

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS EM REDE

Alexandre Becker Nunes

**DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA
MÓVEL COM FOCO NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA**

Santa Maria, RS
2023

Alexandre Becker Nunes

**DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA MÓVEL COM
FOCO NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede.

Orientador: Prof. Dr. Vinícius Maran

Santa Maria, RS
2023

Nunes, Alexandre Becker

Diretrizes para aplicação de realidade aumentada móvel
com foco no ensino de ciências da natureza / Alexandre
Becker Nunes.- 2023.

79 p.; 30 cm

Orientador: Vinícius Maran

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em
Tecnologias Educacionais em Rede, RS, 2023

1. Conjunto de diretrizes 2. Realidade Aumentada Móvel
3. Educação 4. Aplicações I. Maran, Vinícius II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, ALEXANDRE BECKER NUNES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Alexandre Becker Nunes

**DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA MÓVEL COM
FOCO NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede**.

Aprovado em 28 de abril de 2023:

Vinícius Maran, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Fabricio Herpich, Dr. (UFSC)

Giani Petri, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2023

RESUMO

DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA MÓVEL COM FOCO NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

AUTOR: Alexandre Becker Nunes
ORIENTADOR: Vinícius Maran

A utilização da tecnologia na educação tem sido amplamente discutida nos dias atuais. Cada vez mais sua inserção como ferramenta de apoio a educação se torna uma importante temática de pesquisa. Entre estas diferentes tecnologias está a Realidade Aumentada Móvel, a qual também tem sido foco da discussão científica em diversos trabalhos recentes. A utilização de aplicações de Realidade Aumentada Móvel na educação possibilita aos educadores uma ferramenta de apoio ao ensino aprendizagem, agregando ao processo uma opção de prática de atividades que muitas vezes não podem ser replicadas no mundo real. Considerando essa utilização cada vez maior destas aplicações, se apresenta como oportunidade de pesquisa a busca sobre diretrizes que possam auxiliar os desenvolvedores no desenvolvimento destas aplicações para educação, detalhando processos e passos a serem seguidos para esta tarefa. Neste contexto, este trabalho tem como principal objetivo apresentar o processo de elaboração de um conjunto de diretrizes que servem como uma guia de instruções para nortear os desenvolvedores para a criação de aplicações de Realidade Aumentada Móvel para educação. A proposta foi fundamentada através da realização de um mapeamento sistemático de literatura e embasado através de referencial teórico. Desta forma, este conjunto de diretrizes foi construído e avaliado através de um painel de especialistas na área, propondo uma sequência de instruções a serem seguidas para auxiliar no desenvolvimento dessas aplicações. Os principais resultados obtidos durante a pesquisa foram a constatação da ausência de diretrizes para a construção de aplicações de realidade aumentada móvel, o que possibilitou através desta pesquisa, a criação e validação de um conjunto de diretrizes de realidade aumentada móvel que vai auxiliar os desenvolvedores na construção de aplicações, seguindo a sequência de instruções propostas.

Palavras-chave: Conjunto de diretrizes. Realidade Aumentada Móvel. Educação. Aplicações.

ABSTRACT

GUIDELINES FOR THE APPLICATION OF MOBILE AUGMENTED REALITY FOCUSING ON NATURE SCIENCE TEACHING

AUTHOR: Alexandre Becker Nunes

ADVISOR: Vinícius Maran

The use of technology in education has been widely discussed nowadays. Increasingly, its insertion as a tool to support education becomes an important research topic. Among these different technologies is Mobile Augmented Reality, which has also been the focus of scientific discussion in several recent works. The use of Mobile Augmented Reality applications in education provides educators with a tool to support teaching and learning, adding to the process an option to practice activities that often cannot be replicated in the real world. Considering the increasing use of these applications, the search for guidelines that can help developers in the development of these applications for education is presented as a research opportunity, detailing processes and steps to be followed for this task. In this context, this work has as main objective to present the elaboration process of a set of guidelines that serve as an instruction guide to guide developers to create applications of Mobile Augmented Reality for education. The proposal was substantiated by carrying out a systematic mapping of the literature and based on a theoretical framework. In this way, this set of guidelines was constructed and evaluated by a panel of experts in the area, proposing a sequence of instructions to be followed to assist in the development of these applications. The main results obtained during the research were the verification of the absence of guidelines for the construction of mobile augmented reality applications, which made possible, through this research, the creation and validation of a set of mobile augmented reality guidelines that will help developers in the construction of applications, following the sequence of proposed instructions.

Keywords: Set of guidelines. Mobile Augmented Reality. Education. Applications.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Contínuo Real-Virtual, conforme proposta de Milgram et al. (1995), adaptado do original por Tori (2017)	17
FIGURA 02 – Processamento do sistema de RV	18
FIGURA 03 – Exemplo ambiente com realidade aumentada (carro e vaso de flores) ..	21
FIGURA 04 – Exemplo marcadores RA	23
FIGURA 05 – Etapas do Modelo ADDIE	27
FIGURA 06 – Metodologias de Desenvolvimento	40
FIGURA 07 – Marcadores de RAM	41
FIGURA 08 – Material	41
FIGURA 09 – Componentes de aplicação de RA, conforme Cardoso et al. (2012)	54
FIGURA 10 – Desafios RAM	55
FIGURA 11 – Tabela de comparação de algumas das tecnologias de Realidade Aumentada	58

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 – Filtros	31
QUADRO 02 – Área de ensino e coleta de informações técnicas	33
QUADRO 03 – Critérios avaliativos dos artigos	34
QUADRO 04 – Dados qualitativos e quantitativos	36
QUADRO 05 – Principais campos de estudo dos autores utilizados na pesquisa	39
QUADRO 06 – Relação de diretrizes propostas e etapas ADDIE	47
QUADRO 07 – Diretriz 5: Definir as pessoas envolvidas no projeto	51
QUADRO 08 – Diretriz 3: Definir foco da aplicação	52
QUADRO 09 – Diretriz 1: Definir plataforma e ambiente da aplicação	56
QUADRO 10 – Diretriz 4: Definir marcadores de RAM	57
QUADRO 11 – Diretriz 2: Definir ferramentas	59
QUADRO 12 – Diretriz 6: Definir forma de avaliação	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DI	Design Instrucional
MSL	Mapeamento Sistemático de Literatura
RA	Realidade Aumentada
RAM	Realidade Aumentada Móvel
RV	Realidade Virtual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.3	ESTRUTURA DO TEXTO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	MUNDO REAL X MUNDO VIRTUAL	16
2.2	REALIDADE VIRTUAL	17
2.3	REALIDADE AUMENTADA (RA)	19
2.4	TIPOS DE RA	22
2.5	APLICAÇÃO DE RA NA EDUCAÇÃO	23
2.6	DESIGN INSTRUCIONAL (DI)	25
3	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA	29
3.1	METODOLOGIA DO MSL	30
3.2	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA	30
3.3	DISCUSSÃO E RESULTADOS DO MSL	37
3.3.1	Questão 1: Existem diretrizes disponíveis para a elaboração de recursos de RAM na área educacional com foco nas ciências da natureza (física, química) e também na aplicação em educação?	37
3.3.2	Questão 2: Como as abordagens tecnológicas e educacionais estão sendo conduzidas para a elaboração de recursos de RAM na área da educação?	39
3.3.3	Questão 3: Como são mensuradas e qualificadas estas possíveis diretrizes existentes, ou como estão sendo mensuradas possíveis aplicações para a validação de recursos de RAM na educação?	42
3.4	ANÁLISE E RELAÇÃO COM A PROPOSTA DO TRABALHO	43
4	DESENVOLVIMENTO DE UM CONJUNTO DE DIRETRIZES	45
4.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
4.2	ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES	46
4.3	RELAÇÃO ENTRE DIRETRIZES COM O MODELO ADDIE	47
5	CONJUNTO DE DIRETRIZES PARA RAM NA EDUCAÇÃO	50
5.1	DIRETRIZ 5 – DEFINIR AS PESSOAS ENVOLVIDAS NO PROJETO	50

5.2	DIRETRIZ 3 – DEFINIR O FOCO DA APLICAÇÃO	51
5.3	DIRETRIZ 1 – DEFINIR PLATAFORMA E AMBIENTE DA APLICAÇÃO	52
5.4	DIRETRIZ 4 – DEFINIR MARCADORES DE RAM	56
5.5	DIRETRIZ 2 – DEFINIR FERRAMENTAS	58
5.6	DIRETRIZ 6 – DEFINIR FORMA DE AVALIAÇÃO	59
6	AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO	62
6.1	FORMA DE AVALIAÇÃO	62
6.2	MODELO DE AVALIAÇÃO	64
6.3	COLETA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS PAINEL DE ESPECIALISTAS	65
6.3.1	Painel de especialistas	65
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais tem crescido cada vez mais a utilização da tecnologia como ferramenta de apoio as diferentes atividades do dia a dia. A utilização de novas tecnologias na educação se torna cada vez mais presente, apresentando novas oportunidades para sua inserção em parceria com as metodologias de ensino existentes.

A utilização de novas tecnologias na educação acabou sendo acelerada pelo período pandêmico da Covid-19, no qual o uso da mesma se tornou indispensável para que os educadores e estudantes por meio de ferramentas de ensino remoto e diferentes tecnologias de apoio, pudessem interagir entre si para seguir o processo de ensino aprendizagem. A utilização das plataformas de ensino procura auxiliar os educadores nessa missão, ajudando no envio e recepção dos conteúdos e na realização de atividades de ensino aprendizagem. De acordo com Moreira *et al.* (2020), o uso dos smartphones e demais tecnologias auxiliam nesse processo através da utilização de ambientes virtuais de aprendizagem:

A utilização de ambientes virtuais (AVA) já era comum no país e se intensificou ainda mais nesse período de quarentena. É viável que ferramentas como Moodle alojem diversas aulas pré-gravadas e disponibilizadas ao aluno, quando e onde ele quiser acessar. A ferramenta ainda conta com a utilização a partir de smartphones e demais dispositivos moveis. O professor consegue controlar acesso, lançar exercícios e provas através do sistema (MOREIRA *et al.*, 2020, p. 6281).

Através destas ferramentas, se torna possível aos educadores entregarem os conteúdos propostos pelos planos de ensino preestabelecidos, permitindo que os alunos prossigam com suas disciplinas apoiadas pelo ensino a distância.

Dentro destas tecnologias, pode-se destacar o uso da Realidade Aumentada Móvel (RAM), a qual permite aos educadores transportar experimentos e situações de ensino para um ambiente digital, permitindo aos estudantes interagir de forma colaborativa e prática com os processos de ensino aprendizagem, tornando o mesmo mais dinâmico e combinando elementos do mundo real com o ambiente virtual.

A RAM vem surgindo como uma promissora área de aplicação e estudos no meio acadêmico, tendo um elevado número de publicações em artigos e eventos científicos, despontando como uma excelente ferramenta de utilização no âmbito educacional (HAMILTON, 2011). A RAM utiliza a sobreposição de informações significativas criando um conteúdo que agrega uma experiência visual enriquecida para os usuários, permitindo uma maior interação com o ambiente (MAITI; MAXWELL; KIST, 2017). Ainda neste ponto, pode-

se destacar que a utilização da RAM tem mostrado contribuições para a percepção e motivação dos usuários em diversas atividades no contexto educacional, auxiliando na aprendizagem em diversas áreas do conhecimento (AYER; MESSNER; ANUMBA, 2016; MANRIQUE-JUAN *et al.*, 2017).

1.1 JUSTIFICATIVA

Aliado a utilização e a popularização dos dispositivos móveis e juntamente com sua grande aplicação na educação, a utilização da RAM deve ser considerada no processo de ensino aprendizagem como uma ferramenta de apoio e que permita uma maior interação dos usuários com situações de ensino que muitas vezes não podem ser realizadas de forma prática.

De acordo com Valente (2018), com a inserção e o crescimento da tecnologia na educação, os alunos preferem utilizar a tecnologia como forma de suporte para conhecimento ao invés de uma leitura impressa de algum conteúdo específico, muitas vezes devido a facilidade de comunicação com diferentes pessoas presentes nas redes sociais que podem discutir e auxiliar as questões propostas.

Os alunos preferem os tutoriais online ou os vídeos no YouTube para entender como as coisas funcionam. Esse aluno certamente terá muita dificuldade para assistir a aulas expositivas por mais de 30 minutos. Em geral, os discentes acessam seu tablet ou smartphone podendo, inclusive, encontrar informação que complementa o que o professor está discutindo. A atenção do estudante não está mais no professor, mas em algo que está relacionado com o seu interesse (VALENTE, 2018, p. 17).

Considerando a crescente utilização da tecnologia na educação e a utilização da RAM como ferramenta para o ensino aprendizagem, este trabalho apresenta como proposta o desenvolvimento de um conjunto de diretrizes para o desenvolvimento de aplicações de RAM com foco na educação, possibilitando assim aos desenvolvedores seguir uma sequência de passos que podem auxiliar os mesmos na construção dessas aplicações.

Inicialmente, foi realizado um Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL) em busca da existência de possíveis diretrizes já existentes para o desenvolvimento de aplicações, analisando os artigos selecionados de forma a responder as questões de pesquisas propostas.

De forma a conceituar o MSL, o mesmo pode ser chamado também de revisão de escopo (*scoping review*), sendo utilizado quando não se faz necessário responder questões específicas de uma forma aprofundada e sim apresentando uma visão geral de uma determinada área de pesquisa (MOHER; STEWART; SHEKELLE, 2015). Ainda como definição, considera que

este tipo de estudo foca na categorização do tópico da pesquisa de interesse, utilizado em tópicos nos quais a poucas evidências disponíveis na literatura (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

Para fundamentar este processo do MSL foi realizada uma pesquisa bibliográfica exploratória através de *strings* definidas através de palavras chaves previamente selecionadas. Realizando uma busca em repositórios de artigos acadêmicos reconhecidos, tendo como base de metodologia de pesquisa, uma adaptação do processo proposto por Kitchenham *et al.* (2010), que definiu uma forma eficaz de pesquisa agregar conhecimento através da pesquisa de um determinado tópico ou questão de pesquisa, considerando ser mais confiável uma evidência que venha de um conjunto de estudos.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho, através dos resultados obtidos pelo MSL e pelo referencial teórico, o desenvolver um conjunto de diretrizes, que possam orientar os desenvolvedores e utilizadores no desenvolvimento e utilização de aplicações de RAM para o ensino aprendizagem. Como objetivos específicos apresenta os seguintes pontos:

- Identificar das abordagens educacionais utilizadas em outros trabalhos;
- Elaborar um conjunto de diretrizes para avaliação e validação de um painel de especialistas;
- Atualizar e otimizar o conjunto de diretrizes como um guia de desenvolvimento de aplicações de RAM.

1.3 ESTRUTURA DO TEXTO

Este trabalho segue a seguinte estrutura: no Capítulo 2 são apresentadas as principais definições sobre a temática proposta, com o objetivo de embasar o trabalho apresentando os conceitos, utilização e aplicação da RAM. No Capítulo 3 são detalhados os processos metodológicos utilizados para a elaboração do MSL, explanando os processos para a coleta de dados e suas análises. Ainda aborda os resultados obtidos através da análise feita na revisão de literatura e na análise dos dados obtidos através dos gráficos desenvolvidos para apresentação destes resultados.

No Capítulo 4 são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para elaboração do conjunto de diretrizes apoiado no referencial teórico e nos resultados obtidos pelo MSL. O Capítulo 5 contempla a etapa de desenvolvimento de um conjunto de diretrizes, apresentando quais critérios estão sendo considerados para elaboração da proposta. Apresenta a metodologia de apoio escolhida e como sua construção está sendo desenvolvida. Ainda apresenta uma primeira versão do conjunto de diretrizes proposto, o qual será encaminhada para uma avaliação de um painel de especialistas para validação e atualização.

No Capítulo 6 são apresentados os dados coletados através do relatório e do questionário enviado ao painel de especialistas para atualização e validação da proposta do conjunto de diretrizes elaborado, bem como a discussão sobre os resultados obtidos na avaliação. No Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentadas as principais temáticas que irão nortear o desenvolvimento do trabalho de forma a contextualizar os elementos que integram as propostas trazidas para o mesmo. Tem como objetivo apresentar os conceitos sobre mundo virtual, RA e suas aplicações, bem como, os conceitos de metodologias utilizados para a elaboração e desenvolvimento do trabalho.

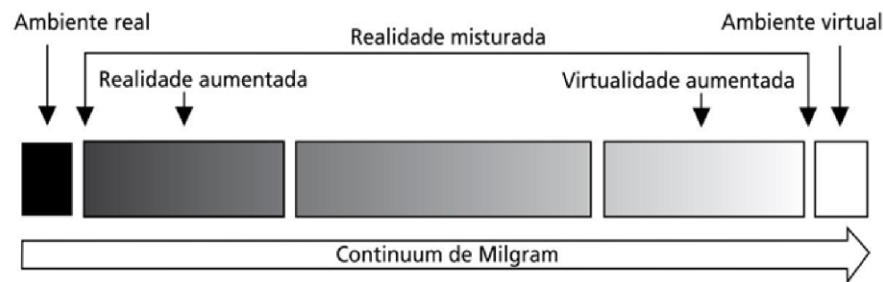
2.1 MUNDO REAL X MUNDO VIRTUAL

É importante contextualizar as diferentes realidades, suas semelhanças, diferenças e peculiaridades, detalhando a percepção sobre estes ambientes, suas formas de interação e as possibilidades que as mesmas apresentam. O mundo real consiste do que podemos sentir e perceber, a realidade é formada por tudo aquilo que é captado por nossos sentidos através dos estímulos do meio externo (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018). O crescente uso da tecnologia aliada as novas tecnologias disponíveis tornam a interação usuário x máquina um fator comum nos dias atuais, torna esta interação automática e parte do dia a dia destes usuários.

O mundo virtual, por sua vez, é muitas vezes considerado como inexistente, como se fosse apenas uma projeção, uma ilusão de óptica, apenas um reflexo de uma percepção da nossa mente. A dificuldade de entender essa relação entre real e virtual gera diferentes percepções, em que (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018), explicam que o objetivo do mundo virtual era tirar do usuário a percepção do mundo real e fazê-lo se sentir apenas no ambiente virtual, já pela análise de dentro da Realidade Virtual, ambas as partes foram tratadas como mutuamente exclusivas, justificando essa percepção, a qual se mantém até os dias atuais.

Na década de 90 surgiu conceito de Realidade Aumentada, permitindo a partir disto, a mistura entre o mundo real e o mundo virtual, sendo que no ano de 1995, através de um artigo publicado por Milgram *et al.* (1995), uma proposta ficou conhecida como “*Contínuo real-virtual*” ou “*Contínuo de Milgram*”, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 – Contínuo Real-Virtual, conforme proposta de Milgram *et al.* (1995), adaptado do original por Tori (2017)



Fonte: Tori, Hounsell e Kirner (2018, p. 15).

Na Figura 1, é possível verificar que o ambiente real está situado a extrema esquerda da imagem, enquanto o ambiente virtual aparece na extrema direita. Já a Realidade Aumentada, pode ser obtida quando o usuário do mundo real pode interagir com o mundo virtual, através das interações com objetos.

A Figura 1 também apresenta o conceito de virtualidade aumentada, esta ocorre quando o usuário é transportado para uma realidade sintética (virtual) a qual é enriquecida com elementos do mundo real (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018). O conceito de Realidade Misturada, atualmente está sendo difundido como sinônimo de Realidade Aumentada, termo que está mais consolidado nos estudos atuais.

2.2 REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual surge apresentando uma nova interface, na qual, permite que o usuário possa romper a barreira da tela padrão, utilizando representações tridimensionais mais próximas a realidade deste usuário, possibilitando interações de forma mais natural (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Desta maneira a interação e a percepção do usuário se modifica, o usuário não apenas interage com a máquina, mas também pode se tornar parte do ambiente, sendo inserido dentro desta realidade.

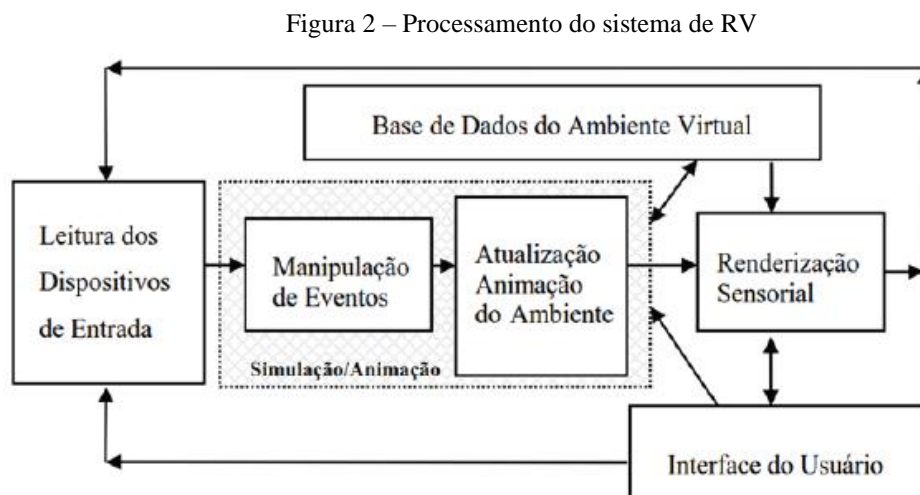
De forma a conceituar, nesta seção são apresentadas algumas definições sobre a Realidade Virtual, trazidas por diferentes autores da área, considerando que estas definições podem variar de acordo com o foco da área aplicada. Tais áreas contemplam a tecnologia e a percepção do usuário.

A Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos desse ambiente. Além da visualização em si a experiência do usuário de RV pode ser enriquecida pela estimulação dos demais sentidos como tato e audição (TORI; KIRNER *apud* TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018, p. 18).

Outra definição pode ser apresentada seguindo a linha de pensamento de Jerald (2015), que apresenta à RV como um ambiente digital, o qual é gerado computacionalmente e que pode ser utilizado de forma interativa como se fosse algo real.

Na obra de Kirner e Siscoutto (2007), os autores trazem um compilado de definições de forma sintetizada, baseadas nas definições de Burdea (1994), Vince (1995; 2004), Kirner (1996) e Sherman (2003), para definir a RV como uma interface avançada para aplicações computacionais, a qual permite que o usuário possa interagir e navegar, em tempo real, com um ambiente tridimensional, gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais.

Para entender o funcionamento desta tecnologia, pode-se observar a Figura 2 que traz um diagrama simplificado que mostra o processamento de um sistema RV.



Fonte: Tori, Hounsell e Kirner (2018, p. 19).

Conforme apresentado na Figura 2, o ciclo pode ser resumido em: leitura dos dados de dispositivos de entrada, execução da simulação/animação e a renderização sensorial. A renderização sensorial é considerada de forma ampla e engloba: renderização visual, auditiva e háptica (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018).

O sistema recebe as informações, faz a leitura dos dados inseridos, gera o ambiente virtual, o qual vai permitir aos usuários a interação com o ambiente projetado, através de gestos, sons e a sensação do toque e manipulação do mundo no qual foi inserido.

Na prática, para que este fluxo seja executado em ambiente computacional, o mesmo deve conseguir coordenar os sinais de entrada e saída em tempo real, não afetando o modelo. Deve ainda permitir através de canais de entrada e saída a interação com o usuário, coletando as informações sobre o posicionamento do mesmo. Já os canais de saída são responsáveis pela visualização, som e percepção da interação.

Para que ocorra esta interação são necessários equipamentos adequados que permitam ao usuário perceber suas ações no ambiente virtual, considerando estes dispositivos de entrada e saída, a RV necessita de equipamentos especiais para a captação destas informações e para também transportar o usuário para este ambiente. Equipamentos mais comumente utilizados podem ser luvas, capacete, óculos estereoscópicos entre outros. Por muitas vezes este transporte do usuário causava algum desconforto na adaptação.

Pode-se verificar através das definições da RV, que a mesma permite ao usuário a interação com um ambiente totalmente virtual, baseado em um ambiente computacional, o qual transporta o usuário para dentro de uma nova realidade, através de equipamentos que possibilitam ações do usuário com este ambiente.

Apesar da constante evolução da RV e de suas diversas aplicações, alguns fatores prejudicam a sua popularidade, o desconforto com o ambiente, a necessidade dos equipamentos para a interação, apesar da otimização dos mesmos, ainda pode causar algum desconforto ao usuário.

Considerando estes fatos, ainda nos anos 90, surge como um novo processo de sobreposição de objetos e ambientes, a Realidade Aumentada, a qual permitia esta interação através de algum dispositivo tecnológico. Na seção seguinte serão apresentados os conceitos e inovações trazidos por esta tecnologia.

2.3 REALIDADE AUMENTADA (RA)

A popularização da tecnologia, aliada a possibilidade de dispositivos mais acessíveis, permitiu que a Realidade Aumentada, fosse difundida de forma mais acessível nos anos 2000. Através de técnicas de visão computacional, softwares e a popularização dos dispositivos, com

um custo-benefício melhor, esta tecnologia começou a ser trabalhada, permitindo que objetos virtuais fossem trazidos para o mundo físico do usuário (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

A Realidade Aumentada, é uma ferramenta que está sendo utilizada nas mais diversas áreas, tanto na tecnologia, como na educação, saúde entre várias outras, permitindo amplas possibilidades na sua aplicação.

As tecnologias muitas vezes são tratadas como sinônimos, apesar destas apresentarem muitos pontos em comum, devemos considerar a RA como uma tecnologia relacionada à RV e não um tipo desta. De forma a compreender a diferença da RV para a RA, se pode entender que, enquanto a RV leva o usuário para um novo ambiente (virtual), fazendo com que o mesmo seja totalmente envolvido nesta, a RA mantém o usuário com referências do mundo real, trazendo para o mundo real elementos virtuais.

Outro fator a ser ressaltado é a dependência da RV dos equipamentos de visualização, que normalmente são utilizados em um ambiente fechado, já a RA por sua vez, não apresenta essa restrição aos dispositivos, podendo também ser usada em ambientes tanto abertos quanto fechados, se tornando mais abrangente. Ambas as tecnologias podem ser utilizadas como aplicações individuais e aplicações coletivas, tanto locais como remotas (BILLINGHURST; KATO, 1999; BENFORD, 1998; KIRNER, 2004). A RA ainda possibilita a utilização de ações tangíveis (KAWASHIMA, 2001) e ainda operações multimodais, utilizando voz, gestos, etc., permitindo uma facilidade de utilização do usuário sem necessidade de treinamento.

De maneira a conceituar a RA, nesta seção são apresentadas algumas definições, conforme (COMO..., c2021), pode ser definida como o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, através de algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real. Considerada também como uma tecnologia que possibilita uma melhoria do mundo real através da utilização de textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador (INSLEY *apud* HOUNSELL, TORI; KIRNER, 2018).

Azuma *et al.* (2001) consideram a mesma como um sistema que aumenta, do seu próprio nome, de forma a contemplar a percepção e a interação do usuário com o mundo real. Ainda para Milgram *et al.* (1995), consiste na mistura entre mundo real e virtual, em algum ponto do espectro que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais. Por fim, Azuma *et al.* (2001) definem RA como um sistema que suplementa o mundo real, através de objetos gerados computacionalmente, parecendo coexistir no mesmo espaço. Considera-se também que para isto, estes objetos devem possuir as seguintes características (AZUMA *et al.*, 2001):

- Combinar objetos reais e virtuais no ambiente real;
- Executar interativamente em tempo real;
- Alinhar objetos reais e virtuais entre si;
- Aplica-se a todos os sentidos, incluindo audição, tato, força e cheiro.

A aplicação de RA pode ser amplamente discutida, conforme as definições anteriores, se pode verificar que esta permite através da interação dos usuários com um ambiente virtual, utilizando objetos, imagens, textos, explorar diferentes possibilidades em diversas áreas de aplicação.

Como forma de exemplificação, a Figura 3 demonstra um ambiente real enriquecido com elementos virtuais (carro e vaso de flores). Podemos verificar a inserção dos mesmos em um ambiente comum de trabalho.

Figura 3 – Exemplo ambiente com realidade aumentada (carro e vaso de flores)



Fonte: Kirner e Siscoutto (2007, p. 11).

Conforme a Figura 3, podemos observar algumas funcionalidades da RA, como a interação do usuário com um ambiente real, o enriquecimento do ambiente com elementos virtuais, sem a necessidade de inserir o usuário em um ambiente fechado.

2.4 TIPOS DE RA

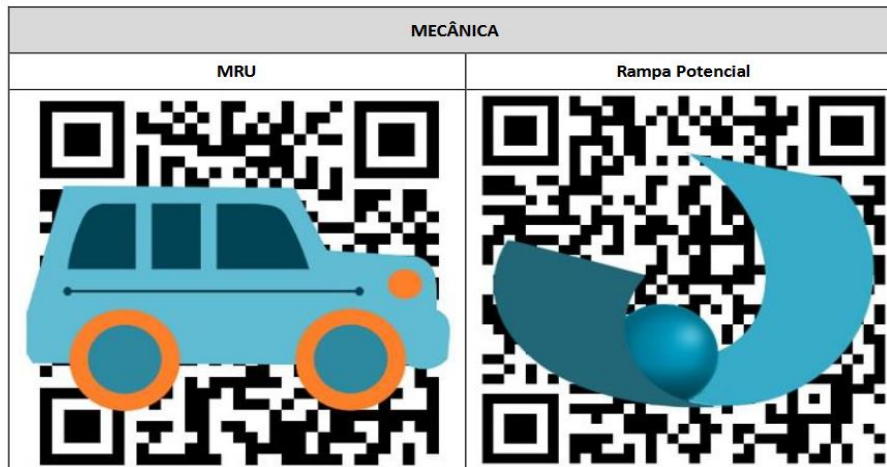
A Realidade Aumentada pode ser classificada de diversas formas, tomando por base, alguns critérios que cada tarefa designada deve seguir e de acordo com o sistema a ser utilizado. Se o sistema considerar a entrada de dados, pelo critério de classificação esta será de rastreamento (WANG *et al. apud* HOUNSELL; TORI; KIRNER, 2018), já quando temos o uso de recursos do processamento de imagem de captura para rastreamento de objetos virtuais, temos a RA de visão. E quando baseadas em algum tipo de sensor, é considerada RA baseada em sensores.

- **RA baseada em visão:** considerada robusta, precisa e flexível. Apresenta facilidade de uso, sendo por esse motivo a mais comumente usada, apresenta falhas de acordo com a iluminação do ambiente e oclusão de informações. Apresenta como principal recurso o rastreamento por marcadores;
- **RA baseada em sensores:** é considerada mais precisa que a de visão, apresenta menor latência (tempo de resposta) para o processamento e exibição. Menor *jitter*¹ (variação estatística no atraso de rede), sendo mais robusta para ambiente que possuam limitações como sujeira, falha de iluminação e objetos semelhantes ao restante do ambiente de uso.

Em relação aos marcadores, os considerados mais comuns são os cartões de forma retangular contendo símbolos no seu interior, funcionam como um código de barra 2D, permitindo o uso de técnicas de visão computacional para calcular a posição da câmera e a orientação em relação aos marcadores. Desta forma, os objetos podem ser sobrepostos sobre estes marcadores.

¹ O *Jitter* é o que damos como nome para a rede “congestionada” ou “atrasada”. Quando usamos essa expressão significa que existe variação com atraso na entrega de dados em uma rede.

Figura 4 – Exemplo marcadores RAM



Fonte: Herpich (2019, *on-line*).

Conforme apresentado na Figura 4, temos exemplos de marcadores 2D, para escaneamento do sistema AVATAR, projeto da UFRGS para a área de física (HERPICH, 2019). Na próxima seção serão apresentados alguns conceitos, bem como, está sendo a utilização da RA para a educação como forma de apoio ao ensino e aprendizagem.

2.5 APLICAÇÃO DE RA NA EDUCAÇÃO

A RA tem sido amplamente utilizada no âmbito educacional como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem, com diferentes aplicações nas mais diversas áreas de estudo, de forma a enriquecer os recursos e suportes pedagógicos e também didáticos que são utilizados na construção do conhecimento (YUEN; YAOYUNYONG; JOHNSON, 2012; EL SAYED; ZAYED; SHARAWY, 2011; VIEGAS; VIEIRA; SILVA, 2012).

Através dessas aplicações procuram aumentar a compreensão de conteúdos trazendo experiências práticas aos estudantes, possibilitando através de sua utilização, a simulação de experimentos que na sua forma real não poderiam ser praticados e reproduzidos em sala de aula, com isso os alunos podem perceber os recursos de forma visual, e também trabalhar de forma mais engajada este conteúdo.

Além de possibilitar a prática dos conteúdos aos alunos, outro ponto a ser observado é a interatividade que a RA permite aos estudantes e educadores envolvidos neste processo. As

contribuições em relação a percepção e o engajamento do usuário também podem ser notadas no contexto educacional.

Como mais um benefício que a aplicação da RA pode agregar a este processo, existe a possibilidade de prática desse conteúdo e destas simulações práticas fora do ambiente de sala de aula, permitindo que vários projetos possam ser desenvolvidos de forma colaborativa, gerando diferentes aplicações de RA (BILLINGHURST; DUENSER, 2012).

É importante destacar também que esta tecnologia tem despontado como uma promissora área nas pesquisas científicas, com grande potencial de aplicação para a educação. (HAMILTON, 2011). Sá Filho e Dias (2019) ressaltam também que:

Com a realidade virtual e aumentada sendo utilizada na educação, pode-se descobrir, explorar, construir o conhecimento, vivenciar inúmeras situações que envolvem até mesmo técnicas complexas, de alto custo e específicas, de diversos cursos e áreas, que, para serem explorados de forma física, somente seria possível através de laboratórios sofisticados. Contudo, por meio da realidade virtual e aumentada esses processos tornam-se possíveis e contribuem para uma aprendizagem significativa (SÁ FILHO; DIAS, 2019, p. 95).

Apoiado nesse contexto, pode-se identificar o uso da RA como uma importante ferramenta para auxiliar os educadores e os estudantes em um novo processo de ensino aprendizagem com foco em experimentações simuladas que podem melhorar a compreensão de conteúdos e gerar melhores resultados na absorção destes conteúdos, ainda considerando o processo de engajamento que os estudantes podem apresentar pela possibilidade de trabalhar com aplicações direcionadas e com possibilidade de melhoria a cada nova execução.

De maneira a embasar essa importância da RA na educação e também sua diversidade de aplicações podemos observar alguns exemplos de RA para as diferentes áreas da educação e como tem sido sua utilização.

No trabalho de Silva (2017), pode-se observar a utilização de RA como ferramenta de apoio ao ensino de matemática, o autor desenvolveu um aplicativo de RA chamado ARSolids, com o objetivo de auxiliar educadores e alunos no estudo de geometria (Sólidos de Platão), tornando o aplicativo uma forma de explorar de maneira prática estes objetos enriquecidos no mundo real. Este trabalho demonstra que a utilização da RA pode auxiliar os educadores a elaborar diferentes maneira de explanar conteúdos de maior dificuldade de absorção por partes dos alunos.

Ainda como exemplo da utilização da RA como ferramenta que permita a realização de experimentos em sala de aula, muitos dos quais não são possíveis por diferentes motivos, falta

de material, espaço indisponível e também a questão de segurança para realização de alguns processos. No trabalho de Malbos *et al.* (2014), os autores tratam do desenvolvimento de um aplicativo focado para o ensino de física, RExLab – UFSC, o qual permite aos estudantes simular o quadro elétrico, permitindo aos usuários interagir com o modelo, obtendo uma experiência de prática de um conteúdo muitas vezes abordado de forma teórica.

2.6 DESIGN INSTRUCIONAL (DI)

O Design Instrucional teve suas origens datadas da década de 40 em meio a Segunda Guerra Mundial, através da necessidade de treinamento rápido das tropas utilizando uma quantidade grandes de informações técnicas em período curto de tempo, iniciando após esse período as pesquisas sobre o assunto, tais pesquisas se estenderam até a década de 70 formando os primeiros estudos sobre esta área, buscando aperfeiçoar o modo de organizar os materiais didáticos, formulação de objetivos, o processo de aprendizagem e a sequência dos conteúdos (SILVA, 2013).

Para uma definição técnica se pode considerar a definição de Houaiss (2009), considerando cada palavra individualmente temos as seguintes definições: design, pelo vocabulário inglês, definido como propósito ou intenção. Para Silva (2013), pode ser relacionado a uma funcionalidade planejamento, desenvolvimento e implementação de projetos. Ainda para Filatro (2004) o design se confunde com a prática, considerando que ambos ocupam questões de planejamento e implementação de situações de ensino aprendizagem.

Em relação ao termo instrucional, conforme Houaiss (2009), define como ato ou efeito para transmissão de conhecimento ou formação de certa habilidade, ensino ou treinamento.

Já para Gagné (1980), instrução é considerado como um conjunto de eventos que são planejados para ativar, iniciar e manter a aprendizagem no aluno.

Desta forma o DI pode ser considerado com um conjunto de instruções e definições que buscam determinar um planejamento para execuções de ações de ensino ou treinamento. Conforme Smith e Ragan (2004), o DI é considerado um processo sistemático e reflexivo que incide na transformação dos princípios de aprendizagem em especificações para materiais e atividades de aprendizagem. Já para Ozcinar (2009), o DI é considerado um processo que analisa as necessidades de aprendizagem e quais serão as metas para o desenvolvimento deste sistema, para que o mesmo atenda as mesmas incluindo nesse processo o desenvolvimento de materiais didáticos.

Considerando estas definições e o processo definido pelo Design Instrucional, o modelo escolhido para utilização no trabalho é o ADDIE, um dos modelos mais utilizados para estruturar e planejar o ensino aprendizagem (FILATRO, 2008).

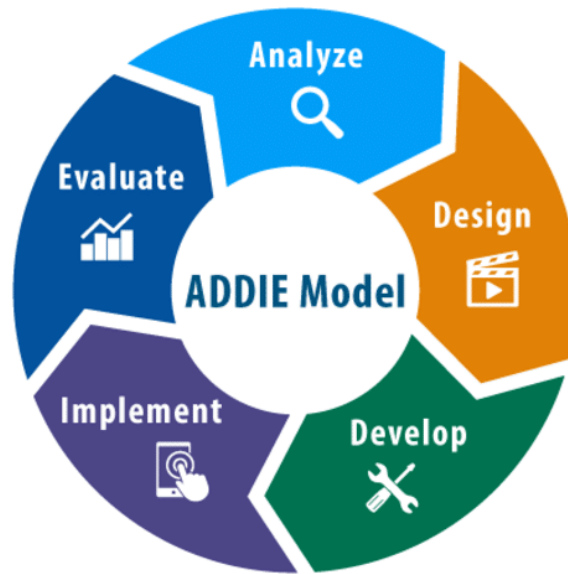
2.7 ADDIE

O ADDIE é um dos modelos de aplicação do DI, formado por cinco etapas: *Analysis* (Análise), *Design* (Projeto), *Development* (Desenvolvimento), *Implementation* (Implementação) e *Evaluation* (Avaliação) (SILVA, 2013).

Na fase de Análise devem ser identificados o público alvo e quais objetivos, quais as motivações, em qual contexto será desenvolvido os conteúdos (aplicação) e quais possibilidades existentes. Na fase de Projeto são detalhadas as opções de como apresentar o conteúdo (aplicação) para as pessoas envolvidas no processo, quais as necessidades para que esse conteúdo chegue de forma eficiente as mesmas.

Na fase de Desenvolvimento acontece a elaboração propriamente dita, são criados os materiais e conteúdos necessários para alcançar os objetivos anteriores. Na fase de Implementação acontece a execução dos conteúdos e materiais projetados, fase em que as pessoas vão interagir com a aplicação. Por fim, a fase de Avaliação, traz a leitura de como o processo foi desenvolvido, se os objetivos foram atendidos e quais as possibilidades de melhorias disponíveis. Na Figura 5, são apresentadas as fases do modelo ADDIE.

Figura 5 – Etapas do Modelo ADDIE



Fonte: HOW... (2021, *on-line*).

Conforme a Figura 5 podemos verificar os passos do ADDIE conforme as etapas descritas anteriormente. Estas fases podem ser separadas em dois momentos: Concepção e Execução. Na concepção estão as fases da análise, projeto e desenvolvimento. Já na execução compreende as fases de implementação e avaliação (FILATRO, 2008).

O modelo ADDIE pode ser aplicada em um nível macro, para o desenvolvimento de curso, como também, em um nível micro para elaboração de material didático. Essa metodologia permite através das etapas propostas seguir uma sequência de passos que podem auxiliar o desenvolvimento de projeto e materiais.

2.8 DIRETRIZES

Nesta seção serão apontados os principais conceitos sobre diretrizes, o seu papel e importância na elaboração de um conjunto de instruções que podem auxiliar no desenvolvimento de projetos. O papel da diretriz é servir como instrumento para orientar o desenvolvimento de um projeto. Assim, as diretrizes estimulam a produtividade do projeto, reduzindo o tempo para o desenvolvimento e subtraindo possíveis falhas (GUMUSSOY, 2016). Segundo Cronholm (2009):

O principal objetivo da diretriz é promover a usabilidade na interação humano-computador e pode ser definida como uma informação destinada a orientar as pessoas sobre como algo deve ser feito, de modo que, viabilizam compilar um grande volume de conhecimento, seja científico ou empírico, em uma lista de orientações para alcançar um propósito (CRONHOLM, 2009, p. 2).

As diretrizes tem o papel de auxiliar o processo de desenvolvimento das atividades propostas seguindo uma sequência de procedimentos pré-estabelecidos de maneira a organizar formalmente o mesmo. Para Gale (1996) e Reed *et al.* (1999), consiste ainda em uma forma de parâmetro que visa identificar se o desenvolvimento dos processos estipulados está seguindo as regras estabelecidas dentro de um determinado escopo previamente definido.

Ainda é possível conceituar diretrizes de acordo com Houaiss (2009) como uma linha que determina o traçado de um caminho, como uma diretiva, um esboço de um projeto a ser elaborado, um rumo a ser seguido.

Em relação a utilização das diretrizes associadas a RA, as mesmas podem oferecer um suporte ao desenvolvimento de aplicações para educação seguindo características e uma sequência lógica previamente definida, permitindo ao desenvolvedores optar por caminhos estruturados que podem auxiliar na construção e otimização das mesmas, baseadas em um processo de elaboração que consiste em duas etapas: uma revisão bibliográfica e a coleta de opinião de especialistas da área em questão sobre as diretrizes propostas no decorrer deste trabalho seguindo alguns critérios identificados no MSL e também na leitura complementar.

Neste capítulo foram contextualizados os principais temas relacionados ao desenvolvimento do trabalho, de forma, a apresentar e conceituar como a RA é definida e apresentando as ferramentas de apoio ao desenvolvimento da proposta do trabalho. No capítulo seguinte serão descritos os procedimentos metodológicos e resultados obtidos durante a pesquisa.

3 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA

Este trabalho tem como objetivo geral realizar a elaboração de um conjunto de diretrizes que possa ser utilizado por desenvolvedores e educadores como uma ferramenta na elaboração, desenvolvimento, utilização e avaliação de aplicações de Realidade Aumentada Móvel (RAM) para educação com foco nas ciências da natureza, seguindo um conjunto de instruções que possa auxiliar nesse processo.

De maneira a elaborar esse conjunto de diretrizes, inicialmente foi pesquisada a possibilidade da existência de diretrizes já definidas, as quais pudessem ter relação com a utilização da RAM como ferramenta de apoio ao processo educacional, de maneira a identificar, avaliar e validar se poderiam contribuir para esse processo, ou se existia a possibilidade que as mesmas pudessem ser otimizadas.

Estes pesquisa busca responder às questões de pesquisa propostas para este trabalho, desta forma, foram definidas 3 questões para serem respondidas através do MSL:

- **Questão 1:** Existem diretrizes disponíveis para a elaboração de recursos de realidade aumentada móvel na área educacional com foco nas ciências da natureza (física, química)?
- **Questão 2:** Como as abordagens tecnológicas e educacionais estão sendo conduzidas para a elaboração de recursos de realidade aumentada móvel na área da educação?
- **Questão 3:** Como são mensuradas e qualificadas estas possíveis diretrizes existentes, ou como estão sendo mensuradas possíveis aplicações para a validação de recursos de realidade aumentada na educação?

Como motivação para realização deste trabalho a RAM é uma temática que tem sido amplamente difundida em diferentes abordagens, áreas e aplicações. Considerando o potencial de aplicação da RAM na área educacional, a pesquisa se torna foco importante para entender quais são as aplicações desenvolvidas e também seu impacto em sala de aula. Se torna indispensável, revisar, avaliar a existência dessas diretrizes, para que as mesmas possam ser avaliadas e identificadas de forma a construir um conjunto de diretrizes que possa auxiliar essas aplicações da RAM.

Para atender este objetivo, esta pesquisa tem um caráter exploratório e bibliográfico, através da busca de um referencial teórico que possa embasar os conteúdos abordados e a partir de um MSL, que traga conteúdos que possam ser avaliados e considerados para elaboração da

proposta de criação de diretrizes para nortear a elaboração de novas aplicações observando padrões pré-definidos.

3.1 METODOLOGIA DO MSL

Para fundamentar este processo do MSL foi realizada uma pesquisa bibliográfica exploratória através de *strings* definidas através de palavras chaves previamente selecionadas. Realizando uma busca em repositórios de artigos acadêmicos reconhecidos, tendo como base de metodologia de pesquisa, uma adaptação do processo proposto por Kitchenham *et al.* (2010), no qual a autora traz como forma eficaz de pesquisa agregar conhecimento através da pesquisa de um determinado tópico ou questão de pesquisa, considerando ser mais confiável uma evidência que venha de um conjunto de estudos.

3.2 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA

Inicialmente se partiu da definição de um escopo de pesquisa, sendo elaboradas *strings* de busca com palavras chaves que possibilitassem a busca de trabalhos sobre diretrizes para a elaboração desta revisão, utilizando estas *strings* em repositórios de pesquisa para o levantamento de dados sobre o tema.

Desta forma foram selecionadas palavras chaves e montadas *strings* que permitissem um retorno de possíveis trabalhos com um foco direcionado a RAM, diretrizes e a área de ciências da natureza e também na educação de forma mais geral. No Quadro 1, é apresentada a *string* de busca, que procura abordar diferentes cenários sobre estudos relacionados ao tema proposto, apresentando também os filtros utilizados para a seleção dos trabalhos a serem considerados para o MSL.

Conforme o Quadro 1, o Filtro 1, seleciona trabalhos no período entre 2016 e 2021, período definido para busca para determinar um valor específico de prazo. O Filtro 2 seleciona apenas trabalhos no formato de artigos ou capítulos de livros. O Filtro 3, traz a leitura dos resumos dos artigos selecionados nos filtros anteriores, como forma de identificar se tais trabalhos apresentavam informações sobre o tema proposto. No Quadro 1 são apresentados os

resultados obtidos após as pesquisas nos repositórios escolhidos, foram utilizados os seguintes repositórios de pesquisa: Science Direct², IEEE³ e Scielo⁴.

Quadro 1 – Filtros

MSL					
		GERAL	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3
STRING DE BUSCA	mobile augmented reality AND methodology OR standards OR rules OR education OR teaching OR learning AND science of nature OR physical OR chemical ("realidade aumentada móvel") E ("metodologia" OU "padrões" OU "regras" OU "educação" OU "ensino" OU "aprendizagem") E ("ciência da natureza" OU "FÍSICA" OU "QUÍMICA")		ANO 2016/2021	ARTIGOS / CAPÍTULOS DE LIVRO (RESEARCH ARTICLE / BOOK CHAPTERS)	LEITURA DOS RESUMOS
SCIENCE DIRECT	("mobile augmented reality") AND ("methodology" OR "standards" OR "rules" OR "education" OR "teaching" OR "learning") AND ("science of nature" OR "PHYSICAL" OR "CHEMICAL")	23	15	11	4
IEEE	("Abstract": "mobile augmented reality") AND (("Abstract": methodology) OR ("Abstract": standards) AND ("Abstract": rules) OR ("Abstract": education)) AND (("Abstract": teaching) OR ("All Metadata": learning)) AND (("All Metadata": science of nature) OR ("All Metadata": physical) OR ("All Metadata": chemical))1	1	1	1	1
IEEE	((("Abstract": "mobile augmented reality") AND (("Abstract": methodology) OR ("Abstract": standards) AND ("Abstract": rules) OR ("Abstract": education)) AND (("Abstract": teaching) OR ("All Metadata": learning)))	17	14	14	9
SCIELO	(realidade aumentada móvel) AND (metodologia) OR (padrões) OR (regras) OR (educação) OR (ensino) OR (aprendizagem)	5	3	3	1
TOTAL DE ARTIGOS SELECIONADOS					15

Fonte: Autor (2021).

Conforme o Quadro 1, pode-se verificar a quantidade de trabalhos que foram encontrados na busca, bem como, quantos atenderam os critérios após os filtros estabelecidos.

² Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 17 nov. 2021.

³ Disponível em: <https://www.ieee.org/>. Acesso em: 17 nov. 2021.

⁴ Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 17 nov. 2021.

Foram necessárias adaptações das *strings* de busca para um melhor retorno em cada um dos repositórios, alterando alguns fatores de busca que contemplam também o tema proposto. Após esta primeira filtragem foram selecionados 15 artigos para a próxima etapa de avaliação. A etapa seguinte consiste na avaliação dos arquivos através de critérios pré-definidos, realizando uma nova filtragem de forma a selecionar os artigos que corroboram com a pesquisa.

Para organização da pesquisa alguns critérios de inserção e exclusão foram definidos previamente, aliados à formação da *string* de busca para auxiliar na pesquisa e seleção dos trabalhos a serem utilizados na formação do MSL.

Como critérios de inclusão foram definidos:

- Artigos que tratam de diretrizes na área de RAM na educação na área de ciências da natureza, química e física, e educação de forma geral;
- Artigos que apresentam propostas ou experimentos validados com o uso de diretrizes e em outras áreas da educação;
- Artigos publicados no período entre 2016 e 2021.

Como critérios de exclusão foram definidos:

- Relatórios técnicos ou estudos secundários artigos anteriores a 2016;
- Artigos fora do idioma Português e Inglês, etc.;
- Artigos que não tratam de diretrizes na área de RAM na educação na área de ciências da natureza, química e física ou educação de forma geral.

Para formação do escopo de pesquisa os dados avaliados seguem os seguintes critérios definidos nos Quadros 2, 3 e 4, considerando os artigos que tratam de diretrizes na área de RAM na educação na área de ciências da natureza (física e química) e educação de forma geral. Nessa segunda filtragem foi realizada a leitura completa de todos os artigos selecionados no Quadro1, a fim de identificar quais apresentavam em sua os critérios definidos para a sua utilização, após esta leitura foram descartados 4 artigos que não apresentavam os requisitos propostos, conforme as segue nos Quadros 2, 3 e 4.

Quadro 2 – Área de ensino e coleta de informações técnicas

AUTOR / REPOSITÓRIO	TÓPICO DE ENSINO	PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO USADA	TIPO DE SISTEMA USADO (MOBILE, WEB)
HASHIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	EDUCAÇÃO (LÍNGUAS)	ARABIC / VUFORIA	MOBILE
LIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	EDUCAÇÃO (LÍNGUAS / INGLÊS)	MAR LEARNING / INTERVIEW ME	MOBILE
TURKAN <i>et al.</i> , 2017 (SCIENCE DIRECT)	ENGENHARIA	IOS / OPMENT KIT (SDK)	MOBILE
HERPICH <i>et al.</i> , 2018 (IEEE)	EDUCAÇÃO (FÍSICA)	UNITY 3D / VUFORIA	MOBILE
LIM <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	COMPUTAÇÃO	MACHINE LEARNING / MAR LEARNING / INTERVIEW ME	MOBILE
GARDELI; VOSINAKIS, 2019 (IEEE)	COMPUTAÇÃO / PENSAMENTO COMPUTACIONAL	AR QUEST	MOBILE
PERRA <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	EDUCAÇÃO / ARTE	VISUAL STUDIO / AR CORE	MOBILE
POMBO; MARQUES; CARLOS, 2019 (SCIELO)	EDUCAÇÃO	NÃO MENCIONADO	MOBILE
YANG <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	MATEMÁTICA	UNITY 3D / VUFORIA	MOBILE
SYAHIDI <i>et al.</i> , 2020 (IEEE)	COMPUTAÇÃO	AR-CODE	MOBILE
ZHOU <i>et al.</i> , 2020 (SCIENCE DIRECT)	CIÊNCIAS	UNITY 3D /VRTK /VUFORIA	MOBILE

Fonte: Autor (2021).

Pode-se verificar no Quadro 2 quais as áreas de ensino foram consideradas para a pesquisa, sendo selecionados os que abordam como temática principal a tecnologia na educação, com a utilização de RAM, artigos com o foco em ciências da natureza foram identificados em apenas alguns dos artigos da pesquisa, sendo feita uma abertura da área de seleção para outras áreas da educação de maneira a fundamentar a pesquisa como um todo.

O Quadro 2 apresenta também a questão da plataforma utilizada para o desenvolvimento da ferramenta de RAM, agregando diferentes tecnologias para a criação de aplicações móveis para ensino-aprendizagem da área em discussão. Agrega também como caráter de seleção a área de aplicação móvel, a qual faz parte do escopo desta pesquisa.

No Quadro 3, são apresentados mais critérios avaliativos identificados durante a leitura do artigo, os quais também foram considerados na filtragem destes artigos.

Quadro 3 – Critérios avaliativos dos artigos

AUTOR / REPOSITÓRIO	TIPO DE MARCADOR USADO	TIPO DE MATERIAL VISUAL USADO	PÚBLICO-ALVO	FOI UTILIZADA ALGUMA METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE RA?	ÂMBITO DO ARTIGO
HASHIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	MARCADORES	IMAGENS	ESTUDANTES INICIAIS	TAM (MODELO DE ACEITAÇÃO DE TECNOLOGIA)	APRENDIZAGEM
LIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	BASEADO EM RASTREAMENTO	TEXTO / IMAGEM	ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS	ELT-MAR	USABILIDADE
TURKAN <i>et al.</i> , 2017 (SCIENCE DIRECT)	MARCADORES	IMAGENS / TEXTO	ESTUDANTES GRADUAÇÃO	NÃO MENCIONADO	APRENDIZAGEM
HERPICH <i>et al.</i> , 2018 (IEEE)	MARCADORES	IMAGENS	GRADUAÇÃO E PÓS GRADUAÇÃO	NÃO MENCIONADO	APRENDIZAGEM
LIM <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	BASEADO EM RASTREAMENTO	TEXTO	ESTUDANTES PRIVADOS	ELT-MAR	APRENDIZAGEM
GARDELI; VOSINAKIS, 2019 (IEEE)	MARCADORES	TABULEIROS / FICHAS	2 ESCOLAS PRIMÁRIAS	NÃO MENCIONADO	APRENDIZAGEM
PERRA <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	QR CODE	OBJETOS	NÃO MENCIONADO	NÃO MENCIONADO	APRENDIZAGEM
POMBO; MARQUES; CARLOS, 2019 (SCIELO)	MARCADORES	OBJETOS	PROFESSORES	BASEADA EM JOGOS	APRENDIZAGEM
YANG <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	MARCADORES	CARTÕES	NÃO MENCIONADO	NÃO MENCIONADO	APRENDIZAGEM
SYAHIDI <i>et al.</i> , 2020 (IEEE)	MARCADORES	OBJETOS	ENSINO MÉDIO PROFISSIONALIZANTE	QUANTITATIVA	APRENDIZAGEM
ZHOU <i>et al.</i> , 2020 (SCIENCE DIRECT)	MARCADORES	IMAGEM	ESTUDANTES ENSINO MÉDIO	NÃO MENCIONADO	APRENDIZAGEM

Fonte: Autor (2021).

Conforme apresentado no Quadro 3, o primeiro item a ser identificado nas leituras apresenta os tipos de marcadores utilizados pela ferramenta proposta em cada artigo selecionado, sendo considerados como marcadores, os identificadores que utilizam imagens, objetos e cartões como forma de simular o ambiente virtual. Ainda foram identificados outros marcadores como *QR Code* e os marcadores baseados em rastreamento. Na segunda coluna estes marcadores são detalhados, destacando com qual tipo de material visual foram utilizados para leitura dos dados para projetar os recursos de RAM.

Na coluna seguinte são apresentados os dados sobre o público alvo das pesquisas, sendo considerados os níveis de ensino, do básico até cursos de pós-graduação, tanto da esfera pública como da esfera privada. As colunas seguintes abordam a utilização de metodologias para o desenvolvimento das ferramentas de RAM propostas pelos artigos selecionados e também considerando qual processo foi adotado como âmbito do artigo.

No Quadro 4 são apresentados dados qualitativos e quantitativos referentes à avaliação dos artigos selecionados, quantificando o tamanho da amostra de participantes em cada um dos artigos, considerando os grupos testados e avaliados. Apresenta também uma busca no referencial teórico, de forma, a identificar se na produção pedagógica foram utilizadas teorias de aprendizagem para fundamentar a pesquisa e a elaboração da ferramenta.

Quadro 4 – Dados qualitativos e quantitativos

AUTOR / REPOSITÓRIO	TAMANHO DA AMOSTRA	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA (PEDAGÓGICA)	TEMPO DE INTERVENÇÃO	FORMA DE AVALIAÇÃO	INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS
HASHIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	16	ADDIE	NÃO MENCIONADO	QUALITATIVA / QUANTITATIVA	QUESTIONÁRIO / TAM (MODELO ACEITAÇÃO DE TECNOLOGIA)
LIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	87/46	NÃO MENCIONADO	MEDIDO ATRAVÉS DE COEFICIENTE	QUANTITATIVA	NÃO MENCIONADO
TURKAN <i>et al.</i> , 2017 (SCIENCE DIRECT)	19 GRUPO DE CONTROLE / 22 GRUPO DE EXPERIMENTAÇÃO	STEM EDUCATION	NÃO MENCIONADO	QUALITATIVA / QUANTITATIVA	QUESTIONÁRIO / PRÉ TESTE / PÓS TESTE
HERPICH <i>et al.</i> , 2018 (IEEE)	5	EFFECTIVE LEANER	5 MINUTOS POR ETAPA	QUANTITATIVA / QUALITATIVA	MINDWAVE MOBILE
LIM <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	168 / 102	NÃO MENCIONADO	VARIADO	ISO 9241-11 - PADRÕES DE USABILIDADE EFICIÊNCIA E EFICÁCIA / QUANTITATIVA	TÉCNICA DE REESCALONAMENTO / CRONBACH'S ALPHA
GARDELI; VOSINAKIS, 2019 (IEEE)	26	STEM EDUCATION	90 MINUTOS	QUANTITATIVA / QUALITATIVA	QUESTIONÁRIO E ENTREVISTA
PERRA <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	X	NÃO MENCIONADO	NÃO MENCIONADO	USABILIDADE	NÃO MENCIONADO
POMBO; MARQUES; CARLOS, 2019 (SCIELO)	69	NÃO MENCIONADO	30 HORAS	QUALITATIVA / QUANTITATIVA	QUESTIONÁRIO
YANG <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	X	NÃO MENCIONADO	NÃO MENCIONADO	QUALITATIVA / USABILIDADE	NÃO MENCIONADO
SYAHIDI <i>et al.</i> , 2020 (IEEE)	30	NÃO MENCIONADO	NÃO MENCIONADO	QUANTITATIVA / QUALITATIVA	QUESTIONÁRIO
ZHOU <i>et al.</i> , 2020 (SCIENCE DIRECT)	X	NÃO MENCIONADO	NÃO MENCIONADO	USABILIDADE	OBSERVAÇÃO

Fonte: Autor (2021).

Foram identificados também os períodos de utilização, validação e avaliação da ferramenta, considerando o tempo de amostragem de cada artigo em sua aplicação com o público alvo. Considerando também na coluna seguinte, quais foram as formas de avaliação selecionadas para observar os resultados obtidos e por fim, quais foram os instrumentos de coleta destes dados para uma pré e pós-avaliação da ferramenta aplicada.

De forma a responder estas questões de pesquisa propostas pelo trabalho foram avaliados os critérios que fazem parte da formação de cada uma delas, identificando os dados coletados através das filtragens propostas e das informações coletadas nos Quadros 1, 2, 3.

3.3 DISCUSSÃO E RESULTADOS DO MSL

A seguir serão respondidas as questões de pesquisa que nortearam esse trabalho, considerando os resultados obtidos através do quadro do MSL, utilizando os principais critérios avaliados como forma de apresentar os dados resultantes do levantamento.

3.3.1 Questão 1: Existem diretrizes disponíveis para a elaboração de recursos de RAM na área educacional com foco nas ciências da natureza (física, química) e também na aplicação em educação?

Os critérios estabelecidos para esta questão apresentam como forma de avaliação e caracterização os seguintes itens:

- Utilização de autores que abordam sobre o tema diretrizes para elaboração de projetos ou aplicações em RAM para educação;
- Apresentação de alguma diretriz pré-definida ou algum formato de diretriz para elaboração do projeto;
- No caso da existência de diretriz, de que forma foram aplicados esses recursos de RAM com base na diretriz definida.

A coleta de dados e a leitura dos artigos selecionados mostra que apesar da crescente utilização da RAM como ferramenta para educação, a amostragem identificada durante o MSL, apresenta índices baixos ou quase nulos da utilização de diretrizes para nortear o desenvolvimento das mesmas, para tal afirmação foram analisados os critérios anteriormente citados.

Através dos resultados obtidos (Quadros 2, 3, 4), os dados coletados dos artigos selecionados durante o MSL, demonstram que a amostragem selecionada não apresenta de forma clara e específica padrões de diretrizes definidos para elaboração de propostas e projetos de RAM para educação.

Em relação aos autores que serviram como base referencial aos trabalhos selecionados pode-se observar que os mesmos abordam a utilização da RAM na educação, as definições da mesma, sua utilização como ferramenta educacional entre outras definições de caráter específico de cada artigo, não apresentando nenhuma diretriz específica para desenvolvimento de aplicações de RAM.

Ainda dentro desta pesquisa, foi possível coletar dados sobre o foco dos artigos que os autores verificados durante o MSL utilizam para definir a aplicação da RAM, identificando um grande número de artigos que tratam sobre a questão da aprendizagem através da RAM, os quais apresentam dados sobre aplicações já realizadas e os principais resultados obtidos através destas. Outro fator observado é a utilização de ferramentas de RAM como forma comparativa em relação a outras ferramentas de apoio, e também a outros processos para realização de tarefas específicas contidas nos artigos encontrados, bem como, nos seus referenciais.

Apresentando assim um comparativo de dados qualitativos e quantitativos entre as ferramentas citadas e a utilização de RAM. Por fim, os demais trabalhos tratam sobre a experiência dos usuários em relação a utilização da RAM como ferramenta de apoio ao aprendizado, em diferentes áreas da educação, dados sobre engajamento e participação destes usuários em relação ao uso desta tecnologia.

Esta divisão foi estabelecida como intuito de apresentar a o foco de alguns trabalhos que foram identificados durante o MSL, categorizando os mesmos em relação as três áreas mais encontradas, não existe a exclusão da utilização em um mesmo trabalho de mais de uma dessas categorias definidas, apenas foi tomado por base, o foco principal do trabalho, estes dados são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Principais campos de estudo dos autores utilizados na pesquisa

ARTIGO / REPOSITÓRIO	AUTORES RAM	RAM APRENDIZAGEM	RAM AVALIAÇÃO / COMPARAÇÃO	RAM EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO
LIM <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	11	5	3	3
LIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	16	6	6	4
GARDELI; VOSINAKIS, 2019 (IEEE)	4	2	2	0
SYAHIDI <i>et al.</i> , 2020 (IEEE)	9	1	5	3
HERPICH <i>et al.</i> , 2018 (IEEE)	18	7	7	4
HASHIM <i>et al.</i> , 2017 (IEEE)	3	1	2	0
YANG <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	7	3	3	1
PERRA <i>et al.</i> , 2019 (IEEE)	13	3	7	3
POMBO; MARQUES; CARLOS, 2019 (SCIELO)	2	1	1	0
TURKAN <i>et al.</i> , 2017 (SCIENCE DIRECT)	31	11	20	0
ZHOU <i>et al.</i> , 2020 (SCIENCE DIRECT)	10	8	1	1

Fonte: Autor (2022).

O Quadro 5 apresenta o número de autores que tratam sobre a RAM nos artigos selecionados através do MSL, este número considera os autores citados nestes artigos como referencial teórico. Após identificar os autores de RAM, foi realizada a leitura dos resumos dos textos utilizados como referencial teórico, classificando os mesmos de acordo com o foco de cada um dos artigos.

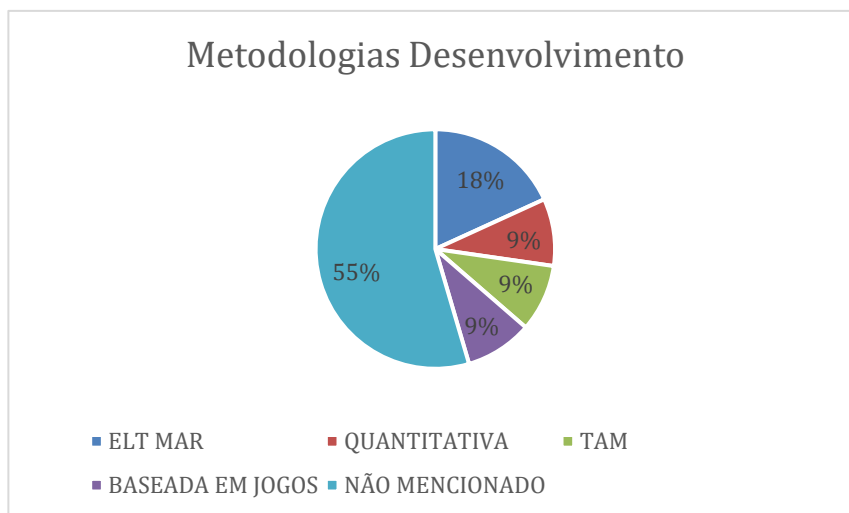
3.3.2 Questão 2: Como as abordagens tecnológicas e educacionais estão sendo conduzidas para a elaboração de recursos de RAM na área da educação?

Para avaliar a questão proposta foram considerados os dados obtidos nas pesquisas e que são apresentados nos Quadros 2, 3 e 4. Sendo considerados como forma de avaliar estas abordagens, os dados coletados nos artigos selecionados durante a pesquisa, utilizando como itens de avaliação as metodologias ou abordagens educacionais ou alguma abordagem específica para RAM que foram adotadas pelos autores. Ainda, quais as tecnologias estão sendo utilizadas, quais e de que forma estão sendo utilizados os marcadores para RAM os sistemas utilizados e também os recursos de mídia.

Para a exibição dos dados serão utilizados gráficos que mostram de forma percentual os dados em relação a alguns itens citados anteriormente, sendo analisados individualmente. Inicialmente a análise do gráfico sobre a utilização de alguma metodologia para RAM ou alguma outra metodologia de forma geral que tenha sido utilizada para a elaboração dos trabalhos em análise.

De acordo com a Figura 6 pode-se verificar que durante a análise da amostragem dos artigos selecionados a maior parte destes não apresentou ou não identificou no seu conteúdo uma metodologia específica de desenvolvimento para a aplicações de RAM.

Figura 6 – Metodologias de Desenvolvimento



Fonte: Autor (2022).

Ainda, pode-se observar que a utilização da RAM foi baseada em outras metodologias, de forma a manter um padrão de aplicação para a mesma, utilizando como ferramentas outras metodologias existentes ou apenas adaptando a RAM juntamente a estas, não existindo uma diretriz que defina um padrão específico de desenvolvimento.

Nesse primeiro critério considerado, pode-se verificar que apesar da utilização de algumas metodologias como forma de aplicação e avaliação de RAM como ferramenta ou recurso, não foi possível identificar uma metodologia específica sobre a mesma, mas podemos observar que sua aplicação pode ser adaptada a outras metodologias para sua aplicação na educação conforme a Figura 6.

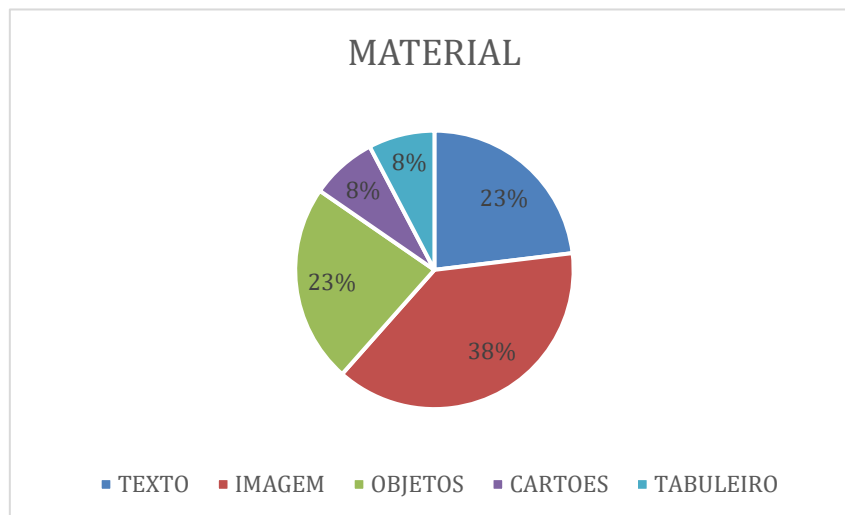
Nas Figuras 7 e 8 são apresentadas as informações relacionadas aos tipos de marcadores de RAM e também o detalhamento destes marcadores, utilizados nos trabalhos analisados. Na Figura 7, podemos verificar que foram encontrados 3 tipos de marcadores para RAM, sendo estes: Baseado em rastreamento, Marcadores de RAM e *QR Code*.

Figura 7 – Marcadores de RAM



Fonte: Autor (2022).

Figura 8 – Material



Fonte: Autor (2022).

Os marcadores baseados em rastreamento são os que partem de coordenadas de mapa ou de pontos de interesse, para uma determinada aplicação de RAM, podendo ser utilizados para mapeamento e posicionamento. O marcador *QR Code*, serve para leitura de informações

armazenada em uma imagem que serve como ponto de partida para a aplicação de RAM. Por fim, definido como marcadores de RAM, este termo engloba diferentes objetos que podemos verificar na Figura 8. Dentre eles, texto, para comparação entre duas sentenças, uma imagem para explorar os recursos de RAM visualmente, objetos específicos e cartões podem ser utilizados também para a leitura e identificação destes recursos.

Estes marcadores de RAM são definidos de acordo com a utilização que cada aplicação tem como objetivo principal, através do MSL pode ser percebido a ausência de uma diretriz ou instrução que defina um padrão para escolha desses marcadores de RAM e nem sobre os materiais que possam melhor atender os objetivos da mesma.

Assim, pode-se verificar que não existe uma padronização sobre os tipos de marcadores e nem dos materiais utilizados para sua criação, conforme as Figuras 7 e 8, não apresentando sugestões de forma específica de uso desses marcadores. Na Figura 6, pode-se observar que foram utilizadas metodologias de outras áreas de ensino para as aplicações de RAM, mas não sendo nenhuma destas definida como uma ferramenta de apoio específico a esse processo, não apresentando também uma forma de auxiliar diretamente aos desenvolvedores na construção de aplicações de RAM.

3.3.3 Questão 3: Como são mensuradas e qualificadas estas possíveis diretrizes existentes, ou como estão sendo mensuradas possíveis aplicações para a validação de recursos de RAM na educação?

Apesar de não identificar estas diretrizes de forma direta, alguns dados foram selecionados através dos Quadros 2, 3 e 4, como uma forma de mensurar e entender de que maneira estes recursos estão sendo aplicados e avaliados, e também, as percepções dos envolvidos no processo e quais abordagens estão sendo consideradas para esta avaliação e que podem ser utilizadas e estudadas para ajudar na elaboração de diretrizes que possam auxiliar na elaboração e aplicação de recurso de RAM.

O uso da RAM pode ser adaptado à diferentes níveis de ensino, como também, a cursos de caráter técnico e profissional, demonstrando seu potencial de aplicação, conforme identificado nos Quadros 2, 3 e 4, onde são detalhados estes dados.

Outro ponto a ser apresentado se trata da amostragem de pessoas envolvidas no processo, conforme o Quadro 4, podemos observar que foram utilizados grupos com quantidades variadas para a aplicação dos recursos de RAM. Com isso, pode-se perceber, que

conforme sua aplicação podem ser adaptados os valores de amostragem de acordo com o objetivo traçado pela aplicação.

Portanto se torna importante também considerar os critérios de avaliação utilizados, observando como foram avaliadas as pesquisas e quais instrumentos de coleta foram utilizados. No Quadro 4, são detalhados alguns dos instrumentos de coleta de dados, destacando a utilização dos questionários na maioria das avaliações, ainda pode-se verificar como forma de avaliação a observação e a entrevista, juntamente com alguns modelos específicos de análise (*software*). Aliado a estes instrumentos de coleta está a forma de avaliação apresentada no Quadro 4, no qual percebe-se que em grande parte dos artigos, as avaliações utilizadas foram a quantitativa e qualitativa, sendo consideradas também as questões da usabilidade, eficiência e eficácia dos retornos obtidos.

Através da análise dos dados, foi possível identificar que não existem diretrizes definidas para a construção de aplicações de RAM para educação, não apresentando também uma forma de mensurar e avaliar de forma específica essas aplicações, não apresentando um padrão de avaliação dos resultados obtidos com a aplicação das mesmas.

3.4 ANÁLISE E RELAÇÃO COM A PROPOSTA DO TRABALHO

Através dos resultados obtidos durante a elaboração da revisão de literatura e aliado aos dados extraídos dos artigos selecionados na mesma, foi possível elaborar uma estrutura de apresentação desses resultados através de quadros e gráficos, com o objetivo de ilustrar as informações existentes sobre o uso de RAM na educação e sua forma de aplicação. Através destes dados também foi possível identificar uma ausência de diretrizes definidas para a elaboração de aplicações de RAM dentro da amostragem pesquisada, sendo que os trabalhos selecionados utilizam como ferramenta de aplicação algumas metodologias de ensino já existentes ou ferramentas de aplicação adaptadas.

Através destes dados coletados se torna possível iniciar uma pesquisa que permita uma elaboração de um conjunto de diretrizes, que possam nortear o desenvolvimento de aplicações de RAM para sua aplicação na educação. Este processo pode ser desenvolvido de maneira a atender diferentes áreas de aplicação na educação, direcionando os projetos a seguir um guia de diretrizes que possa orientar o seu desenvolvimento com o objetivo de contribuir para que estes possam ser bem sucedidos no seu desenvolvimento e aplicação.

A elaboração de um conjunto de diretrizes pode auxiliar aos desenvolvedores e educadores, uma forma de simplificar a utilização dos recursos de RAM na educação aumentando sua presença em sala de aula, auxiliando os educadores no momento de abordar conteúdos de forma prática, e utilizando esta tecnologia como apoio ao ensino aprendizagem. Ainda é importante observar se estas diretrizes podem atender as diferentes plataformas de desenvolvimento, as quais foram identificadas durante a pesquisa, aumentando e diversificando as opções de criação de aplicações de forma padronizada, buscando melhorar este processo.

Conforme os dados obtidos identificar uma diretriz que possa definir qual abordagem tecnológica e de desenvolvimento que melhor pode atender ao desenvolvimento dos aplicativos de RAM. Avaliar quais conteúdos digitais podem gerar melhores resultados para a criação dos marcadores e também ambientes imersivos que facilitem o uso e o entendimento do aplicativo de RAM pelos educadores.

Identificar também quais recursos visuais podem melhorar a acessibilidade e a utilização dos aplicativos de RAM para que os mesmos se tornem mais adaptáveis as diferentes abordagens utilizadas pelos educadores e também como uma forma de tornar as interfaces mais amigáveis diminuindo a necessidade de conhecimento prévio dos aplicativos por parte de educadores e estudantes.

4 DESENVOLVIMENTO DE UM CONJUNTO DE DIRETRIZES

4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Através dos dados coletados pelo MSL aliados a construção do referencial teórico para o embasamento técnico sobre a utilização da RAM na educação, considerando também os resultados obtidos através da pesquisa sobre a existência de diretrizes para elaboração de aplicações de RAM, foram determinados alguns pontos principais para centralizar a elaboração da proposta de um conjunto de diretrizes. Estes aspectos observados são apresentados a seguir:

- A forma que os dados pertinentes ao processo de elaboração de aplicativos de RAM são coletados;
- Como foram realizadas as avaliações sobre as aplicações de RAM;
- Quais os principais marcadores de RAM foram considerados como melhor opção de escolha pelos desenvolvedores e pessoas envolvidas no processo;
- Quais os materiais usados para elaboração dos marcadores de RAM;
- A possível existência de alguma metodologia de RAM ou de alguma outra metodologia de apoio, considerando também a questão da usabilidade das aplicações.

Apoiado no modelo ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation e Evaluation), sendo utilizada como uma metodologia para organizar uma sequência de ações a serem observadas como instruções para o desenvolvimento de aplicações para RAM, a construção deste conjunto de diretrizes foi adaptada as fases desta metodologia, alocando cada uma das diretrizes de acordo com a etapa de desenvolvimento. Através do cruzamento das informações da metodologia com os dados obtidos pela pesquisa considerando os aspectos selecionados foram determinados critérios pertinentes a construção deste conjunto de diretrizes.

Estes critérios englobam o tópico de ensino, como forma de identificar quais as áreas específicas de conhecimento as aplicações procuram atender, a plataforma de desenvolvimento, considerando quais foram as plataformas mais utilizadas durante a pesquisa, juntamente ao tipo de sistema utilizado, para verificar quais ambientes de aplicação mais abordados. Ainda foram considerados os critérios de marcadores de RAM e qual tipo de material usado pelos mesmos, identificando quais marcadores são mais comuns as aplicações de RAM e quais tipos de materiais estão sendo mais utilizados para sua melhor apresentação.

O público alvo das aplicações também foi definido como critério de avaliação, bem como, a possibilidade da utilização de alguma metodologia de ensino para fundamentar o

processo de desenvolvimento. De forma a classificar o tipo de aplicação, o critério de âmbito do artigo também foi avaliado, permitindo classificar de que forma as aplicações estão sendo focadas, bem como, a fundamentação teórica utilizada para fundamentar o processo.

Em relação aos critérios de avaliação foram considerados o tamanho da amostra, o tempo de intervenção, as formas de avaliação e quais foram os instrumentos de coleta de dados utilizados, desta forma avaliando como estão sendo coletadas as informações pertinentes ao processo de avaliação das aplicações.

Com a definição dos temas principais a serem considerados e utilizando os critérios definidos para coletar os dados pertinentes a pesquisa, foram elaboradas 6 diretrizes principais, as quais apresentam seus processos específicos a cada etapa da construção de aplicações para RAM na educação. Como forma de obter um processo de apoio e fundamentação a estas diretrizes, foi definida a utilização do modelo ADDIE, alocando as diretrizes de forma a adaptar as mesmas as fases de desenvolvimento propostas pela mesma, criando um processo de instruções sequencial que pode auxiliar os desenvolvedores na criação de aplicações de RA.

Com a elaboração das diretrizes finalizada, as mesmas foram enviadas a um painel de especialistas para a validação e atualização, este processo foi realizado através do envio de um relatório contendo as informações pertinentes ao processo de elaboração das diretrizes e sua relação com o ADDIE. Para a avaliação foi desenvolvido um questionário para coletar dados para otimização das diretrizes e do processo de forma geral.

4.2 ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES

Inicialmente serão apresentadas as diretrizes propostas, as quais seguem um roteiro de passos preestabelecidos visando o desenvolvimento de uma aplicação que permita tanto aos desenvolvedores, pessoas envolvidas na aplicação do sistema e demais pessoas do processo, observar as etapas de implementação e desenvolvimento dessa aplicação, acompanhando as mesmas e definindo os critérios dessa elaboração para uma possível melhor entrega final do produto em relação a proposta estabelecida para a mesma.

Conforme as pesquisas realizadas durante o MSL, observando a extração dos dados obtidos, utilizando o DI como ferramenta para a criação de uma sequência em que estas diretrizes devem ser utilizadas através do modelo ADDIE, uma das principais ferramentas do DI, tem como objetivo apoiar a elaboração deste conjunto de diretrizes, considerando as suas fases de desenvolvimento e desta forma adaptar as diretrizes a esta proposta.

4.3 RELAÇÃO ENTRE DIRETRIZES COM O MODELO ADDIE

Nesta etapa será apresentado o conjunto de diretrizes utilizando o modelo ADDIE como ferramenta de apoio, sendo o mesmo utilizado como um guia de sugestões para o desenvolvimento de aplicações de RAM para educação com foco no ensino de ciências da natureza.

O Quadro 6 apresenta as diretrizes desenvolvidas no trabalho, alocadas dentro das fases de desenvolvimento adaptadas a utilização do ADDIE, de forma que os processos sigam um padrão de desenvolvimento, permitindo aos desenvolvedores seguir a sequência proposta como forma de auxiliar no desenvolvimento de aplicações.

Quadro 6 – Relação de diretrizes propostas e etapas ADDIE

DIRETRIZES	ADDIE
DIRETRIZ 5 – Definir as pessoas envolvidas no projeto DIRETRIZ 3 – Definir o foco da aplicação	Analyze (análise)
DIRETRIZ 1 – Definir plataforma e ambiente da aplicação	Design (projeto)
DIRETRIZ 4 – Definir marcadores de RAM	Develop (desenvolvimento)
DIRETRIZ 2 – Definir ferramentas	Implement (implementação ou implantação)
DIRETRIZ 6 – Definir forma de avaliação	Evaluate (avaliação)

Fonte: Autor (2023).

Desta forma, as fases do ADDIE, conforme o Quadro 6, consistem em: Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação, cada uma destas etapas apresenta fatores que abordam e organizam o processo de desenvolvimento. Estas etapas foram adaptadas para seguir os passos propostos pelo conjunto de diretrizes, buscando relacionar cada fase com uma diretriz proposta, com essa adaptação as fases de Análise, Design e Desenvolvimento trabalham de forma conjunta na definição do contexto de uso da aplicação.

Na fase de análise são considerados os objetivos que a aplicação busca atender, quais os fatores que motivam o desenvolvimento da aplicação, para assim definir onde se quer chegar e definir o público alvo que a aplicação procura atingir para que estes objetivos sejam alcançados. Nesta fase foram associadas as Diretrizes 3 e 5, a Diretriz 3 tem como objetivo avaliar de que forma a aplicação será apresentada aos envolvidos, definindo o foco da mesma,

já a Diretriz 5, qual trata das pessoas envolvidas no projeto, qual será o público alvo da aplicação, adaptando desta forma a diretriz a identificar perfil e papel destes na aplicação.

A fase de projeto considera como serão definidos os objetivos e métodos de aprendizagem que serão propostos para a aplicação, procurando realizar o planejamento da maneira que esta aplicação será apresentada, considerando os objetivos gerais traçados **na fase de análise**, deve projetar e documentar as etapas do projeto, selecionar e avaliar o material de apresentação visual da aplicação.

Desenvolver a interface de usuário considerando usabilidade, a experiência do usuário, interação e acessibilidade da aplicação, desenvolvendo versões para avaliação e validação. Nesta fase está alocada a Diretriz 1, que tem como objetivo identificar qual a melhor ferramenta de desenvolvimento a ser utilizada, bem como, a escolha da plataforma em que o sistema será executado, considerando os objetivos definidos na fase anterior.

Na fase de desenvolvimento, devem ser considerados os resultados das fases anteriores, associando as mecânicas da aplicação de acordo com os objetivos traçados, avaliando quais os materiais serão utilizados como os marcadores de RAM dessa aplicação, selecionando os materiais e a forma como serão utilizados. Nesta fase foi alocada a Diretriz 4, definindo qual tipo de marcadores RAM serão utilizados e qual o material deve ser utilizado para otimizar a leitura e usabilidade destes marcadores.

Na fase de implementação é associada a Diretriz 2, a qual deve selecionar a melhor ferramenta de desenvolvimento para ser utilizada no desenvolvimento da aplicação conforme as fases anteriores do projeto. As fases anteriores permitem ao desenvolvedor ter embasamento dos objetivos, público alvo e plataforma de desenvolvimento, possibilitando ao mesmo uma melhor seleção da ferramenta que pode atender aos passos anteriores.

Na fase de avaliação foi alocada a Diretriz 6, nesta etapa do processo, a utilização da aplicação está sendo executada de acordo com as fases anteriores, o que torna possível a realização da coleta de dados, mensuração e análise de forma a avaliar se os objetivos traçados nas fases anteriores foram alcançados. Através dessa coleta propor melhorias no processo, alterando objetivos e criando novas perspectivas para a utilização da aplicação no processo de ensino aprendizagem. Esta fase permite a análise dos resultados obtidos com a aplicação da ferramenta desenvolvida, permitindo tanto a validação da mesma como um processo de refinamento que pode ser retomado a partir da fase de análise.

Ao associar as diretrizes de acordo com as fases do ADDIE é definida uma sequência de passos e ações que os desenvolvedores devem seguir para o desenvolvimento de aplicações

de RAM para educação, esta sequência de passos tem como objetivo auxiliar os desenvolvedores nesse processo, para cada etapa foram definidas as diretrizes que buscam atender aos principais pontos necessários para a construção dessas aplicações.

No Capítulo 5 são apresentadas de forma detalhadas estas diretrizes, considerando sua construção e o embasamento teórico aplicada a cada uma delas para formação do conjunto de diretrizes proposto.

5 CONJUNTO DE DIRETRIZES PARA RAM NA EDUCAÇÃO

A elaboração das diretrizes foi realizada através da coleta de dados obtidos na pesquisa bibliográfica e do MSL, os mesmos foram tabulados e separados por critérios e temas definidos na pesquisa. Com a utilização do ADDIE como ferramenta de apoio a organização e construção de um processo sequencial de desenvolvimento, **seis diretrizes** principais foram definidas para auxiliar os desenvolvedores na criação de aplicações de RAM para educação. Cada uma destas diretrizes com suas características respectivas, considerando também o retorno obtido através da validação proposta pelos especialistas, as sugestões e melhorias propostas, as quais são detalhadas a seguir de acordo com o Quadro 6, seguindo as fases relacionadas com o modelo ADDIE.

5.1 DIRETRIZ 5 – DEFINIR AS PESSOAS ENVOLVIDAS NO PROJETO

Nesta diretriz são determinadas as pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento uma aplicação de RAM. Ainda também devem ser consideradas as pessoas envolvidas no processo de ensino aprendizagem.

Na **definição do público alvo** devem ser observados fatores que podem influenciar diretamente na percepção da aplicação pelos utilizadores, devem ser considerados critérios de seleção que tem como objetivo definir o escopo de participação dos mesmos.

Nessa etapa são definidos os critérios de inclusão e exclusão dos utilizadores, em relação ao número de participantes definir um valor mínimo e máximo de participantes para utilização da aplicação de acordo com os objetivos da mesma. Avaliar se a aplicação tem suporte ao número de participantes definidos, considerando a relação com as Diretrizes 1 e 2.

Em relação aos requisitos dos usuários deve considerar qual a necessidade de conhecimento prévio dos utilizadores na tecnologia escolhida, identificar a necessidade de treinamento prévio, elaboração de manual, vídeos tutoriais, qual o grau de conhecimento que será exigido em relação a temática da aplicação, definir a faixa etária e também é possível avaliar e determinar um prazo mínimo que os utilizadores precisam ter de uso do dispositivo escolhido para execução da aplicação.

Em relação a **definição das pessoas envolvidas** na construção da aplicação, devem ser determinados nessa etapa os colaboradores associados ao desenvolvimento da aplicação. Além dos desenvolvedores, podem ser adicionados ao projeto especialistas na área da temática da

aplicação, considerando a área de ensino aprendizagem proposta, definindo como será realizado o embasamento teórico da aplicação. No Quadro 7, são apresentadas as etapas e sugestões para esta diretriz.

Quadro 7 – Diretriz 5: Definir as pessoas envolvidas no projeto

DIRETRIZ	ETAPAS DA DIRETRIZ	SUGESTÕES DA ETAPA
<p>DIRETRIZ 5</p> <p>DEFINIR AS PESSOAS ENVOLVIDAS NO PROJETO</p>	<p>Definir o público da aplicação;</p> <p>Definir as pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento.</p>	<p>Definir critérios de seleção dos utilizadores: número de participantes, faixa etária, valor mínimo e máximo de participantes, nível de conhecimento mínimo sobre a tecnologia escolhida, tempo mínimo de uso do ambiente e do hardware;</p> <p>Avaliar necessidade de criação de tutoriais, manuais ou vídeos de treinamento;</p> <p>Definir equipe de suporte aos desenvolvedores, especialistas na temática escolhida para validar a apresentação do conteúdo selecionado para a aplicação através do ensino aprendizagem.</p>

Fonte: Autor (2023).

5.2 DIRETRIZ 3 – DEFINIR O FOCO DA APLICAÇÃO

Na Diretriz 3 é definido o foco que a aplicação procura atender, através da pesquisa realizada durante o MSL as principais abordagens identificadas dentro da amostragem foram classificadas em três áreas de estudo: aprendizagem, estudo de avaliação ou comparação ou verificação das impressões do usuário (*user experience*) em relação a uma aplicação. Esta classificação foi elaborada através da avaliação dos artigos selecionados durante a pesquisa, considerando também, os autores de RAM utilizados nas referências dos mesmos, conforme o Quadro 5 desse trabalho.

Com o **foco na aprendizagem**, os trabalhos tem como foco a utilização de aplicações de RAM como suporte ao processo de ensino aprendizagem, direcionando este processo em uma aplicação que permita aos envolvidos avaliar situações de aprendizagem que não poderiam ser replicadas de forma real em ambientes fechados, possibilitando a utilização da RAM como uma forma prática de aplicação dos conteúdos.

As aplicações com o **foco em avaliação ou comparação** como objetivo identificar como são observadas as aplicações em relação a grupos distintos de usuários. No critério de **avaliação** são considerados fatores que tem como análise principal observar e medir como são avaliados os processos que utilizaram alguma aplicação de RAM na educação.

No processo de **comparação** podem ser observados dois padrões, comparação entre diferentes ferramentas, ou comparação de processos de ensino sem ferramentas de apoio em relação ao processo de ensino apoiado em uma ferramenta de RAM.

Ainda as aplicações com **foco na experiência do usuário** abordam de que forma os usuários percebem, interagem e utilizam as aplicações de RAM. Para tal, são consideradas as principais características de cada uma dessas aplicações e como elas podem auxiliar em uma tarefa que permite interação do usuário com objetos e interações com o mundo real em relação contrária a uma interação sem uso da tecnologia. No Quadro 8, são apresentados os focos definidos para essa diretriz.

Quadro 8 – Diretriz 3: Definir foco da aplicação

DIRETRIZ	ETAPAS DA DIRETRIZ	SUGESTÕES DA ETAPA
DIRETRIZ 3 DEFINIR FOCO DA APLICAÇÃO	Definir o foco da aplicação.	Foco em Aprendizagem; Foco em Avaliação ou Comparação; Foco em Experiencia do Usuário.

Fonte: Autor (2023).

5.3 DIRETRIZ 1 – DEFINIR PLATAFORMA E AMBIENTE DA APLICAÇÃO

Na Diretriz 1, é selecionada a plataforma onde a aplicação será aplicada, sendo definido também o ambiente no qual a mesma será desenvolvida e a forma de sua execução. São definidos os critérios de infraestrutura para essa aplicação, escolhendo a temática e os padrões de usabilidade, compatibilidade e desempenho que a mesma deve possuir.

Na definição da plataforma de execução será avaliado em qual sistema a aplicação será executada e se a mesma pode ser executada em diferentes plataformas. Para a definição dessa plataforma deve-se levar em consideração alguns fatores, para Morimoto (2009), escolher

plataformas (sistemas operacionais) já consolidados e com boa previsão de permanência em funcionamento ajuda a garantir a segurança e duração maior da aplicação.

Já para Costa e Duarte Filho (2013), a falta de padronização entre os sistemas operacionais pode gerar problemas aos usuários, devendo ser feita a análise da sua arquitetura e funcionalidades previamente para atender aos objetivos da aplicação. Se torna importante considerar na elaboração do projeto a estrutura da aplicação (tipo) e qual procedimento de execução será utilizado (forma de aplicação).

Na definição do ambiente a aplicação deve ser definida como: aplicação móvel, aplicação web ou aplicação local. A escolha do ambiente fica condicionada a plataforma de execução considerando sua compatibilidade com o ambiente escolhido.

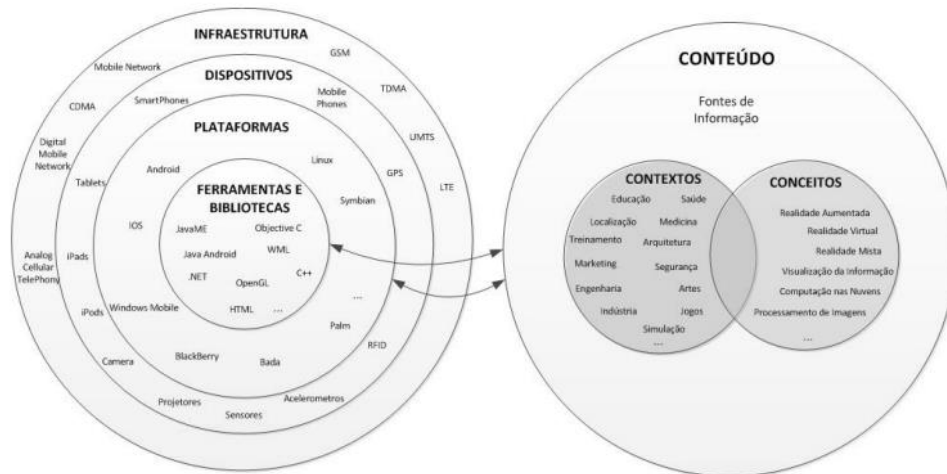
Na **definição da forma de execução** da aplicação, é preciso através da definição da plataforma e do ambiente identificar qual a melhor forma de execução da mesma, determinado se aplicação será remota ou presencial.

Ao definir a forma de execução é necessária a **definição dos critérios de infraestrutura**, identificando quais são os recursos digitais disponíveis no local de aplicação escolhido, desta forma projetar a possibilidade de melhorias para a aplicação a partir de novos aspectos estruturais e de sistema, avaliando se a forma de execução definida pode ser realizada com os recursos disponíveis ou identificar as necessidades de melhorias de infraestrutura e sua viabilidade de atualização.

Ainda em relação a infraestrutura precisam ser consideradas as opções de tecnologias disponíveis para utilização, também as opções de hardware necessário em relação as tecnologias de comunicação disponíveis no mercado.

Na Figura 9 pode-se verificar como essas definições podem auxiliar os desenvolvedores no desenvolvimento de aplicações de RAM, apresentando algumas das plataformas existentes, os critérios de infraestrutura que devem ser considerados e os tipos de dispositivos que podem ser utilizados para a construção dessas aplicações.

Figura 9 – Componentes de aplicação de RA, conforme Cardoso *et al.* (2012)



Fonte: Santos Júnior *et al.* (2013, p. 62).

Na figura 9 ainda podemos verificar também a apresentação de possíveis contextos em que a aplicação pode ser executada, envolvendo a temática a ser escolhida. Nesse trabalho a temática das aplicações está voltada a construção de aplicações de RAM para educação focadas nas ciências da natureza.

A definição dos **padrões de acessibilidade, compatibilidade e desempenho** também fazem parte desta diretriz. Na questão da **acessibilidade** é necessário através da definição dos itens anteriores quais são os padrões necessários que os desenvolvedores devem seguir para que a aplicação permita a todos os usuários sua usabilidade.

Em relação a **compatibilidade** é preciso definir o padrão necessário a todos os dispositivos disponíveis para a aplicação e validar a utilização da aplicação a diferentes dispositivos, definindo desta forma o comportamento da aplicação em relação a diferentes dispositivos de execução. Nessa etapa os desenvolvedores devem considerar qual os requisitos mínimos necessários a execução da aplicação em relação a ambiente e plataforma de execução.

Na **definição dos padrões de desempenho** é necessário mensurar a questão do desempenho da aplicação em diferentes dispositivos, executando também a análise da plataforma escolhida: verificar se atende a todos os requisitos propostos para o desenvolvimento ou utilização da aplicação desenvolvida.

A Figura 10, apresenta alguns destes desafios que devem ser observados para o desenvolvimento de aplicações de RAM, tais como, tamanho de tela, consumo de energia

(bateria), precisão de localização, capacidade mínima da câmera, processamento de dados, entre outros fatores detalhados nesta diretriz.

Figura 10 – Desafios RAM



Fonte: Santos Júnior *et al.* (2013, p. 63).

Na Figura 10, ainda podemos observar alguns itens que podem influenciar também na seleção da plataforma a ser utilizada, como a relação aos desafios de hardware que também devem ser considerados na escolha da plataforma a ser utilizada.

A Diretriz 1 apresenta diferentes aspectos que podem auxiliar aos desenvolvedores na criação de aplicações de RAM, todos os passos sugeridos dentro da diretriz podem ser revisados e reavaliados pelos mesmos, retornando a etapa anterior para que possam ser feitos ajustes para o melhor resultado possível ao final dessa primeira etapa. A seguir o Quadro 9 apresenta essas etapas da diretriz em ordem sequencial, apresentando também algumas sugestões a ser considerada em cada uma destas etapas.

Quadro 9 – Diretriz 1: Definir plataforma e ambiente da aplicação

DIRETRIZ	ETAPAS DA DIRETRIZ	SUGESTÕES DA ETAPA
DIRETRIZ 1 DEFINIR PLATAFORMA E AMBIENTE DA APLICAÇÃO	Definir plataforma de execução da aplicação;	Escolher entre as plataformas disponíveis no mercado considerando os pontos apresentados na diretriz. Exemplos de Plataformas: Android / IOS / Windows;
	Definir em qual ambiente a aplicação será executada;	Ambiente Móvel ou Local (tipo de tecnologia móvel);
	Definir qual a forma de execução da aplicação;	Definir se a aplicação será executada de forma remota ou local;
	Definir critérios de infraestrutura;	Definir os itens necessários a execução da aplicação: rede de internet, hardware disponível, estrutura física do ambiente;
	Definir padrão de acessibilidade;	Todos envolvidos conseguem executar a aplicação considerando as questões de acessibilidade;
	Definir padrões de compatibilidade;	A aplicação pode ser utilizada em multiplataformas, diferentes versões do sistema operacional;
	Definir padrões de desempenho mínimos necessários a execução da aplicação.	Eficiência em diferentes versões do ambiente, plataforma e hardware.

Fonte: Autor (2023).

5.4 DIRETRIZ 4 – DEFINIR MARCADORES DE RAM

Nesta diretriz são definidos os principais tipos de marcadores de RAM que podem ser utilizados pelos desenvolvedores para o desenvolvimento de aplicações, identificando quais podem ser melhor adaptados em relação ao tipo de aplicação a ser desenvolvida, bem como, quais tipos podem apresentar melhor resposta para utilização no ambiente definido.

Os marcadores podem ser definidos de acordo com alguns critérios, na **definição dos marcadores de acordo com o tipo de aplicação**, os mesmos devem seguir os padrões de acordo com a proposta da aplicação, procurando ajustar os mesmos a temática proposta, considerando as definições das Diretriz 1, 2 e 3.

Na definição dos marcadores em relação a **usabilidade e precisão dos mesmos**, de acordo com as definições da aplicação selecionar marcadores que permitam um melhor retorno

em relação a leitura dos mesmos, considerar as especificações de hardware definidos anteriormente, capacidade de leitura, precisão de leitura, o ambiente em que serão utilizados.

Ainda na definição da **adaptação e atualização** dos marcadores, avaliar se os marcadores podem ser adaptados a novas funcionalidades da aplicação, podendo ser alterados para novas leituras, considerando também a possibilidade da criação de novos marcadores de acordo com novas funcionalidades da aplicação.

Os marcadores de RAM são definidos considerando as diretrizes anteriores, observando as etapas do projeto e de acordo com a temática estabelecida, plataformas, ferramentas e ambiente definidos.

Alguns dos marcadores mais utilizados foram encontrados durante o MSL são apresentados como sugestão para os desenvolvedores, os principais encontrados foram:

- Cartões (podem ser personalizados de acordo com a aplicação);
- Figuras (imagens prontas ou imagens criadas de acordo com a aplicação);
- Texto (podem ser usados trechos de textos como forma de identificação da RAM);
- Geolocalização (podem ser pontos de interesse ou coordenadas predefinidas).

No Quadro 10, são apresentadas as informações sobre os marcadores e suas definições de acordo com a pesquisa.

Quadro 10 – Diretriz 4: Definir marcadores de RAM

DIRETRIZ	ETAPAS DA DIRETRIZ	SUGESTÕES DA ETAPA
DIRETRIZ 4 DEFINIR MARCADORES DE RAM	Definir os marcadores de RAM de acordo com o tipo de aplicação; Definir padrão de Usabilidade e precisão; Avaliar capacidade de adaptação e atualização.	Definir os marcadores de RAM considerando as diretrizes 1, 2 e 3; Definir os marcadores de acordo com as definições de hardware, ferramentas, plataforma e ambiente selecionados nas diretrizes anteriores; Considerar capacidade de leitura, precisão, tamanho e formatos dos marcadores; Sugestão de marcadores mais encontrados: Cartões, Figuras, Texto, Geolocalização; Avaliar capacidade de alteração dos marcadores, modificação e criação de novos marcadores de acordo com possíveis alterações das aplicações.

Fonte: Autor (2023).

5.5 DIRETRIZ 2 – DEFINIR FERRAMENTAS

Esta diretriz determina as ferramentas que devem ser utilizadas para o desenvolvimento da aplicação, as mesmas devem estar alinhadas com as definições do ambiente e da plataforma de aplicação, observando as etapas propostas pela Diretriz 1.

A **definição da ferramenta** permite aos desenvolvedores avaliar quais das tecnologias disponíveis pode atender melhor a proposta da aplicação. Algumas ferramentas foram identificadas durante a pesquisa, como por exemplo, *vuforia*, *IOS*, *Opment Kit (Sdk)*, *Visual Studio (AR Core)*, *Unity 3d*.

Na relação **ferramenta e compatibilidade** os desenvolvedores podem utilizar as diferentes ferramentas e tecnologias disponíveis considerando a melhor adaptação as plataformas e diferentes ambientes de utilização já definidos. Conforme a Figura 11, por meio da proposta de Santos Júnior *et al.* (2013), podemos verificar algumas das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento de aplicações de RAM.

Figura 11 – Tabela de comparação de algumas das tecnologias de Realidade Aumentada

Tecnologia	Ambiente de execução	Tecnologia de suporte
ARToolKit	Symbian OS	OpenGL
AndAR	Android	Java
NyARToolkit	Java	OpenGL
NyARToolkitCS	Windows	DirectX
ElipseAR	iOS, Android	Java
FlarToolKit	Flash	ActioScript
Vufória	iOS, Android e Unity 3D	OpenGL
PhoneGap	Multiplataforma	HTML5, Javascript e CSS

Fonte: Santos Júnior *et al.* (2013, p. 71).

Nas definições de **capacidade de atualização e usabilidade** os desenvolvedores devem avaliar a possibilidade de utilização da mesma ferramenta em diferentes versões de plataformas e ambientes, caso seja necessária alguma mudança no escopo da aplicação, considerando os parâmetros definidos na Diretriz 1. Ainda deve ser considerada a capacidade da ferramenta escolhida permitir atualização para novas versões tanto da ferramenta como do ambiente e

plataforma. A usabilidade permite aos desenvolvedores identificar quais bases de conhecimento prévio serão necessárias para o desenvolvimento da aplicação, e também se a escolha do hardware na Diretriz 1 vai ter o suporte necessário a mesma.

As Diretrizes 1 e 2 precisam estar alinhadas para a definição da compatibilidade entre elas, tornando o processo de escolha das ferramentas o mais adequado possível a atender os passos prévios e posteriores a construção da aplicação de RAM. No Quadro 11, são apresentadas as etapas que compõe a Diretriz 2.

Quadro 11 – Diretriz 2: Definir ferramentas

DIRETRIZ	ETAPAS DA DIRETRIZ	SUGESTÕES DA ETAPA
DIRETRIZ 2 DEFINIR FERRAMENTAS	<p>Definir as ferramentas de desenvolvimento considerando a plataforma e o ambiente de acordo com a Diretriz 1;</p> <p>Escolher as ferramentas de acordo com a compatibilidade;</p> <p>Definir capacidade de atualização;</p> <p>Avaliar Usabilidade.</p>	<p>Escolher entre as tecnologias e ferramentas disponíveis; A escolha deve atender aos parâmetros da Diretriz 1;</p> <p>De acordo com os recursos de hardware, rede e ambiente definir a ferramenta que melhor pode ser adaptada a aplicação;</p> <p>Analisar a capacidade da ferramenta para ser atualizada para novas versões de ambiente e plataforma, bem como, a capacidade de permitir atualizações da própria aplicação;</p> <p>Avaliar a questão de usabilidade frente ao hardware disponível, bem como, em relação ao nível de conhecimento necessário para o desenvolvimento da aplicação.</p>

Fonte: Autor (2023).

5.6 DIRETRIZ 6 – DEFINIR FORMA DE AVALIAÇÃO

Nesta diretriz devem ser identificados os métodos que serão utilizados para avaliar a aplicação e o ensino aprendizagem definidos nas diretrizes anteriores, esta etapa ainda se dedica a fazer a avaliação da aplicação de forma qualitativa e quantitativa considerando os principais índices que a aplicação se propõe a atender de acordo com sua temática.

Na **comparação em relação a outras ferramentas**, a possibilidade de avaliar a aplicação desenvolvida em comparação a outras aplicações existentes da mesma temática,

sendo possível também comparar os resultados obtidos pela aplicação em relação a uma aplicação real. Conforme a Diretriz 3, a definição do foco da aplicação permite aos desenvolvedores avaliar o resultado da aplicação construída em relação a outras, seguindo a sugestão das três temáticas apresentadas na mesma. Ainda uma comparação com outras formas de aplicações existentes de forma a avaliar o desempenho, apresentação, foco e padrão de ensino aprendizagem.

Em relação a **definição do modelo de coleta de dados**, identificar quais métodos de coleta podem ser utilizados para validar e avaliar uma aplicação. Podem ser utilizados questionários, entrevistas, vídeos, ferramentas de desempenho, ferramentas personalizadas.

Ainda é possível identificar se a coleta dos dados será realizada de forma qualitativa ou quantitativa, ou ambas, definindo quais dados serão utilizados para avaliação, selecionar quais os dados serão coletados e avaliados para validação da ferramenta, dentro do propósito da mesma, estes dados podem ser o tempo de duração da aplicação, os resultados obtidos e os padrões de usabilidade.

Utilização do modelo MAREEA, os desenvolvedores podem utilizar esse modelo como forma de avaliação da aplicação, este modelo tem como objetivo a análise das abordagens educacionais em RAM, avaliando a percepção da qualidade em termos de experiência de uso e também do nível de aprendizagem dos usuários em relação aos recursos disponibilizados. (HERPICH *et al.*, 2019). O modelo MAREEA apresenta quatro fatores de avaliação definidos: **usabilidade**, avaliando o quanto o sistema é intuitivo e fácil para que os usuários utilizem e interajam com o produto proposto (PREECE, 2001). Em relação ao **engajamento** aborda a resposta do usuário através de uma interação que mantém ganhos ao mesmo, mantendo sua atenção, especialmente quando o mesmo se encontra intrinsecamente motivado (JACQUES; PREECE; CAREY, 1995).

Considerando a **motivação**, conforme Keller (1987), a mesma é explicada como a direção e magnitude do comportamento, explicando os objetivos que as pessoas buscam e quanto as mesmas o perseguem.

Por fim, a **aprendizagem ativa**, sendo definida como qualquer método instrucional que envolve os usuários nas atividades de aprendizagem e que os mesmos façam estas atividades e pensem sobre o que estão fazendo (PRINCE, 2004).

Este modelo apresenta como ferramenta de avaliação um questionário definido através de levantamento bibliográfico dos autores, sendo possível a aplicação do mesmo em diferentes abordagens educacionais.

No Quadro 12, são apresentadas e definidas formas de avaliação propostas nesta diretriz.

Quadro 12 – Diretriz 6: Definir forma de avaliação

DIRETRIZ	ETAPAS DA DIRETRIZ	SUGESTÕES DA ETAPA
<p>DIRETRIZ 6</p> <p>DEFINIR FORMA DE AVALIAÇÃO</p>	<p>Comparar a aplicação em relação a outras disponíveis;</p> <p>Definir o modelo de coleta de dados;</p> <p>Utilizar modelo de avaliação MAREEA.</p>	<p>Utilizar as temáticas propostas a Diretriz 3 como forma de comparação em relação a outras aplicações;</p> <p>Comparar a aplicação em relação a outros formatos de ensino aprendizagem propostos;</p> <p>Definir método de coleta de dados, qualitativo, quantitativo ou ambos;</p> <p>Definir outras ferramentas de coleta de dados, podem ser: entrevistas, questionários, vídeos, ranking;</p> <p>Utilização de modelo de avaliação validada para abordagens educacionais para RAM (MAREEA).</p>

Fonte: Autor (2023).

As diretrizes propostas neste capítulo foram definidas de acordo com os dados coletados durante a pesquisa, aliando embasamento teórico que ajudam a determinar cada etapa sugerida pelas mesmas, este conjunto de diretrizes apresenta também as sugestões obtidas através do painel de especialistas que foi determinado conforme a metodologia desse trabalho.

Conforme definido no Quadro 6, a qual define a relação do modelo ADDIE com as diretrizes propostas, a sequência de execução das mesmas deve seguir a ordem proposta no quadro, permitindo aos desenvolvedores seguir uma ordem de instruções, nas quais podem ser feitas atualizações e adaptações conforme a necessidade da aplicação.

No capítulo a seguir são apresentadas as respostas obtidas através da ferramenta de avaliação proposta, bem como, as sugestões apresentadas pelos especialistas, de forma a discutir os resultados obtidos com a criação deste conjunto de diretrizes.

6 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO

Esta etapa do trabalho consiste na avaliação e atualização do conjunto de diretrizes proposto, considerando o processo de elaboração finalizado em sua primeira etapa, se fez necessária à validação dos resultados obtidos através do MSL. Considerando também a busca na literatura em relação a diretrizes para o desenvolvimento de aplicações de RAM.

Como forma de avaliar e validar o conjunto de diretrizes proposto, foi definido o envio do mesmo a um painel de especialistas na área de informática, considerando áreas de atuação relacionadas ao desenvolvimento de aplicações, informática na educação, RAM e gestão de projetos de software.

O objetivo do envio deste conjunto de diretrizes a um painel de especialistas foi necessário para avaliação e coleta de dados pertinentes ao processo de validação do mesmo, tornando possível um maior aprofundamento na área de estudo, validando as diretrizes propostas e definindo possíveis melhorias sugeridas pelos especialistas.

Aliado aos estudos baseados em autores da área de RAM, e também a uma referenciação técnica de forma a apoiar os processos sugeridos, bem como, o apoio do modelo ADDIE para sua elaboração e com o feedback obtido através dos especialistas foi possível refinar este conjunto de diretrizes para um melhor resultado na proposta apresentada pelo trabalho.

Ainda através do retorno desse painel de especialistas, foram propostas melhorias as diretrizes definidas, otimizando e atualizando este conjunto de diretrizes, possibilitando uma versão como maior precisão e que possa ser utilizado como um guia de desenvolvimento de aplicações de RAM para educação na área de ciências da natureza.

6.1 FORMA DE AVALIAÇÃO

De maneira a validar estas diretrizes o processo de envio aos especialistas foi definido como uma maneira de obter um feedback sobre as diretrizes propostas, bem como, seus detalhes, ou seja, os critérios definidos em cada uma destas diretrizes. Com este feedback validar e refinar as diretrizes propostas em uma nova versão do conjunto de diretrizes, observando possíveis contribuições propostas pelos especialistas e também inserção ou atualização de novos critérios dentro do conjunto.

Para a formação do painel de especialistas, foram definidos alguns critérios de seleção, os mesmos são detalhados a seguir:

Nível de Graduação Mínimo: Mestrado;

Áreas de Atuação: Professores nas áreas de: Informática, Informática na educação, Gestão de Projetos de Software, RAM;

Conteúdos de Domínio: Desenvolvimento de aplicações, gestão de projetos, RAM, informática na educação;

Após a definição dos critérios para a escolha do painel de especialistas, foi desenvolvido um relatório⁵, que de uma forma resumida, pudesse apresentar aos especialistas como foram construídos e definidos os critérios para a construção dessa primeira versão do conjunto de diretrizes. Através deste relatório apresentar alguns dos resultados obtidos durante o MSL e também apresentar as questões de pesquisa pertinentes ao processo de desenvolvimento da proposta.

Nesse relatório são detalhados critérios de seleção, objetivos propostos pelo trabalho e também o processo de como foram construídas as diretrizes pertencentes ao conjunto proposto. Também é apresentada o modelo ADDIE que auxiliou o processo de elaboração das diretrizes e foi utilizada como uma forma de definir de forma sequencial os processos propostos.

Ainda nesse relatório são detalhadas as 6 diretrizes propostas, bem como, seus critérios e sua relação com o ADDIE, de forma a auxiliar aos especialistas a compreender todo o processo de elaboração e também da sequência de ações propostas que formam o conjunto de diretrizes proposto.

Através do relatório os especialistas podem ter uma visão geral da formação do processo de elaboração e das bases de conhecimento identificadas e utilizadas para o desenvolvimento da proposta do trabalho, apresentando as 6 diretrizes em forma de quadros individuais e relacionando cada uma destas com sua fase de desenvolvimento adaptada do ADDIE.

De forma a avaliar este conjunto de diretrizes foi elaborado um questionário através de um formulário do Google⁶, este questionário apresenta inicialmente aos especialistas um texto introdutório descrevendo quais os principais pontos que foram observados durante o MSL e o referencial teórico para a formação dos critérios que nortearam a construção das diretrizes.

⁵ Disponível em:

https://drive.google.com/file/d/1D4k_hyTFaimJBeYvRgvPETRADu3mInDT/view?usp=share_link. Acesso em: 16 abr. 2023.

⁶ Disponível em:

https://docs.google.com/forms/d/1U1TcZMxSoCxdmYeYgFZWkT2lsLR_ZMIOux_ikq7EgOY/edit. Acesso em: 16 abr. 2023.

Ainda apresenta os principais critérios utilizados para coletar os dados necessários a elaboração da proposta das diretrizes, buscando validar a necessidade da criação de um conjunto de diretrizes para auxiliar no desenvolvimento de aplicações de RAM para educação.

O questionário foi elaborado apresentando questões de escolha binária, como uma opção mais simples de coleta dados, considerando o tamanho da amostra, sendo estas aliadas a questões discursivas, ainda por fim um espaço para uma avaliação escrita dos especialistas para que os mesmos apresentem suas considerações sobre o processo de uma forma geral e também com sugestões para melhorias ou críticas sobre o conjunto de diretrizes proposto.

O formulário apresenta um total de 24 questões divididas entre binárias e discursivas, com uma última (25) sendo para as considerações propostas pelos especialistas a qual foi citada anteriormente. As questões iniciais estão associadas aos campos selecionados para a criação de critérios de construção das diretrizes, abordando também se os critérios definidos através da pesquisa foram adequados para a criação de diretrizes em relação a RAM.

As questões seguintes tratam sobre a utilização do ADDIE como uma ferramenta de apoio a elaboração das diretrizes propostas, considerando também a relação proposta entre a adaptação das fases do ADDIE com as diretrizes apresentadas pelo trabalho. As demais questões tratam individualmente sobre cada diretriz proposta, seus critérios e seu papel no desenvolvimento de aplicações de RAM para educação. As questões propostas permitiram aos especialistas concordar ou não com as propostas apresentadas, ainda, deixando uma questão relacionada a cada item binário como forma de sugestão como forma de refinar ou modificar alguma das diretrizes propostas.

6.2 MODELO DE AVALIAÇÃO

O questionário proposto foi enviado aos especialistas da área conforme os critérios definidos anteriormente, o envio do mesmo foi realizado por e-mail como uma avaliação do produto de mestrado, com o objetivo de ser validado e refinado pelos mesmos. No e-mail foram enviados o resumo elaborado sobre as principais questões propostas pelo trabalho e também o link do formulário do Google para a coleta de dados.

A avaliação foi realizada de forma anônima pelos professores selecionados para receber o e-mail de avaliação do produto, sendo o mesmo enviado a professores de diferentes instituições de ensino que estão dentro dos critérios definidos. Um primeiro envio foi realizado

a um total de 11 especialistas, obtendo um retorno baixo nessa primeira amostragem, mas com algumas avaliações pertinentes ao processo.

Um segundo e-mail foi enviado ao mesmo grupo de especialistas em busca de um maior número de avaliações, acrescentando mais 3 especialistas a lista de envio anterior, totalizando 14 especialistas. Através deste segundo e-mail foram obtidos novas avaliações e considerações que foram agregadas ao conjunto de diretrizes proposto. Ao final do envio do questionário e do relatório e com o fechamento do formulário para respostas foram obtidas 5 avaliações de especialistas ao total. A partir desses retornos obtidos foi revisada a proposta apresentada pelo trabalho apresentando os resultados a seguir.

6.3 COLETA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS PAINEL DE ESPECIALISTAS

Este conjunto de diretrizes foi enviado a um painel de especialistas, os quais foram selecionados utilizando os critérios definidos na pesquisa, sendo o mesmo encaminhado em forma de um relatório que apresentava as diretrizes propostas, os critérios utilizados para sua formação, bem como, uma primeira versão do conjunto proposto. Aliado a este relatório foi enviado também o link de um questionário para coleta de dados de forma a validar e contribuir com novas perspectivas sobre o mesmo.

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos pela coleta de dados e também a apresentação das diretrizes validadas de acordo com dados obtidos pelo questionário proposto, apresentando uma nova versão do conjunto de diretrizes proposto.

6.3.1 Painel de especialistas

Conforme definido pela pesquisa a avaliação e refino do conjunto de diretrizes proposto passou por um painel de especialistas, os quais contribuíram respondendo a um questionário que teve como objetivo avaliar as diretrizes propostas, em busca de validação e possíveis melhorias nos processos definidos para cada uma delas.

Primeiramente o questionário apresentou os principais pontos que foram considerados na formação dos critérios utilizados para elaborar o conjunto de diretrizes propostos, ainda considerando estes pontos, foram definidos os critérios para a coleta de dados pertinentes ao processo de construção destas diretrizes. As questões foram divididas em objetivas e discursivas, de maneira a avaliar se os dados apresentados atenderam a proposta do trabalho,

ainda permitindo aos especialistas sugestões de inserção ou exclusão de novos dados para a construção da proposta, obtendo os seguintes resultados:

Nas questões 1 e 3, objetivas, os especialistas concordam com os pontos levados em consideração na escolha de quais critérios deveriam ser utilizados para extração de informações sobre as pesquisas realizadas no MSL e também com base no referencial teórico. Em relação aos critérios utilizados para a elaboração das diretrizes, os especialistas concordam em sua totalidade que os mesmos foram adequados ao que apresenta a pesquisa.

Em relação as questões discursivas 2 e 4, a contribuição recebida aponta para um melhor detalhamento dos critérios estabelecidos, de forma a deixar mais claro aos utilizadores o que cada um destes tem como objetivo abordar e coletar de dados.

As questões 5 e 6 abordam os aspectos que foram considerados sobre a RAM para o desenvolvimento de aplicações para a educação, conforme apresentado no relatório enviado anexo ao questionário, de forma objetiva e também com um campo de sugestões.

Nesta questão os especialistas estão de acordo com os aspectos apresentados para a construção dos aplicativos de RAM para educação, acrescentando que foram elencadas as tecnologias necessárias ao desenvolvimento de aplicações e também os pontos que devem ser observados nesse desenvolvimento.

As questões 7 e 8 tratam da utilização do modelo ADDIE, como uma forma de apoio a organização das diretrizes em relação a uma metodologia que auxilie os desenvolvedores em seguir um processo sequencial para a criação de aplicações. Como retorno, foi obtida aprovação dos especialistas em relação a escolha dessa ferramenta de apoio, a qual auxilia no entendimento dos passos propostos e na sequência de ações sugeridas pelas diretrizes apresentadas.

As questões 9 e 10 apresentam a relação do modelo ADDIE com as diretrizes propostas, alocando cada diretriz em uma determinada fase da ferramenta, observando os passos que devem ser tomados em cada uma delas, conforme a relação apresentada no Quadro 6. Em relação a estas questões os especialistas concordam com a relação proposta, considerando adequada e coerente a escolha das fases do ADDIE para cada uma das diretrizes apresentadas.

As questões 11 e 12 abordam a relação das fases de desenvolvimento de uma aplicação com relação as diretrizes propostas, se as mesmas foram atendidas em cada uma das etapas propostas. Conforme o retorno obtido, os especialistas concordam que as diretrizes definidas neste conjunto atendem as fases necessárias ao desenvolvimento de aplicações de RAM para educação.

As questões 13 a 24 trazem de forma objetiva e discursiva, a apresentação de cada uma das diretrizes propostas no conjunto, apresentando seus detalhamentos de acordo com o relatório enviado aos especialistas, bem como, as etapas que fazem parte de cada uma delas. Nestas questões o retorno obtido através de avaliação foi de total concordância com as diretrizes propostas e também como cada uma delas se detalha em seu processo sequencial.

Por fim, a questão 25 permite que os especialistas apresentem sugestões que possam refinar e melhorar este conjunto de diretrizes proposto de maneira geral, considerando todos os itens observados na leitura do relatório enviado, juntamente as questões propostas.

Como retorno foram obtidos as seguintes sugestões e colaborações dos especialistas.

Como o relatório é sucinto, e o questionário traz questões com opções binárias para as respostas, pode haver distorções para quem não está tão familiarizado com RA (**ESPECIALISTA 1**).

Conforme destacado pelo Especialista 1, em relação ao relatório enviado ao painel de especialistas, as diretrizes foram atualizadas buscando um maior embasamento teórico, assim, apresentando de forma mais abrangente como cada uma das diretrizes podem auxiliar na construção das aplicações de RAM, ainda, apresentando uma melhoria na relação entre as diretrizes e o modelo ADDIE, proposta como suporte a sequência de ações e ordem que as diretrizes devem ser analisadas.

Como sugestão para a elaboração das etapas de cada diretriz, penso que algumas delas possam ser melhoradas no sentido de deixar a frase mais completa em relação ao que deve ser realizado naquela etapa. Vou dar dois exemplos: Definir a possibilidade de atualização para novas versões. (atualização do que?); definir qual o público alvo; (público alvo para o que?) parecem questões óbvias, mas, para quem busca seguir as diretrizes pode não ser (**ESPECIALISTA 2**).

Considerando a sugestão proposta pelo Especialista 2, as diretrizes foram atualizadas, detalhando de forma mais clara os objetivos propostos em cada uma delas. Ainda foram detalhadas de acordo com os dados obtidos na pesquisa buscando embasar as propostas de cada uma delas. A descrição das mesmas foi destacada de forma textual e apresentada em quadros de forma separada para uma melhor compreensão das mesmas.

De uma forma geral o trabalho se propõe a identificar questões relevantes para o desenvolvimento de aplicações móveis com foco em RA, e apresenta quadros de fácil compreensão para os envolvidos no desenvolvimento da aplicação e também para demais utilizadores (**ESPECIALISTA 3**).

Visualizando os quadros de cada diretriz, fica muito fácil saber o que precisamos fazer antes de iniciar o desenvolvimento da aplicação, o que precisamos estar atentos durante o desenvolvimento, e também o que precisamos avaliar desta aplicação para saber se conseguimos atender aos objetivos propostos na aplicação em questão (**ESPECIALISTA 4**).

Sobre as considerações dos especialistas 3 e 4, ainda de forma a tornar o entendimento mais claro da proposta, as diretrizes foram revisadas e atualizadas para buscar um melhor entendimento por parte dos desenvolvedores, tornando o processo mais claro e apresentando uma sequência de ações conforme a utilização do ADDIE.

Análise: a fase de análise da metodologia ADDIE se resume em "definição de pessoas no projeto"? porque na relação entre a metodologia ADDIE e suas diretrizes você listou somente "definição de pessoas no projeto"? (**ESPECIALISTA 5**).

Na fase de análise foram ajustados alguns processos pertinentes ao desenvolvimento da aplicação, além da definição de qual será o público alvo, ou seja, quais serão os utilizadores da aplicação, também serão definidos os objetivos que a mesma procura atender em relação aos envolvidos no processo, ainda definindo o foco dessa aplicação conforme a Diretriz 3. Nesta fase agora estão alocadas as Diretrizes 5 e 3, as quais foram revistas e atualizadas.

Não tem mais itens relevantes ao esclarecimento das necessidades, ou ainda, aos requisitos do projeto, do ambiente, do aluno, do professor, do formato de ensino, etc.? (**ESPECIALISTA 5**).

A Diretriz 5 foi atualizada para coletar as informações necessárias ao público alvo, considerando quais serão os utilizadores da aplicação, avaliando nível de conhecimento, requisitos de conhecimento da tecnologia, número de participantes, faixa etária e demais itens pertinentes a esta diretriz. Ainda são coletados os dados sobre as pessoas que fazem parte do desenvolvimento da aplicação, além dos desenvolvedores, especialistas, professores e demais responsáveis pelo embasamento teórico que trata da temática da aplicação.

O item 1 da sua diretriz é "definir plataforma e ambiente", porém, segundo o Quadro 7, este item não faz parte da análise, mas sim da fase de desenvolvimento, é isso mesmo? A metodologia ADDIE não é sequencial? Por que esse item está fora de ordem segundo o Quadro 1? (**ESPECIALISTA 5**).

O modelo ADDIE segue um processo sequencial de ações, a Diretriz 1 foi adaptada a fase de desenvolvimento por considerar nesse processo todo o embasamento teórico proposto pelas diretrizes 3 e 5. Já nessa etapa começar a desenvolver a interface do usuário de acordo

com a temática proposta pela Diretriz 3, ainda considerando a definição do público alvo e dos envolvidos na construção da aplicação e do conteúdo educacional da mesma.

Será que você não tem que definir as pessoas do projeto após saber o que quer fazer, para então encontrar os profissionais adequados (**ESPECIALISTA 5**).

A atualização da Diretriz 5 apresenta o público alvo da aplicação, definindo os requisitos que devem ser considerados antes do desenvolvimento da aplicação, como parâmetros de idade, nível de conhecimento exigido, entre outros, para adequar as ferramentas e procedimentos. Nessa diretriz também são definidos os participantes que vão auxiliar no embasamento teórico da aplicação.

Desenvolvimento: Pra mim ficou vago o que seriam "marcadores". Talvez você esteja querendo fazer uma relação com "tarefas" de uma metodologia ágil (por exemplo scrum), em que uma "tarefa" é colocada em um post-it em um quadro de tarefas. Ainda no desenvolvimento, será que você não tem que especificar diretrizes para gestão do projeto? como por exemplo, controle de tarefas, sprints, cronograma, metas/prazos, qualidade, etc.? Ou pelo menos, aos itens pertinentes ao processo de ensino/aprendizagem que devem ser considerados no momento do desenvolvimento (**ESPECIALISTA 5**).

Em relação aos marcadores, na Diretriz 4 são detalhados de forma mais clara, apresentando sua função dentro das aplicações de RAM, tendo como função a leitura de sobreposição dos objetos em relação ao mundo real.

Os itens propostos foram considerados e atualizados nas Diretrizes 5, 3 e 1 para auxiliar os desenvolvedores na escolha destes marcadores.

As considerações apresentadas e as respostas obtidas pelo questionário proposto aos especialistas ajudaram a validar e atualizar as diretrizes propostas, complementando os dados que formam as mesmas.

O trabalho apresenta como principal contribuição o desenvolvimento de um conjunto de diretrizes de RAM para educação, desenvolvendo este conjunto como um guia de orientação aos desenvolvedores. Através desse conjunto de diretrizes aliado ao modelo ADDIE, como metodologia de apoio a esse processo, criar uma sequência de passos que possa auxiliar os desenvolvedores na construção das aplicações, observando as etapas definidas em cada uma das diretrizes propostas, seguindo critérios que podem melhorar o processo de criação das mesmas.

Apresenta também um referencial teórico que teve como objetivo embasar os passos sugeridos pelas diretrizes, apresentando sugestões de ambientes, ferramentas, tecnologias,

processos de avaliação, definição de pessoas e processos que podem auxiliar os desenvolvedores na criação de aplicações. Este conjunto apresenta seis diretrizes principais, as quais apresentam suas etapas de acordo com o seu objetivo. Estas diretrizes são complementares, permitindo aos desenvolvedores refinar suas aplicações refazendo a sequência proposta pelo ADDIE, de forma a otimizar estas aplicações.

Este conjunto passou pela avaliação de um painel de especialistas para uma avaliação e atualização, com o objetivo de validar as diretrizes propostas e melhorar sua construção. Através desse painel foram possíveis melhorias nos passos propostos, buscando adaptar as diretrizes aos desafios enfrentados pelos desenvolvedores na construção de aplicações de RAM, com o objetivo de agregar o máximo de dados pertinentes a esse processo.

Como trabalhos futuros, a utilização deste conjunto de diretrizes para a construção de uma aplicação de RAM para educação, observando os passos propostos pelas diretrizes e definindo a sua avaliação de acordo com os resultados obtidos, com o objetivo de novas atualizações desse conjunto para uma validação e melhoria destes processos de forma prática.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram abordados os principais conceitos do mundo virtual, aliados a utilização da realidade virtual e aumentada, conceituando suas principais características e principalmente as suas diferenças, apresentando os conceitos sobre a RAM e sua aplicação, abordando também a conceituação do design instrucional e do ADDIE, bem como a conceituação sobre diretrizes.

Também foi realizado um MSL com o objetivo de identificar, pesquisar e observar a possibilidade da existência de diretrizes para o desenvolvimento de aplicações de RAM para a educação, avaliando e tabulando os resultados obtidos. Para essa pesquisa foram elaboradas *strings* de pesquisa que possibilitaram uma amostragem de artigos sobre a temática proposta.

Esta pesquisa foi dividida em três questões de pesquisa, que buscaram identificar a existência ou não de diretrizes para RAM, obtendo através do levantamento de dados realizado através de um MSL, a elaboração de um quadro de critérios que pudessem responder as três questões previamente propostas. Juntamente com os quadros, a elaboração de gráficos para análise dos dados obtidos. Através destes foi possível identificar que dentro da amostragem analisada não foram encontradas diretrizes específicas para a construção de recursos e aplicações de RAM.

Finalizada a etapa de revisão de literatura, através dos dados obtidos e analisados no MSL, bem como, através da conceituação proposta nos referenciais apresentados, foi possível iniciar o processo de elaboração de um conjunto de diretrizes, utilizando o modelo ADDIE como uma ferramenta de apoio ao processo de criação deste conjunto.

Após a elaboração deste conjunto de diretrizes, foi realizado o envio do mesmo a um painel de especialistas, que através de um questionário, avaliaram as diretrizes propostas de forma a validar as mesmas, agregando ainda sugestões e questionamentos para contribuir com a atualização deste conjunto proposto.

Através desta avaliação foram possíveis melhorias no conjunto proposto, atualizando e embasando este conjunto de maneira a tornar o mesmo mais completo e de fácil entendimento aos desenvolvedores. Ainda apresentando as sugestões e questionamentos propostos e de que forma foram considerados e organizados no trabalho.

Com esse embasamento obtido, foi apresentado o conjunto de diretrizes com alterações nas sugestões propostas pelos especialistas, considerando também, referenciamento teórico para embasar as sugestões, organizando as fases de desenvolvimento do ADDIE em relação as

diretrizes propostas. Com relação as diretrizes, foram realizadas otimizações em suas etapas, atualizando e refinando o processo a ser utilizado pelos desenvolvedores para a criação de aplicações de RAM para educação.

As limitações encontradas pelo trabalho consistem na dificuldade de obtenção de retorno dos especialistas, a amostragem de respostas foi pequena, este baixo retorno impediu uma análise mais abrangente do conjunto de diretrizes proposto.

Como trabalhos futuros em relação a pesquisa, aprofundar a validação das diretrizes propostas, otimizando o processo de desenvolvimento de aplicações de RAM para educação através de sua utilização. Aplicação deste conjunto de diretrizes em um cenário real, através do desenvolvimento de uma aplicação utilizando as diretrizes propostas nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

- AYER, S. K.; MESSNER, J. I.; ANUMBA, C. J. Augmented reality gaming in sustainable design education. **Journal of Architectural Engineering**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 1-9, mar. 2016. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29AE.1943-5568.0000195>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- AZUMA, R. *et al.* Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, [S. l.], v. 21, n. 6, p. 34–47, nov./dez. 2001.
- BENFORD, S. *et al.* Understanding and constructing shared spaces with mixed reality boundaries. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 185-223, set. 1998. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/292834.292836>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- BILLINGHURST, M.; DUENSER, A. Augmented reality in the classroom. **Computer**, [S. l.], v. 45, n. 7, p. 56-63, jul. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/234793015_Augmented_Reality_in_the_Classroom. Acesso em: 05 abr. 2023.
- BILLINGHURST, M.; KATO, H. Collaborative mixed reality. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MIXED REALITY, 1999, Yokohama, Japan. Anais [...]* Seattle, WA, USA: University of Washington, 2007, p. 1-20. Disponível em: <https://picture.iczhiku.com/resource/paper/WyKdWgWtppRFkxBc.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- COMO funciona a realidade aumentada. **Augment**, [c2021]. Disponível em: <http://www.augment.com/how-augmented-reality-works/>. Acesso em: 05 dez. 2021.
- COSTA, N. P. O.; DUARTE FILHO, N. F. Análise e avaliação funcional de sistemas operacionais móveis: vantagens e desvantagens. **Revista de Sistemas e Computação**, Salvador, BA, v. 3, n. 1, p. 66-77, jan./jun. 2013. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rsc/article/view/2581>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- CRONHOLM, S. The usability of usability guidelines: a proposal for meta-guidelines. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN COMPUTER-HUMAN INTERACTION SPECIAL INTEREST GROUP, 21., 2009, [S. l.]. Anais [...]* [S. l.]: OZCHI, 2009. p. 233-240. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221332145_The_usability_of_usability_guidelines_a_proposal_for_meta-guidelines. Acesso em: 15 abr. 2023.
- EL SAYED, N. A.; ZAYED, H. H.; SHARAWY, M. L. ARSC: Augmented reality student card: an augmented reality solution for the education field. **Computers & Education**, [S. l.], v. 56, p. 1045-1061, 2011. Disponível em: <http://ed1filiperezende.pbworks.com/w/file/etch/96445548/08-%20ARSC:%20Augmented%20reality%20student%20card.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

FILATRO, A. **Design instrucional contextualizado**: educação e tecnologia. São Paulo: SENAC, 2004.

FILATRO, A. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

GAGNÉ, R. M. **Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino**. Porto Alegre: Globo, 1980.

GALE, S. A collaborative approach to developing style guides. *In*: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS (SIGCHI), 1996, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: SIGCHI, 1996. p. 362-367. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/238386.238572>. Acesso em: 15 abr. 2023.

GARDELI, A.; VOSINAKIS, S. ARQuest: a tangible augmented reality approach to developing computational thinking skills. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL WORLDS AND GAMES FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES), 11., 2019, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2019. p. 1-8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8864603>. Acesso em: 15 abr. 2023.

GUMUSSOY, C. A. Usability guideline for banking software design. **Computers in Human Behavior**, [S. l.], v. 62, p. 277-285, set. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563216302667>. Acesso em: 15 abr. 2023.

HAMILTON, K. E. Augmented reality in education. **Augmented Reality in Education**, 2011. Disponível em: <https://k3hamilton.com/AR/AR-Home.html>. Acesso em: 01 ago. 2020.

HASHIM, N. C. *et al.* Mobile augmented reality application for early Arabic language education-: Arabic. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY (ICIT), 8., 2017, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2017. p. 761-766. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320654350_Mobile_augmented_reality_application_for_early_Arabic_language_education-_ARabic. Acesso em: 15 abr. 2023.

HERPICH, F. *et al.* Mobile augmented reality impact in student engagement: an analysis of the focused attention dimension. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (CSCI), 9., 2018, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2018. p. 562-567. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338369876_Mobile_Augmented_Reality_Impact_in_Student_Engagement_an_Analysis_of_the_Focused_Attention_Dimension. Acesso em: 15 abr. 2023.

HERPICH, F. **avatAR UFRGS**: manual do aplicativo de realidade aumentada do projeto AVATAR. [S. l.]: Mendeley Data, 2019. Disponível em: <https://data.mendeley.com/datasets/w92tdmccvs/3>. Acesso em: 16 abr. 2023.

HERPICH, F. *et al.* Modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel. **RENOTE**, Porto Alegre, RS, v. 17, n. 1, p. 355–364, 2019. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/95842>. Acesso em: 15 abr. 2023.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

HOUNSELL, M. da S.; TORI, R.; KIRNER, C. Capítulo 2 - Realidade Aumentada. *In*: TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (Org.). **Introdução a realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre, RS: SBC, 2018.

HOW to develop e-learning content using the ADDIE model. **Drieam**, 13 maio 2021. Disponível em: <https://drieam.com/en/guides/how-to-develop-e-learning-content-using-the-addie-model/>. Acesso em: 16 abr. 2023.

JACQUES, R.; PREECE, J.; CAREY, T. Engagement as a design concept for multimedia. **Canadian Journal of Educational Communication**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 49-59, 1995. Disponível em: <https://cjlt.ca/index.php/cjlt/article/view/26672>. Acesso em: 16 abr. 2023.

JERALD, J. **The VR book: human-centered design for virtual reality**. [S. l.], Morgan & Claypool, 2015.

KAWASHIMA, T. *et al.* Magic paddle: a tangible augmented reality interface for object manipulation. *In*: PACIFIC RIM CONFERENCE ON MULTIMEDIA: ADVANCES IN MULTIMEDIA INFORMATION, 2., 2001, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2001. p. 194-195. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228731310_Magic_paddle_A_tangible_augmented_reality_interface_for_object_manipulation. Acesso em: 15 abr. 2023.

KELLER, J. M. Development and use of the ARCS model of instructional design. **Journal of Instructional Development**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 2-10, set. 1987. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf02905780>. Acesso em: 16 abr. 2023.

KIRNER, C. Mãos colaborativas em ambientes de realidade misturada. *In*: WORKSHOP DE REALIDADE AUMENTADA, 1., 2004, Piracicaba, SP. **Anais [...]** Piracicaba, SP: UNIMEP, 2004. p. 1-4. Disponível em: <https://docplayer.com.br/73933392-Anais-i-workshop-sobre-realidade-aumentada-de-maio-de-promocao-apoio.html>. Acesso em: 16 abr. 2023.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projetos e aplicações**. Porto Alegre, RS: SBC, 2007.

KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Durham, UK: University of Durham, 2007.

KITCHENHAM, B. A. *et al.* Systematic literature reviews in software engineering – a tertiary study. **Information and Software Technology**, [S. l.], v. 52, p. 792-805, 2010. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~in1037/leitura/Kitchenham%202010%20-%20tertiary%20study.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

- LIM, K. C. *et al.* Comparing the accuracy of hierarchical agglomerative and k-means clustering on mobile augmented reality usability metrics. *In: IEEE CONFERENCE ON BIG DATA AND ANALYTICS (ICBDA)*, 4., 2019, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2019. p. 34-40. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339173888_Comparing_the_Accuracy_of_Hierarchical_Agglomerative_and_K-means_Clustering_on_Mobile_Augmented_Reality_Usability_Metrics. Acesso em: 15 abr. 2023.
- LIM, K. C. *et al.* Pre-processing of gender-based comparative usability performance data in mobile augmented reality english language teaching. *In: IEEE CONFERENCE ON E-LEARNING, E-MANAGEMENT AND E-SERVICES (IC3e)*, 2., 2017, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2017. p. 102-107. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326359103_Pre-processing_of_gender-based_comparative_usability_performance_data_in_Mobile_Augmented_Reality_English_language_teaching. Acesso em: 15 abr. 2023.
- MAITI, A.; MAXWELL, A. D.; KIST, A. A. Using marker based augmented reality and natural user interface for interactive remote experiments. *In: EXPERIMENT@INTERNATIONAL CONFERENCE*, 4., 2017, United States. **Anais [...]** United States: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017. p. 159-164. Disponível em: <https://eprints.utas.edu.au/34012/>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- MALBOS, A. N. A. *et al.* Aplicação da realidade aumentada para simulação de experimentos físicos em dispositivos móveis. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE ENGINEERING AND VIRTUAL INSTRUMENTATION (REV)* 11., 2017, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2014. p. 231-235. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271546214_Aplicacao_da_Realidade_Aumentada_para_simulacao_de_experimentos_fisicos_em_dispositivos_moveis. Acesso em: 16 abr. 2023.
- MANRIQUE-JUAN, A. C. *et al.* A portable augmented-reality anatomy learning system using a depth camera in real time. **BioOne**, [S. l.], v. 79, n. 3, p. 176-183, mar. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314249368_A_Portable_Augmented-Reality_Anatomy_Learning_System_Using_a_Depth_Camera_in_Real_Time. Acesso em: 16 abr. 2023.
- MILGRAM, P. *et al.* Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. **Telemanipulator and telepresence technologies**, Boston, MA, EUA, v. 2351, p. 282-292, dez. 1995. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/2351/1/Augmented-reality--a-class-of-displays-on-the-reality/10.1117/12.197321.short?tab=ArticleLink>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- MOHER, D.; STEWART, L.; SHEKELLE, P. All in the family: systematic reviews, rapid reviews, scoping reviews, realist reviews, and more. **Systematic Reviews**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1-2, dez. 2015. Disponível em: <https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-015-0163-7>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MOREIRA, M. E. S. *et al.* Metodologias e tecnologias para educação em tempos de pandemia COVID-19. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 6281-6290, maio/jun. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/11584> Acesso em: 06 jul. 2020.

MORIMOTO, C. E. **Smartphones**: guia prático. [S. l.]: Editora Sulnam, 2009.

OZCINAR, Z. The topic of instructional design in research journals: a citation analysis for the years 1980-2008. **Australasian Journal of Educational Technology**, [S. l.], v. 25, n. 4, p. 559-580, 2009. Disponível em: <http://www.ascilite.org.au/ajet/ajet25/ozcinar.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2022.

PERRA, C. *et al.* Augmented reality for cultural heritage education. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSUMER ELECTRONICS (ICCE-Berlin), 9., 2019, Berlin, DE. **Anais [...]** Berlin, DE: IEEE, 2019. p. 333-336. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8966211>. Acesso em: 16 abr. 2023.

POMBO, L.; MARQUES, M. M.; CARLOS, V. Mobile augmented reality game-based learning: teacher training using the EduPARK app. **Da Investigação às Práticas**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 3-30, 2019. Disponível em: <https://ojs.eselx.ipl.pt/index.php/invep/article/view/182/312>. Acesso em: 16 abr. 2023.

PREECE, J. Sociability and usability in online communities: determining and measuring success. **Behavior and Information Technology**, [S. l.], v. 20, n. 5, p. 347-356, 2001. Disponível em: <https://www.dhi.ac.uk/san/waysofbeing/data/communities-murphy-preece-2001b.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. **Journal of Engineering Education**, [S. l.], v. 93, n. 3, p. 223-232, jul. 2004. Disponível em: https://www.engr.ncsu.edu/wp-content/uploads/drive/1smSpn4AiHSh8z7a0MHDBwhb_JhcoLQmI/2004-Prince_AL.pdf. Acesso em: 16 abr. 2023.

REED, P. *et al.* User interface guidelines and standards: progress, issues, and prospects. **Interacting with Computers**, [S. l.], v. 12, issue 2, p.119-142, nov. 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0953543899000089>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SÁ FILHO, P. de; DIAS, R. da S. Realidade virtual e aumentada: uma metodologia ativa a ser utilizada na educação. **Revista Com Censo**, Brasília, DF, v. 6, n. 4, p. 94-101, nov. 2019. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/avatar/arquivos-restritos/marcadores-de-realidade-aumentada/view>. Acesso em: 15 abr. 2023.

SANTOS JÚNIOR, G. de P. *et al.* Realidade Aumentada Móvel. **Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada**, [S. l.], v. 3, p. 60-74, maio 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344348140_Realidade_Aumentada_Movel. Acesso em: 15 abr. 2023.

SILVA, A. R. L. da. **Diretrizes de design instrucional para elaboração de material didático em EaD**: uma abordagem centrada na construção do conhecimento. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2013. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/teses/PEGC0286-D.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SILVA, F. O. da. **Utilização de dispositivos móveis e recursos de realidade aumentada nas aulas de matemática para elucidação dos sólidos de platão**. 2017. Dissertação (Mestrado em Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, SP, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151423/silva_f_me_prud.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 16 abr. 2023.

SMITH, P.; RAGAN, T. **Instructional design**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2004. *E-book*. Disponível em: <http://bcs.wiley.com/he-bcs/Books?action=resource&bcsId=2112&itemId=0471393533&resourceId=5663>. Acesso em: 25 abr. 2012.

SYAHIDI, A. A. *et al.* Mobile augmented reality application with multi-interaction for learning solutions on the topic of computer network devices (effectiveness, interface, and experience design). *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VOCATIONAL EDUCATION AND ELECTRICAL ENGINEERING (ICVEE), 3., 2020, [S. l.]*. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2020. p. 1-6. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346633506_Mobile_Augmented_Reality_Application_with_Multi-Interaction_for_Learning_Solutions_on_the_Topic_of_Computer_Network_Devices_Effectiveness_Interface_and_Experience_Design. Acesso em: 16 abr. 2023.

TORI, R.; HOUNSELL, M. da S.; KIRNER, C. Capítulo 1 - Realidade Virtual. *In: TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (Org.). Introdução a realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre, RS: SBC, 2018.

TURKAN, Y. *et al.* Mobile augmented reality for teaching structural analysis. **Advanced Engineering Informatics**, [S. l.], v. 34, p. 90-100, out. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034616302944>. Acesso em: 16 abr. 2023.

VALENTE, J. A. Capítulo 1 - Inovação nos processos de ensino e de aprendizagem: o papel das tecnologias digitais. *In: VALENTE, J. A.; FREIRE, F. M. P.; ARANTES, F. L. Tecnologia e educação [recurso eletrônico]: passado, presente e o que está por vir*. Campinas, SP: NIED/UNICAMP, 2018. Disponível em: <https://www.nied.unicamp.br/wp-content/uploads/2018/11/Livro-NIED-2018-final.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

VIEGAS, M. A. C.; VIEIRA, M. B.; SILVA, R. L. de S. da. Ferramenta de apoio ao ensino de física utilizando Realidade Aumentada. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S. l.], v. 20, n. 3, dez. 2012. Disponível em: <http://ojs.sector3.com.br/index.php/rbie/article/view/1372/2108>. Acesso em: 16 abr. 2023.

YANG, Y. *et al.* Design and development of mobile augmented reality for mathematical experiments. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EDUCATIONAL TECHNOLOGY (ISET)*, 2019, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.]: IEEE, 2019. p. 139-143. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334892034_Design_and_Development_of_Mobile_Augmented_Reality_for_Mathematical_Experiments. Acesso em: 16 abr. 2023.

YUEN, S. C.-Y.; YAOYUNYONG, G.; JOHNSON, E. Augmented reality and education: applications and potentials. *In: KINSHUK, R. H.; SPECTOR, J. M. Reshaping learning: the frontiers of learning technologies in global context.* [S. l.]: Springer, 2012. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-32301-0_17. Acesso em: 16 abr. 2023.

ZHOU, X. *et al.* Virtual & augmented reality for biological microscope in experiment education. **Virtual Reality & Intelligent Hardware**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 316-329, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096579620300577?via%3Dihub>. Acesso em: 16 abr. 2023.