

# **VMAG - UMA FERRAMENTA PARA O APOIO À VISUALIZAÇÃO DE MODELOS DE SISTEMAS ATRAVÉS DE GESTOS**

**Sergio Henriques Martins Barreto Bento Antunes**

Projeto Final de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Eletrônica e de Computação da Escola Politécnica da UFRJ como parte dos requisitos obrigatórios para conclusão do curso de Engenharia de Computação e Informação.

Apresentado por:

---

Sergio Henriques Martins Barreto Bento Antunes

Aprovado por:

---

Profa. Cláudia Maria Lima Werner, D.Sc. (Presidente)

---

Cláudia Susie C. Rodrigues, D.Sc. (Co-orientadora)

---

Jano Moreira de Souza, Ph.D

---

Maria Gilda P. Esteves, M.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Fevereiro de 2015

# Agradecimentos

*Sergio Henriques Martins Barreto Bento Antunes*

Agradecer é um ato bem interessante.  
Às vezes agradecemos a quem nos ajuda,  
Às vezes agradecemos a quem nos faz algum favor,  
Às vezes agradecemos a quem reclama com a gente,  
Agradecer é bem complexo, pois não se explica.  
Simplesmente se agradece.

## RESUMO

### VMAG - UMA FERRAMENTA PARA O APOIO À VISUALIZAÇÃO DE MODELOS DE SISTEMAS ATRAVÉS DE GESTOS

**Sergio Henriques Martins Barreto Bento Antunes**

Orientadores: Cláudia Maria Lima Werner e Claudia Susie Camargo Rodrigues

Ensinar Modelagem de Sistemas é uma tarefa árdua, especialmente por requerer conquistar o interesse dos alunos. A criação de modelos de sistemas é vital para o desenvolvimento e a compreensão de sistemas de software, e a prática do ensino tradicional não consegue facilmente motivar os alunos a se interessar pela disciplina, pois tem como base a leitura de textos e criação de diagramas que, muitas vezes, podem desmotivar futuros candidatos a uma carreira nas áreas computacionais. Este trabalho propõe uma ferramenta denominada VMAG – Visualização de Modelos de sistemas Através de Gestos - para o apoio da visualização de modelos de sistemas controlada por gestos captados por um sensor Kinect. Inspirado na abordagem VisAr3D para Visualização de Arquitetura de Software, esta ferramenta visa dar suporte ao ensino da disciplina de Modelagem de Sistemas, usando o controle por gestos como atrativo aos usuários. Um protótipo desta ferramenta foi elaborado, incorporando parcialmente as funcionalidades propostas, e um estudo foi feito para avaliar a sua viabilidade.

**Palavras-Chave:** Modelagem de Sistemas, Diagramas de classes, Captura de movimento.

# **ABSTRACT**

## **VMAG - A TOOL FOR SUPPORTING SYSTEM MODELS VISUALIZATION BY GESTURES**

**Sergio Henriques Martins Barreto Bento Antunes**

Supervisors: Cláudia Maria Lima Werner and Claudia Susie Camargo Rodrigues

Teaching System Modeling is a hard task, mainly because it requires catching the interest of students. The creation of system models is vital for the development and the comprehension of software systems, and the practice of traditional teaching, doesn't manage to easily motivate the students to be interested by the subject, since its basis is the reading of texts and creation of diagrams which, in many cases, might demotivate future candidates to careers in computation. This work proposes a new tool named VMAG – system Models Visualization By Gestures - for supporting the visualization of system models by controlling it with gestures captured by a Kinect sensor. Inspired by the VisAr3D approach, this tool seeks to support the teaching of System Modeling, using motion controls as an attraction to users. A prototype of this tool was developed, incorporating some of its functions, and a study was made to validate its viability.

**Keywords:** System Modeling, Class Diagram, Motion Capture.

## SUMÁRIO

Índice de figuras.....	vii
Índice de tabelas.....	viii
Lista de siglas e abreviaturas.....	ix
<b>1 - Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 - Objetivo.....	2
1.2 - Organização da Monografia.....	2
<b>2 - Realidade Virtual e Realidade Aumentada.....</b>	<b>3</b>
2.1 - Realidade Virtual.....	3
2.2 - Realidade Aumentada.....	4
2.3 - Dispositivos de RV e RA.....	5
2.4 - Aplicações.....	6
2.5 - Aplicações no ensino.....	8
2.6 - Considerações Finais.....	8
<b>3- VisAr3D.....</b>	<b>9</b>
3.1 - Objetivos da abordagem VisAr3D.....	9
3.2- Descrição da abordagem.....	10
3.3 - Protótipo VisAr3D.....	12
3.4 - Considerações Finais.....	12
<b>4 - Kinect.....</b>	<b>14</b>
4.1 - Estrutura do Kinect.....	14
4.1.1 - Sensor Kinect.....	14
4.1.2 - Calibração e Identificação de usuários.....	16
4.1.3 - Controle.....	16
4.2 - Exemplos de Aplicação do Kinect.....	17
4.2.1 - AlfabetoKinect.....	18
4.2.2 - Medição de Frequência Respiratória.....	18
4.3 - Vantagens e Desvantagens.....	19
4.4 - Considerações Finais.....	20
<b>5 - Visualização de Modelos de sistemas Através de Gestos (VMAG)....</b>	<b>22</b>
5.1 - Descrição.....	22
5.2 - Requisitos da ferramenta.....	23
5.3 - Funcionalidades.....	23

5.4 - Limitações.....	28
5.5 - Considerações Finais.....	29
6 - Avaliação do Protótipo.....	31
6.1 - Objetivo.....	31
6.2 - Execução.....	31
6.3 - Avaliação dos resultados.....	32
6.4 - Considerações Finais.....	34
7 - Conclusão.....	35
7.1 - Contribuições.....	35
7.2 - Limitações.....	36
7.3 - Trabalhos Futuros.....	36
8 - Referências.....	38
Apêndice A .....	41
Apêndice B.....	43
Apêndice C.....	46
Apêndice D.....	49

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Google Glass em uso.....	4
Figura 2.2 - HMD baseado em vídeo (RODRIGUES e WERNER, 2008).....	5
Figura 2.3 - Uso de Marcadores para captura do movimento.....	6
Figura 3.1 - Visão Geral da VisAr3D.....	11
Figura 4.1 - Componentes do Sensor Kinect.....	15
Figura 4.2 - Articulações capturadas pelo Kinect (Versão 1.0).....	16
Figura 4.3 - Cursor Kinect.....	17
Figura 5.1 - Interface da VMAG.....	24
Figura 5.2 - Default View com uma classe indicada.....	24
Figura 5.3 - Default View com um relacionamento indicado.....	25
Figura 5.4 - One Class Diagram.....	25
Figura 5.5 - Attributes.....	26
Figura 5.6 - Operations.....	26
Figura 5.7 - Documentation.....	27
Figura 5.8 - Package.....	28
Figura 5.9 - Author.....	28

## **INDICE DE TABELAS**

<b>6.1 - Caracterização dos Participantes .....</b>	<b>32</b>
---	-----------

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**RV:** Realidade Virtual

**RA:** Realidade Aumentada

**XAML:** *eXtensible Application Markup Language*

**XMI:** *XML Metadata Interchange*

**X3D:** *Extensible 3D*

**UML:** *Unified Modeling Language*

**VMAG:** Visualização de Modelos de sistema Através por Gestos

## 1- Introdução

O avanço tecnológico permite acesso fácil a uma maior quantidade de conhecimento sobrecarregando os alunos de todas as áreas e níveis de ensino. Essa dificuldade não se apresenta apenas de maneira física, mas também cognitiva. Tendo noção do grande volume de informações que o indivíduo precisa assimilar aliado, em alguns casos, ao despreparo e/ou a falta de informação sobre a real importância de certos conteúdos na formação profissional e acadêmica, pode gerar uma desmotivação e um desânimo por parte da pessoa em exercer atividades de aprendizado (RODRIGUES, 2002 in HINTERHOLZ, 2009). Justificativas como “nunca vou usar isso” ou “não vale a pena gastar meu tempo com isso” levam o indivíduo a criar barreiras cognitivas e optar por soluções alternativas ao aprendizado, como a memorização do conteúdo sem o desenvolvimento de um raciocínio lógico (HINTERHOLZ, 2009).

O aprendizado de assuntos sobre computação, em especial, se mostra particularmente trabalhoso para seus alunos. Trata-se de uma área relativamente nova, quando comparada a campos de estudo como física e matemática, e com vários conhecimentos interdisciplinares, o que aumenta os requisitos para o aprendizado. Trata-se também de uma área com diversas subdivisões, como Engenharia de Software, cada uma com vários teoremas, dados e paradigmas que o indivíduo precisa assimilar para desenvolver naquele campo (ŠMITE *et al.*, 2012).

Nos últimos anos, novas ferramentas e abordagens para o ensino têm sido pesquisadas a fim de apoiar o ensino tradicional. TOMAYKO (1987), SCHNEIDER e JOHNSTON (2003) e STEVENS (2001) afirmam a necessidade da utilização de trabalhos práticos para o auxílio do ensino de matérias na área de informática, a fim de permitir que os alunos exercitem o seu conhecimento teórico em situações próximas às vistas no mundo real.

Indo mais além, MAYO (2005) recomenda a utilização de jogos eletrônicos como um recurso de ensino, sugerindo, ainda, que esses *games* são tão eficazes, se não superiores, a aulas expositivas. Ela baseia essas afirmações nos experimentos de KOEPP *et al.* (1998) que mostram uma relação direta entre o uso de *games* e o aprendizado.

Segundo RODRIGUES (2012), a aplicação de técnicas de realidade virtual e aumentada é uma solução viável para esse problema, dentro do ensino de Engenharia de Software. De fato, DEDE (1992) afirma que a utilização de técnicas de Realidade Virtual pode melhorar de maneira considerável a habilidade do estudante em aplicar o conhecimento abstrato em situações reais, necessária na disciplina de Modelagem de Sistemas, uma vez que essas situações reais podem ser emuladas no universo virtual. WALKER (1988) elabora sobre como o nível tecnológico vem permitindo o uso de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para a imersão do aluno em universos virtuais sintéticos, utilizando artefatos virtuais para construir conhecimento real, podendo fazer isso sozinho ou interagindo com outros usuários.

### **1.1- Objetivo**

O objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta para apoiar a modelagem de sistemas, a fim de promover um maior interesse dos alunos pela área de Modelagem de Sistemas. Para isso, foi realizado um estudo da abordagem VisAr3D, desenvolvida por RODRIGUES (2012), e proposto uma ferramenta de apoio a esta abordagem, substituindo o controle por *mouse* e teclado por gestos, utilizando técnicas de captura de movimento. Essa captura de movimento foi feita através do dispositivo Kinect.

### **1.2- Organização da Monografia**

Além desta introdução, esta monografia está dividida em cinco capítulos. O Capítulo 2 aborda as tecnologias de Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Capítulo 3 descreve a abordagem VisAr3D que serviu de base para este trabalho. O Capítulo 4 disserta sobre o Kinect, apresentando o método de controle por gestos proposto para esta ferramenta. No Capítulo 5, a ferramenta proposta por este trabalho é descrita. No Capítulo 6 é descrito o processo de experimentação da ferramenta e finalmente, o Capítulo 7 encerra o documento com as conclusões.

## **2- Realidade Virtual e Realidade Aumentada**

Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) são duas tecnologias distintas, mas com algumas características semelhantes, como o uso de objetos virtuais e a imersão que propiciam ao usuário. Desde as suas invenções, cerca de meio século atrás, elas têm sido aplicadas em diversas áreas, como educação e entretenimento. Este capítulo descreve estas tecnologias e seu uso, dando ênfase a sua aplicação no ensino.

A Seção 2.1 descreve os conceitos sobre RV e a Seção 2.2 descreve os conceitos sobre RA. A Seção 2.3 lista alguns dos dispositivos utilizados em conjunto com essas tecnologias. Na Seção 2.4, são exploradas algumas das áreas propícias ao uso de RV e RA. A Seção 2.5 descreve a sua aplicação no ensino, citando alguns projetos que utilizam tais tecnologias na educação. Por fim, a Seção 2.6 conclui o capítulo.

### **2.1 - Realidade Virtual**

Realidade Virtual é definida por KIRNER e SISCOOTTO (2007) como “uma ‘interface avançada do usuário’ para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador”. Esses ambientes são modelados através de linguagens especializadas, como VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) e X3D, dentre outras (LERONUTTI e CHITTARO, 2007). Um exemplo de RV seria os simuladores de vôo usados no treinamento de pilotos.

De acordo com BOWMAN *et al.* (2005), a interação do usuário com um ambiente virtual tridimensional realista propicia um maior engajamento e eficiência, através de experiências ricas e naturais. Por isso, a interação é considerada um dos aspectos mais importantes da interface. Estas interações podem ocorrer de diversas maneiras, desde simplesmente explorar o ambiente, movimentando o ponto de vista do usuário através de um *mouse* 3D ou algum dispositivo de captura, até interações complexas envolvendo objetos virtuais que alteram o comportamento da simulação, como tocar em um objeto que altera a cor do ambiente.

Para permitir essa interação, a RV necessita utilizar diversos tipos de dispositivos para permitir a imersão do usuário no universo virtual. Esses dispositivos podem vir em diversas formas, desde capacetes e óculos, que permitam ao usuário controlar o ponto de vista diretamente através da movimentação da cabeça, até luvas que respondam aos movimentos do usuário, dando a sensação de tato e fazendo com que o usuário interaja diretamente com o ambiente virtual.

Tais dispositivos utilizam diversos tipos de mídias para representar o universo virtual, como imagens e sons. A RV, porém, se diferencia da Multimídia, por tais elementos serem gerados em tempo real, e favorecer a interação do usuário com o ambiente, enquanto que a Multimídia usa elementos pré-processados e dá preferência à qualidade de reprodução desses elementos.

## 2.2 - Realidade Aumentada

Existem diversas formas de se definir Realidade Aumentada. INSLEY (2003) a define como “a melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador”, enquanto que MILGRAM *et al.* (1994) considera a RA como sendo “a mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais”. Um tema comum encontrado nas definições é o uso de objetos virtuais para aprimorar o ambiente real. Um exemplo de RA pode ser visto através das transmissões de jogos de futebol, onde o computador gera gráficos para demonstrar a trajetória do chute, a distância entre dois pontos, etc.

Bem como na RV, a RA também requisita de algum tipo de aparelho ou sistema para a exibição e gerenciamento dos objetos virtuais. Mas ao contrário da RV, esses objetos são inseridos no ambiente real, sem necessitar da criação de um ambiente virtual específico. Tais aparelhos podem ser desde *smartphones* e computadores com *webcams*, até modernos óculos especiais (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Google Glass em uso

### 2.3 - Dispositivos de RV e RA

Diversos tipos de dispositivos vêm sendo inventados para permitir a visualização e interação do usuário com os elementos virtuais. Aplicações mais simples, geralmente restritas à RA, podem ser utilizadas através de *smartphones* e computadores pessoais, enquanto que aplicações mais complexas requerem equipamento especializado (WAGNER *et al.*, 2005). Algumas dessas ferramentas, que merecem menção, são descritas a seguir:

- HMD (*Head Mounted Display*) - Um HMD é um dispositivo de exibição usado na cabeça ou como parte de um capacete, que exibe imagens diretamente aos olhos do usuário (Figura 2.2). HMDs podem ser usados tanto para RV quanto para RA, exibindo o ambiente virtual ou os objetos virtuais sobre ambiente real, respectivamente. HMDs ajudam na imersão, controlando o ponto de vista do usuário através do movimento da cabeça.



Figura 2.2: HMD baseado em vídeo (RODRIGUES e WERNER, 2008)

- CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) - Consiste de uma pequena sala, com um grupo de projetores que exibem imagens de um ambiente virtual nas paredes, no chão e no teto. Uma vez dentro da sala, o usuário pode visualizar e interagir com o ambiente virtual à sua volta, o que propicia a imersão dentro

do universo virtual. O usuário geralmente utiliza óculos 3D para visualizar os objetos virtuais fora da projeção, e sensores de movimento para controlar a movimentação do usuário dentro do ambiente.

- Luvas hápticas - Luvas que contêm sensores para capturar os movimentos das mãos do usuário. Com elas é possível interagir diretamente com o ambiente virtual, o que propicia uma maior imersão. Luvas hápticas suficiente avançadas utilizam “radiação acústica” para criar a sensação de pressão nas mãos, permitindo ao usuário “tocar” objetos virtuais.
- Sensores de captura de movimento - Sensores que capturam a posição e a movimentação de um ou mais usuários, e utilizam essa informação para alterar o ambiente virtual. Esses dados podem ser obtidos através da análise da imagem, reconhecendo padrões e identificando a posição do usuário, ou com o auxílio de marcadores, que geralmente são algum tipo de objeto que o sensor reconhece e utiliza como referência, desde pequenas esferas (Figura 2.3) até fitas coloridas.

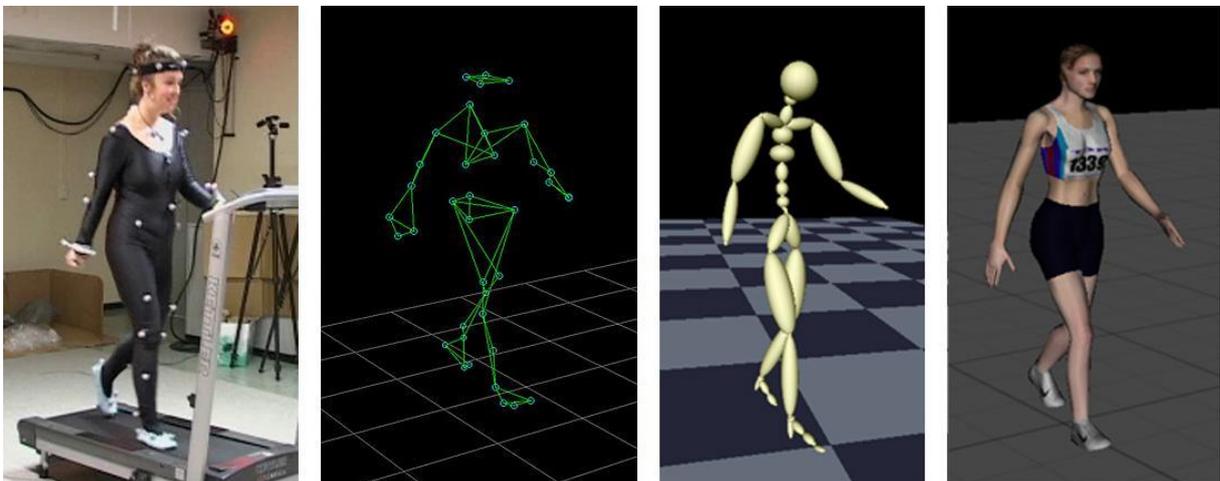


Figura 2.3 - Uso de Marcadores para captura do movimento

## 2.4 - Aplicações

A RV e a RA encontraram aplicações em diversas áreas, devido a possibilidade de imersão e interação com um ambiente customizável e seguro (SHERMAN e CRAIG, 2002). Dentre estas, quatro áreas se destacam:

- **Treinamento:** O uso de RV permite treinar os usuários simulando situações que, caso fossem representadas na vida real, poderiam ter algum risco, tanto ao bem estar dos usuários quanto riscos financeiros. Médicos em treinamento podem praticar operações em pacientes com doenças raras e contagiosas sem arriscar a vida de terceiros, soldados podem simular operações antiterroristas sem o risco de ferir inocentes. Quanto a RA (REINERS *et al.*, 1998), o treinamento geralmente se dá através de objetos ou áreas importantes serem coloridas com cores diferentes, ou a exibição de objetos virtuais representando objetos reais que não estariam visíveis (como órgãos dentro de um paciente, ou peças dentro de uma máquina). Também é possível a exibição de instruções no equipamento, para guiar o usuário.
- **Tratamento médico:** Vários estudos (ANDERSON, 2003) (PARSONS e RIZZO, 2008) têm testado a eficiência do uso de RV no tratamento de problemas psicológicos e neurológicos, como fobias ou autismo. Esses tratamentos são feitos através de simulações de situações que o paciente teria dificuldade em lidar, como locais fechados, ou multidões, permitindo ao usuário enfrentar essas situações, tendo consciência de que não são reais e não apresentam nenhum tipo de ameaça.
- **Entretenimento -** O uso de RV e RA na área de entretenimento se dá devido à imersão propiciada por essas tecnologias. É possível ao usuário jogar um *game* e se sentir dentro do ambiente e interagir diretamente com o universo virtual.
- **Ensino -** Como já elaborado anteriormente, existe a possibilidade do uso de RV e RA para o treinamento prático de profissionais de diversas áreas. Entretanto, esse mesmo potencial também pode ser utilizado para o ensino de disciplinas teóricas nos mais diversos níveis, desde o ensino fundamental até o ensino superior. Diversos estudos já foram realizados para avaliar a eficiência dessas tecnologias no ensino (MOORE, 1995) (DUNLEAVY, 2009).

## **2.5 - Aplicações no ensino**

A ideia de utilizar RV e RA no ensino não é algo novo, já tendo sido sugerida por PANTELIDIS (1993). De fato, diversos projetos têm sido feitos a fim de explorar as qualidades dessas tecnologias e trazê-las para as salas de aula. Trabalhos como SHELTON e HEDLEY(2002) e MAIER *et al.* (2009) têm explorado a possibilidade de utilizar RA para o ensino de alunos no ensino fundamental e médio, enquanto que LIAROKAPIS *et al.* (2004) apresentam uma aplicação para suporte ao ensino de engenharia.

BELL e FOGLEL (1995) apontam como a principal vantagem da aplicação de RV no ensino a capacidade de visualizar situações e conceitos que não poderiam ser vistos de outra maneira e de imergir o aluno dentro dessa visualização. Eles também mencionam o interesse e o entusiasmo do usuário na utilização dessas aplicações.

A implementação de técnicas de RV e RA na educação promove um ensino mais criativo, dinâmico, e colocando o aluno no centro do processo de aprendizagem. Uma preocupação comum quanto à implementação dessas tecnologias é o custo de hardware e software. Entretanto o preço de equipamentos e software de RV tem decaído nos últimos anos, se tornando viável como um instrumento de ensino (TORI, 2010).

## **2.6 - Considerações Finais**

Técnicas de RV e RA têm sido empregadas em várias áreas nos mais diversos tipos de aplicações, devido às suas capacidades de visualização, interação e imersão. Simulações podem levar os usuários a situações que não seriam possíveis de outra maneira, o que pode ajudar a compreender assuntos mais complexos. Além disso, a possibilidade de interação facilita a abstração e permite a melhor assimilação de atividades práticas de modelagem de sistemas e o posterior raciocínio lógico necessário para o desenvolvimento de programas.

### **3- VisAr3D**

A abordagem VisAr3D - Visualização de Arquitetura de Software em 3D é uma abordagem que utiliza as tecnologias de RA e RV para mobilizar os alunos de Modelagem de Sistemas Complexos. Essa abordagem foi proposta em (RODRIGUES, 2012) e diversos de seus conceitos servem de base para a ferramenta desenvolvida neste projeto. Este capítulo descreve, de maneira simplificada, alguns desses conceitos. Mais detalhes podem ser encontrados em (RODRIGUES, 2012)

Na Seção 3.1, são apresentados os objetivos que essa abordagem pretende atingir. A Seção 3.2 faz uma descrição da abordagem, explicando aspectos técnicos de sua funcionalidade. Na Seção 3.3, são descritos dois exemplos da aplicação do VisAr3D. Por fim, na Seção 3.4, são apresentadas as considerações finais sobre este capítulo.

#### **3.1 - Objetivos da abordagem VisAr3D**

A abordagem VisAr3D apoia o ensino de Engenharia de Software, mais especificamente na área de Modelagem de Sistemas, auxiliando alunos que estejam iniciando seus estudos na disciplina. Os principais requisitos que a abordagem visa atender são:

- Oferecer suporte ao desenvolvimento e à participação dos alunos em projetos complexos. A abordagem incentiva a modelagem de sistemas maiores, como os que os alunos encontrariam fora da academia, num ambiente de trabalho, e suporta o entendimento dos elementos e requisitos dos modelos dessa escala. Também propõe o suporte à reutilização e evolução de projetos anteriores.
- Reduzir a distância entre a teoria e a prática. A abordagem dinamiza as experiências na sala de aula, a fim de promover uma maior participação e melhor rendimento na aprendizagem por parte do aluno.

- Apoiar à assimilação de conhecimentos e habilidades. Ao melhorar a comunicação entre os membros do grupo e facilitar a organização e divisão de tarefas dentro da equipe, é possível promover a integração dos resultados individuais para a conclusão de tarefas complexas, o que permite a propagação de conhecimento entre os integrantes do grupo.
- Ser atrativo para o aluno. A abordagem propicia um ambiente exploratório com uma perspectiva tridimensional, que responde às interações dos usuários e é intuitivo.
- Simplicidade e facilidade de uso. Sua operação é intuitiva, a fim de que alunos e professores não percam tempo aprendendo como operar a ferramenta.
- Os diagramas tridimensionais usados têm aparência semelhante aos modelos originais bidimensionais. Os elementos tridimensionais complementam os diagramas 2D sem comprometer a capacidade de compreensão dos diagramas.
- Valorização visual. Usar profundidade, cores e formas para diferenciar as informações adicionais fornecidas pela abordagem com mais facilidade.
- Ocultar detalhes e informações enquanto não forem solicitadas. Modelos de sistemas maiores e mais complexos possuem muito mais elementos que, caso sejam exibidos o tempo todo, obstruiriam a visão do diagrama, dificultando a compreensão dos detalhes do modelo.

### **3.2- Descrição da abordagem**

A arquitetura da abordagem VisAr3D é dividida em três módulos (Figura 3.1): um Módulo Arquitetural, onde diagramas são criados, documentados, e exportados no formato XMI; um Módulo de Realidade Aumentada, que reconhece a projeção 2D do diagrama e permite o acesso ao arquivo XMI relacionado; e um Módulo de

Realidade Virtual, responsável por exibir um modelo tridimensional baseado na projeção 2D.

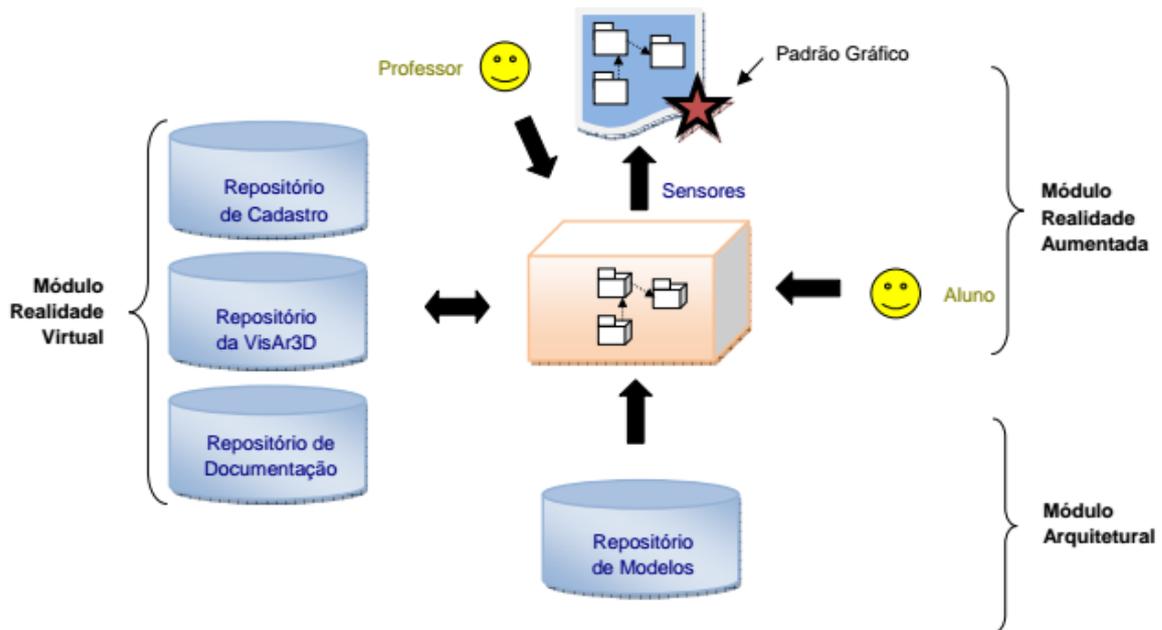


Figura 3.1 – Visão Geral da VisAr3D

Um uso típico da abordagem consiste na elaboração de diagramas UML, e exportadas para um arquivo XML pelo Módulo Arquitetural. Esses diagramas são associados a um padrão gráfico para reconhecimento pelo módulo de Realidade Aumentada. Com isso feito, o professor pode exibir um diagrama 2D contendo o padrão gráfico específico do diagrama. O Módulo de Realidade Aumentada então reconhece o padrão o que permite, a partir dessa informação, que o Módulo de Realidade Virtual crie os modelos 3D associados ao diagrama, automaticamente.

Utilizando essa projeção virtual tridimensional, o professor e os alunos podem explorar e interagir com os modelos UML, visualizando todos os diagramas de um sistema de grande escala do ângulo que desejarem, compreendendo os elementos de modelagem e suas relações neste ambiente tridimensional e filtrar o tipo de informação disponível e relevante, contribuindo com a clareza do diagrama através de uma atividade de aprendizagem prática e agradável.

### 3.3 - Protótipo VisAr3D

O protótipo desenvolvido utilizando a abordagem VisAr3D é capaz de exibir uma visão estática de modelos de sistemas de larga escala, a partir de arquivos XMI contendo os dados pertinentes, gerados a partir de uma ferramenta de criação de diagramas UML. Limitando-se ao sistema operacional Windows, a versão atual foi desenvolvida em Java, X3D, Xj3D (2011) e XMI (versão 2.1).

Optou-se pela utilização da API Xj3D para a manipulação dos modelos tridimensionais de padrão X3D por oferecer um conjunto de ferramentas desenvolvidas em Java, bem como um *browser* para visualização dos modelos em 3D e bibliotecas para a manipulação destes modelos. Entretanto, uma visita recente ao site oficial do Xj3D mostra que ela foi abandonada e está passando atualmente por um processo de re-desenvolvimento.

O protótipo oferece a visualização de diversos detalhes sobre o diagrama, como os atributos e métodos pertencentes à cada classe, quais classes estão relacionadas a determinado pacote, quais classes possuem uma documentação e quais se encontram presentes em outros diagramas. Estas informações podem ser filtradas selecionando a opção apropriada com o teclado, e a classe relevante selecionada com o cursor do mouse.

Porém, como se trata de um protótipo, ainda existem certos limites nas suas funcionalidades. Algumas destas limitações são o uso de duas janelas, uma para exibição do diagrama e outra para exibição das informações; um desempenho abaixo do esperado com o *browser* do Xj3D; e a falta de animações.

### 3.4 - Considerações Finais

Devido aos aspectos relacionados à Realidade Virtual e Aumentada, é possível compreender o grande potencial da abordagem VisAr3D na área de educação, especialmente no ensino de Engenharia de Software e Modelagem de Sistemas. O uso de Realidade Virtual e Aumentada permite a simplificação de conceitos abstratos para o aluno, além de permitir que este interaja com os diversos diagramas e modelos pertinentes à área.

Entretanto, o fato do protótipo da abordagem depender de uma biblioteca abandonada, limita drasticamente futuros desenvolvimentos da abordagem VisAr3D, especialmente considerando-se a grande importância dessa biblioteca para o funcionamento do protótipo - ela é a responsável pelo tratamento dos objetos em 3D. Como mencionado anteriormente, objetos tridimensionais em um ambiente virtual representam um dos atrativos-chave da abordagem.

Porém o ponto principal da abordagem - o de apoiar o ensino de Modelagem de Sistemas através de uma maior interatividade - não se limita ao uso de RA ou RV. Existem várias formas de se interagir com objetos virtuais, como a captura de movimentos de um usuário, ou até mesmo o uso de comandos de voz. Essas alternativas oferecem um grande potencial para a interatividade do aluno e merecem ser estudadas, sendo este o objetivo deste trabalho.

## 4 - Kinect

O Kinect, a princípio, foi proposto como uma alternativa ao controle de jogo do Xbox360 (PAULA, 2011) tendo sido desenvolvido pela Microsoft em 2010 sob o nome de Projeto Natal. A ideia principal do Kinect é a captura de imagens em três dimensões e reconhecimento do corpo do jogador presente na imagem. Isso permite ao usuário controlar o jogo apenas com gestos, sem a necessidade de apertar botões. Eventualmente, o dispositivo passou a ser utilizado no estudo e desenvolvimento de aplicações em RA, dada a sua capacidade de coletar facilmente uma grande quantidade de dados sobre o ambiente (ALVES *et al.*, 2012).

Na Seção 4.1, é abordada a estrutura física do Kinect, descrevendo as suas funcionalidades e outros aspectos técnicos do sensor. A Seção 4.2 descreve alguns casos de uso do Kinect, dentro do escopo da área de ensino. A Seção 4.3 discorre sobre as vantagens e desvantagens da aplicação do sensor Kinect. Finalmente, na Seção 4.4, são expostas as considerações finais sobre este capítulo.

### 4.1 - Estrutura do Kinect

O Kinect, por se tratar de um periférico, pode ter sua funcionalidade dividida em duas partes: *Hardware*, que diz respeito ao sensor ótico que captura as imagens, e *Software*, que contém os *drivers*, *runtime*, APIs etc. e que pode ser obtido baixando-se o *Source Development Kit* (SDK) no próprio site da Microsoft<sup>1</sup>.

A SDK também possui amostras de código para o estudo das funcionalidades. Estas amostras se encontram em diversas linguagens de programação, como C# e Visual Basic. O sensor Kinect não é necessário para a programação do código, podendo ser compilado sem que qualquer erro seja retornado. Entretanto, a ausência de um sensor torna as aplicações inutilizáveis.

#### 4.1.1 - Sensor Kinect

O sensor Kinect (Figura 4.1) contém uma câmera RGB, sensor de profundidade e um arranjo de quatro microfones em sua base, os quais permitem a

---

<sup>1</sup> <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>

captura de movimento em 3D, bem como reconhecimento facial e de voz. O seu alcance máximo é de 4 metros, caindo para 3 metros caso seja colocado em “Near Mode”<sup>2</sup>, que permite uma melhor captura para usuário mais próximos ao sensor.

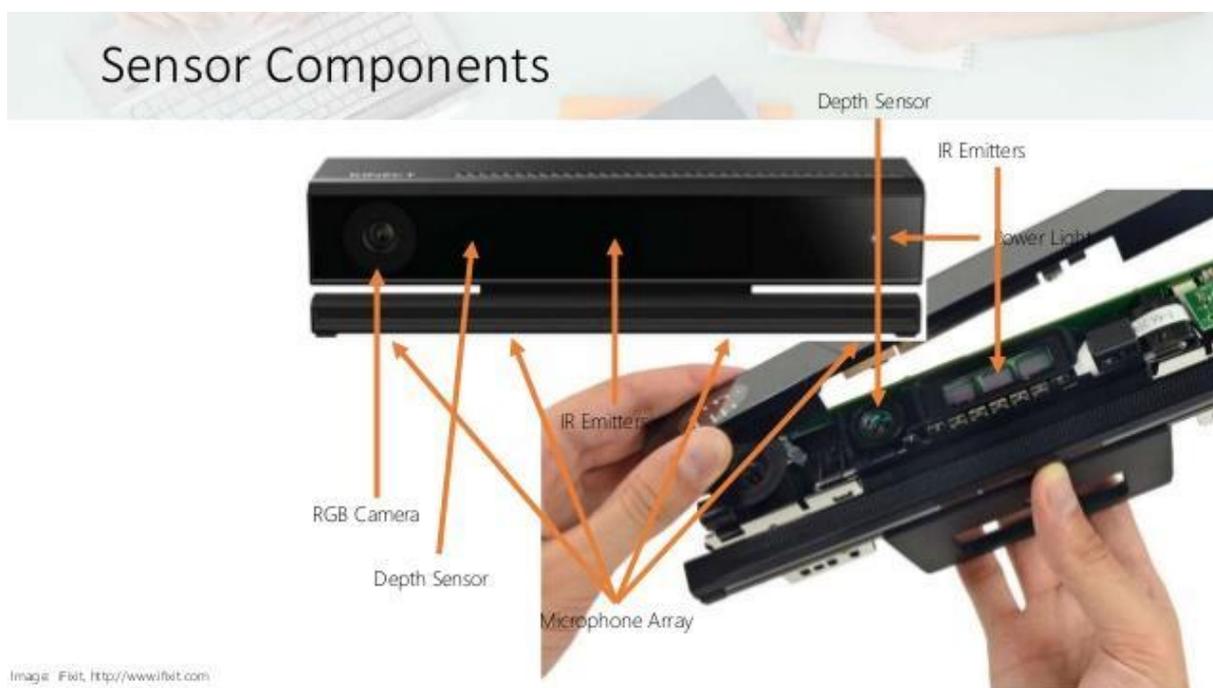


Figura 4.1 - Componentes do Sensor Kinect

O sensor de profundidade é constituído por três projetores de laser infravermelho combinados com um sensor CMOS, um sensor de reconhecimento de imagens composto por um circuito integrado com um arranjo de sensores de pixel-ativo. Essa combinação permite a captura de vídeo em 3D em condições de pouca luminosidade, mas devido ao uso de infravermelho, o sensor Kinect não pode ser utilizado em locais sob luz direta do sol.

A captura de vídeo é feita em uma resolução padrão de 640 x 480 pixels, utilizando um filtro Bayesiano para as cores, mas o *hardware* permite o aumento da resolução até 1280 x 1024, ao custo de um *framerate* menor.

O sensor possui reconhecimento de gestos, faces e vozes, podendo captar até 6 pessoas simultaneamente, cada um com 25 juntas (articulações do corpo humano) por usuário (na versão 2.0). A versão 1.0 permitia apenas 2 pessoas com 20 juntas cada (Figura 4.2).

<sup>2</sup> <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh438998.aspx>

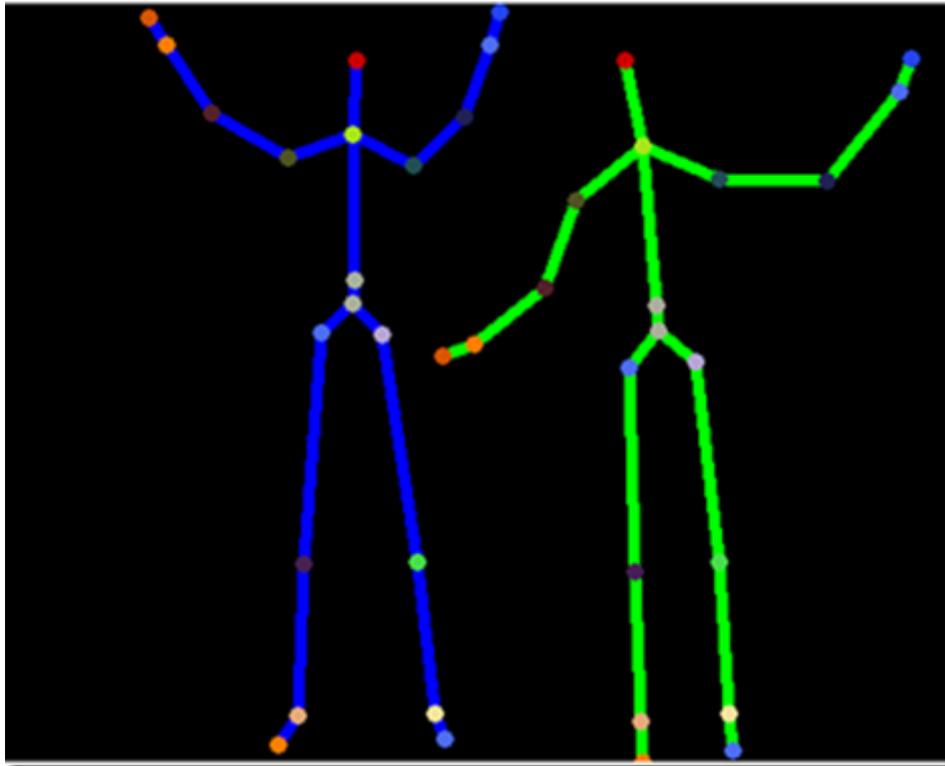


Figura 4.2 - Articulações capturadas pelo Kinect (Versão 1.0)

#### **4.1.2 – Calibração e Identificação de usuários**

A calibração da captura é feita durante a fabricação do sensor, não sendo necessário que o usuário faça qualquer calibração. Por isso, não existem formas automáticas para a calibração do sensor.

Enquanto o sensor identifica a presença de usuários automaticamente, o rastreamento de usuários precisa ser feito manualmente. A SDK possui três métodos de identificação do usuário para rastreamento pré-programados, podendo ser selecionados através de uma função específica. O método padrão consiste no usuário esticar o braço para frente com a mão aberta, mas também é possível optar pelo usuário tocar a própria cabeça ou colocar a mão na tela.

#### **4.1.3 – Controle**

Uma vez que um usuário esteja sendo rastreado, um cursor do Kinect (Figura 4.3) aparece na tela, respondendo aos movimentos da mão direita ou esquerda do usuário. Utilizando esse cursor, o usuário pode interagir com objetos dentro de uma

aplicação Kinect. Botões, por exemplo, podem ser pressionados posicionando o cursor sobre o botão desejado, e movendo-se a mão para frente, como se o usuário pressionasse um botão imaginário na sua frente. Também é possível ajustar o *zoom* de um *canvas*, posicionando o cursor em qualquer lugar do *canvas*, fechando o punho (como se o usuário estivesse segurando algo em sua frente), e mover o punho fechado para frente ou para trás, aumentando ou diminuindo o *zoom*, respectivamente.

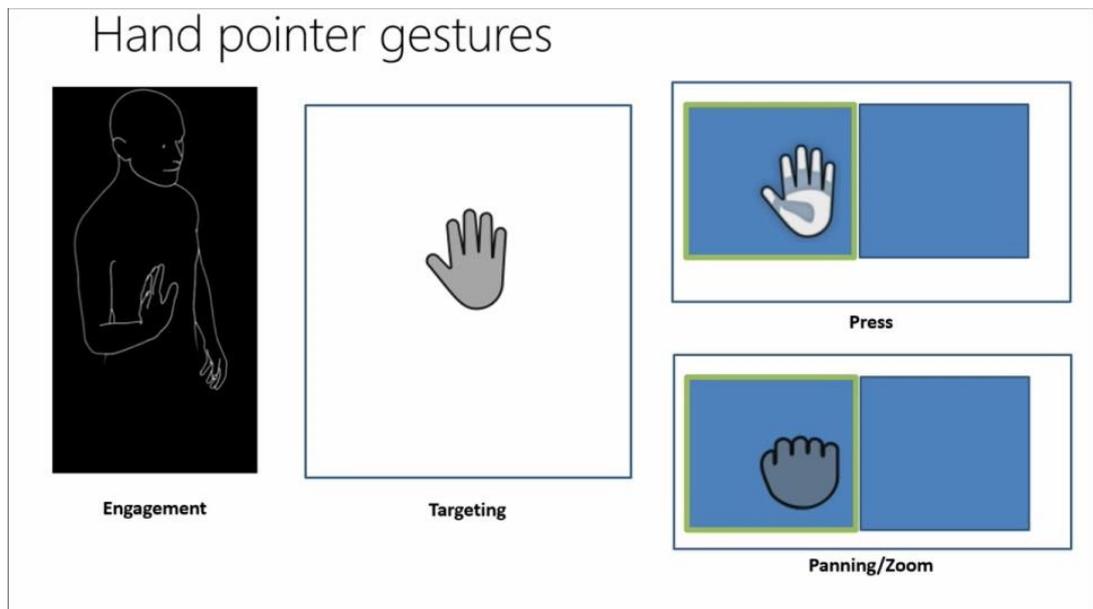


Figura 4.3 – Cursor Kinect

O Kinect também permite a utilização de gestos customizáveis, utilizando a ferramenta *Visual Gesture Builder*, disponível na SDK. Através dela é possível definir uma biblioteca de gestos, os quais podem ser acessados por um aplicativo para o reconhecimento. Também é possível controlar o Kinect por meio de comandos de VOZ.

## 4.2 - Exemplos de Aplicação do Kinect

Diversas propostas tem sido feitas para a aplicação do sensor Kinect nas mais diversas áreas, desde o ensino (SHELTON e HEDLEY, 2002) (ALVES *et al.*,

2012) até o apoio ao tratamento fisioterapêutico (BALISTA, 2013). A seguir, são apresentadas duas propostas de uso do Kinect:

#### **4.2.1 – AlfabetoKinect**

AlfabetoKinect (ALVES *et al.*, 2012) se trata de um aplicativo educativo que tem como objetivo o suporte à alfabetização de crianças utilizando o reconhecimento corporal do Kinect para desenvolver uma interface com estímulos visuais e simbólicos. Ele permite ao usuário aprender o alfabeto através do reconhecimento gestual.

A ideia é associar cada objeto ao seu nome e sua inicial. Isso é feito movendo os elementos presentes (figuras de objetos, suas iniciais, e seus nomes) na tela até seus respectivos repositórios, levando em consideração cores e formas geométricas. Essa movimentação é feita através de gestos manuais, como se o usuário estivesse movendo objetos reais.

Após todos os elementos terem sido colocados em repositórios, a aplicação verifica se eles estão em suas devidas posições e, em caso afirmativo, exibe uma mensagem parabenizando o jogador. O *software* então inicia uma nova fase com um nível de dificuldade maior.

Na sua avaliação, a aplicação foi exibida para um grupo de docentes, que confirmaram a usabilidade e intuitividade do *software*, embora alguns membros do grupo de avaliação tenham sugerido a necessidade de uma melhora na interface e no reconhecimento do movimento do usuário.

#### **4.2.2 – Medição de Frequência Respiratória**

Em LUSTOSA (2013) é avaliada a possibilidade de uso do sensor Kinect para a medição da frequência respiratória de um indivíduo, parâmetro importante na avaliação de doenças e lesões pulmonares. Entretanto, pesquisas mostram que o uso de máscaras e bucais, bem como a consciência da própria respiração podem alterar drasticamente a frequência respiratória de um indivíduo (HAN *et al.*, 1997).

O Kinect foi escolhido por permitir a medição de forma discreta, sem interferir com a respiração natural do indivíduo. Outros atrativos foram o seu tamanho

compacto, o que faz com que possa ser relocado se necessário com maior facilidade, e o seu baixo custo, comparado com as ferramentas geralmente utilizadas para monitoração da frequência respiratória.

Essa medição é feita utilizando o sensor infravermelho do Kinect para a criação de mapas de profundidade de uma cena contendo o paciente. Estes mapas são então utilizados para avaliar o padrão respiratório e obter a frequência da respiração do indivíduo sem influenciá-lo diretamente.

Os resultados obtidos com o uso do sensor Kinect foram comparados com os obtidos através de pneumotacógrafo (aparato tradicional para medição da frequência respiratória). Essa comparação mostrou que o sensor Kinect desempenhou de forma satisfatória, sendo igualmente capaz de captar as mudanças na respiração quanto o pneumotacógrafo.

### **4.3 - Vantagens e Desvantagens**

A possibilidade de uso do Kinect na área de educação tem sido estudada há algum tempo (HSU, 2011). Porém, é importante considerar suas vantagens e desvantagens, a fim de que se possa avaliar se seu uso realmente é válido, dadas as condições do ambiente em que se planeja utilizar tal tecnologia.

Suas principais vantagens são:

*Interatividade e Imersão:* O sensor Kinect, por basear-se na captura de movimentos, permite que os usuários controlem o ambiente virtual diretamente. A ausência de controles usuais (*mouse* e teclado) permite a imersão do usuário na experiência de uso do sistema, o que por sua vez facilita o aprendizado.

*Flexibilidade e Versatilidade:* Dependendo do tipo de software utilizado em conjunto com o sensor, é possível realizar diversos tipos de simulações, promover diferentes tipos de aprendizado, obter diversos tipos de dados.

*Múltiplos usuários:* Como descrito anteriormente, o sensor Kinect permite a captura simultânea de até seis pessoas (duas em sua versão anterior). Isso permite

aos usuários praticar atividades que envolvem cooperação, desenvolvendo práticas sociais e cooperativas.

*Custo:* Se comparado ao quadro branco interativo, outra ferramenta que promove o aprendizado através da interação, o sensor Kinect é, consideravelmente, mais barato.

Suas principais desvantagens são:

*Falta de software disponível:* Embora o Kinect venha sendo cada vez mais explorado como ferramenta de suporte ao aprendizado, ainda não existe aplicativos suficiente para cobrir todas as áreas didáticas. Quanto mais específico é o assunto a ser ensinado, menores as chances de se encontrar algum software disponível.

*Requer espaço:* Como se trata de um sensor de captura de movimento, o Kinect necessita de uma área desobstruída para o seu uso. Dependendo do contexto onde o aplicativo será utilizado, isso pode não ser possível.

*Necessita de calibração:* Enquanto o sensor Kinect pode realizar alguns ajustes automaticamente, algumas aplicações requerem movimentos específicos, sutis. Isso faz com que um tempo inicial durante cada execução tenha que ser dedicado à calibração do equipamento para garantir a sua acurácia.

*Bias:* Apesar de haver diversos estudos comprovando a importância de manter a atenção dos alunos, e de como o modelo clássico de ensino não é “ideal”, ainda existe certa resistência à abordagem de novos métodos de ensino.

#### **4.4 - Considerações Finais**

O Kinect tem se mostrado uma ferramenta com grande potencial de ensino, por poder oferecer uma experiência de imersão ausente nas práticas didáticas tradicionais. Esse potencial tem sido explorado cada vez mais por pesquisadores de

diversas áreas, com diversos objetivos, mas com um intuito em comum: facilitar essa árdua tarefa que é o aprendizado.

Existem, é claro, diversas barreiras. A falta de material e documentação, são um exemplo válido. Parte disso se deve ao estado primitivo das pesquisas realizadas. Outra parte pode ser atribuída ao recente desenvolvimento da versão 2.0 do sensor, o que tornou várias de suas notações, funções e aplicações obsoletas e no pior dos casos, não funcionais.

Entretanto, casos como o AlfabetoKinect mostram que é possível superar essas barreiras e criar aplicações que ofereçam suporte adequado aos usuários. Aplicações como essas são um sinal de que o Kinect possui um grande potencial no apoio à área de educação. Mas é preciso que pesquisadores, desenvolvedores e usuários popularizem o uso dessa tecnologia em salas de aula através de novas aplicações e melhor documentação.

## 5 - Visualização de Modelos de sistemas Através de Gestos - VMAG

Este capítulo tem como objetivo apresentar a aplicação desenvolvida VMAG, descrevendo suas funcionalidades, requisitos e limitações. Um protótipo contendo algumas das funcionalidades propostas foi desenvolvido, com o propósito de demonstrar o funcionamento da ferramenta.

A Seção 5.1 descreve as características da aplicação, explicando os conceitos de seu funcionamento. Na Seção 5.2, são listados os requisitos da ferramenta, explicando a sua relevância. A Seção 5.3 discorre sobre as funcionalidades presentes no protótipo. Na Seção 5.4, são descritas as limitações técnicas da ferramenta e, finalmente, na Seção 5.5, são apresentadas as considerações finais sobre da ferramenta.

### 5.1 - Descrição

VMAG - Visualização de Modelos de sistemas Através de Gestos - é uma ferramenta de visualização com o objetivo de utilizar técnicas de interatividade e imersão para apoiar a compreensão da disciplina Modelagem de Sistemas em Engenharia de Software. Isso é feito fornecendo ao usuário a possibilidade de interagir com diagramas de classe exibidos na tela do computador. Usando Kinect para facilitar o uso e aumentar o interesse do usuário no assunto, o aluno pode mover o cursor através de gestos, escolhendo qual tipo de informação deseja ver, facilitando sua assimilação de conceitos de modelagem.

A ferramenta pode exibir sua interface na própria tela do computador ou em uma parede através de um projetor. A interface, codificada em XAML<sup>3</sup>, é composta por uma área de exibição, onde o diagrama de classe é exibido, bem como as informações pertinentes às escolhas do usuário, e por um conjunto de botões, os quais selecionam qual tipo de funcionalidade será executada. Estes botões podem ser acionados através do *mouse*, ou mais convenientemente, com gestos do próprio usuário, como se ele apertasse um “botão virtual”. A figura 5.1 apresenta uma interface da ferramenta VMAG.

---

<sup>3</sup> [https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/ms752059\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/ms752059(v=vs.110).aspx)

Fora a interface em XAML, as funções responsáveis pelas funcionalidades da ferramenta e pelo tratamento dos dados recebidos do Kinect estão programadas em C# e localizadas em arquivos separados do arquivo XAML, o que facilita a customização da interface pelo desenvolvedor caso seja necessário.

Algumas funções mais específicas, como a preferência de sincronização entre o usuário e o cursor do Kinect são mantidas em um arquivo e uma interface de opções separadas. Elas podem ser acessadas e alteradas durante o funcionamento da aplicação, a fim de melhor se ajustar ao usuário e ao ambiente.

## **5.2 - Requisitos da ferramenta**

Considerando o funcionamento da ferramenta, seu único requisito atual é um computador ou *laptop* com um sensor Kinect versão 2.0 instalado e operacional. Isso implica que o sensor deve estar apropriadamente conectado, e que os *drivers* contidos no *Source Developer Kit* tenham sido previamente instalados. Como o Kinect é um produto desenvolvido pela Microsoft, o computador ou *laptop* estará limitado aos sistemas operacionais desenvolvidos pela Microsoft.

Como o funcionamento da ferramenta depende de um sensor de captura de imagens, também é necessário que o usuário disponha de um local apropriado, sem obstruções e apropriadamente iluminado para utilização da ferramenta. Embora o sensor possa captar imagens em infravermelho, a ferramenta, em seu estado atual, utiliza as imagens padrões para o reconhecimento do usuário.

## **5.3 - Funcionalidades**

Por se basear na abordagem VisAr3D, sete funcionalidades foram utilizadas: *Default View*, *One Class Diagram*, *Attributes*, *Operations*, *Documentation*, *Package*, e *Author*. A seguir, as características do funcionamento dessas funcionalidades são detalhadas.

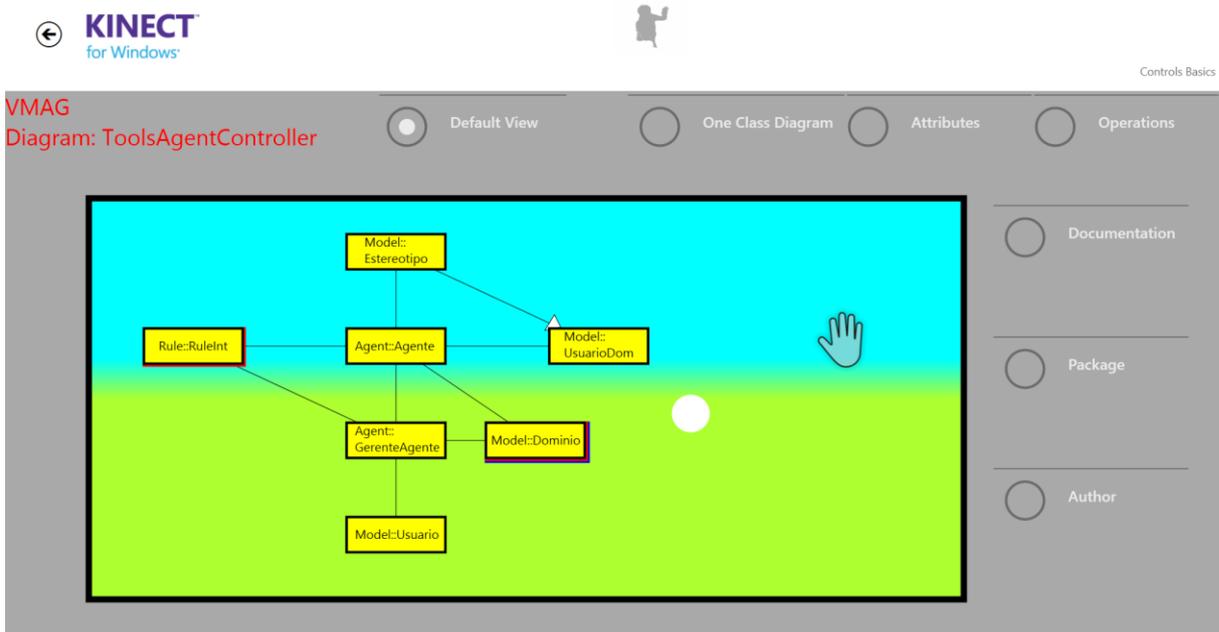


Figura 5.1 - Interface da VMAG

Default View (Visão Padrão): Ao passar o cursor por um elemento do diagrama, o nome desse elemento é exibido junto ao cursor. No caso dos relacionamentos entre as classes, além do nome desse relacionamento, também é exibida a cardinalidade do relacionamento em baixo do nome. Como o nome sugere, essa é função padrão da ferramenta e é selecionada, automaticamente, com a sua inicialização. A Figura 5.2 mostra o cursor sobre a classe RuleInt e a Figura 5.3 mostra o cursor sobre um relacionamento. Em ambos os casos as informações pertinentes podem ser vistas.

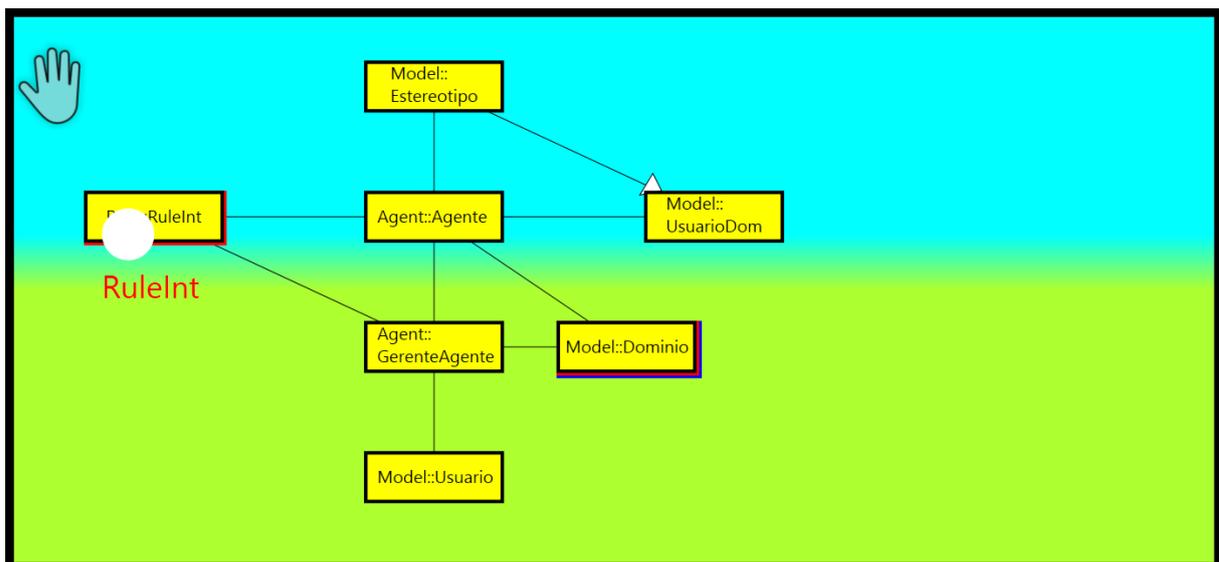


Figura 5.2 - Default View com uma classe indicada

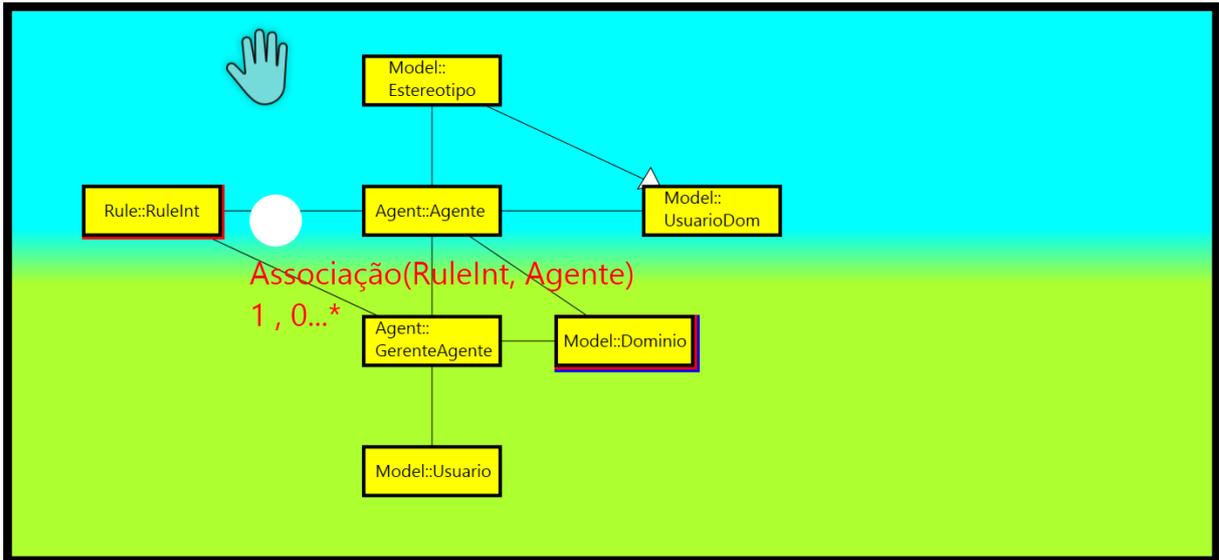


Figura 5.3 - Default View com um relacionamento indicado

*One Class Diagram* (Diagrama de uma Classe): Algumas classes de um determinado diagrama podem estar representadas em diversos diagramas distintos. Essa funcionalidade auxilia a visualização desses relacionamentos através da adição de objetos visuais que indicam quais classes possuem relacionamentos externos ao diagrama. Ao selecionar essa funcionalidade, passar o cursor por quaisquer classes no diagrama que foram modeladas em outros diagramas (demarcadas por uma sombra vermelha) exibe o nome dos diagramas que contêm o objeto (Figura 5.4).

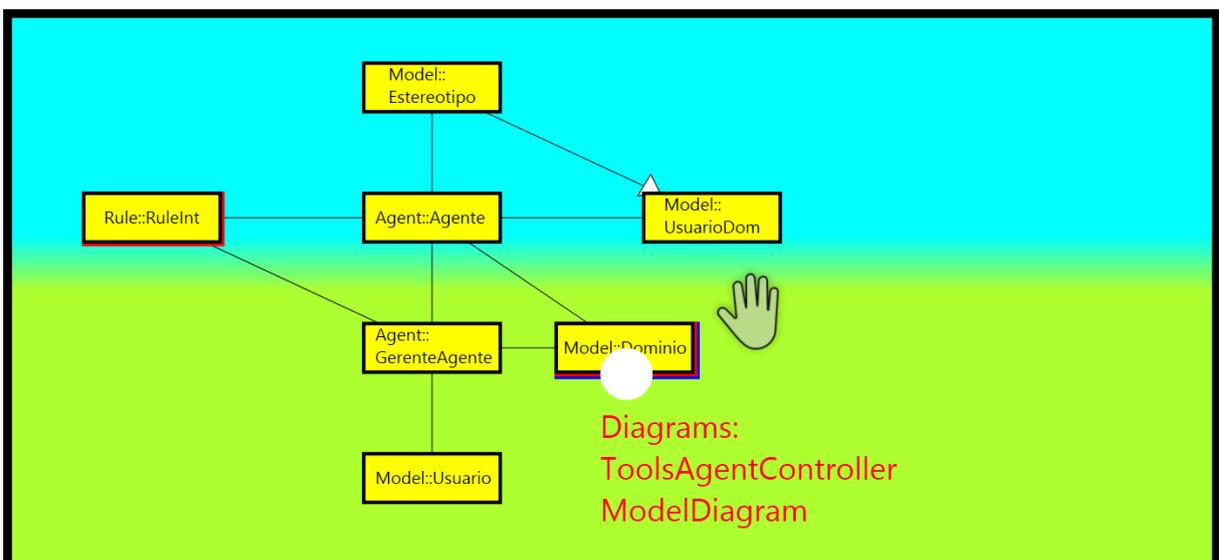


Figura 5.4 - One Class Diagram

*Attributes* (Atributos): Com esta funcionalidade selecionada, o usuário pode ver uma lista de quais os atributos pertencentes a uma classe ao passar o cursor por qualquer classe presente no diagrama. Originalmente, esta funcionalidade pertence à funcionalidade *Operations* no VisAr3D, mas optou-se em separar as duas funcionalidades para diminuir a quantidade de dados presentes na tela, facilitando a sua visualização (Figura 5.5).

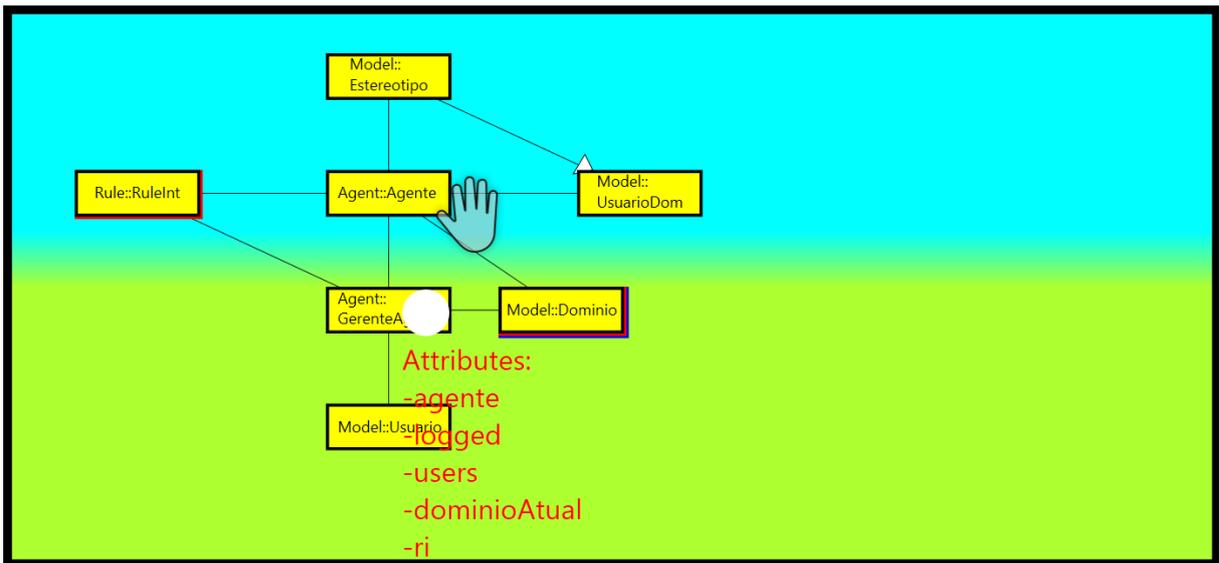


Figura 5.5 - *Attributes*

*Operations* (Operações): Operando de maneira similar à funcionalidade *Attributes*, o usuário pode passar o cursor por qualquer classe presente no diagrama para ver uma lista de quais as operações pertencentes à uma classe (Figura 5.6).

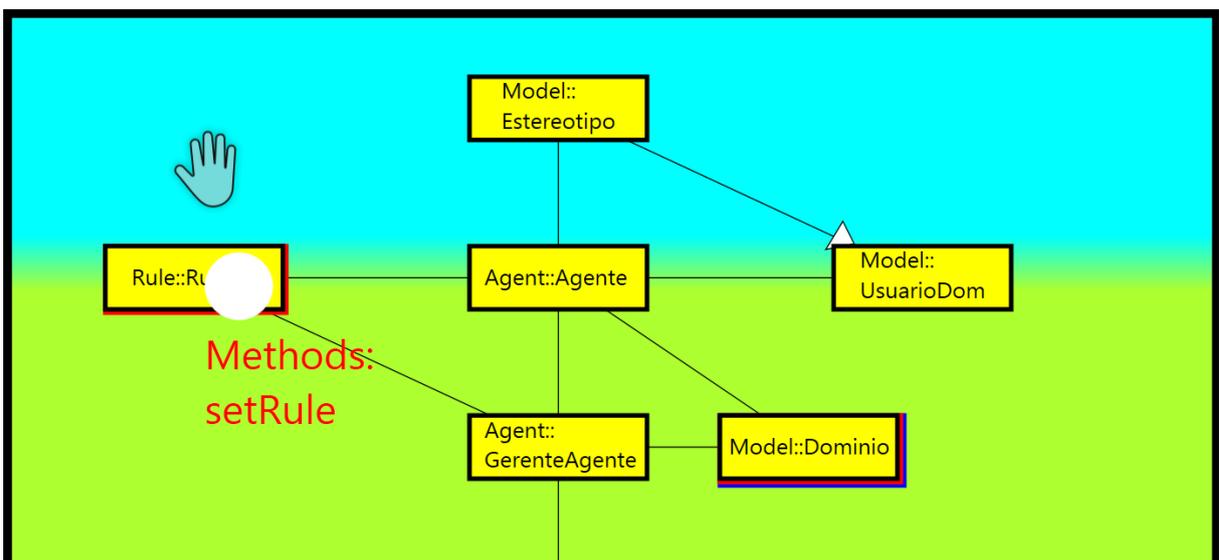


Figura 5.6 - *Operations*



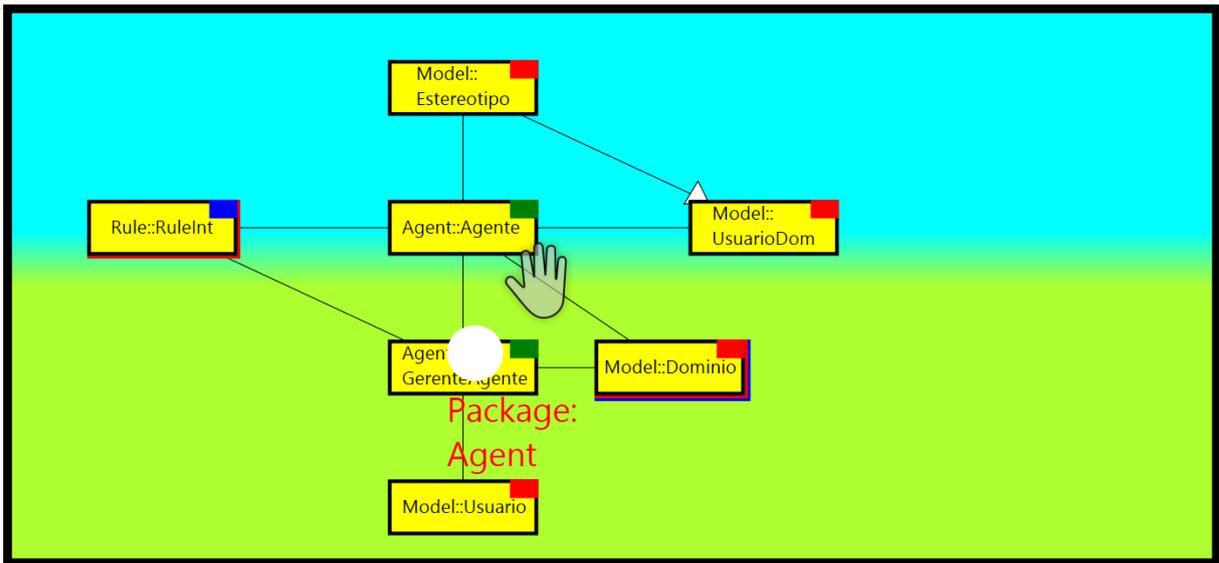


Figura 5.8 - Package

*Author* (Autor): Essa funcionalidade permite visualizar a autoria da classe no diagrama. Essa opção exibe pequenos círculos coloridos na parte superior esquerda da classe, facilitando a visualização. Passar o cursor pela classe exibe o nome do autor correspondente à classe (Figura 5.9).

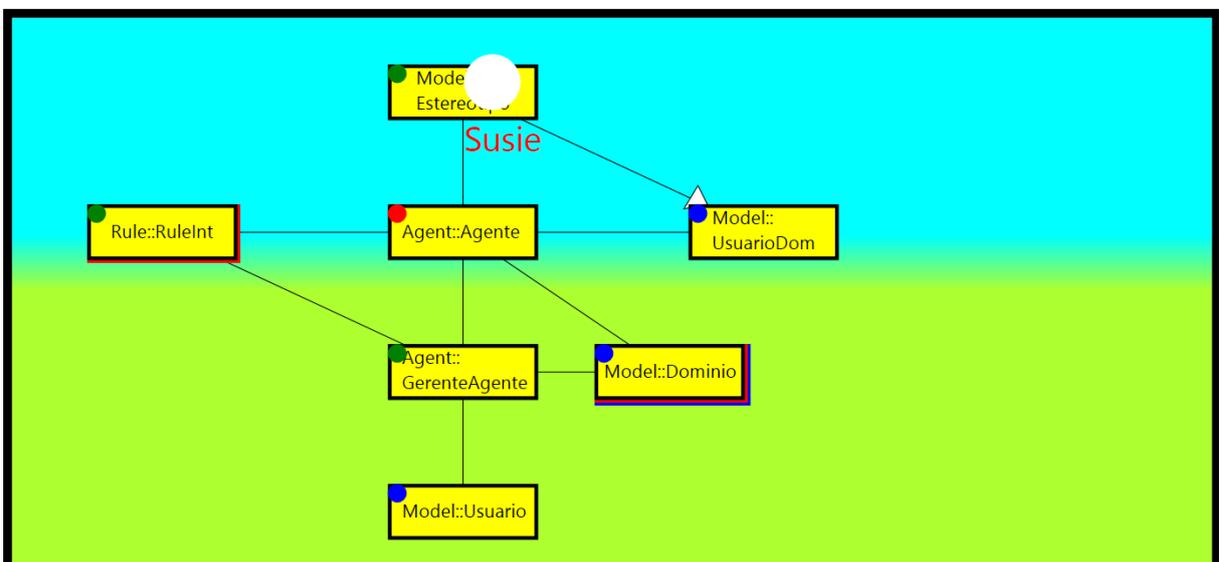


Figura 5.9 - Author

## 5.4 - Limitações

A ferramenta, em seu estado atual, suporta apenas um usuário por vez. Isso faz com que o uso da ferramenta por um grupo necessite de maiores cuidados: o

sensor Kinect ativamente continua procurando por novos usuários presentes no seu alcance toda hora. Caso mais de um usuário seja detectado, o cursor e informações do primeiro usuário ficarão “congelados” na tela, formando um tipo de “trilha”, sujando a tela.

Considerando como inspiração o VisAr3D, duas características não se encontram presentes: a ausência de 3D, o que é parcialmente mitigado pela ferramenta permitir *zoom*, mas mantendo o fundo na mesma posição, dando a impressão de que o diagrama é um objeto separado do fundo; e o limite de apenas um diagrama utilizável.

Por fim, vale a pena lembrar de que como a ferramenta é operada pelo Kinect, quaisquer limitações mencionadas no Capítulo 3 também se aplicam aqui, como não poder ser utilizado em locais sob luz direta do sol.

## **5.5 - Considerações Finais**

Baseando-se na abordagem VisAr3D, VMAG visa utilizar a interatividade e a imersão para auxiliar a compreensão de diagramas de classe. Embora o protótipo abra mão de certas funcionalidades presentes na abordagem que facilitariam a imersão, como o 3D, o uso do controle por gestos que o Kinect oferece, compensa levemente essa limitação, criando novas formas de interação.

Fazer o usuário utilizar gestos, passar a mão sobre classes que ele deseja obter informações, “apertar” botões virtuais como se eles estivessem bem na frente deles em pleno ar. Atividades como essas fazem com que o usuário se sinta imerso dentro da simulação, deixando de lado por um momento a monotonia dos estudos casuais e assimilando informações de uma maneira nova.

Embora ainda não esteja implementado, a capacidade de captura de múltiplos usuários do Kinect tem potencial para ser um grande atrativo para a ferramenta. Originalmente no VisAr3D, apenas uma pessoa podia utilizar a aplicação por vez, limitando o seu uso dentro da sala de aula, ou em um ambiente colaborativo. Como mencionado no Capítulo 3, facilitar a cooperação e integração é de grande importância para qualquer ferramenta de apoio ao ensino de Engenharia de Software.

É claro que, antes de podermos afirmar que esta ferramenta tenha potencial, faz-se necessário uma avaliação do protótipo com usuários experimentando o VMAG em um ambiente controlado. Só assim é possível afirmar que combinar uma nova maneira de visualizar diagramas de classe com controles por gestos pelo Kinect pode aumentar o interesse pelos alunos na matéria Modelagem de Sistemas.

## **6 - Avaliação do Protótipo**

Dada a ausência de literatura justificando o uso de captura de movimento como controle à visualização de diagramas de classe no ensino de modelagem de sistemas em engenharia de software, elaborou-se um estudo para avaliar a usabilidade e intuitividade da ferramenta. Foram observados 2 alunos da UFRJ de cursos de Computação, com noções básicas de modelagem de sistemas utilizando o protótipo da ferramenta VMAG para identificar informações de um diagrama de classes.

A Seção 6.1 estabelece qual o objetivo do estudo realizado. Na Seção 6.2, é descrito como o estudo foi feito. A Seção 6.3 é dedicada à avaliação dos resultados obtidos. Na Seção 6.4, conclui-se o capítulo com as considerações finais.

### **6.1 - Objetivo**

O objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade do uso de captura de movimento como controle para a visualização de modelos de sistemas, através do uso do protótipo da ferramenta VMAG, bem como identificar possíveis melhorias para a ferramenta.

### **6.2 – Execução**

Cada sessão do estudo utilizou um participante e durou cerca de 30 minutos. Em cada sessão o participante foi, inicialmente, informado sobre o estudo através do Formulário de Consentimento (Anexo A). Após concordar com os termos presentes no formulário, o participante então preenchia o Questionário de Caracterização (Anexo B), com o intuito de conhecer o nível de conhecimento e experiência do participante em diferentes temas relacionados ao estudo e, assim, melhor interpretar os dados obtidos. O preenchimento dos formulários iniciais levou cerca de 6 minutos.

Em seguida, cada participante recebeu um treinamento básico sobre os controles do sensor Kinect, levando cerca de 2 minutos. Em ambos os casos foram

fornecidas as mesmas informações de operação, utilizando o próprio diagrama que utilizariam no estudo como exemplo.

Após o treinamento, cada participante recebeu as Tarefas (Anexo C) contendo as instruções para sua execução, a sua contextualização e as questões a serem respondidas, como quais os autores das classes presentes no diagrama, e quais as classes possuem uma documentação associada. Os participantes então utilizaram a ferramenta para obter as informações solicitadas no questionário. A obtenção desses dados e o preenchimento do questionário levaram entre 11 e 13 minutos.

Com o preenchimento das Tarefas, cada participante recebeu, por fim, um Questionário de Avaliação (Anexo D) contendo questões sobre sua experiência com o uso do protótipo da ferramenta VMAG. Seu preenchimento levou entre 6 e 9 minutos.

### 6.3 - Avaliação dos resultados

Como pode ser observado na Tabela 6.1 - Caracterização dos Participantes, o participante “01” possui um pouco mais de experiência com os conceitos de modelagem UML. Excetuando-se esse detalhe, podem-se considerar ambos os usuários possuindo o mesmo perfil. Ambos já tiveram experiência com sensores de captura de movimento, o que elimina parte do viés de utilização.

Tabela 6.1 - Caracterização dos Participantes

Participante	01	02
Formação Acadêmica	Graduação em andamento	Graduação em andamento
Experiência com Modelagem	Aluno	Aluno
Tempo de Experiência com Modelagem	1 ano	1 ano
Experiência com Modelagem UML (0-5)	3	1
Modelagem de Sistemas de Informação (0-4)	2	1
Orientação a Objetos (0-4)	3	3
Experiência com Controles de Captura de Movimento	Controle de Jogo	Controle de Jogo

Quanto às Tarefas, ambos participantes responderam corretamente todas as questões sobre obtenção de dados a partir do diagrama, assinalando o nível de dificuldade que tiveram com essas tarefas entre “normal” e “fácil”.

Quando perguntados quanto à facilidade e conforto com o uso do controle por gestos, ambos os participantes responderam considerar o protótipo intuitivo e que apesar de poucas dificuldades técnicas, não encontraram muitos problemas com o uso da ferramenta. Os problemas técnicos ocorridos foram a proximidade do participante ao sensor (só ocorreu com o participante “02”) e a dificuldade do sensor de reconhecer as mãos em certos casos.

Por fim, quanto ao questionário de avaliação, ambos se mostraram satisfeitos com o resultado das tarefas e consideraram o breve treinamento, o suficiente na utilização. Tendo sido perguntados sobre pontos fortes, estes foram alguns dos resultados:

- “Facilidade de explorar as funcionalidades, possibilidade de uma rápida e fácil análise do diagrama.”
- “Fácil manipulação. Exibição do *layout* e diagrama de forma limpa e amigável. Intuitivo.”
- “Me senti [*sic*] familiarizado com o conteúdo muito rapidamente, mesmo apenas possuindo experiências pontuais em controles por gestos.”

Quanto aos pontos fracos, estes foram alguns dos comentários:

- “Falta de movimentação durante o *zoom*.”
- “A proximidade atrapalha o uso da ferramenta de controle de movimento.”
- “O maior problema é o reconhecimento da mão, porém essa é uma dificuldade física e não ofusca a facilidade da ferramenta.”

#### **6.4 - Considerações Finais**

O estudo realizado reforçou a possibilidade do uso de controles por gestos para a visualização de modelos de sistemas. Ambos os participantes conseguiram obter todas as informações requisitadas com um mínimo de treinamento. Ambos também comentaram sobre a facilidade e instintividade do uso de gestos para manipular a ferramenta. Os poucos problemas técnicos encontrados podem ser atribuídos a limitações do próprio Kinect.

Entretanto, o grupo de participantes foi consideravelmente pequeno. Portanto, não se pode assumir que os dados obtidos por este estudo são completamente factuais. Especialmente considerando que os participantes já tinham algum conhecimento sobre controle por gestos (apenas teórico, em um dos casos).

De um modo geral, o estudo reforçou a possibilidade do uso de sensores de captura de movimento como uma ferramenta de ensino. Porém, um estudo em maior escala seria necessário antes de tomar isso como fato.

## **7 – Conclusão**

A busca por formas de melhorar o ensino tem motivado diversos pesquisadores nos últimos anos, e por um bom motivo: a prática de passar conhecimento para as próximas gerações, de forma organizada, é um dos fatores que permitiu a espécie humana evoluir tecnologicamente até o nível atual. Sem o ato de ensinar, ainda estaríamos atirando pedras e gravetos.

Por sua vez, o uso de gestos é uma das coisas que primeiro aprendemos em nossas vidas. Antes mesmo de aprendermos nossas primeiras palavras, começamos aprendendo a nos mexer neste mundo, e interagir com os objetos nele existentes. É algo praticamente instintivo, natural.

Por isso, utilizar controles por gestos no ensino não parece ser uma ideia tão absurda. É unir algo que precisamos (o aprendizado) a algo instintivo (o movimento) de maneira coordenada, a fim de que um auxilie o outro. Este é o propósito da ferramenta VMAG: permitir que o usuário manipule a visualização dos modelos de um sistema de software por gestos, para facilitar a compreensão do modelo e o aprendizado do usuário.

A avaliação realizada mostrou que os usuários puderam utilizar o protótipo para visualizar os dados, e que tudo ocorreu de forma intuitiva, com pouco treinamento necessário. Uma avaliação mais detalhada seria necessária para confirmar os méritos da ferramenta, mas o estudo realizado sugere que existem indícios de que o controle por movimento pode ser aplicado no ensino de forma fácil e instintiva.

A seguir a Seção 7.1 descreve as contribuições deste trabalho; a Seção 7.2 apresenta suas limitações; e a Seção 7.3 destaca sugestões de trabalhos futuros.

### **7.1 – Contribuições**

Este trabalho apresentou os resultados de uma pesquisa que visa o apoio do ensino de modelagem através do uso de sensores de movimento para captura de gestos. As principais contribuições deste trabalho são:

1. Especificação de uma nova ferramenta para o ensino-aprendizagem da disciplina de Modelagem de Sistemas.
2. Desenvolvimento do protótipo VMAG, que embora não implemente algumas das funcionalidades inicialmente previstas, como o uso de múltiplos diagramas, ou o uso de modelos tridimensionais, ajudou a mostrar a viabilidade da ferramenta.
3. Proporcionar uma alternativa de interatividade da abordagem VisAr3D, propondo o controle por gestos, sem o uso de um teclado e mouse.
4. Planejamento e execução de um estudo experimental, com a finalidade de avaliar a aplicabilidade do protótipo.

## **7.2 – Limitações**

A ferramenta, apesar de propor o uso de gestos como auxílio à visualização de modelos, se restringe apenas a modelos UML.

O protótipo desenvolvido se encontra com diversas funcionalidades parcialmente implementadas, além de restringir o seu uso à apenas um modelo UML. Isso pode ser atribuído ao fato da ferramenta estar sendo desenvolvida por apenas um desenvolvedor, ao contrário de uma equipe, e pelo uso de tecnologia recente, sem muita documentação.

Quanto ao estudo realizado, a maior limitação foi quanto ao tamanho da amostra, consideravelmente pequena, de modo que os resultados não podem ser generalizados.

## **7.3 - Trabalhos Futuros**

O desenvolvimento do protótipo VMAG e a sua subsequente avaliação com usuários mostrou a possibilidade de expansão da ferramenta. Algumas sugestões para desenvolvimentos futuros são:

- 1) O uso de múltiplos diagramas, permitindo que o usuário veja quais outros diagramas possuem classes semelhantes.
- 2) A possibilidade de exibir a documentação relacionada a uma classe dentro da própria ferramenta. Poder acessar os documentos de dentro da própria ferramenta pode auxiliar na imersão do usuário.
- 3) Múltiplos usuários em simultâneo. Como se trata de uma ferramenta destinada ao ensino, a cooperação é um ponto chave que pode ser atingido ao permitir que mais de um usuário utilize a ferramenta ao mesmo tempo.
- 4) Uso de modelos tridimensionais. Facilitaria a visualização de certos detalhes, além de ser mais atrativo ao usuário.
- 5) A inclusão de mais funcionalidades. Diagramas UML possuem diversas informações que requerem a atenção do usuário e que este as interprete. Adicionar mais funcionalidades para exibição de dados apropriados pode auxiliar nessa tarefa.

## 8 - Referências

ALVES, R. de S., de ARAUJO, J. O. A., MADEIRO, F., 2012, “AlfabetoKinect: Um aplicativo para auxiliar na alfabetização de crianças com o uso do Kinect”, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Rio de Janeiro, RJ.

ANDERSON, P., 2003, “Virtual reality exposure in the treatment of social anxiety”, *Cognitive and Behavioral Practice*, Volume 10, pp. 240–247.

BALISTA, V. G., 2013, “PhysioJoy - Sistema de Realidade Virtual para Avaliação e Reabilitação de Déficit Motor”, *SBGames 2013, Workshop on Virtual, Augmented Reality and Games*, São Paulo, SP.

BELL, J., FOGLEL, H. S., 1995, “The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool”, *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference*, pp. 1718-1728, Anaheim, USA, Junho.

BOWMAN, D. A., KRUIJFF, E., LaVIOLA Jr., J. J., POUPYREV, I., 2005, “3D Users Interfaces: Theory and practice”, Addison-Wesley.

DEDE, C. J., 1992, “The future of multimedia: bridging to virtual worlds”, *Educational Technology - A special issue on developing, applying, and evaluating the new Multimedia*, Volume 32, Maio, pp. 54-60.

DUNLEAVY, M., DEDE, C., MITCHELL, R., 2009, “Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning”, *Journal of Science Education and Technology*, Fevereiro, Volume 18, pp. 7-22.

HAN, J. N., STEGEN, K., CAUBERGHS, M., WOESTIJNE, K. P. VAN DE., 1997, “Influence of awareness of the recording of breathing on respiratory pattern in healthy humans”, *European Respiratory Journal*, Volume 10, No. 1, pp. 161–166, Janeiro.

HINTERHOLZ, O., 2009, “Tepequém: uma nova ferramenta para o ensino de algoritmos nos cursos superiores em Computação”, XVII WEI 2009, Bento Gonçalves, Brasil, pp. 485-488.

HSU, H. J., 2011, "The Potential of Kinect in Education", *International Journal of Information and Education Technology*, Volume 1, No. 5, Dezembro, pp. 365-370.

INSLEY, S., 2003, "Augmented Reality: Merging the Virtual and the Real", ECE 399H, *Oregon State University*, Novembro.

KIRNER, C., SISCOOTTO, R., 2007, "Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações", Livro do Pré-Simpósio IX *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, Petrópolis, RJ, pp. 2-21.

KOEPP, M. J., GUNN, R. N., LAWRENCE, A. D., CUNNINGHAM, V. J., DAGHER, A., JONES, T., BROOKS, D. J., BENCH, C. J., GRASBY, P. M., 1998, "Evidence for striatal dopamine release during a video game", *Nature*, Volume 393, pp. 266-268.

LERONUTTI, L., CHITTARO, L., 2007, "Employing virtual humans for education and training in X3D/VRML worlds", *Computers & Education*, Volume 49, Agosto, pp. 93–109.

LIAROKAPIS, F., MOURKOSSIS, N., WHITE, M., Darcy., SIFNIOTIS, M., PETRIDIS, P., BASU, A., LISTER, P. F., 2004, "Web3D and augmented reality to support engineering education", *World Transactions on Engineering and Technology Education*, UICEE, Volume 3, No.1.

LUSTOSA, L., 2013, "Monitorização não Invasiva da Frequência Respiratória por Método Optoeletrônico", Dissertação (Mestrado) - COPPE/UFRJ, Março.

MAIER, P., KLINKER, G., TÖNNIS, M., 2009, "Augmented Reality for teaching spatial relations", *Conference of the International Journal of Arts & Sciences*, Toronto, Canada.

MAYO, M. J., 2005, "Ender's game for science and engineering: games for real, for now, or we lose the brain war", *Paper apresentado em Serious Games Summit*, Arlington, VA.

MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A., KISHINO, F., 1994, "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum", *ATR Communication*

*Systems Research Laboratories 2-2 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun Kyoto 619-02, Japão.*

MOORE, P., 1995, "Learning and teaching in virtual worlds: Implications of virtual reality for education", *Australian Journal of Educational Technology*, pp. 91-102.

PANTELIDIS, V. S., 1993, "Virtual reality in the classroom", *Educational Technology*, Volume 23, pp 23-27.

PARSONS, T. D., RIZZO, A. A., 2008, "Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis", *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, Volume 39, Setembro, pp. 250–261.

PAULA, B. C., 2011, "Adaptando e desenvolvendo jogos para uso com o Microsoft Kinect", *SBGames 2011, Tutorials Track - Computing*, Salvador, Bahia.

RODRIGUES, C. S. C., 2012, "VisAr3D - Uma Abordagem Baseada em Tecnologias Emergentes 3D para o Apoio à Compreensão de Modelos UML", Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.

RODRIGUES, C. S. C., WERNER, C. M. L., 2008, "Realidade Aumentada e Engenharia de Software", Relatório Técnico, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

RODRIGUES Jr, M., 2002, "Como Ensinar Programação?", *Informática – Boletim Informativo*, Ano I, nº 01, ULBRA, Canoas, RS.

SCHNEIDER, J., JOHNSTON, L., 2003, "Extreme Programming at Universities – An Educational Perspective", *25th International Conference on Software Engineering*, Portland, Oregon, USA, pp. 594-599.

SHELTON, B. E., 2002, HEDLEY, N. R., "Using augmented reality for teaching Earth-Sun relationships to undergraduate geography students", *Coll. of Educ., Univ. of Washington*, DC, USA.

SHERMAN, W. R., CRAIG, A. B., 2002, "Understanding virtual reality: Interface, application, and design", Elsevier.

ŠMITE, D., WOHLIN, C., GALVINA, Z., PRIKLADNICKI, R., 2012, “An empirically based terminology and taxonomy for global software engineering”, *Empirical Software Engineering*, Fevereiro, 2012, Volume 19, pp. 105-153.

STEVENS, K. T., 2001, “Experiences Teaching Software Engineering for the First Time”, *6th annual conference on Innovation and technology in computer science education*, Canterbury, Reino Unido, pp. 77-80.

TOMAYKO, J. E., 1987, “Teaching a Project-Intensive Introduction to Software Engineering”, *Carnegie Mellon University, Software Engineering Institute*, CMU/SEI-87-TR-20, Agosto.

TORI, R., 2010, “A presença das tecnologias interativas na educação”, Disponível em: <http://revistas.pucsp.br/index.php/ReCET/article/view/3850/2514>, Acessado em: 15 de novembro, 2014.

WAGNER, D., PINTARIC, T., LEDERMANN, F., SCHMALSTIEG, D., 2005, “Towards Massively Multi-user Augmented Reality on Handheld Devices”, *Pervasive Computing, Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3468, pp. 208-219.

WALKER, J., 1988, “Through the Looking Glass: Beyond 'User Interfaces'”, *White Paper*, Acessado em 15 de novembro, 2014, Disponível em: [https://www.fourmilab.ch/autofile/www/chapter2\\_69.html](https://www.fourmilab.ch/autofile/www/chapter2_69.html)

Xj3D, Disponível em: <<http://www.xj3d.org/>>, Acesso em: 15 nov. 2014.

## **APÊNDICE A**

### **Formulário de Consentimento**

#### **VMAG**

Este estudo tem como objetivo avaliar a ferramenta VMAG, considerando seu apoio à visualização de um diagrama de classes UML, utilizando controles de captura de movimento. Para isso, será utilizado um protótipo, que já implementa parte das características da ferramenta.

#### **IDADE**

Eu declaro ter mais de 18 anos de idade e concordar em participar de um estudo experimental conduzido por Sergio Henriques Martins Barreto Bento Antunes na COPPE/UFRJ.

#### **PROCEDIMENTO**

Este estudo ocorrerá em uma única sessão, que incluirá um treinamento sobre a ferramenta VMAG. Eu entendo que, uma vez o experimento tenha terminado, os trabalhos que desenvolvi serão estudados visando entender a eficiência dos procedimentos e as técnicas que me foram ensinadas.

#### **CONFIDENCIALIDADE**

Toda informação coletada neste estudo é confidencial, e meu nome não será divulgado. Da mesma forma, me comprometo a não comunicar os meus resultados enquanto não terminar o estudo, bem como manter sigilo das técnicas e documentos apresentados e que fazem parte do experimento.

#### **BENEFÍCIOS, LIBERDADE DE DESISTÊNCIA.**

Eu entendo que os benefícios que receberei deste estudo são limitados ao aprendizado do material que é distribuído e ensinado. Eu entendo que sou livre para realizar perguntas a qualquer momento ou solicitar que qualquer informação relacionada a minha pessoa não seja incluída no estudo. Eu entendo que participo de livre e espontânea vontade com o único intuito de contribuir para o avanço e desenvolvimento de técnicas e processos para a Engenharia de Software.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Sergio Henriques Martins Barreto Bento Antunes

Programa de Engenharia de Sistemas e Computação - COPPE/UFRJ

PROFESSOR RESPONSÁVEL

Prof<sup>a</sup>. Cláudia M.L. Werner

Programa de Engenharia de Sistemas e Computação - COPPE/UFRJ

Nome (em letra de forma): \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B

### Caracterização do Participante

Código do Participante: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Esta fase da pesquisa tem como objetivo obter informações sobre a sua experiência acadêmica e profissional.

Por favor, NÃO inclua nenhum detalhe que poderá identificá-lo.

#### Perfil do participante

##### 1) Formação Acadêmica:

- Doutorado
- Doutorado em Andamento
- Mestrado
- Mestrado em Andamento
- Graduação
- Graduação em Andamento
- Outro: \_\_\_\_\_

Ano de ingresso: \_\_\_\_\_ Ano de conclusão (de previsão): \_\_\_\_\_

##### 2) Você possui experiência na disciplina de Modelagem de Sistemas de Software?

- Sim, como professor
- Sim, como monitor/instrutor
- Sim, como aluno
- Sim, como \_\_\_\_\_
- Não

Se sim, quantos anos de experiência? \_\_\_\_\_

3) Qual é sua experiência com modelagem UML? (se necessário, marque mais de um item)

- já li material sobre modelagem UML.
- já participei de um curso sobre modelagem UML.
- nunca fiz uma modelagem UML.
- já fiz modelagem UML para uso próprio.
- já fiz modelagem UML como parte de uma equipe, relacionada a um curso.
- já fiz modelagem UML como parte de uma equipe, na indústria.

4) Por favor, explique sua resposta. Inclua o número de semestres ou número de anos de experiência relevante em modelagem UML.

(Ex: "Eu trabalhei por 3 anos fazendo modelagem UML na indústria")

---

---

---

5) Na escala dos 5 pontos abaixo:

0 = nenhum

1 = estudei em aula ou em livro

2 = pratiquei em projetos em sala de aula

3 = usei em projetos pessoais

4 = usei em projetos na indústria

Marque uma opção, indicando o grau de sua experiência em:

Modelagem de sistemas de informação	0	1	2	3	4
Orientação a Objetos	0	1	2	3	4

6) Você possui experiência com controles de captura de movimento? (se necessário, marque mais de um item)

- Sim, como controle de jogo
- Sim, como instrumento de pesquisa
- Sim, como \_\_\_\_\_
- Não

7) Por favor, explique sua resposta. Inclua o tipo de controle de captura de movimento com que teve contato.

---

---

---

## APÊNDICE C

### Tarefas

Código do Participante: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

### Instruções

Este estudo será acompanhado por meio de anotações feitas pelo pesquisador. Sempre que possível, verbalize seus pensamentos, para que o experimentador possa melhor avaliar os resultados obtidos. Pergunte e comente tudo que achar necessário.

### Contextualização

Você está participando deste estudo como um aluno da disciplina de Modelagem de Sistemas, e utilizará a VMAG (Visualização de Modelos de sistemas Através de Gestos) para responder algumas questões relacionadas à visualização de um diagrama de classes.

1) Cite quais informações são exibidas com o menu “Default View” selecionado.

---

---

---

Dificuldade da tarefa: ( ) Muito difícil ( ) Difícil ( ) Normal ( ) Fácil ( ) Muito Fácil

2) Encontre duas classes que possuem um atributo com o mesmo nome.

---

---

---

Dificuldade da tarefa: ( ) Muito difícil ( ) Difícil ( ) Normal ( ) Fácil ( ) Muito Fácil

3) Identifique quais classes possuem uma documentação associada.

---

---

---

Dificuldade da tarefa: ( ) Muito difícil ( ) Difícil ( ) Normal ( ) Fácil ( ) Muito Fácil

4) Identifique quais classes estão presentes em outros diagramas.

---

---

---

Dificuldade da tarefa: ( ) Muito difícil ( ) Difícil ( ) Normal ( ) Fácil ( ) Muito Fácil

5) Liste os nomes dos usuários que criaram as classes.

---

---

---

Dificuldade da tarefa: ( ) Muito difícil ( ) Difícil ( ) Normal ( ) Fácil ( ) Muito Fácil

6) De 0 a 5, sendo 0 muito difícil e 5 muito fácil, avalie a dificuldade em utilizar o controle por gestos. Justifique.

( ) 0 ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5

---

---

---

7) De 0 a 5, sendo 0 muito desconfortável e 5 muito confortável, avalie como se sentiu em utilizar controle por gestos. Justifique.

( ) 0 ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5

---

---

---

## APÊNDICE D

### Questionário de Avaliação

Código do Participante: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1) Você conseguiu realizar todas as tarefas propostas? Comente se necessário.

Sim  Não  Parcialmente

---

---

---

2) Você ficou satisfeito com o resultado final das tarefas? Comente, se necessário.

Sim  Não  Parcialmente

---

---

---

3) O treinamento aplicado para o uso da ferramenta e para a realização das tarefas foi suficiente? O que poderia ser acrescentado/modificado?

Sim  Não  Parcialmente

---

---

---

4) Liste os aspectos positivos do protótipo VMAG.

---

---

---

5) Liste os aspectos negativos do protótipo VMAG.

---

---

---

6) Por favor, adicione qualquer outro comentário desejado aqui.

---

---

---

---

Obrigado por sua colaboração!