to extend it to other subjects. Furthermore, they assumed that the activity is motivating and innovating, putting the students in a more active position in the learning process, and leaving them more predisposed to scholar questions and contributing to build knowledge in a more integrated, contextualized and effective way.

**Keywords:** augmented reality, LAYAR, interactive print, physics learning.

#### Introdução

O desenvolvimento acentuado das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) nas últimas décadas tem impactado diretamente nas modalidades de interação entre as pessoas, apresentando novas formas de comunicação por intermédio dos computadores, *tablets* e *smartphones* (OLIVEIRA e HARRES, 2017). Em sala de aula as TDICs podem contribuir para a contextualização de conteúdos por meio de metodologias pedagógicas inovadoras, resgatar o interesse e a motivação dos alunos pelas questões escolares, se mostrando atrativa principalmente por fazer o aluno assumir uma postura ativa, se engajando nas atividades propostas (IBÁÑEZ et al, 2014; ESTAPA e NADOLNY, 2015). Dentre as TDICs o desenvolvimento de softwares e aplicativos de

realidade aumentada (RA) vem sendo ampliado nos últimos anos o que, somado ao fato dos alunos cada vez mais trazerem dispositivos móveis para a sala de aula, tem facilitado que os professores desenvolvam seus próprios materiais didáticos com recursos interativos (FIGUEIREDO et al 2014; NADOLNY, 2017). Estes aspectos são respaldados pelo significativo número de trabalhos que realizaram revisões de literatura sobre a utilização da RA em contextos educacionais nos últimos anos (SWENSEN, 2016; CHEN et al, 2017; LIMA et al, 2017).

Neste trabalho discute-se o uso de elementos de realidade aumentada (RA) na disciplina de Física com 66 alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola privada do sul do Brasil. Algumas páginas do material didático adotado na disciplina foram incrementadas com materiais de RA e o objetivo deste trabalho foi avaliar as impressões dos estudantes acerca do uso desta tecnologia, suas implicações e influências nos processos de ensino e aprendizagem.

### **Realidade Aumentada e Impressão Interativa**

A RA é uma forma emergente de experiência na qual elementos virtuais são sobrepostos a ambientes reais por meio de algum dispositivo tecnológico, permitindo a interação e manipulação daqueles em tempo real (AZUMA, 1997; YUEN et al, 2011). A adição de objetos virtuais em cenários reais permite ampliar e incrementar as sensações e percepções do usuário do mundo ao seu redor, melhorando o senso de realidade, uma vez que disponibiliza informações adicionais que não são percebidas diretamente (FORTE e KIRNER, 2009; FIGUEIREDO et al, 2014; TANNER et al, 2014; IBÁÑEZ et al, 2014; CHEN et al, 2017).

Os aplicativos que fazem uso da RA em geral estão divididos em duas modalidades, ou são baseados em geo-localização, ou no reconhecimento de imagem. A primeira modalidade faz uso do GPS (*Global Positioning System*) e outros sensores (como acelerômetros e giroscópios) dos dispositivos móveis para determinar as posições nas quais os elementos virtuais devem aparecer sobrepostos ao ambiente real (CAI et al, 2013; FIGUEIREDO et al, 2014). Na segunda modalidade os elementos virtuais são incorporados a ambientes reais a partir da identificação de imagens específicas registradas por câmeras e reconhecidas por softwares ou aplicativos específicos de RA. Esta segunda modalidade pode ser relacionada com a impressão interativa que é definida como a sobreposição de recursos digitais de diversas ordens a materiais impressos. Os elementos virtuais são visualizados sobre o material impresso por meio de algum dispositivo tecnológico (como um *smartphone*) (NADOLNY, 2017).

Das dimensões que a RA apresenta para os processos de ensino e aprendizagem, salienta-se o baixo custo, a motivação e o estímulo ao aluno, permitindo que ele realize atividades fora do ambiente escolar e no seu próprio ritmo (FORTE e KIRNER, 2009; IBÁÑEZ et al, 2014).

A RA permite a manipulação de elementos 2D e 3D, além de vídeos, áudios e textos, tornando os temas estudados menos abstratos e potencializando a sua contextualização (ROLIM et al, 2011; YUEN et al, 2011; CAI et al, 2013; OLIVEIRA e MANZANO, 2016). É possível disponibilizar recursos tridimensionais (o que não ocorre em um livro didático tradicional), bem como a simulação de fenômenos físicos que não são possíveis de serem reproduzidos em sala de aula (como o sistema solar) ou experimentos perigosos de serem realizados em laboratório (como a manipulação de materiais radioativos). A RA permite ainda que os alunos explorem esses objetos 3D em diferentes ângulos e por múltiplas perspectivas, bem como que sejam apresentadas

informações que não podem ser percebidas a olho nu (KERAWALLA et al, 2006; DUNLEAVY e DEDE, 2014; SWENSEN, 2016).

Para Kerawalla et al (2006) alguns aspectos devem ser levados em consideração quando a RA é utilizada no ambiente escolar. Os autores destacam que os alunos devem interagir com os elementos de RA e o professor deve mediar a exploração dos conteúdos; os conteúdos devem ser adequados e adaptados pelo professor de acordo com o contexto escolar e o nível de ensino no qual eles serão desenvolvidos; o tempo para o desenvolvimento do conteúdo deve ser o mesmo que aquele dedicado às abordagens tradicionais de ensino.

## O Software LAYAR

Atualmente estão disponíveis diversos aplicativos de RA nas plataformas *Android* e *iOS* para dispositivos móveis, destacando-se o *Augment*, *Aurasma*, *Layar* e *Wikitude*.

Neste trabalho foi utilizada a plataforma de desenvolvimento aberto LAYAR por ser de fácil manipulação uma vez que não exige conhecimentos prévios de programação para a editoração dos recursos de RA. O aplicativo LAYAR para dispositivos móveis pode ser obtido nas lojas de aplicativos e é utilizado para o acesso de recursos de RA incorporados a materiais impressos ou a ambientes reais a partir da localização via GPS. O software on-line *Layar Creator*, disponível mediante cadastro gratuito no site da empresa ([www.layar.com](http://www.layar.com)), permite a criação de documentos de impressão interativa, ou seja, os elementos de RA são incorporados a partir da utilização do software on-line de editoração. Os materiais de RA são sobrepostos a arquivos disponibilizados pelo usuário nos formatos *.jpg*, *.png*, *.pdf* ou *.zip*. O software de editoração tem uma interface amigável e intuitiva, permitindo que o usuário incorpore recursos de RA ao material impresso como imagens, links, vídeos e sons. Também é possível realizar enquetes e disponibilizar downloads de aplicativos para dispositivos móveis. Todos os recursos disponíveis no LAYAR e sugestões de seus usos no ensino de física estão detalhados no trabalho de Oliveira e Manzano (2016).

## Materiais e Métodos

A atividade analisada neste trabalho foi realizada em três turmas de terceiro ano do ensino médio de uma escola privada do sul do Brasil. Os 66 alunos participantes da pesquisa tinham média de idade de 17 anos e, na sua grande maioria, possuíam celulares do tipo *smartphones*. A escola na qual a atividade foi realizada incentiva que os professores produzam seus próprios materiais didáticos (que será chamado ao longo deste trabalho de apostila). As apostilas são entregues aos alunos no início do ano letivo e utilizadas durante as aulas, sendo a principal fonte de consulta dos estudantes. A apostila adotada na disciplina de física do terceiro ano do ensino médio da referida escola possuía algumas páginas incrementadas com materiais de RA que poderiam ser acessados pelos alunos a partir do aplicativo LAYAR. Neste estudo analisou-se o uso de elementos de RA incorporados a uma das páginas da apostila (Figura 1A) que abordava aspectos relacionados à blindagem eletrostática (gaiola de Faraday), assunto comumente discutido no terceiro ano do ensino médio. Os materiais disponibilizados na forma de RA e vinculados a essa atividade são apresentados na Tabela 1.

Em um determinado momento do ano letivo o professor explicou aos alunos o que era a RA, dando exemplos e comentando que essa tecnologia seria utilizada no material didático da escola. Orientou os alunos a instalarem o aplicativo LAYAR em seus

*smartphones* e/ou *tablets* uma vez que em uma determinada aula ele seria utilizado, de maneira que os alunos ficaram muito motivados e ansiosos para realizarem tal atividade. Em uma data pré-estabelecida desenvolveu-se a aula a partir dos elementos de RA incorporados à apostila. Os alunos foram convidados a utilizarem seus dispositivos móveis para fazerem a varredura da página da apostila (Figura 1A) e interagirem livremente com os elementos de RA disponibilizados (Figura 1B). Optou-se por realizar a atividade em sala de aula por ser a primeira vez que os alunos iriam utilizar o software e também porque, como preconizado por Kerawalla et al (2006), o professor deve mediar as atividades envolvendo RA.

Tabela 1 - Materiais disponibilizados como RA no material didático

Materiais disponibilizados via RA	Tipo
Gif animado de uma gaiola de Faraday real	<i>gif animado</i>
Sequência de 12 imagens em alusão à blindagem eletrostática	<i>imagens</i>
Reportagem envolvendo uma aplicação da blindagem eletrostática no cotidiano	<i>vídeo</i>
Aplicativo sobre campo elétrico e linhas de campo	<i>aplicativo</i>
Performance artística envolvendo bobinas de Tesla e gaiolas de Faraday	<i>vídeo</i>
Biografia de Michael Faraday	<i>site</i>
Visita virtual ao laboratório de Faraday	<i>site</i>

Algumas semanas após a realização da atividade os alunos responderam um questionário contendo 12 perguntas sobre a experiência e a aspectos gerais da aplicação de RA em sala de aula. As respostas deste questionário são discutidas nesse trabalho.

**A gaiola de Faraday (Blindagem eletrostática)**

Em 1836, o físico inglês Michael Faraday provou, através de uma experiência bastante curiosa, que o campo elétrico é nulo no interior de um condutor eletrizado. Faraday construiu uma grande gaiola usando telas metálicas e isolou-a da Terra.

Depois, entrou em seu interior com dispositivos que permitissem a detecção de campos elétricos e pediu que seus assistentes eletrizassem a gaiola até que ela soltasse faíscas. Apesar de tudo isso, Faraday nada sentiu e nenhum de seus instrumentos detectou a presença de campo elétrico no interior da gaiola.

A explicação para esta experiência é que uma região do espaço totalmente envolto por um condutor não sofre a ação de campos elétricos oriundos por cargas estacionárias externas.

Este fenômeno é conhecido como blindagem eletrostática.



Fonte: wikipedia commons

**CONDUTOR EM EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO**

Para um condutor em equilíbrio eletrostático, existem quatro características importantes:

- \*as cargas elétricas em excesso distribuem-se na sua superfície externa
- \*o campo elétrico no interior do condutor é nulo
- \*o potencial elétrico em todos os pontos no interior do condutor é constante
- \*nos pontos da superfície do condutor, o vetor campo elétrico tem direção perpendicular à superfície

**O poder das pontas**

Experimentalmente, é possível constatar que em um condutor ocorre uma concentração maior de cargas nas regiões pontiagudas. Esse comportamento é conhecido como poder das pontas.

Ou seja, além das cargas se distribuírem sempre na superfície externa do condutor, ocorre um acúmulo maior nas regiões em que o condutor possui menor raio de curvatura.

Devido a essa concentração, o campo elétrico é mais intenso nestas áreas, podendo ocasionar mais facilmente o escoamento das cargas para o meio externo.

O para-raios, inventado por Benjamin Franklin, tem o seu princípio de funcionamento baseado neste fenômeno.

(A)

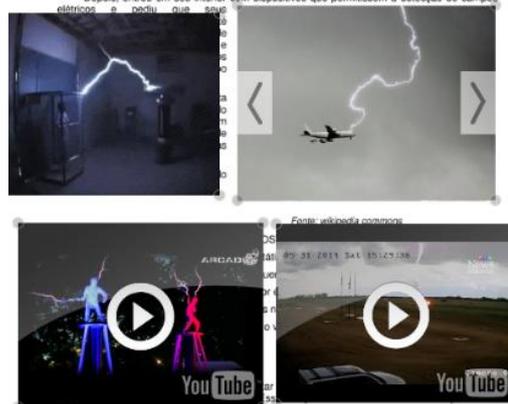
**A gaiola de Faraday (Blindagem eletrostática)**

Em 1836, o físico inglês Michael Faraday provou, através de uma experiência bastante curiosa, que o campo elétrico é nulo no interior de um condutor eletrizado. Faraday construiu uma grande gaiola usando telas metálicas e isolou-a da Terra.

Depois, entrou em seu interior com dispositivos que permitissem a detecção de campos elétricos e pediu que seus assistentes eletrizassem a gaiola até que ela soltasse faíscas. Apesar de tudo isso, Faraday nada sentiu e nenhum de seus instrumentos detectou a presença de campo elétrico no interior da gaiola.

A explicação para esta experiência é que uma região do espaço totalmente envolto por um condutor não sofre a ação de campos elétricos oriundos por cargas estacionárias externas.

Este fenômeno é conhecido como blindagem eletrostática.



Fonte: utilização própria

DS 20:31:08 111 341 15.127.136

Visitando o Laboratório

Biografia

Campo Elétrico

Download on the App Store

GET IT ON Google play

(B)

Figura 1 - (A) material didático da escola referente à blindagem eletrostática. (B) aparência dos elementos de RA ao utilizar o software LAYAR.

## Resultados e Discussão

Frente a análise das respostas dos questionários constatou-se que metade dos alunos conheciam a RA e tinham condições de diferenciá-la da realidade virtual, como pode-se verificar nas respostas abaixo:

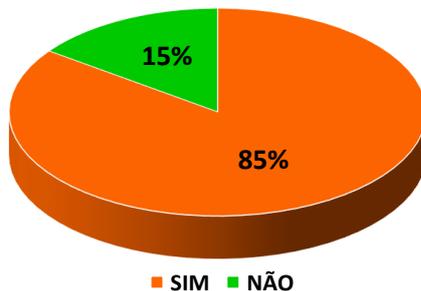
*“Sim, conhecia ambos. Realidade aumentada trata de “inserir” algo no mundo real através de aplicativos, enquanto realidade virtual é uma experiência, uma realidade criada a partir da tecnologia.” (aluno A)*

*“Conhecia, acho que realidade virtual é um ambiente computadorizado 3D como os óculos Rift. A realidade aumentada pega um ambiente da realidade e combina com um elemento virtual.” (aluno B)*

Três alunos exemplificaram a RA citando o jogo *Pokémon GO* que estava sendo lançado na mesma época da aplicação do questionário.

A figura 2 apresenta informações acerca da adesão dos alunos à atividade e os recursos digitais disponibilizados que mais os instigaram. Dos 66 alunos participantes da pesquisa, 10 não instalaram o aplicativo em seus dispositivos móveis, alegando não haver memória suficiente no aparelho. Alguns outros alunos comentaram que desinstalaram aplicativos ociosos de seus aparelhos a fim de liberar espaço na memória para que pudessem realizar a atividade, mostrando interesse e comprometimento. Alguns alunos, além do *smartphones* levaram para a aula seus *tablets* com o aplicativo LAYAR instalado.

(A) Instalaram o aplicativo



(B) Recursos de maior interesse

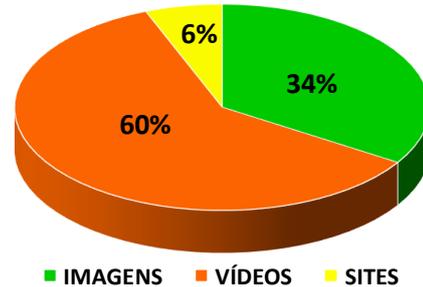


Figura 2 - Porcentagem dos alunos que instalaram o aplicativo LAYAR (A) e os recursos de RA de maior interesse (B).

Dentre os recursos disponibilizados via RA, aqueles que mais os alunos se interessaram foram os vídeos e as imagens, estando em consonância com o indicado por Prensky (2001). Apenas dois alunos comentaram sobre um link que permitia realizar uma visita virtual ao laboratório de Faraday. O link acerca da bibliografia do Faraday e um botão que indicava a instalação de um aplicativo sobre o campo elétrico e linhas de campo não foram mencionados por nenhum aluno. Contudo, enquanto os alunos realizavam a atividade em aula, observou-se que alguns deles instalaram o aplicativo sobre campo elétrico e o utilizaram. Sobre os recursos que mais despertaram interesse dos alunos, eis alguns relatos:

*“Me interessei pelos vídeos, porém a visualizações das imagens foi mais fácil, pois todos estavam tentando ouvir vídeos diferentes ao mesmo tempo, impossibilitado o completo entendimento do áudio proposto.” (aluno L)*

*“(A RA) apresenta vídeos de experiências sobre o conteúdo que tradicionalmente não seriam feitas em aula, contribuindo para a aprendizagem.” (aluno C)*

*“[...] os vídeos ilustram melhor o conteúdo.” (aluno A)*

Tanner et al (2014) destacam que o uso de animações em detrimento de representações estáticas contribui para o desenvolvimento dos modelos mentais dos estudantes, bem como que as conexões realizadas pelos alunos entre o novo conhecimento e outras áreas são facilitadas quando eles aprendem a partir de estímulos visuais e auditivos. A disponibilização de áudios, gifs animados e vídeos via RA são uma alternativa ao preconizado pelos autores.

A grande maioria dos alunos se surpreendeu com o material didático incrementado com RA, classificando a atividade como dinâmica, inovadora e interessante:

*“Achei interessante, pois saiu da rotina de nossas aulas.” (aluno H)*

*“Deixa a aula mais dinâmica.” (aluno F)*

*“Muito divertido, podemos interagir com o que antes não estava lá, é difícil de explicar [...] é uma coisa “prática” e temos fácil acesso aos conteúdos da internet.” (aluno D)*

*“Achei louco! Não estava esperando tanta informação saindo de uma página da minha apostila. Me pareceu bem útil e interessante.” (aluno J)*

*“Achei bem interessante e acho que deveríamos usar novamente, além de ser uma atividade que permite o uso do celular ela chama a atenção de todos. [...] Achei muito interessante e bem inovador, uma atividade diferenciada, um ótimo jeito de misturar o material da apostila com o mundo tecnológico.” (aluno I)*

*“Foi legal, diferente do que a gente costuma fazer.” (aluno E)*

Ibáñez et al (2014) e Cai et al (2013) salientam que o uso de elementos de RA podem contribuir para manter a atenção e concentração dos alunos nas atividades educacionais propostas, motivando-os ao aprendizado. Além disso, Ibáñez et al (2014) e Estapa e Nadolny (2015) verificaram que o uso de recursos digitais via RA pode motivar os alunos, fazendo com que eles se interessem pelas questões escolares apresentadas pelo professor. Esses aspectos também foram verificados nas falas dos alunos participantes desta pesquisa.

Estapa e Nadolny (2015) identificaram ainda que a RA pode motivar mais os alunos do que atividades semelhantes utilizando outros recursos digitais, o que está de acordo com os recortes discursivos abaixo:

*“[...] os alunos ficam muito dispersos com os materiais utilizados em aula, os quais já se tornaram comuns. O material de realidade aumentada atrai os alunos”. (aluno O)*

*“No powerpoint a minha atenção cai durante a apresentação e com a realidade aumentada não senti isso.” (aluno N)*

Os alunos, na sua grande maioria, destacaram a interatividade como um ponto positivo da atividade, ressaltando o acesso rápido aos materiais e a possibilidade de interagirem com diversos elementos simultaneamente, característica dos nativos digitais (PRENSKY, 2001):

*“[...] são outras formas de abordar o conteúdo, pois são mais interativas que os métodos tradicionais [...] achei uma experiência positiva, pois torna a apostila mais interativa.” (aluno F)*

*“Ter acesso rápido a materiais diversos relacionados à aula, como vídeos, páginas na internet, etc.” (aluno E)*

Quanto ao processo de aprendizagem os alunos afirmaram que os elementos de RA podem complementar os materiais formais:

*“Ajuda na ilustração dos conceitos.” (aluno P)*

*“A realidade aumentada pode complementar o material impresso.” (aluno N)*

*“Achei bom, pois apresentava mais materiais e referências para o conteúdo.” (aluno C)*

*“Gostei que proporciona informações adicionais e até coisas que não veria em sala a respeito do assunto estudado.” (aluno M)*

*“[...]podemos ter acesso a informações adicionais.” (aluno F)*

Esses recortes discursivos estão em concordância com Kerawalla et al (2006) e Dunleavy e Dede (2014) que sugerem que a RA permite que o conteúdo formal seja abordado por múltiplas perspectivas, contribuindo para a contextualização dos conceitos abordados e facilitando a construção de conhecimento. Rolim et al (2011) assinalam que a ampliação dos aspectos sensoriais permitido pela RA pode aumentar a capacidade cognitiva e facilitar o aprendizado. Forte e Kirner (2009) preconizam que o uso de RA no ensino pode torná-lo menos abstrato e mais contextualizado, uma vez que permite a incorporação de elementos como vídeos, fotografias, sons e simulações. Esses aspectos também foram relatados pelos alunos, que afirmam:

*“Possibilita fazer relações entre o que está sendo estudado com coisas do cotidiano, além de disponibilizar mais exemplos e outras formas de interpretar os conteúdos [...]me ajudou a relacionar aquilo que estava estudando com algo comum do cotidiano aluno.” (aluno M)*

*“Achei interessante e surpreendente e me ajudou a fazer conexões entre a matéria e a vida.” (aluno N)*

*“É um método diferente de estudar que surpreende os alunos. É significativo para o aprendizado.”(aluno O)*

Os estudantes também enfatizaram que o conteúdo pode ser acessado de qualquer lugar e que o aluno pode interagir no seu próprio tempo:

*“O material é de todos e pode ser acessado de qualquer lugar.” (aluno M)*

*“O professor dá ao aluno possibilidade de interagir com o material em seu próprio ritmo.” (aluno L)*

*“O aluno pode aprender ao seu próprio tempo e olhar por quanto tempo quiser. Porém o professor pode dar uma explicação mais orientada sobre cada item.” (aluno B)*

*“O uso da realidade aumentada permite autonomia e liberdade maiores para os alunos [...]” (aluno P)*

O recorte discursivo do aluno B reverbera nas características trazidas por Ibáñez et al (2014) e Yuen et al (2011) no que diz respeito à possibilidade do aluno realizar as atividades em seu próprio ritmo. Além disso, o mesmo aluno destaca, na segunda frase, a importância do professor em mediar o uso da RA, comentando e contextualizando os elementos disponibilizados de forma virtual, aspecto salientado por Kerawalla et al (2006). Apesar disso, apenas 3 alunos acessaram o conteúdo novamente em outro momento que não fosse o espaço formal da sala de aula. Esse não foi o caso do aluno N:

*“Sim, em casa para ter acesso novamente às informações, pois achei muito legal.” (aluno N)*

Em contrapartida, o aluno D considerou que a atividade envolvendo RA se resumia apenas ao momento realizado em sala de aula. Essa pode ter sido a ideia construída por outros alunos:

*“Não, eu havia apagado o aplicativo.” (aluno D)*

Dentre os pontos negativos foram elencados a falta de memória no dispositivo móvel para instalarem o aplicativo e problemas de conexão com a rede wi-fi disponibilizada pela escola:

*“O único problema foi o sinal ruim de wi-fi, atrapalhando o uso do app.” (aluno H)*

O aluno L destaca a dificuldade de ouvir o áudio dos vídeos devido a vários colegas estarem realizando a mesma tarefa simultaneamente:

*“[...]todos estavam tentando ouvir vídeos diferentes ao mesmo tempo, impossibilitado o completo entendimento do áudio proposto.” (aluno L)*

Os alunos apresentaram ainda uma visão de aprendizagem tradicional, centrada no professor como detentor do conhecimento, não entendendo-o como um mediador nos processos de ensino e aprendizagem:

*“Pode tirar a atenção do aluno das explicações do professor.” (aluno O)*

*“A desvantagem é que pode dificultar a aula, pois o foco não seria o professor.” (aluno M)*

Além disso, também revela a dificuldade de autonomia e liberdade com responsabilidade que deve ser dado em sala de aula, manifestando a ideia de que o professor deve manter a disciplina e o controle da turma. Destacam ainda a possibilidade dos alunos utilizarem os dispositivos móveis para outros fins que não sejam os acadêmicos:

*“Menos controle sobre os alunos.” (aluno A)*

*“Não é possível ficar controlando se todos os alunos estão fazendo (a atividade).” (aluno N)*

*“Por outro lado, o aluno deve estar comprometido com a aula, pois pode utilizar o smartphone para outros motivos que não acadêmicos.” (aluno L)*

*“Talvez os alunos se distraiam. Podem acessar o face, whatsApp, parar de prestar atenção.” (aluno R)*

Essas desvantagens também foram identificadas na pesquisa de Macedo et al (2016) que teve como participantes alunos da mesma faixa etária. Nenhum aluno sinalizou de forma negativa a quantidade de recursos de RA disponibilizados por página impressa. Segundo Estapa e Nanoldy (2015) o número de recursos de RA por página de material impresso deve estar entre 7 e 9. O material analisado nesta pesquisa oferecia 7 elementos de RA e o fato dos alunos não manifestarem esse número de itens como um fator negativo vai ao encontro do verificado pelas autoras.

Os alunos destacam ainda que a RA poderia ser estendida a outras disciplinas como Química, Matemática, Geografia e História, bem como ser utilizada para facilitar a visualização de objetos tridimensionais:

*“Nos exercícios para visualizar melhor uma figura 3D, por exemplo.” (aluno A)*

Este último aspecto é ressaltado por Kerawalla et al (2006), Macedo et al (2016) e Swensen (2016) como uma das potencialidades da RA em sala de aula.

## Considerações Finais

Neste trabalho avaliou-se o uso da impressão interativa, ou seja, de recursos de RA sobrepostos a materiais impressos tradicionais com alunos do terceiro ano do ensino médio. Pode-se concluir que os alunos se interessaram pela atividade proposta, julgando o uso de RA como inovador, dinâmico, motivador e interessante. Os alunos destacaram a interatividade como um aspecto importante e que os recursos propostos (principalmente vídeos e imagens) ampliaram suas sensações e contribuíram ao aprendizado. Como aspectos negativos da atividade os alunos salientaram problemas de acesso à internet e a possibilidade dos estudantes utilizarem os dispositivos móveis para fins que não fossem educacionais.

O uso da RA disponibiliza elementos que facilitam a contextualização dos conteúdos trabalhados em aula, uma vez que os apresenta a partir de múltiplas perspectivas. Permite ainda que aspectos históricos ou as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente sejam explorados e evidenciados. A RA não deve ser

vista apenas como uma forma de complementar o material didático, mas sim como parte dele que contribui de forma efetiva para a construção de conhecimento por parte dos alunos. Além disso, a RA pode ser utilizada em outras atividades, como a realização de investigações e aulas de laboratório. Em um trabalho futuro pretende-se avaliar a experiência com o uso sistemático de elementos de RA vinculados à apostila ao longo de todo um ano letivo, principalmente em atividades a serem realizadas fora do ambiente escolar.

## Referências

- AZUMA, R.T. A survey of augmented reality. **Presence**, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.
- CAI, S.; CHIANG, F.; WANG, X. Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. **International Journal of Engineering Education**, v. 29, n. 4, p. 856-865, 2013.
- CHEN, P.; LIU, X.; CHENG, W.; HUANG, R. A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In: POPESCU, E.; KINSHUK, KHRIBI, M.K.; HUANG, R.; JEMNI, M.; CHEN, N.-S.; SAMPSON, D.G. (Eds.). **Innovations in Smart Learning**. Singapura: Springer, 2017. p. 13-18.
- DUNLEAVY, M.; DEDE, C. Augmented reality teaching and learning. In: SPECTOR, M.; MERRILL, M.D.; ELEN, J.; BISHOP, M.J. (Eds.). **Handbook of research on educational communications and technology**. New York: Springer, 2014. p. 735-745.
- ESTAPA, A.; NADOLNY, L. The effect of an augmented reality enhanced mathematics lesson on student achievement and motivation. **Journal of STEM Education: Innovations and Research**, v. 16, n. 3, p. 40-48, 2015.
- FIGUEIREDO, M.; GOMES, J.; GOMES, C.; LOPES, J. Augmented Reality tools for teaching and learning. **EduRe Journal: International Journal on Advance in Education Research**, v. 1, n. 1, p.22-34, 2014.
- FORTE, C.E.; KIRNER, C. Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Ferramenta para Aprendizagem de Física e Matemática. **Atas do 6º Workshop de realidade virtual e aumentada**. Santos, 2009.
- IBÁÑEZ, M.B.; DI SERIO, Á.; VILLARÁN, D.; KLOOS, C.D. Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. **Computers & Education**, v. 71, p. 1-13, 2014.
- KERAWALLA, L.; LUCKIN, R.; SELJEFLOT, S.; WOOLARD, A. "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. **Virtual Reality**, v. 10, n. 3-4, p. 163-174, 2006.
- LIMA, M.B.; PEREIRA, L.B.; MERÍNO, C.G.; STRUCHINER, M. Realidade Aumentada no Ensino de Ciências: uma revisão de literatura. **Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2017.

MACEDO, A.C.; SILVA, J.A.; BURIOL, T.M. Usando Smartphone e Realidade aumentada para estudar Geometria espacial. **RENOTE- Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n.2, p.1-10, 2016.

NADOLNY, L. Interactive print: The design of cognitive tasks in blended augmented reality and print documents. **British Journal of Educational Technology**, v. 48, n. 3, p. 814-823, 2017.

OLIVEIRA, L.P.M.; HARRES, J.B.S. O uso do Facebook como Ferramenta para a Construção Coletiva de uma Proposta Pedagógica. **Revista Contexto & Educação**, v. 32, n. 102, p. 4-31, 2017.

OLIVEIRA, L.D.; MANZANO, R.C. Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR. **RENOTE- Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n.1, p.1-10, 2016.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants part 1. **On the horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

ROLIM, A.L.S.; RODRIGUES, R.L.; OLIVEIRA, W.; FARIAS, D.S. Realidade aumentada no ensino de ciências: tecnologia auxiliando a visualização da informação. **Atas do VIII encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**. Campinas, 2011.

SWENSEN, H. Potential of augmented reality in sciences education a literature review. **Proceedings of 9th annual International Conference of Education, Research and Innovation**. Sevilha, 2016.

TANNER, P.; KARAS, C.; SCHOFIELD, D. Augmenting a child's reality: using educational tablet technology. **Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice**, v. 13, p. 45-54, 2014.

YUEN, S.C.; YAOYUNYONG, G.; JOHNSON, E. Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. **Journal of Educational Technology Development and Exchange**, v. 4, n. 1, p. 11, 2011.