

Paulo Renato Conceição Mendes

Autoria Multimídia com Uso de Realidade Aumentada

São Luís - MA

2019

Paulo Renato Conceição Mendes

Autoria Multimídia com Uso de Realidade Aumentada

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

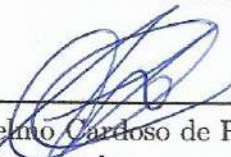
Trabalho aprovado em 27 de junho de 2019:



Prof. Dr. Carlos de Salles Soares Neto
Orientador
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. Mário Antonio Meireles Teixeira
Examinador
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva
Examinador
Universidade Federal do Maranhão

São Luís - MA

2019

À minha família e meus amigos.

Agradecimentos

Aos meus pais, Antonio e Dulce, por me ensinaram desde cedo sobre o poder transformador da educação, pelo apoio de sempre e por me guiarem durante toda a minha formação.

À minha irmã, Nicole, pelo incentivo de sempre mesmo eu a irritando constantemente.

Ao meu orientador, Carlos de Salles, pelos conselhos, orientações, conversas e apoio desde o começo do curso.

Aos professores Simara, Ari, Anselmo, Geraldo, Giovanni, Dallyson e todos os demais professores que contribuíram para a minha formação.

A Ninguém (Pedro Almeida), por ser o companheiro de todas as horas e grande parceiro nessa jornada acadêmica.

A Erik e Robert, pelas caronas e amizade.

A Luciano, pelas conversas e conselhos.

A Ylderlan, por ser um grande exemplo de esforço e dedicação.

A Polyana, pela amizade e conselhos acadêmicos e não acadêmicos.

A Anderson Silva, por ser um grande amigo desde o ensino médio.

A todos os demais amigos do codebuilders, companheiros nessa jornada de conhecimento e memes.

A Lucas, Daniel, Ruy e todos os demais amigos e parceiros do Telemídia-MA.

A Kelson, Ricardo, Arthur, Eduardo e todos os demais colegas do LabPai.

A Roberto Gerson, por sua ajuda e orientação na condução deste trabalho.

A Fabiana Moura, cujo apoio foi decisivo para o alcance que este trabalho obteve.

A Márcio Moreno e Jack Jansen, cujos comentários ajudaram a evoluir este trabalho.

À FAPEMA, pelo apoio financeiro a este trabalho.

*"São as nossas escolhas, mais do que as nossas capacidades, que mostram quem realmente
somos."*

(Alvo Dumbledore)

Resumo

Este trabalho apresenta a BumbAR, uma abordagem baseada em realidade aumentada para a autoria de apresentações multimídia, e avalia tal abordagem por meio de um estudo qualitativo baseado no modelo TAM. A abordagem BumbAR é baseada no modelo NCM e explora o uso de realidade aumentada e objetos do mundo real (marcadores) como uma forma inovadora de interface com o usuário para descrever os comportamentos e relações entre objetos de mídia presentes na apresentação. Tal abordagem é concretizada na ferramenta BumbAR, que a implementa. O estudo qualitativo teve o objetivo de avaliar a atitude dos usuários em relação ao uso da BumbAR. Os resultados mostraram que os participantes consideram que a abordagem proposta é útil e fácil de usar, enquanto a maioria deles consideram que o sistema é mais conveniente do que ferramentas de autoria tradicionais. Os comentários dos participantes do estudo mostraram a necessidade da inclusão de novas funcionalidades na ferramenta.

Palavras-chave: Realidade aumentada, multimídia, ferramenta de autoria, interface de usuário.

Abstract

This work presents BumbAR, an approach based on augmented reality for authoring multimedia presentations and evaluate it through a qualitative study based on the TAM model. The BumbAR approach is based on the NCM model and explores the use of augmented reality and real-world objects (markers) as an innovative user interface for describing the behavior and relationships between the media objects that are part of a multimedia presentation. The proposed approach is concretized in the BumbAR tool, which implements it. The qualitative study aimed at evaluating users' attitude towards using BumbAR. The results showed that the participants found that the proposed approach is both useful and easy-to-use, while most of them found the system more convenient than traditional desktop-based authoring tools. Comments made by the participants showed the need of including new functionalities in the BumbAR tool.

Keywords: Augmented reality, multimedia, authoring tool, user interface.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Aumentando informação durante um jornal.	14
Figura 2 – Interface da ferramenta LimSee3.	15
Figura 3 – Interface da ferramenta Adobe Animate.	15
Figura 4 – Interface da ferramenta NEXT.	16
Figura 5 – Interface da ferramenta NCL Composer.	16
Figura 6 – Replicação de um prédio usando o sistema.	18
Figura 7 – Composição de uma cena: marcadores (esquerda) e cena composta (direita).	19
Figura 8 – Interface da ferramenta ARTalet.	20
Figura 9 – Configuração espacial de objetos de mídia.	22
Figura 10 – <i>Bloco de mídia</i> se tornando um <i>bloco de mídia-com-condição</i>	24
Figura 11 – <i>Bloco de mídia-com-condição</i> se tornando um <i>bloco de mídia-com-ação</i>	25
Figura 12 – <i>Elo</i> sendo criado	25
Figura 13 – <i>Bloco de mídia-com-ação</i> colide com <i>bloco inicial</i>	26
Figura 14 – Marcador e bloco de elos.	26
Figura 15 – Blocos de elo <i>representando elos criados</i>	27
Figura 16 – Deleção de elo.	27
Figura 17 – <i>Marcador de visão estrutural</i>	27
Figura 18 – <i>Exemplo de visão estrutural</i>	28
Figura 19 – <i>Modos da ferramenta BumbAR</i>	29
Figura 20 – <i>Componentes da ferramenta BumbAR</i>	29
Figura 21 – Fases metodológicas do estudo.	31
Figura 22 – Apresentação resultante esperada do experimento.	32
Figura 23 – Respostas dos participantes sobre a ferramenta BumbAR	36

Lista de tabelas

Tabela 1 – Os modelos de blocos de realidade aumentada da proposta BumbAR .	23
Tabela 2 – Condições e ações usadas da proposta BumbAR.	24
Tabela 3 – Questionário baseado no modelo TAM usado na avaliação da proposta.	34
Tabela 4 – Grau de conhecimento dos participantes do experimento.	35

Lista de abreviaturas e siglas

GUI	Graphical User Interface
HTML	Hypertext Markup Language
IHC	Interação Humano Computador
NCL	Nested Context Language
NCM	Nested Context Model
PEOU	Perceived Ease-of-use
POI	Points of Interest
PU	Perceived Usefulness
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
SMIL	Synchronized Multimedia Language
TAM	Technology Acceptance Model
TUI	Tangible User Interface
URL	Uniform Resource Locator

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	13
1.1.1	Objetivo geral	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
1.2	Organização do trabalho	13
2	TRABALHOS RELACIONADOS	14
2.1	Ferramentas de autoria para apresentações multimídia	14
2.2	Ferramentas de autoria baseadas em RA	17
2.3	Interfaces de usuário tangíveis	19
3	AUTORIA MULTIMÍDIA COM RA	21
3.1	Processo de Autoria	21
3.1.1	Fase de configuração de mídias	21
3.1.2	Fase de criação de elos	22
3.2	Implementação da Ferramenta	28
4	AVALIAÇÃO	31
4.1	Metodologia de Avaliação	31
4.2	Participantes	33
4.3	Resultados	35
5	CONCLUSÕES E DISCUSSÃO	37
5.1	Produção científica	39
	REFERÊNCIAS	40

1 Introdução

Segundo [Jacob et al. \(2008\)](#), nas últimas décadas, pesquisadores da área de Interação Humano Computador (IHC) tem desenvolvido diversos novos tipos de interface que divergem do modo mais comum de interação conhecido como WIMP (que envolve janelas, ícones, menus e um dispositivo apontador). Esses novos modelos de interface são conhecidas como interfaces pós-WIMP, do inglês *post-WIMP interfaces*. Essas propostas foram impulsionadas pelo avanço da tecnologia e pelo maior entendimento da psicologia humana, o que proporcionou interfaces cada vez mais inovadoras. Definidas por [Dam \(1997\)](#) como interfaces que contém pelo menos uma técnica de interação não dependente de itens bidimensionais clássicos como menus e ícones, alguns exemplos de estilos de interação pós-WIMP são os seguintes: realidade virtual, mista, e aumentada, interação tangível, computação sensível ao contexto e computação ubíqua.

A realidade aumentada (RA) é definida por [Carmigniani et al. \(2011\)](#) como uma visão direta ou indireta em tempo real de um elemento físico do mundo real que foi aumentado através da adição de informação virtual a ele. Essas informações podem ser imagens, áudios, vídeos, toque, ou sensações hápticas sobrepostas em tempo real ([BUCHMANN et al., 2004](#)). A realidade aumentada difere de outras técnicas, como realidade virtual (RV), onde a imersão do usuário em um ambiente virtual é completa, impossibilitando a visão do mundo real. A Realidade Aumentada permite que o usuário enxergue o mundo real com a sobreposição de informações virtuais a ele. Assim, os sistemas que fazem uso dessa técnica complementam a realidade, em vez de a substituir. De fato, em anos recentes, a realidade aumentada vem sendo utilizada em diversos campos em razão de sua capacidade de auxiliar usuários na realização de tarefas do mundo real, contribuindo para a melhora de seu desempenho.

Além disso, o uso de RA tem demonstrado estar diretamente relacionado à satisfação e engajamento do usuário na condução de tarefas. O trabalho de [Balog e Pribeanu \(2010\)](#) realizou um estudo à respeito de uma plataforma de ensino que utiliza RA. Tal estudo mostra que o engajamento percebido é um fator influenciador na chave na intenção de uso em relação à plataforma. De modo similar, o trabalho de [Wojciechowski e Cellary \(2013\)](#) avalia um sistema para criação e apresentação de ambientes de aprendizagem de realidade aumentada baseado em imagens 3D e conclui que o engajamento possui um papel dominante na intenção dos usuários em utilizar o sistema.

Ferramentas de autoria multimídia suportam o desenvolvimento de produtos multimídia (como vídeos interativos e apresentações) através da integração de objetos de mídia de diferentes tipos (como imagens, sons e vídeos) de uma maneira sincronizada e

com significado. Apesar da qualidade de um conteúdo multimídia ser consideravelmente dependente da qualidade individual dos objetos de mídia que o compõe, é somente com uma composição apropriada de todos esses objetos em uma apresentação que os usuários finais irão, verdadeiramente, ter uma experiência de qualidade (PELLAN; CONCOLATO, 2009).

Uma maneira comum de representar apresentações multimídia interativas é através de documentos multimídia, como a linguagem de marcação de hipertexto, do inglês *Hypertext Markup Language* (HTML) (GRAHAM, 1995), a linguagem de integração multimídia sincronizada, do inglês *Synchronized Multimedia Integration Language* (SMIL) (RUTLEDGE, 2001), e a linguagem de contexto aninhado, do inglês *Nested Context Language* (NCL) (SOARES, 2009). A maioria dos documentos multimídia atuais fazem uma separação clara da especificação dos objetos de mídia que compõem a apresentação multimídia e da especificação do sincronismo entre esses objetos de mídia, que definem a dependência temporal entre eles. Existem algumas diferenças na forma como é especificado esse sincronismo nos diferentes modelos de documento multimídia. Alguns deles, como NCL e HTML, explicitam uma entidade chamada de *elo* (do inglês *link*). Em outros casos, como nos documentos da linguagem SMIL, os objetos de mídia são organizados em estruturas hierárquicas, chamadas de composições temporais, que implicitamente definem a sincronização de objetos de mídia. Além disso, alguns desses documentos suportam outros tipos de composições (por exemplo, os elementos *context* e *div* em NCL e HTML, respectivamente) como uma forma de simplificar a autoria e estrutura de documentos complexos. De qualquer forma, a especificação do sincronismo é uma das tarefas que mais demanda tempo no processo de autoria multimídia, o que pode influenciar negativamente o engajamento de usuários na condução de tal tarefa.

Apesar dos conceitos usados nos modelos de documentos supracitados serem de fácil compreensão, a representação textual deles não é de fácil utilização por não-programadores, que geralmente estão mais familiarizados com representações visuais. Ferramentas de autoria multimídia são programas que permitem a concepção de apresentações multimídia com o objetivo de simplificar o processo de autoria, permitindo que não-programadores possam criar tais apresentações. De fato, o desenvolvimento de um método que simplifique o processo de autoria deve aumentar a satisfação do usuário em desenvolver apresentações multimídia, abrindo novas possibilidades para pessoas criativas conceberem experiências multimídia. Como, atualmente, a forma mais comum de interação com um computador é ainda através de uma interface gráfica do usuário (do inglês *Graphical User Interface* (GUI)), com o uso de janelas, ícones, menus e tipicamente um mouse, grande parte das ferramentas de autoria multimídia atuais adotam esse paradigma.

Diferente dessas ferramentas, este trabalho propõe um processo de autoria multimídia baseado em realidade aumentada. Nesse processo, ao invés do uso de uma GUI comum,

é utilizada a realidade aumentada (RA) como uma forma inovadora de interface com o usuário.

1.1 Objetivos

Esta seção detalha os objetivos geral e específicos do presente trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho é a proposição e avaliação de um processo de autoria multimídia, o qual chamaremos processo BumbAR, que faça uso de realidade aumentada como forma de interface com o usuário.

1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver a ferramenta de autoria multimídia BumbAR, que utilize o processo proposto, propiciando a autoria de apresentações multimídia por meio da realidade aumentada.
- Instanciar e especializar o questionário TAM para o contexto de avaliação da proposta.
- Avaliar o processo e a ferramenta BumbAR com usuários, através de uma abordagem qualitativa.

1.2 Organização do trabalho

Além do Capítulo 1, este trabalho está organizado em mais 4 capítulos, sendo que o Capítulo 2 apresenta os trabalhos relacionados a este.

O Capítulo 3 descreve o proposta deste trabalho. Tal capítulo descreve o processo de autoria proposto, bem como sua implementação na ferramenta de autoria desenvolvida.

O Capítulo 4 detalha a forma como o método proposto foi avaliado, apresenta e discute os resultados obtidos.

Por fim, o Capítulo 5 contém as conclusões e considerações finais deste trabalho.

2 Trabalhos Relacionados

Os trabalhos relacionados a este podem ser amplamente classificados em ferramentas de autoria tradicionais para apresentações multimídia, ferramentas de autoria baseadas em RA, e interfaces de usuário tangíveis. Cada uma dessas categorias são discutidas nas Seções 2.1, 2.2, e 2.3.

2.1 Ferramentas de autoria para apresentações multimídia

De modo similar a ferramentas de autoria para apresentações multimídia— como GRiNS (BULTERMAN et al., 1998), LimSee3 (DELTOUR; ROISIN, 2006), Adobe Animate (ADOBE, 2018b), NEXT (MATTOS; SILVA; MUCHALUAT-SAADE, 2013), e NCL Composer (AZEVEDO et al., 2014b)— o principal objetivo deste trabalho é permitir que usuários sem habilidades com programação criem conteúdo multimídia.

A ferramenta GRiNS (BULTERMAN et al., 1998) é um ambiente de autoria e apresentação que pode ser usado para criar e tocar documentos SMIL (RUTLEDGE, 2001) criados com a própria ferramenta ou fora dela. SMIL é uma linguagem declarativa para a descrição de documentos multimídia baseados em Web. A Figura 1 mostra conteúdo multimídia criado utilizando a ferramenta GRiNS em que ocorre o aumento de informação durante a transmissão de um jornal, em que informações adicionais sobre o âncora são mostradas. Diferente dessa ferramenta, que é baseada no paradigma da linguagem SMIL, a abordagem proposta é baseada no modelo de contextos aninhados, do inglês *Nested Context Model* (NCM) (SOARES; RODRIGUES; COSTA, 2005).

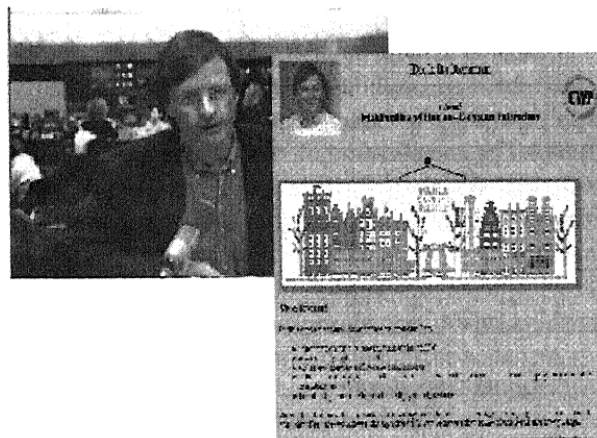


Figura 1 – Aumentando informação durante um jornal.

Fonte – Bulterman et al. (1998)

LimSee3 (QUINT et al., 2019) é uma ferramenta de autoria baseado no modelo

homônimo (DELTOUR; ROISIN, 2006). Tal modelo utiliza *templates* enquanto mantém ricas capacidades de composição. LimSee3 é uma evolução da ferramenta LimSee2 (DELTOUR; LAYAIDA; WECK, 2005) (uma ferramenta de autoria para a linguagem SMIL). A Figura 2 mostra a interface da ferramenta LimSee3. Como mencionado anteriormente, a abordagem proposta neste trabalho é baseada no modelo NCM, diferente da ferramenta LimSee3.

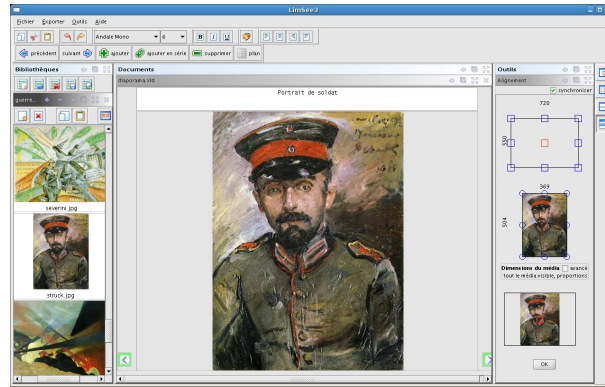


Figura 2 – Interface da ferramenta LimSee3.

Fonte – Site do projeto LimSee3 (QUINT et al., 2019)

A ferramenta Adobe Animate (ADOBE, 2018b) é uma ferramenta proprietária de autoria multimídia e animação computacional. Tal ferramenta é utilizada para a criação de conteúdo para o Adobe Flash Player (ADOBE, 2018a), tais como aplicações para a internet, jogos e desenhos animados. A Figura 3 mostra a interface da ferramenta Adobe Animate. Por ser uma ferramenta proprietária, maiores informações sobre o modelo em que a ferramenta é baseada não estão disponíveis.

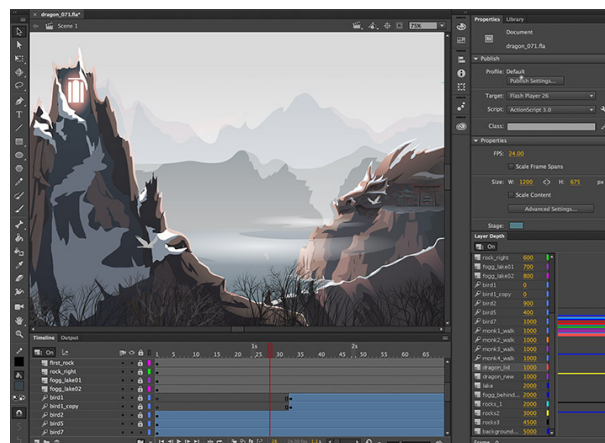


Figura 3 – Interface da ferramenta Adobe Animate.

Fonte – Site da ferramenta Adobe Animate (ADOBE, 2018b)

A ferramenta NEXT (MATTOS; SILVA; MUCHALUAT-SAADE, 2013) é um editor gráfico que permite o desenvolvimento de documentos NCL por autores sem conhecimentos dessa linguagem. Para isso, tal editor utiliza *templates* compostos hipermídia,

que representam estruturas genéricas para programas NCL. Tais templates tornam o processo de autoria mais abstrato, mas, ao mesmo tempo, reduzem o poder criativo da ferramenta. Por essa razão, um *plugin* que permite a criação de apresentações multimídia sem o uso de *templates* foi desenvolvido. Similar a este trabalho, a ferramenta faz uso do modelo NCM, modelo este que baseia a linguagem NCL.

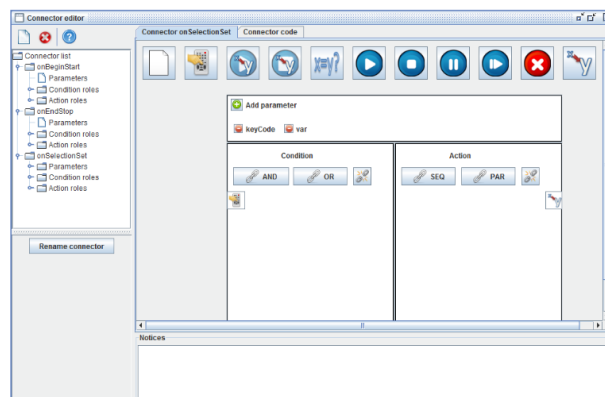


Figura 4 – Interface da ferramenta NEXT.

Fonte – Mattos, Silva e Muchaluat-Saade (2013)

A ferramenta NCL Composer (AZEVEDO et al., 2014b) é uma ferramenta de autoria multimídia multiplataforma e flexível para criação de aplicações para a TV Digital Interativa em NCL. No Composer, as abstrações são definidas nos diversos tipos de visões que permitem simular um tipo específico de edição (estrutural, temporal, leiaute e textual). A visão estrutural da ferramenta NCL Composer está diretamente relacionada a este trabalho, como detalhado na Seção 3.1.2. Assim como a abordagem proposta, o Composer é baseado no modelo NCM. A Figura 5 mostra a interface da ferramenta NCL Composer.

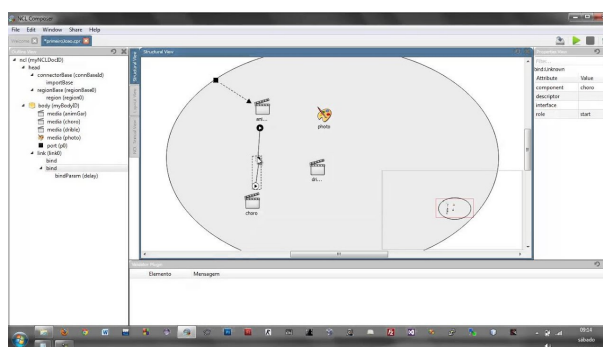


Figura 5 – Interface da ferramenta NCL Composer.

Fonte – [Azevedo et al. \(2014b\)](#)

Diferente dessas ferramentas, a abordagem proposta não utiliza o modo tradicional de interface (baseada em janelas, ícones e menus), mas explora o uso de RA e objetos do mundo real (marcadores) para especificar o comportamento e relações entre *objetos de*

mídia na apresentação. Desta feita, este trabalho explora uma nova metáfora para a autoria de conteúdo multimídia, que pode também estimular e entreter o usuário simultaneamente.

Em particular, apesar de usar uma técnica de interação diferente, o modelo conceitual da proposta BumbAR é baseado no modelo NCM (SOARES; RODRIGUES; COSTA, 2005), que também é usado pela abordagem baseada em WIMP da NEXT (MATTOS; SILVA; MUCHALUAT-SAADE, 2013) e da NCL Composer (AZEVEDO et al., 2014b). A ferramenta BumbAR também exporta o conteúdo criado para NCL (Nested Context Language) (SOARES, 2009), permitindo que a apresentação criada seja tocada em aparelhos de TV digital ou navegadores web (usando WebNCL (MELO et al., 2012) ou NCL4Web (SILVA; SANTOS; MUCHALUAT-SAADE, 2013), por exemplo).

2.2 Ferramentas de autoria baseadas em RA

Apesar da maioria do conteúdo em RA ainda ser criado por desenvolvedores de sistemas, algumas ferramentas de autoria foram propostas para criar conteúdo em realidade aumentada. Elas geralmente fornecem ferramentas complexas para designers modelarem objetos tridimensionais e associá-los com objetos físicos e marcadores. A maioria delas, entretanto, ainda segue uma abordagem baseada em GUI. Exemplos dessa abordagem são as seguintes ferramentas: MARS Authoring Tool (SINEM; FEINER, 2003), DART (MACINTYRE et al., 2004), ComposAR (SEICHTER; LOOSER; BILLINGHURST, 2008), AuthorAR (LUCRECIA et al., 2013), Lagarto (MAIA et al., 2017). Outras ferramentas, mais relacionadas a este trabalho, proporcionam uma abordagem imersiva ou mista (interface gráfica comum em conjunto com um ambiente imersivo) para a criação de conteúdo RA.

Por exemplo, Langlotz et al. (2012) apresenta um sistema para criar conteúdo RA baseado em dispositivos móveis. Tal sistema possui como público alvo uma audiência inexperiente. Através da interação direta com o dispositivo móvel usando a tela sensível ao toque, o sistema permite que autores criem e registrem primitivas 3D, modifiquem primitivas 3D registradas, apliquem textura aos objetos 3D registrados e gerem objetos 2D registrados (que podem servir como anotações). Embora a proposta seja interessante, não há uma avaliação com o público alvo da proposta. Assim, é difícil saber quão bom o sistema é na visão dos usuários finais. A Figura 6 mostra a replicação de um prédio utilizando o sistema.

Os trabalhos de Vera e Sánchez (2016) e Vera, Sánchez e Cervantes (2017) também apresentam um trabalho em andamento no desenvolvimento de uma ferramenta de autoria baseada em RA, chamada de SituAR, para criar conteúdo RA *in-situ*. O principal objetivo da proposta é aumentar, no sentido de realidade aumentada, pontos de interesse, do inglês *points of interest (POIs)* para cidades inteligentes. Como características previstas



Figura 6 – Replicação de um prédio usando o sistema.

Fonte – [Langlotz et al. \(2012\)](#)

para o SituAR, os autores mencionam: criar e visualizar anotações, visualização de mapa, e expandir anotações próximas. Como mencionado, a abordagem proposta ainda é um projeto em andamento, e os trabalhos citados não fornecem detalhes suficientes para uma comparação mais detalhada.

Diferente das ferramentas de autoria para a criação de conteúdo RA mencionadas acima, o conteúdo criado pela proposta deste trabalho não é conteúdo RA. O principal objetivo é explorar a RA como uma forma inovadora de interface com o usuário para criação de apresentações multimídia tradicionais (compostas de imagens, vídeos, músicas, etc.).

De maneira similar à proposta deste trabalho, [Shin, Kim e Park \(2005\)](#) também possuem o objetivo de criar uma ferramenta de autoria baseada em RA para criar conteúdo não aumentado. A ferramenta baseada em RA posposta por [Shin, Kim e Park \(2005\)](#) tem o intuito de criar *storyboards* (série de imagens ou desenhos que mostram a evolução de uma animação ou vídeo). Com o uso do *item block* (marcador RA) proposto no trabalho, é possível a especificação de personagens, informação de plano de fundo, propriedades de palco, ações, e expressões faciais. Através do posicionamento de itens baseados em personagens na visão da câmera, é possível determinar a pose dos modelos tridimensionais correspondentes na cena. Componentes dinâmicos, como ações e expressões faciais, podem ser posicionadas em qualquer lugar dentro do campo de visão da câmera. A Figura 7 mostra a composição de uma cena do filme "The Matrix" com a proposta de [Shin, Kim e Park \(2005\)](#).

Apesar de possuírem natureza diferente (o presente trabalho está interessado principalmente no comportamento temporal de uma apresentação multimídia enquanto [Shin, Kim e Park \(2005\)](#) estão interessados em *storyboards* para cenas tridimensionais), a fase de criação de elos (detalhada na Seção 3.1.2) proposta neste trabalho tem relação com os componentes dinâmicos propostos por [Shin, Kim e Park \(2005\)](#). Entretanto, um dos pontos negativos do trabalho mencionado é a não realização de uma avaliação com possíveis usuários.

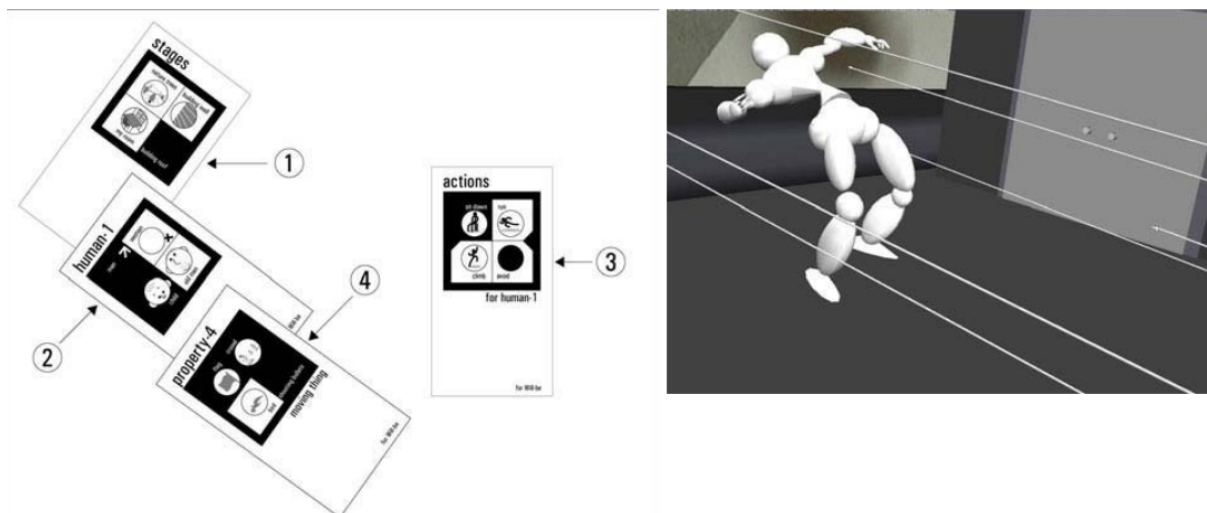


Figura 7 – Composição de uma cena: marcadores (esquerda) e cena composta (direita).

Fonte – [Shin, Kim e Park \(2005\)](#)

Finalmente, apesar deste trabalho estar especialmente interessado na especificação do comportamento de apresentações multimídia tradicionais, alguns conceitos e técnicas de interação apresentadas neste trabalho podem também ser úteis para outras ferramentas de autoria baseadas em RA (para a criação de conteúdo RA ou tradicional). Em especial, os conceitos de eventos do modelo NCM, no qual este trabalho é baseado, podem ser úteis para a especificação do comportamento de conteúdo RA. Entretanto, uma investigação dessa possibilidade está além do escopo deste trabalho, e é deixada como um possível trabalho futuro.

2.3 Interfaces de usuário tangíveis

Outra área relacionada a este trabalho é a de interfaces de usuário tangíveis ([ISHII, 2008](#)). O principal objetivo dessa área é propiciar interfaces tangíveis para que usuários possam usar objetos físicos tradicionais como elemento interativos com o computador. De fato, tecnologias RA podem ser usadas como uma base para facilitar o desenvolvimento de diversas interfaces tangíveis, e existem diversos exemplos os integrando.

Por exemplo, [Ha et al. \(2010\)](#) propõe uma abordagem que mistura elementos de uma GUI com uma interface tangível, do inglês *tangible user interface* (TUI) para criar conteúdo RA. No trabalho, os autores propõem a ferramenta ARTalet para a autoria de livros eletrônicos, do inglês *eBook*, aprimorados com elementos RA. A interface tangível é composta de uma caixa cúbica acoplável a um mouse e com múltiplos marcadores impressos na caixa. A Figura 8 ilustra a interface da ferramenta ARTalet.

De modo similar, como fica mais claro no restante deste trabalho, a presente proposta também provê uma interface tangível (baseada em marcadores RA) em que os

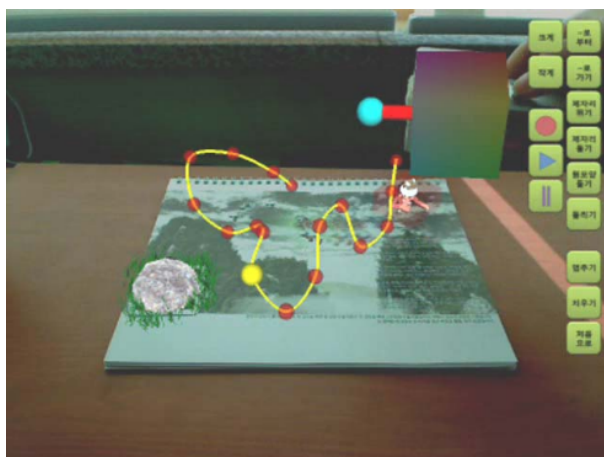


Figura 8 – Interface da ferramenta ARTalet.

Fonte – [Ha et al. \(2010\)](#)

autores criam conteúdo através da interação com objetos físicos. Entretanto, diferentemente, o principal foco é em uma interface para a criação de apresentações multimídia.

3 Autoria multimídia com RA

A principal contribuição deste trabalho é a proposta e avaliação de um processo de autoria baseado em realidade aumentada para a autoria de apresentações multimídia. O processo de autoria proposto é implementado na ferramenta de autoria *BumbAR*, que permite a criação de conteúdo multimídia, bem como a visualização do resultado final. Além disso, a apresentação criada pode ser apresentada em navegadores de internet ou aparelhos de TV digital.

No que se segue, são discutidos o processo de autoria proposto (Seção 3.1) e sua implementação na ferramenta *BumbAR* (Seção 3.2).

3.1 Processo de Autoria

O processo de autoria de apresentações multimídia proposto consiste em duas fases distintas: *configuração de mídias* (Seção 3.1.1), e *criação de elos* (Seção 3.1.2).

3.1.1 Fase de configuração de mídias

Na fase de configuração de mídias, os autores devem definir os objetos de mídia que fazem parte da apresentação e suas propriedades. Além disso, cada objeto de mídia é associado a um dos marcadores de realidade aumentada.

Um *objeto de mídia* é identificado por seu *nome* e pelo seu localizador de recurso uniforme, do inglês *Uniform Resource Locator* (URL), que aponta para o arquivo de mídia correspondente. No contexto desta proposta, objetos de mídia englobam vídeos, imagens e áudios.

Um *objeto de mídia* possui propriedades que definem como essa mídia é apresentada. Na abordagem *BumbAR*, as propriedades suportadas são as comumente utilizadas em apresentações multimídia em duas dimensões, como posição na tela (x e y), tamanho (largura e altura), transparência, e volume.

Considerando as propriedades espaciais, a posição, e tamanho de *objetos de mídia* são medidos em um sistema de coordenadas cartesianas 2D variando de 0 a 1, como mostrado na Figura 9. A origem do sistema (0,0) é o canto inferior esquerdo da tela, e o ponto (1,1) é o canto superior direito da tela. Por exemplo, se a altura de um objeto de mídia *m1* é 0.5, isso significa que a altura dele é 50% da altura da tela. O volume do *objeto de mídia* (para áudios e vídeos) também varia de 0 a 1, onde 0 indica que o *objeto de mídia* está mudo e 1 indica que seu volume está em 100%. Além disso, a propriedade

$zIndex$, representado por um número inteiro, define a ordem de sobreposição de *objetos de mídia*. Um *objeto de mídia* com um $zIndex$ maior é posicionado à frente de um objeto de mídia com um valor $zIndex$ menor.

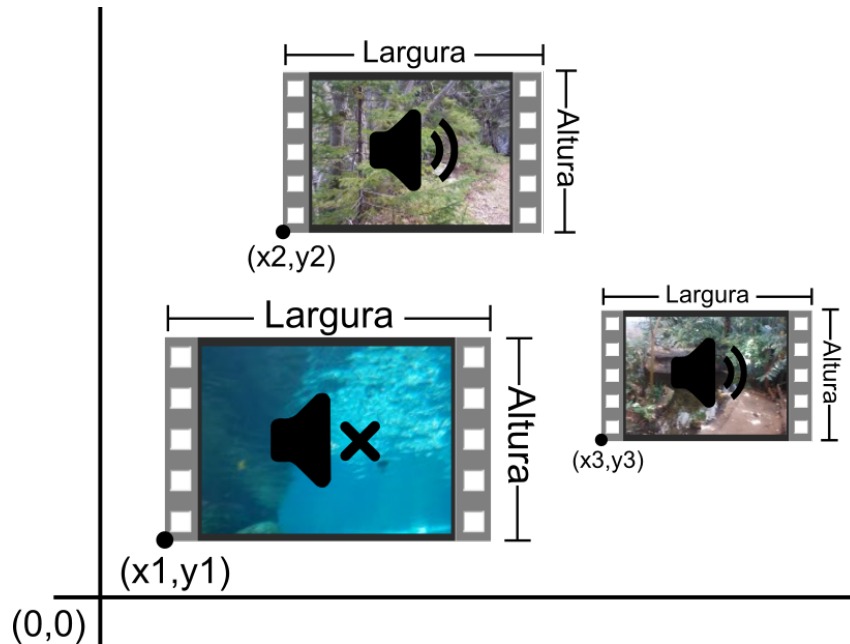


Figura 9 – Configuração espacial de objetos de mídia.

Fonte – Elaborada pelo autor.

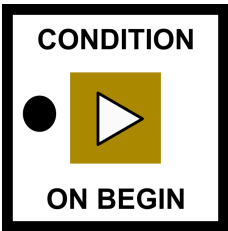
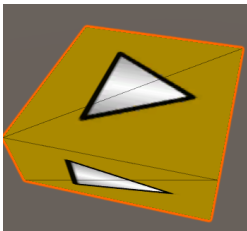
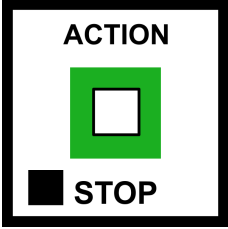
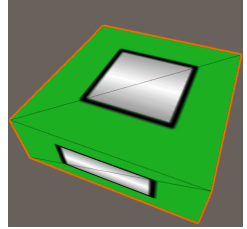

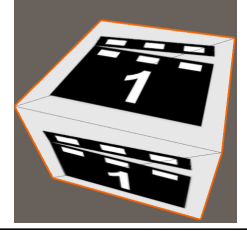



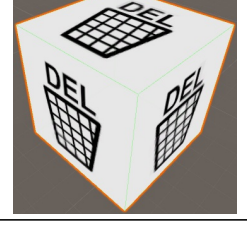
3.1.2 Fase de criação de elos

Na fase de criação de elos, é definida a evolução da apresentação multimídia no decorrer do tempo, e como ela reage a interações do usuário. Para fazer isso, é utilizada uma interface com o usuário baseada em RA, em que marcadores de RA pré-configurados para os *objetos de mídia* são dinamicamente combinados a marcadores de RA relacionados ao comportamento dos *objetos de mídia* da apresentação. Tal combinação é feita por meio da colisão, no mundo real, de marcadores relacionados à *objetos de mídia* com marcadores relacionados a comportamento, resultando na criação de relacionamentos entre objetos de mídia, que é detalhado a seguir. Adicionalmente, para enfatizar os diferentes marcadores e dar retorno às ações do usuário, cada marcador de realidade aumentada é renderizado como um cubo 3D, que é referenciado como *Bloco RA* no restante deste trabalho.

Os relacionamentos definidos entre *objetos de mídia* seguem o modelo NCM (SOARES; RODRIGUES; COSTA, 2005). Elos (mais especificamente, elos causais) são criados a partir da colisão de *blocos RA* relacionados a *objetos de mídia e comportamentos*. Um elo causal determina que, quando uma condição é satisfeita, uma ou mais ações são executadas. Cada ação e condição suportada é representada por um marcador RA e um *bloco RA* específicos.

A Tabela 1 mostra exemplos de cada um dos tipos de *Blocos RA* suportados. Os símbolos usados para os marcadores e *Blocos RA*, entretanto, variam de acordo com a condição, ação ou *objeto de mídia* específicos. Por exemplo, apesar de seguirem o mesmo modelo, o marcador e *Bloco RA* de uma condição *onEnd* tem um nome e símbolo diferentes de um marcador e *Bloco RA* de uma condição *onBegin*, mostrados na primeira linha da Tabela 1. A Tabela 2 mostra as condições e ações individuais a serem suportadas pela ferramenta *BumbAR*. Os ícones usados para cada um deles são baseados na notação visual criada por [Guimarães, Neto e Soares \(2008\)](#).

Tabela 1 – Os modelos de blocos de realidade aumentada da proposta BumbAR

Tipo de bloco	Uso	Marcador RA	Bloco RA
<i>Condição</i>	É usado para representar condições.		
<i>Ação</i>	É usado para representar ações.		
<i>Mídia</i>	É usado para representar objetos de mídia.		
<i>Inicial</i>	É usado para definir objetos de mídia que começam a tocar assim que a apresentação multimídia começa.		
<i>Deleção</i>	É usado para remover elos previamente criados entre objetos de mídia.		

Para criar um elo causal entre dois *objetos de mídia*, o usuário deve seguir os seguintes passos:

Tabela 2 – Condições e ações usadas da proposta BumbAR.

Nome	Papel	Significado
onBegin	condição	Ativado quando o <i>objeto de mídia</i> começa a tocar.
onEnd	condição	Ativado quando o <i>objeto de mídia</i> para ou acaba.
onPause	condição	Ativado quando o <i>objeto de mídia</i> é pausado.
onResume	condição	Ativado quando o <i>objeto de mídia</i> continua a ser executado depois de ter sido pausado.
start	ação	Faz o <i>objeto de mídia</i> ser iniciado.
stop	ação	Faz o <i>objeto de mídia</i> ser parado.
pause	ação	Faz o <i>objeto de mídia</i> ser pausado.
resume	ação	Faz o <i>objeto de mídia</i> continuar a tocar depois de ter sido pausado.

1. Marcar o *bloco de mídia* que é parte da condição do elo, criando um *bloco de mídia-com-condição*;
2. Marcar o *bloco de mídia* que é parte da ação do elo, criando um *bloco de mídia-com-ação*;
3. Associar o *bloco de mídia-com-condição* com o *bloco de mídia-com-ação*, criando um elo causal;

O passo 1 acima é realizado arrastando e colidindo um *bloco de condição* com um *bloco de mídia*. Fazendo-se isso, um ícone que representa a condição usada é adicionado ao canto superior direito do *bloco de mídia*, e este torna-se um *bloco de mídia-com-condição*. Um *bloco de mídia-com-condição* é representado pelo mesmo *bloco de mídia* que foi usado para criá-lo, mas marcado com uma condição (para fazer parte do elo). A Figura 10 mostra esse processo (é possível observar que o ícone aparece no canto superior direito do *bloco de mídia*).



(a) Antes da colisão



(b) Depois da colisão

Figura 10 – *Bloco de mídia* se tornando um *bloco de mídia-com-condição*

Fonte – Elaborado pelo autor.

O passo 2, que descreve a criação de um *bloco de mídia-com-ação*, segue o mesmo procedimento do *bloco de mídia-com-condição*, mas fazendo-se a colisão de um *bloco de mídia* com um *bloco de ação*.

Depois de já ter um *bloco de mídia-com-condição* ou um *bloco de mídia-com-ação*, ainda é possível a alteração do tipo desse bloco. Para isso, é necessário colidir um outro *bloco de condição* ou *bloco de ação* com o bloco a ser alterado. Dessa forma, um mesmo *objeto de mídia* pode ter diferentes papéis em diferentes elos. A Figura 11 mostra um *bloco de mídia-com-condição* com a condição *onEnd* sendo transformado em um *bloco de mídia-com-ação* com a ação *Start*.

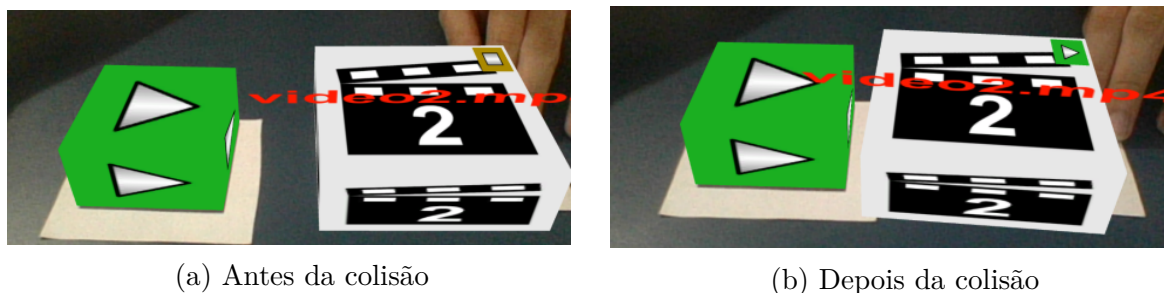


Figura 11 – *Bloco de mídia-com-condição* se tornando um *bloco de mídia-com-ação*

Fonte – Elaborado pelo autor.

Finalmente, o passo 3, que descreve a criação do elo em si, é realizado por meio da colisão de um *bloco de mídia-com-condição* com um *bloco de mídia-com-ação*. A Figura 12 mostra a criação do elo *onBegin mídia1 stop mídia2*.

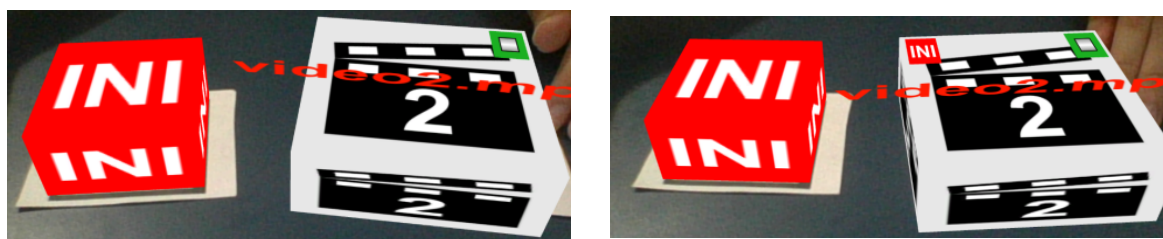


Figura 12 – *Elo* sendo criado

Fonte – Elaborado pelo autor.

A abordagem proposta também possui o *bloco inicial*. Tal bloco é usado para marcar um *bloco de mídia* informando que *objeto de mídia* associado a ele deve ser iniciado assim que a apresentação multimídia sendo criada começar. De modo semelhante aos processos descritos anteriormente, deve-se arrastar e colidir um *bloco de mídia* com o *bloco inicial*. Dessa forma, um ícone com o símbolo do *bloco inicial* é adicionado ao canto superior esquerdo do *bloco de mídia*. A Figura 13 ilustra esse processo. Caso o usuário deseje remover este comportamento do *objeto de mídia*, basta colidir novamente o *bloco*

de mídia correspondente com o *bloco inicial*. Assim, o ícone adicionado é removido e o comportamento de iniciar assim que a apresentação começa não mais ocorre.



(a) Antes da colisão

(b) Depois da colisão

Figura 13 – *Bloco de mídia-com-ação* colide com *bloco inicial*

Fonte – Elaborado pelo autor.

Além dos marcadores relacionados à blocos, o processo proposto possui dois marcadores especiais, o *marcador de elos* e o *marcador de visão estrutural*. Esses marcadores foram adicionados à proposta com base nos resultados colhidos do experimento que é descrito no Capítulo 4.

O *marcador de elos* (Figura 14(a)) mostra, empilhados, todos os elos criados pelo usuário utilizando o processo de criação de elos descrito anteriormente. Um elo é representado pelo *bloco de elo* (Figura 14(b)).

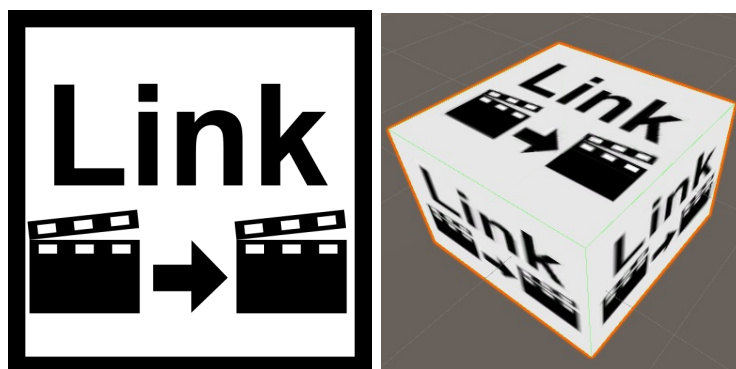
(a) *Marcador de elos*.(b) *Bloco de elo*.

Figura 14 – Marcador e bloco de elos.

Fonte – Elaborado pelo autor.

Quando um *bloco de elo* é renderizado, é colocado um texto sobreposto a ele representando o elo que o bloco representa, seguindo o padrão <condição> <objeto de mídia 1> <ação> <objeto de mídia 2>, de modo que quando a condição associada ao primeiro *objeto de mídia* for satisfeita, a ação relacionada ao segundo *objeto de mídia* será executada. Por exemplo, a Figura 15 mostra o uso do *marcador de elos* para mostrar dois elos criados: "*onBegin media2 Stop media1*" e "*onBegin media3 Start media4*".

Caso deseje, o usuário pode remover um elo criado. Isso evita, por exemplo, que caso um erro seja cometido durante o processo de criação da apresentação multimídia,



Figura 15 – Blocos de elo representando elos criados.

Fonte – Elaborado pelo autor.

esta não precise ser refeita do começo. Para a remoção de um elo, são usados o *marcador de elos* e de *deleção* em conjunto. Para efetuar a remoção do elo, o usuário deve colidir o *bloco de deleção* com o *bloco de elo* correspondente ao elo que deseja-se remover. A Figura 16 mostra a remoção do elo "onBegin media2 Stop media1".



(a) Antes da colisão



(b) Depois da colisão

Figura 16 – Deleção de elo.

Fonte – Elaborado pelo autor.

Com o objetivo de fornecer uma visão geral da apresentação sendo criada, para que o usuário possa visualizar as relações entre *objetos de mídia*, foi criado o *marcador de visão estrutural*. Tal necessidade foi evidenciada a partir dos comentários dos participantes do estudo descrito no Capítulo 4. Esse marcador pode ser visto na Figura 17.

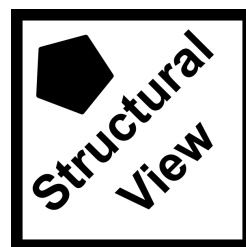


Figura 17 – Marcador de visão estrutural.

Fonte – Elaborado pelo autor.

Tal marcador mostra em RA os *blocos de mídia* e os elos criados entre eles de modo

semelhante a um grafo, com os *blocos de mídia* sendo os nós e os elos sendo as arestas. Essa visão estrutural foi inspirada na visão estrutural do NCL Composer ([AZEVEDO et al., 2014a](#)). A Figura 18 mostra a visão de uma estrutural de uma apresentação que possui os seguintes elos:

- "onBegin media2 Stop media1"
- "onBegin media3 Start media4"

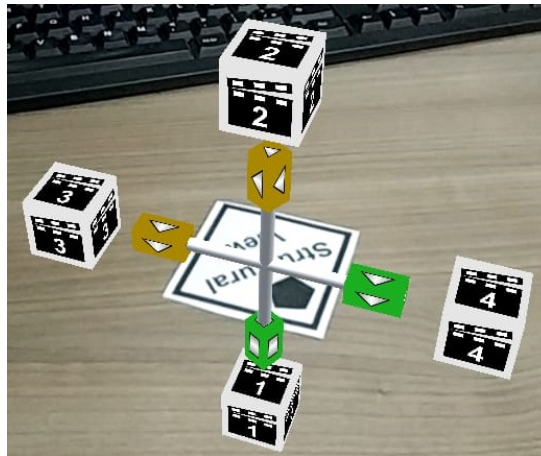


Figura 18 – Exemplo de visão estrutural.

Fonte – Elaborado pelo autor.

3.2 Implementação da Ferramenta

A ferramenta de autoria BumbAR foi implementada como uma cena da ferramenta Unity 3D ([UNITYTECHNOLOGIES, 2018](#)). Através da reutilização de funcionalidades e objetos do Unity, a ferramenta BumbAR apresenta um ambiente tanto para a autoria, com o uso de realidade aumentada, de apresentações multimídia, quanto para tocá-las.

Tal ferramenta possui dois modos: *modo de edição* e *modo de apresentação*. O primeiro é o modo em que as apresentações multimídia são criadas usando o processo de autoria descrito anteriormente, e o segundo modo toca as apresentações desenvolvidas. A Figura 19 destaca os dois modos e a integração destes com o ambiente do Unity.

A Figura 20 mostra os componentes da ferramenta implementada. Os *marcadores RA* controlam o posicionamento dos objetos de mídia, bem como dos blocos de condições, ações e demais operadores (bloco de delegação e bloco inicial). O detector de colisões é responsável pela detecção de colisões entre esses blocos. O gerenciador de elos utiliza a informação de uma colisão acontecida para, por exemplo, criar ou remover um elo. Tal gerenciamento de elos é feito de acordo com o processo descrito na Seção 3.1. A partir dos elos existentes, o *Player* pode tocar a apresentação desenvolvida, mudando o estado

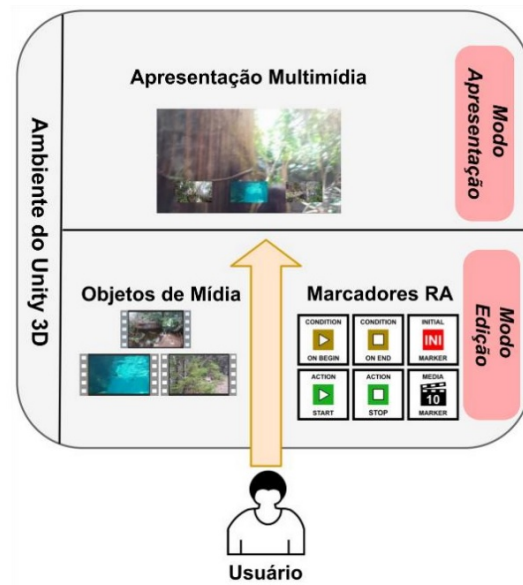


Figura 19 – Modos da ferramenta BumbAR.

Fonte – Elaborado pelo autor.

da ferramenta para o *modo de apresentação*. É também utilizando a informação dos elos existentes na apresentação que o *NCL Parser* é utilizado para realizar a criação de um documento NCL que represente a apresentação desenvolvida. Quando o *marcador de visão estrutural* está na visão da câmera, é mostrada a visão estrutural da apresentação sendo desenvolvida de acordo com os elos nela presentes.

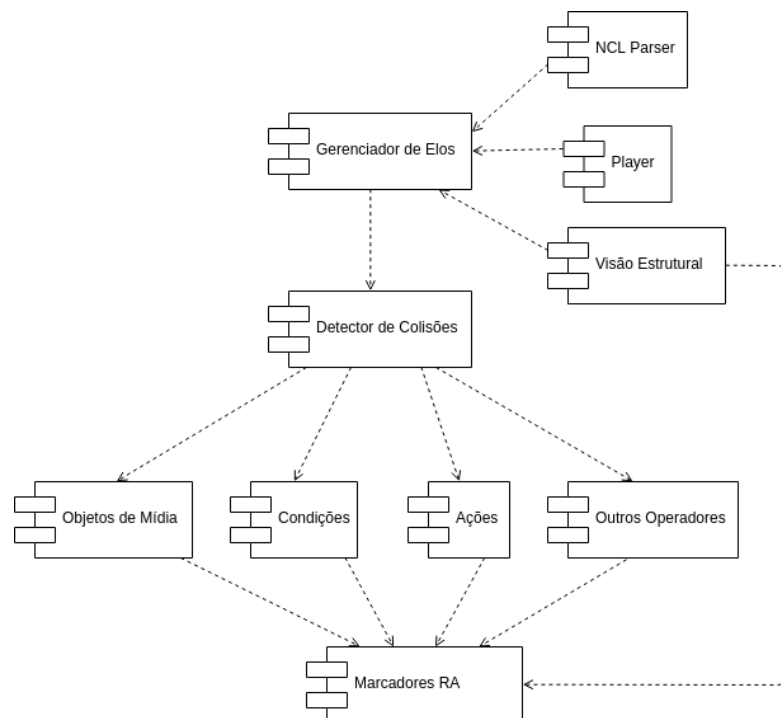


Figura 20 – Componentes da ferramenta BumbAR.

Fonte – Elaborado pelo autor.

O desenvolvimento da ferramenta foi feito em C# (HEJLSBERG; WILTAMUTH; GOLDE, 2006), uma das linguagens suportadas pelo Unity 3D. Para o reconhecimento de marcadores de realidade aumentada, foi utilizado o pacote Vuforia (PTCINC, 2018) para Unity 3D. Os *Blocos RA*, a implementação de colisões, e controle de *objetos de mídia* são feitos usando componentes nativos do Unity 3D. Eventos e métodos da linguagem C# são usados para implementar o sistema de *elos causais* utilizados na ferramenta; *condições* são implementadas usando eventos da linguagem C#, e *ações* são implementadas utilizando os métodos da linguagem.

Os *marcadores RA* discutidos na Seção 3.1 são suportados na ferramenta. A adição de novos marcadores (por exemplo, para suportar todos os eventos do modelo NCM) é possível e relativamente simples para pessoas com conhecimento do funcionamento do Unity 3D. Marcadores extras podem ser criados utilizando o portal de desenvolvimento do Vuforia. Para implementar novas ações e condições, é necessário implementar seus comportamentos usando eventos e métodos da linguagem C#.

Como mencionado anteriormente, além de tocar a apresentação multimídia criada, a ferramenta *BumbAR* também suporta a exportação da apresentação para a linguagem NCL. NCL é a linguagem padrão do Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre (ABNT, 2011) e recomendação ITU-T H.761 da União Internacional de Telecomunicações (ITU-T, 2009). Existem tocadores NCL gratuitos e comerciais tanto para TV (SOARES et al., 2010) e para a Web (MELO et al., 2012; SILVA; SANTOS; MUCHALUAT-SAADE, 2013). Assim, uma apresentação multimídia desenvolvida utilizando a ferramenta *BumbAR* também pode ser executada nesses ambientes. Como a ferramenta e a linguagem NCL usam conceitos similares provenientes do modelo NCM, como *objetos de mídia* e *elos causais*, exportar a representação interna da *BumbAR* para NCL não demandou muito esforço de implementação.

4 Avaliação

Com o objetivo de avaliar a abordagem BumbAR, foi desenvolvido um estudo empírico qualitativo no qual os participantes desenvolveram uma apresentação multimídia utilizando a ferramenta. A seguir, eles são convidados a preencher um questionário com suas percepções sobre a ferramenta de autoria. O principal objetivo desse estudo é analisar a atitude dos usuários em relação à criação de apresentações multimídia utilizando a ferramenta desenvolvida e, de maneira mais geral, uma interface baseada em realidade aumentada para a criação de tais apresentações.

No restante deste capítulo, são detalhadas a metodologia utilizada (Seção 4.1), o perfil dos participantes (Seção 4.2), e os resultados da avaliação (Seção 4.3).

4.1 Metodologia de Avaliação

O estudo empírico desenvolvido para avaliar a ferramenta BumbAR constituiu-se de cinco fases distintas. Tais fases são mostradas na Figura 21 e são detalhadas a seguir.



Figura 21 – Fases metodológicas do estudo.

Fonte – Elaborada pelo autor.

- **Apresentação do termo de consentimento:** O termo de consentimento é apresentado, enfatizando verbalmente os objetivos desta pesquisa. O participante é convidado a consentir ou não em participar desta pesquisa, assinando o termo de consentimento em caso positivo.
- **Entrevista pré-experimento:** O objetivo dessa fase é elaborar o perfil do participante, especialmente sobre seu conhecimento em relação à realidade aumentada e apresentações multimídia.
- **Apresentação da ferramenta:** O objetivo dessa fase é apresentar os conceitos essenciais da ferramenta BumbAR, e como compor apresentações multimídia com ela.
- **Execução de tarefas:** O participante é convidado a ler o cenário. Após isso, a apresentação multimídia é tocada, enfatizando o comportamento esperado desta.

Finalmente, o participante é convidado a compor, utilizando a ferramenta BumbAR, uma apresentação multimídia igual à que lhe foi apresentada.

- **Entrevista pós-experimento:** O objetivo desta fase é colher as percepções dos participantes em relação às tarefas executadas, e as facilidades e dificuldades encontradas ao usar a ferramenta BumbAR.

As tarefas da fase de *execução de tarefas* objetivaram a composição de uma apresentação multimídia composta por quatro vídeos. A Figura 22 mostra o comportamento esperado da apresentação a ser desenvolvida pelos participantes.

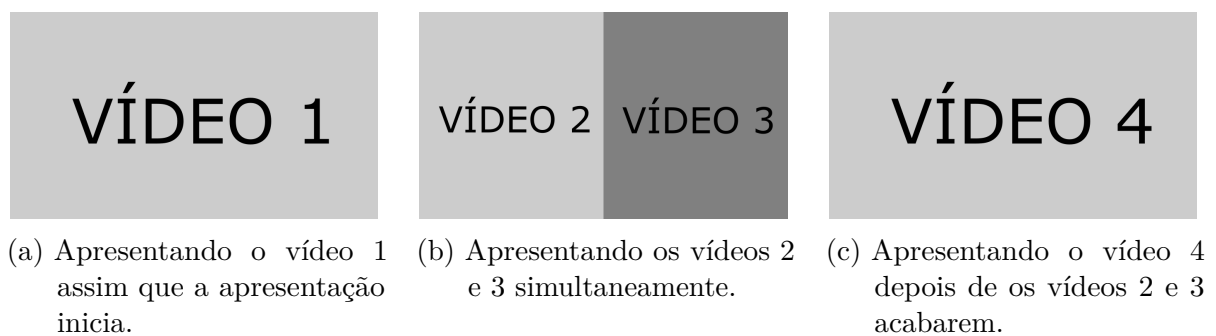


Figura 22 – Apresentação resultante esperada do experimento.

Os passos necessários parara compor essa apresentação foram divididos em quatro tarefas. Tais tarefas foram mostradas em um monitor para que os participantes as pudessem seguir, e são as seguintes:

- **Tarefa 1:** Configure quatro vídeos em volume máximo possuindo as seguintes configurações:
 - vídeo 1: possui a URL *video1.mp4* e ocupa a tela inteira;
 - vídeo 2: possui a URL *video2.mp4* e ocupa a metade esquerda da tela;
 - vídeo 3: possui a URL *video3.mp4* e ocupa a metade direita da tela;
 - vídeo 4: possui a URL *video4.mp4* e ocupa a tela inteira;
- **Tarefa 2:** Faça uma apresentação multimídia que toque o vídeo 1;
- **Tarefa 3:** Estenda a apresentação multimídia desenvolvida na tarefa 2 para fazer o seguinte: quando o vídeo 1 terminar, toque dois outros vídeos, vídeo 2 e vídeo 3, ao mesmo tempo;
- **Tarefa 4:** Estenda a apresentação multimídia desenvolvida na tarefa 3 para fazer o seguinte: quando o vídeo 2 terminar, pare o vídeo 3 e toque o vídeo 4;

Para desenvolver a apresentação, os participantes utilizaram uma instalação de realidade aumentada composta por um notebook, com a ferramenta BumbAR, uma webcam, e os marcadores de realidade aumentada utilizados pela ferramenta. Os marcadores foram restritos ao marcador *inicial*, marcadores de *condição*, marcadores de *ação* e quatro marcadores de *mídia*.

Para fase de entrevista pós-experimento, foi desenvolvido um questionário baseado no modelo de aceitação de tecnologias, do inglês *Technology Acceptance Model*(TAM) (DAVIS, 1985; DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989; VENKATESH; DAVIS, 2000; DAVIS, 1989), que é amplamente utilizado para avaliar a aceitação de novas tecnologias (WOJCIECHOWSKI; CELLARY, 2013; ALRAIMI; ZO; CIGANEK, 2015; PAVLOU, 2003). O modelo TAM propõe sentenças baseadas em dois conceitos: utilidade percebida, do inglês *perceived usefulness*(PU), e facilidade de uso percebida, do inglês *perceived ease-of-use*(PEOU). Davis, Bagozzi e Warshaw (1989) definem PU como o nível em que uma pessoa percebe que o uso de um sistema melhoraria sua performance em fazer seu trabalho, e PEOU como o nível em que uma pessoa acredita que o uso de um sistema seria livre de esforço.

A Tabela 3 mostra o questionário desenvolvido para a avaliação qualitativa do experimento, instanciado a partir do TAM para o presente contexto. Tal questionário é composto de sete sentenças do tipo PU, sete do tipo PEOU e duas questões livres para os participantes darem opiniões sobre a ferramenta. Cada sentença possui opções baseadas em uma escala Likert de sete pontos (VAGIAS, 2006) com as seguintes opções: 1 - discordo totalmente; 2 - discordo; 3 - discordo um pouco; 4 - nem discordo nem concordo; 5 - concordo um pouco; 6 - concordo; 7 - concordo totalmente.

4.2 Participantes

O experimento envolveu estudantes universitários dos cursos de Ciência da Computação e Design da Universidade Federal do Maranhão. Esse grupo foi escolhido porque o desenvolvimento de aplicações multimídia é frequentemente presente no currículo desses profissionais. Um total de 15 estudantes com idades variando de 20 a 27 anos participaram do experimento de avaliação.

O grau de conhecimento dos participantes tanto no desenvolvimento de apresentações multimídia quanto em realidade aumentada foi levado em consideração. Tal grau de conhecimento foi medido em uma escala Likert de sete pontos variando de 1 (Nenhum) a 7 (Especialista).

A Tabela 4 mostra a quantidade de participantes que escolheram cada uma das opções.

Tabela 3 – Questionário baseado no modelo TAM usado na avaliação da proposta.

Sentenças do Questionário	
PU1	Em geral, os conceitos apresentados (objetos de mídia, elos, condições, e ações) são úteis para criar apresentações multimídia.
PU2	Em geral, o desenvolvimento de apresentações multimídia usando realidade aumentada é útil.
PU3	Em geral, o processo de desenvolvimento de apresentações multimídia usando Realidade Aumentada com os marcadores escolhidos é útil.
PU4	Eu considero que a ferramenta é mais simples de usar em relação a outras que conheço.
PU5	Eu acredito que a ferramenta torna o desenvolvimento de apresentações multimídia rápido.
PU6	Eu acredito que a ferramenta é útil.
PU7	Em geral, eu acredito que a ferramenta é vantajosa.
PEOU1	Em geral, o processo de autoria com realidade aumentada é simples e compreensível.
PEOU2	Em geral, o processo de autoria com realidade aumentada com os marcadores escolhidos é simples e compreensível
PEOU3	Em geral, o modelo adotado para o sincronismo de objetos de mídia (elos, condições, ações) é simples e compreensível.
PEOU4	Aprender a usar a ferramenta foi fácil para mim.
PEOU5	Na minha opinião, a ferramenta é fácil de usar.
PEOU6	Na minha opinião, a ferramenta deixa o desenvolvimento de apresentações multimídia fácil.
PEOU7	Eu acredito que eu poderia me tornar habilidoso no desenvolvimento de apresentações multimídia com a ferramenta.
Livre1	Cite pontos positivos da ferramenta, se existirem.
Livre2	Cite pontos negativos da ferramenta, se existirem.

Tabela 4 – Grau de conhecimento dos participantes do experimento.

Grau de Conhecimento	Apresentações Multimídia	Realidade Aumentada
Nenhum	3	0
Muito Pouco	3	0
Pouco	2	2
Mediano	5	10
Alto	2	3
Muito Alto	0	0
Especialista	0	0

4.3 Resultados

Não houveram problemas técnicos durante a condução do experimento, de modo que os participantes puderam focar nos méritos deste. Todos os participantes completaram as tarefas propostas e, conseqüentemente, desenvolveram a apresentação multimídia solicitada. O tempo médio de desenvolvimento foi de 13 minutos e 49 segundos, com um desvio padrão de 3 minutos e 17 segundos.

Para calcular a consistência interna dos dados colhidos, foi calculado o coeficiente alfa de Cronbach dos dois grupos de sentenças, PU e PEOU. Tal coeficiente é calculado de acordo com a fórmula:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_{soma}^2} \right)$$

Onde k é o número de itens do questionário, S_i^2 é a variância para o i -ésimo item ($i = 1, \dots, k$), S_{soma}^2 é a variância das somas das respostas de cada participante.

O coeficiente das sentenças PU encontrado foi de 0,7637, enquanto que para as sentenças PEOU foi de 0,8433. Um coeficiente alfa de Cronbach maior que 0,7 geralmente indica que a confiabilidade das sentenças está em um nível satisfatório.

A Figura 23 mostra as respostas para cada sentença em valores absolutos e em percentual. Todas as sentenças obtiveram a maioria de suas respostas positivas. A sentença PU6, que diz "eu acredito que a ferramenta é útil", e PEOU5, que diz "na minha opinião, a ferramenta é fácil de usar", obtiveram um nível signficante de concordâncias, com respostas 5 (concordo um pouco) ou superior. Esses resultados revelam que, na opinião dos participantes, a ferramenta que utiliza o processo proposto é útil e fácil de usar.

Como mencionado anteriormente, também foram considerados comentários dos participantes sobre pontos positivos e negativos da ferramenta. De fato, os comentários dos participantes se mostraram relevantes, e seriam perdidos em um experimento puramente quantitativo. Do lado positivo, a maioria dos participantes mencionou a intuitividade da

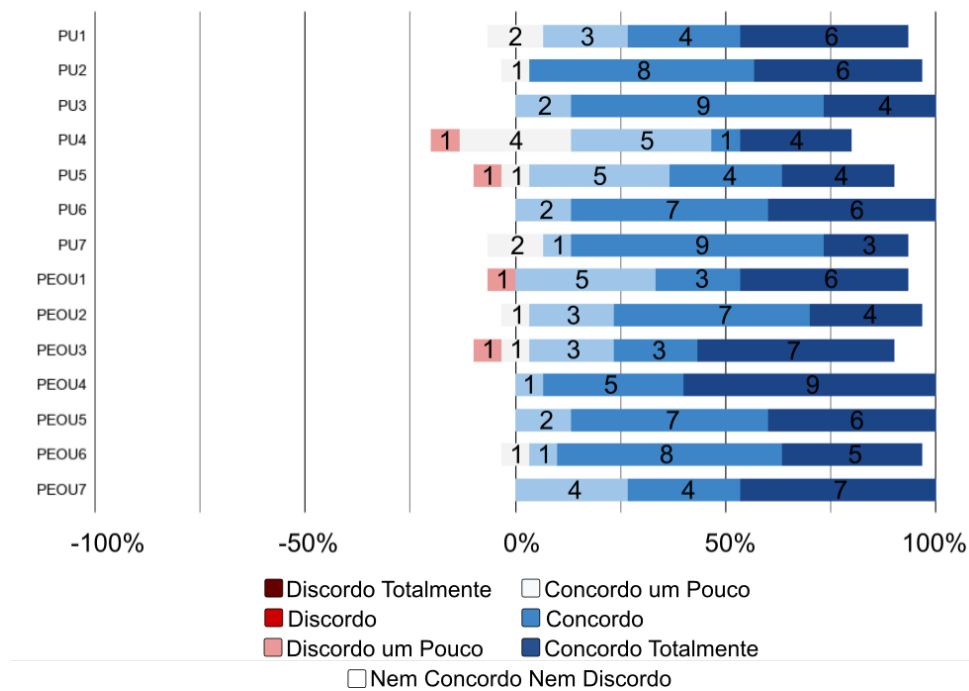


Figura 23 – Respostas dos participantes sobre a ferramenta BumbAR

ferramenta BumbAR e que ela torna o processo de autoria agradável. Do lado negativo, a maioria dos participantes enfatizou a necessidade de mostrar o histórico de elos criados, o que motivou a criação do *marcador de visão estrutural* e do *marcador de elos*, descritos na Seção 3.1.2.

Um dos participantes do experimento comentou que a ferramenta BumbAR "é mais rápida e menos complicada que outros métodos". De acordo com resultados colhidos, a maioria dos participantes concorda com essa afirmação: 86,67% dos participantes acredita que a ferramenta torna o desenvolvimento de apresentações mais rápido, enquanto 66,67% consideram ela mais conveniente quando comparada com ferramentas tradicionais.

5 Conclusões e Discussão

Este trabalho propôs uma abordagem baseada em realidade aumentada para o desenvolvimento de apresentações multimídia. A abordagem proposta é baseada no modelo NCM, mais especificamente em seus elos causais, condições e ações. Além disso, foi apresentada a ferramenta BumbAR, que implementa a abordagem proposta com uma implementação baseada no Unity 3D, permitindo que usuários criem, visualizem, e gerem um documento NCL de suas apresentações multimídia. Para avaliar a proposta deste trabalho, foi desenvolvido um estudo qualitativo baseado no modelo TAM. Os participantes do estudo consideraram que a proposta desenvolvida é tanto útil quanto fácil de usar. Tal estudo também permitiu a evolução da proposta, evidenciando a necessidade da criação de algo que permitisse a visualização da apresentação sendo criada como um todo.

Apesar da implementação atual da ferramenta BumbAR discutida na Seção 3.2 permitir o desenvolvimento de uma grande variedade de apresentações multimídia, ela ainda não suporta completamente todas as condições e ações presentes no modelo NCM, como as relacionadas a seleções e atribuições, por exemplo. Essas condições e ações permitem a modificação de maneira dinâmica das propriedades de objetos de mídia em uma apresentação multimídia, como seu volume e transparência. A implementação de outras condições e ações é deixada como um trabalho futuro.

Como mencionado anteriormente, a abordagem proposta utilizou os *elos causais* do modelo NCM para especificar as relações e o sincronismo temporal entre objetos de mídia. Como outro trabalho futuro, pretende-se explorar outras abordagens para especificar tal sincronismo. Por exemplo, a abordagem da linguagem SMIL (RUTLEDGE, 2001) propõe o sincronismo entre objetos de mídia com base em dois conceitos: *par* e *seq*. Objetos de mídia em *seq* (sequência) tocam sequencialmente: quando um acaba o próximo começa; enquanto objetos de mídia em *par* (paralelo) tocam simultaneamente: eles começam e terminam ao mesmo tempo. Para alguns tipos de apresentações multimídia, como uma apresentação de slides, é possível facilitar o processo de autoria utilizando tais abstrações.

É importante ressaltar que, neste trabalho, a realidade aumentada foi utilizada em apenas uma das etapas do processo da criação de apresentações multimídia: a criação de relações causais entre os objetos de mídia. É válido questionar a viabilidade da utilização desse tipo de abordagem na especificação espacial desses objetos de mídia. Nesse contexto, por exemplo, a especificação de que um objeto de mídia que ocupa um terço da altura da tela e dois quintos da largura não seria simples com a realidade aumentada. Isso se deve, principalmente, à falta de uma alta precisão na detecção de marcadores. Uma dificuldade motora do usuário também poderia prejudicar consideravelmente tal processo

de especificação de objetos de mídia.

Uma possível solução para esse tipo de dificuldade seria o uso de descritores pré-definidos para a especificação de regiões na tela. A linguagem NCL permite a criação de descritores que podem ser utilizados por diversos objetos de mídia, facilitando o reúso. Esses descritores definem a configuração espacial de objetos de mídia. No caso da realidade aumentada, poderiam existir marcadores de descritores pré-definidos que seriam, em tempo de execução, associados a objetos de mídia pelo usuário. Entretanto, a discussão ressurgiu no que diz respeito à criação de tais descritores. A especificação das características destes utilizando a realidade aumentada recairia no problema da precisão. Caso os descritores fossem impostos pela ferramenta, não seria necessária uma preocupação de como os usuários iriam defini-los, pois já estariam pré-estabelecidos. Essa imposição, contudo, diminuiria a variedade de posições que objetos de mídia poderiam ocupar na tela. Por essas razões, a realidade aumentada pode não substituir completamente todas as etapas do processo de autoria multimídia. Entretanto, este trabalho demonstra que a RA pode trazer mais simplicidade e conveniência em algumas etapas desse processo.

Neste trabalho, não foram levados em conta aspectos ergonômicos na avaliação da proposta. A manipulação dos marcadores de realidade aumentada por um longo período poderia causar nos usuários desconforto e, em maior grau, vir a causar lesões por esforço repetitivo devido à manutenção por um longo período de posições desconfortáveis.

Algo que poderia vir a contribuir para evolução deste trabalho seria uma avaliação sobre a carga cognitiva empregada no desenvolvimento de apresentações multimídia utilizando o método proposto e ferramentas de autoria tradicionais. [Küçük, Kapakin e Göktas \(2016\)](#) realizam um estudo sobre a carga cognitiva empregada no estudo de anatomia com e sem o uso de realidade aumentada. Nesse trabalho, os autores dividem os estudantes em um grupo de controle e um grupo de experimento, em que o primeiro assiste à uma aula tradicional com o apoio de um livro e o segundo grupo assiste à aula com o auxílio de um aplicativo móvel de realidade aumentada além do mesmo livro utilizado pelo primeiro grupo. O grupo de experimento teve uma menor carga cognitiva além de ter alcançado melhores notas no exame de avaliação. Um estudo similar a este poderia ser conduzido para avaliar a carga cognitiva no desenvolvimento de apresentações multimídia com e sem o uso de realidade aumentada.

Finalmente, apesar do estudo qualitativo baseado no modelo TAM ter ajudado no alcance de conclusões significativas à respeito da abordagem BumbAR, a realização de estudos considerando outros aspectos da ferramenta poderiam vir a contribuir para a evolução deste trabalho.

5.1 Produção científica

O presente trabalho gerou o artigo científico intitulado "Exploring an AR-based User Interface for Authoring Multimedia Presentations" ([MENDES et al., 2018](#)) que foi aceito e publicado no principal congresso de engenharia de documentos, o "The ACM Symposium on Document Engineering (DocEng)" realizado no Canadá no ano de 2018.

Referências

ABNT, N. 15606-2, 2011. *Digital Terrestrial Television-Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting-Part 2: Ginga-NCL for fixed and mobile receivers-XML application language for application coding*. São Paulo, Brasil: ABNT, 2011. Citado na página 30.

ADOBE. *Adobe - Flash Player*. 2018. Accessed: February, 01 2019. Disponível em: <<https://get.adobe.com/flashplayer/>>. Citado na página 15.

ADOBE. *Adobe Animate CC Website*. 2018. Accessed: February, 01 2019. Disponível em: <<https://www.adobe.com/products/animate.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

ALRAIMI, K. M.; ZO, H.; CIGANEK, A. P. Understanding the moocs continuance: The role of openness and reputation. *Computers & Education*, Elsevier, v. 80, p. 28–38, 2015. Citado na página 33.

AZEVEDO, R. G. A.; ARAÚJO, E. C.; LIMA, B.; SOARES, L. F. G.; MORENO, M. F. Composer: meeting non-functional aspects of hypermedia authoring environment. *Multimedia tools and applications*, Springer, v. 70, n. 2, p. 1199–1228, 2014. Citado na página 28.

AZEVEDO, R. G. d. A.; ARAÚJO, E. C.; LIMA, B.; SOARES, L. F. G.; MORENO, M. F. Composer: meeting non-functional aspects of hypermedia authoring environment. *Multimedia Tools and Applications*, v. 70, n. 2, p. 1199–1228, maio 2014. ISSN 1380-7501, 1573-7721. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11042-012-1216-8>>. Citado 3 vezes nas páginas 14, 16 e 17.

BALOG, A.; PRIBEANU, C. The role of perceived enjoyment in the students' acceptance of an augmented reality teaching platform: A structural equation modelling approach. *Studies in Informatics and Control*, v. 19, n. 3, p. 319–330, 2010. Citado na página 11.

BUCHMANN, V.; VIOLICH, S.; BILLINGHURST, M.; COCKBURN, A. Fingartips: gesture based direct manipulation in augmented reality. In: *ACM. Proceedings of the 2nd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia*. Suntec City, Singapore, 2004. p. 212–221. Citado na página 11.

BULTERMAN, D. C.; HARDMAN, L.; JANSEN, J.; MULLENDER, K.; RUTLEDGE, L. GRiNS: A GRaphical INterface for creating and playing SMIL documents. *Computer Networks and ISDN Systems*, v. 30, n. 1-7, p. 519–529, abr. 1998. ISSN 01697552. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169755298001287>>. Citado na página 14.

CARMIGNIANI, J.; FURHT, B.; ANISETTI, M.; CERAVOLO, P.; DAMIANI, E.; IVKOVIC, M. Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia tools and applications*, Springer, v. 51, n. 1, p. 341–377, 2011. Citado na página 11.

DAM, A. V. Post-wimp user interfaces. *Communications of the ACM*, ACM, v. 40, n. 2, p. 63–67, 1997. Citado na página 11.

- DAVIS, F. D. *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results*. Tese (Doutorado) — Massachusetts Institute of Technology, 1985. Citado na página 33.
- DAVIS, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, v. 13, n. 3, p. 319, set. 1989. ISSN 02767783. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/249008?origin=crossref>>. Citado na página 33.
- DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, INFORMS, v. 35, n. 8, p. 982–1003, 1989. Citado na página 33.
- DELTOUR, R.; LAYAIDA, N.; WECK, D. Limsee2: A cross-platform smil2. 0 authoring tool. *The European Research Consortium for Informatics and Mathematics–ERCIM News*, v. 62, 2005. Citado na página 15.
- DELTOUR, R.; ROISIN, C. The Limsee3 Multimedia Authoring Model. In: *Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Document Engineering*. New York, NY, USA: ACM, 2006. (DocEng '06), p. 173–175. ISBN 1-59593-515-0. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1166160.1166203>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- GRAHAM, I. S. *The HTML sourcebook*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1995. Citado na página 12.
- GUIMARÃES, R. L.; NETO, C. de S. S.; SOARES, L. F. G. A visual approach for modeling spatiotemporal relations. In: ACM. *Proceedings of the eighth ACM symposium on Document engineering*. São Paulo, Brasil, 2008. p. 285–288. Citado na página 23.
- HA, T.; WOO, W.; LEE, Y.; LEE, J.; RYU, J.; CHOI, H.; LEE, K. ARtalet: Tangible User Interface Based Immersive Augmented Reality Authoring Tool for Digilog Book. In: . IEEE, 2010. p. 40–43. ISBN 978-1-4244-7702-9. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5557935/>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- HEJLSBERG, A.; WILTAMUTH, S.; GOLDE, P. *The C# programming language*. New York, USA: Adobe Press, 2006. Citado na página 30.
- ISHII, H. The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM*, v. 51, n. 6, p. 32, jun. 2008. ISSN 00010782. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1349026.1349034>>. Citado na página 19.
- ITU-T. *H. 761, Nested Context Language (NCL) and Ginga-NCL for IPTV Services*, Geneva, Apr. 2009. 2009. Citado na página 30.
- JACOB, R. J.; GIROUARD, A.; HIRSHFIELD, L. M.; HORN, M. S.; SHAER, O.; SOLOVEY, E. T.; ZIGELBAUM, J. Reality-based interaction: a framework for post-wimp interfaces. In: ACM. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. Montreal, Canada, 2008. p. 201–210. Citado na página 11.
- KÜÇÜK, S.; KAPAKIN, S.; GÖKTAŞ, Y. Learning anatomy via mobile augmented reality: effects on achievement and cognitive load. *Anatomical sciences education*, Wiley Online Library, v. 9, n. 5, p. 411–421, 2016. Citado na página 38.

- LANGLOTZ, T.; MOOSLECHNER, S.; ZOLLMANN, S.; DEGENDORFER, C.; REITMAYR, G.; SCHMALSTIEG, D. Sketching up the world: in situ authoring for mobile Augmented Reality. *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 16, n. 6, p. 623–630, ago. 2012. ISSN 1617-4909, 1617-4917. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00779-011-0430-0>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- LUCRECIA, M.; CECILIA, S.; PATRICIA, P.; SANDRA, B. AuthorAR: Authoring tool for building educational activities based on Augmented Reality. In: . IEEE, 2013. p. 503–507. ISBN 978-1-4673-6404-1 978-1-4673-6403-4 978-1-4673-6402-7. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6567277/>. Citado na página 17.
- MACINTYRE, B.; GANDY, M.; DOW, S.; BOLTER, J. D. DART: a toolkit for rapid design exploration of augmented reality experiences. In: . ACM Press, 2004. p. 197. ISBN 978-1-58113-957-0. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1029632.1029669>. Citado na página 17.
- MAIA, L. F.; NOLÊTO, C.; LIMA, M.; FERREIRA, C.; MARINHO, C.; VIANA, W.; TRINTA, F. LAGARTO: A LocAtion based Games AuthoRing TOol enhanced with augmented reality features. *Entertainment Computing*, v. 22, p. 3–13, jul. 2017. ISSN 18759521. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1875952117300502>. Citado na página 17.
- MATTOS, D. Paulo de; SILVA, J. Varanda da; MUCHALUAT-SAADE, D. C. NEXT: graphical editor for authoring NCL documents supporting composite templates. In: . ACM Press, 2013. p. 89. ISBN 978-1-4503-1951-5. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2465958.2465964>. Citado 4 vezes nas páginas 14, 15, 16 e 17.
- MELO, E. L.; VIEL, C. C.; TEIXEIRA, C. A. C.; RONDON, A. C.; SILVA, D. d. P.; RODRIGUES, D. G.; SILVA, E. C. Webncl: A web-based presentation machine for multimedia documents. In: *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. New York, NY, USA: ACM, 2012. (WebMedia '12), p. 403–410. ISBN 978-1-4503-1706-1. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/2382636.2382719>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 30.
- MENDES, P. R. C.; AZEVEDO, R. G. de A.; OLIVEIRA, R. G. S. G. de; NETO, C. de S. S. Exploring an ar-based user interface for authoring multimedia presentations. In: ACM. *Proceedings of the ACM Symposium on Document Engineering 2018*. Halifax, Canada, 2018. p. 9. Citado na página 39.
- PAVLOU, P. A. Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model. *International journal of electronic commerce*, Taylor & Francis, v. 7, n. 3, p. 101–134, 2003. Citado na página 33.
- PELLAN, B.; CONCOLATO, C. Authoring of scalable multimedia documents. *Multimedia Tools and Applications*, Springer, v. 43, n. 3, p. 225–252, 2009. Citado na página 12.
- PTCINC. *Vuforia Augmented Reality SDK*. 2018. Disponível em: <https://www.vuforia.com/>. Citado na página 30.

- QUINT, V.; LAYAIDA, N.; MIKáč, J.; NOUGUIER, E. *LimSee3 Home Page*. 2019. Disponível em: <<http://limsee3.gforge.inria.fr/public-site/index.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- RUTLEDGE, L. Smil 2.0: Xml for web multimedia. *IEEE Internet Computing*, IEEE, v. 5, n. 5, p. 78–84, 2001. Citado 3 vezes nas páginas 12, 14 e 37.
- SEICHTER, H.; LOOSER, J.; BILLINGHURST, M. ComposAR: An intuitive tool for authoring AR applications. In: *Proceedings of the 7th IEEE/ACM international symposium on mixed and augmented reality*. Washington, USA: IEEE Computer Society, 2008. p. 177–178. Citado na página 17.
- SHIN, M.; KIM, B.-s.; PARK, J. Ar storyboard: an augmented reality based interactive storyboard authoring tool. In: IEEE. *Fourth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'05)*. Viena, Austria, 2005. p. 198–199. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- SILVA, E. C. O.; SANTOS, J. A. F. dos; MUCHALUAT-SAADE, D. C. Ncl4web: Translating ncl applications to html5 web pages. In: *Proceedings of the 2013 ACM Symposium on Document Engineering*. New York, NY, USA: ACM, 2013. (DocEng '13), p. 253–262. ISBN 978-1-4503-1789-4. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2494266.2494273>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 30.
- SINEM, G.; FEINER, S. Authoring 3d hypermedia for wearable augmented and virtual reality. In: *2012 16th International Symposium on Wearable Computers*. IEEE Computer Society, 2003. p. 118–118. Disponível em: <<http://www.computer.org/csdl/proceedings/iswc/2003/2034/00/20340118.pdf>>. Citado na página 17.
- SOARES, L. F. G.; RODRIGUES, R. F.; COSTA, R. M. de R. Nested context model 3.0. *Monographs in Computer Sciences*, n. 18/05, p. 35, 2005. Citado 3 vezes nas páginas 14, 17 e 22.
- SOARES, L. F. G. S. *Programando em NCL 3.0: desenvolvimento de aplicações para middleware Ginga: TV digital e Web*. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 17.
- SOARES, L. G.; MORENO, M.; NETO, C. S. S.; MORENO, M. Ginga-NCL: Declarative middleware for multimedia IPTV services. *IEEE Communications Magazine*, v. 48, n. 6, p. 74–81, jun. 2010. ISSN 0163-6804. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5473867/>>. Citado na página 30.
- UNITYTECHNOLOGIES. *Unity 3D*. 2018. Disponível em: <<https://unity3d.com/>>. Citado na página 28.
- VAGIAS, W. M. Likert-type scale response anchors. clemson international institute for tourism. & *Research Development, Department of Parks, Recreation and Tourism Management, Clemson University*, 2006. Citado na página 33.
- VENKATESH, V.; DAVIS, F. D. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management science*, INFORMS, v. 46, n. 2, p. 186–204, 2000. Citado na página 33.

VERA, F.; SÁNCHEZ, J. A. SITUAR: A platform for in-situ augmented reality content creation. *Avances en Interacción Humano-Computadora*, v. 1, n. 1, p. 90–92, 2016. Citado na página 17.

VERA, F.; SÁNCHEZ, J. A.; CERVANTES, O. A Platform for Creating Augmented Reality Content by End Users. In: SUCAR, E.; MAYORA, O.; COTE, E. Munoz de (Ed.). *Applications for Future Internet*. Cham: Springer International Publishing, 2017. v. 179, p. 167–171. ISBN 978-3-319-49621-4 978-3-319-49622-1. DOI: 10.1007/978-3-319-49622-1_18. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-49622-1_18>. Citado na página 17.

WOJCIECHOWSKI, R.; CELLARY, W. Evaluation of learners' attitude toward learning in aries augmented reality environments. *Computers & Education*, Elsevier, v. 68, p. 570–585, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 33.